



๑๐๐
ANNIVERSARY

การสอน

วิทยาศาสตร์

ในชั้นประถมศึกษา

ISBN 174-610-1869

การสอนวิทยาศาสตร์ในชั้น
ประถมศึกษา



T0101841

มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์

ดร.มังกร ทองสุขดี

การสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นประถมศึกษา

รศ.ดร. มังกร ทองสุชาติ

(ปีพิมพ์ 2530-2539)

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2535

จำนวน 1,000 เล่ม

ISBN 974-610-1869

จัดเผยแพร่โดย



ศูนย์หนังสือ
ศาลาพระเกี้ยว
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พญาไท กทม.

10330

ราคา 240 /-

คำนำ

หนังสือ "การสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นประถมศึกษา" เล่มนี้ผู้แต่งมีความมุ่งหมายเพื่อใช้เป็นคู่มือสำหรับผู้บริหาร ครูผู้สอนนักศึกษาสายครุศาสตร์ นักพัฒนาหลักสูตร และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการพัฒนาการศึกษาของสังคมได้ศึกษาข้อมูล ข้อเสนอแนะวิธีการจัดกิจกรรม ตลอดจนการตัดสินใจเพื่อการพัฒนากระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ซึ่งอยู่ในกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตให้ดำเนินไปด้วยดีและมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

ในปัจจุบันจะพบว่า มีข้อมูลเกี่ยวกับเนื้อหาสาระการผลิตสื่อการเรียนการใช้เทคโนโลยีทางการศึกษา การติดตามและประเมินผล ตลอดจนการบริหารในเชิงส่งเสริมและสนับสนุนที่มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ประเด็นสำคัญจึงอยู่ที่การตัดสินใจเพื่อลงมือปฏิบัติอย่างจริงจัง และมีความรับผิดชอบของผู้ที่เกี่ยวข้องทุก ๆ ฝ่าย จึงจะมีผลต่อประสิทธิภาพและคุณภาพของกระบวนการเรียนการสอนอย่างแท้จริง

ผู้แต่งขอขอบพระคุณผู้แต่งหนังสือ ผู้ผลิตเอกสารที่นำมาใช้ในการอ้างอิง เพื่อนอาจารย์ในสถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก สถาบันราชภัฏเชียงใหม่ รวมทั้งเจ้าหน้าที่และช่างเทคนิคที่ช่วยเหลือเกื้อกูล จนสามารถพิมพ์หนังสือเล่มนี้ออกมาสู่วงการวิชาการและผู้สนใจ จึงขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้ด้วยความซาบซึ้งในน้ำใจไมตรีที่มีต่อผู้แต่งอย่างหาค่ามิได้

หอสมุดสถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม
วันรับ..... 21 S.A. 2535
วันลงทะเบียน..... 21 S.A. 2535
เลขทะเบียน..... 101841 ๓๗.๖๖
เลขเรียกหนังสือ..... มพท
..... ๕

๕-๓๐.๓.๕

(รศ.ดร.มังกร ทองสุคติ)

4 เมษายน 2535

สารบัญ

- คำนำ	
- เกี่ยวกับผู้เรียบเรียง	
- แผนผังของบท	
- บทที่ 1 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์	
1.1 ความคิครวบยอดของการสอน	2
1.2 ทำไมจึงต้องสอนวิทยาศาสตร์	4
1.3 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์	8
1.4 วัตถุประสงค์ เนื้อหา และวิธีสอน	12
1.5 ประสิทธิภาพของครู	15
1.6 สรุป	16
1.7 คำถามท้ายบท	18
- บทที่ 2 ธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์	
2.1 ความหมายของวิทยาศาสตร์	21
2.2 การจัดระบบของวิชาวิทยาศาสตร์	29
2.3 ความแตกต่างระหว่างวิทยาศาสตร์กับวิชาสาขาอื่น ๆ	32
2.4 องค์ประกอบเพื่อการทำความสำเร็จในวิชาวิทยาศาสตร์	34
2.5 วิธีการทางวิทยาศาสตร์	45
2.6 ความคิครวบยอดทางวิทยาศาสตร์	55
2.7 ขบวนการสืบสวนสอบสวน	66
2.8 ขบวนการทางวิทยาศาสตร์	74
2.9 ความซาบซึ้งในวิชาวิทยาศาสตร์	78
2.10 ทักษะคติทางวิทยาศาสตร์	79
2.11 คุณค่าของวิทยาศาสตร์	83
2.12 ปรัชญาทางวิทยาศาสตร์	86

2.13	สรุป	90
2.14	คำถามท้ายบท	94
- บทที่ 3 แนวความคิดของเด็ก		
3.1	ความคิดของเด็ก	98
3.2	รายวิชาสำหรับเด็กนักเรียน	102
3.3	การเจริญงอกงามของการให้เหตุผล	103
3.4	ปัญหาเกี่ยวกับความคิดรวบยอด	106
3.5	ผลการค้นคว้าจากจิตวิทยาทางการศึกษา	108
3.6	ข้อพิจารณาเกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นประถมศึกษา	127
3.7	ข้อเสนอแนะต่อครูผู้สอน	132
3.8	สรุป	133
3.9	คำถามท้ายบท	135
- บทที่ 4 ภาษาและสื่อความหมายในการเรียนวิทยาศาสตร์		
4.1	ภาษาและการศึกษาวิทยาศาสตร์	137
4.2	ภาษาและความคิด	140
4.3	ภาษาและภูมิหลังของเด็ก	142
4.4	การฝึกทักษะทางภาษาและสื่อความหมาย	143
4.5	ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับสิ่งที่ไม่ควรปฏิบัติ	147
4.6	ภาระกิจที่ครูควรจะทำ	151
4.7	หลักสูตรและพัฒนาภาษา	152
4.8	สรุป	159
4.9	คำถามท้ายบท	160
- บทที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน		
5.1	ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล	164
5.2	ธรรมชาติของกลุ่มนักเรียน	169
5.3	บทบาทของครู	173

5.4	คุณสมบัติบางประการที่ควรปลูกฝัง	181
5.5	ข้อควรระวังในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างครูกับเด็ก	188
5.6	สรุป	192
5.7	คำถามท้ายบท	193
- บทที่ 6 วิธีสอนและเทคนิคการสอน		
6.1	เด็กจะเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้อย่างไร	197
6.2	ครูจะสอนอะไรให้แก่เด็ก	213
6.3	การสอนเนื้อหาของวิชาวิทยาศาสตร์	216
6.4	การสอนเกี่ยวกับขบวนการทางวิทยาศาสตร์	220
6.5	วิธีการสอนวิทยาศาสตร์	223
6.6	เทคนิคของการใช้ขบวนการสืบสวนสอบสวน	227
6.7	ข้อเสนอแนะบางประการ	264
6.8	สรุป	268
- บทที่ 7 ศูนย์ศึกษาค้นคว้าเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอน		
7.1	ความหมาย	272
7.2	มิตินิของศูนย์ศึกษาค้นคว้าเพื่อการเรียนการสอน	274
7.3	ประเภทของศูนย์ศึกษาค้นคว้า	275
7.4	ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปใช้	294
7.5	สรุป	296
- บทที่ 8 การสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการ		
8.1	ความหมายและพัฒนาการของบูรณาการในวงการศึกษา	300
8.2	ประวัติเกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการ	314
8.3	เป้าหมาย ความหมายและวัตถุประสงค์ของการสอนวิทยาศาสตร์ ในเชิงบูรณาการ	317
8.4	การกำหนดวัตถุประสงค์	328
8.5	เหตุผลที่มีการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการ	333

8.6	มติของบูรณาการ	343
8.7	วิธีการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการ	350
8.8	บทสรุป	354
- บทที่ 9 การประเมินผลและข้อมูลย้อนกลับ		
9.1	ความหมายของ "การประเมินผล" ทางการศึกษา	361
9.2	ทำไมจึงต้องมีการประเมินผล	362
9.3	วัตถุประสงค์ของการวัดและประเมินผล	365
9.4	วิธีการใช้ข้อสอบที่เหมาะสม	366
9.5	จุดมุ่งหมายของการวัดและประเมินผล	369
9.6	แนวทางในการวัดและประเมินผล	374
9.7	ข้อเสนอแนะบางประการ	376
9.8	ข้อมูลย้อนกลับ	380
9.9	เทคนิคบางประการเกี่ยวกับการวัดและประเมินผล	383
9.10	สรุป	402
9.11	คำถามท้ายบท	405
- บทที่ 10 การจัดห้องเรียน		
10.1	ความสำคัญของห้องเรียน	408
10.2	การสร้างการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงห้องเรียน	409
10.3	การจัดสภาพนอกห้องเรียน	412
10.4	การจัดสภาพบรรยากาศการเรียนรู้	421
10.5	อุปกรณ์วิทยาศาสตร์การให้บริการ	423
10.6	การเก็บรักษาและการให้บริการ	433
10.7	ความปลอดภัย	434
10.8	กฎความปลอดภัยที่เด็กพึงปฏิบัติ	443
10.9	สรุป	446
10.10	คำถามท้ายบท	450
- บรรณานุกรม		
- คำนี		

เกี่ยวกับผู้เรียบเรียง



ชื่อ รศ.ดร.มังกร ทองสุขดี
เกิด. 25 พฤษภาคม 2478 อายุ 56 ปี
บ้านปากโทก อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
ภริยา นางเพิ่มศรี ทองสุขดี
เกิด 10 กันยายน 2473 อายุ 60 ปี
บ้านธานี อำเภอเมือง จังหวัดสุโขทัย
บุตร 1. นางสาวรัชนิกร ทองสุขดี อายุ 29 ปี
2. นายเพิ่มพร ทองสุขดี อายุ 28 ปี
ที่อยู่ บ้านพักอธิการวิทยาลัยครูพิบูลสงคราม พิษณุโลก
อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000
โทรศัพท์ 055-259466
ตำแหน่งปัจจุบัน อธิการวิทยาลัยครูพิบูลสงคราม พิษณุโลก
ประธานสหวิทยาลัยพุทธชินราช

- ตำแหน่งในอดีต :
- : อาจารย์สอนวิชาวิทยาศาสตร์ วิทยาลัยครูพิบูลสงคราม
 - : หัวหน้าหมวดวิชาวิทยาศาสตร์ วิทยาลัยครูพิบูลสงคราม
 - : ผู้อำนวยการโรงเรียนสาริตวิทยาลัยครูพิบูลสงคราม
 - : ผู้อำนวยการและรักษาการในตำแหน่งอธิการวิทยาลัยครูอุตรดิตถ์
 - : ประธานอธิการกลุ่มวิทยาลัยครูภาคเหนือ
 - : ประธานอธิการสหวิทยาลัยพุทธชินราช
 - : ประธานอธิการสหวิทยาลัยล้านนา

สถานที่ทำงาน

วิทยาลัยครูพิบูลสงคราม พิษณุโลก
ถนนวังจันทร์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000
โทรศัพท์ 055-259468

การศึกษา

1. ปริญญาตรี : วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์), วท.บ.
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2500
2. ปริญญาโท : วิทยาศาสตร์การศึกษามหาบัณฑิต
M.Ed. in Science Education,
บริหารการศึกษามหาบัณฑิต
M.Ed. in Administration and Supervision
Kent State University,
Ohio USA., 2513.
3. ปริญญาเอก : การศึกษาวิทยาศาสตร์คุษฎีบัณฑิต
Ed.D. in Science Education University
of Southern California, LA., U.S.A., 2518
4. ประกาศนียบัตร : สถาบันจิตวิทยาและความมั่นคง รุ่น 31
5. วุฒิบัตร : อุดมการณ์เพื่อชาติ จากกองทัพภาคที่ 3
: เป็นผู้อยู่ในมาตรฐานแห่งคุณธรรมและความรู้
ความสามารถ ในการประกอบอาชีพครู จาก
คุรุสภา ปี 2528

: ครูดีเด่น ประเภทผู้บริหารสถานศึกษา
ระดับอุดมศึกษา ปี 2530 ของคุรุสภา

: ครูดีเด่นสายผู้บริหารสถานศึกษา ระดับ
อุดมศึกษา คุรุสภาจังหวัดเชียงใหม่ สังกัด
กรมการฝึกหัดครู ปี 2530

6. เกียรติบัตร
- : เป็นผู้อยู่ในมาตรฐานแห่งคุณธรรมและความรู้
ความสามารถในการประกอบวิชาชีพครู ของ
คุรุสภา 18 กันยายน 2528
 - : เป็นผู้ให้ความร่วมมือในการดำเนินงานของ
สมาคมศิษย์เก่าอย่างดียิ่ง สมาคมศิษย์เก่า
วิทยาลัยครูพินุดสงคราม พิษณุโลก 30 ตุลาคม
2528
 - : ครูดีเด่นประเภทผู้บริหารสถานศึกษา ระดับ
อุดมศึกษาประจำปี 2530 ของคุรุสภา
 - : โฉ่ อุดมการณ์เพื่อชาติ
ในการอุทิศตนร่วมสร้างอุดมการณ์เพื่อชาติ ของ
กองทัพภาคที่ 3

7. ปริญญานิพนธ์ : A proposed program of Science
Education for Elementary and
Secondary School Science Teachers
at Teacher Training College,
Pitsanuloke, Thailand

กรรมการ

- กรรมการสภาการฝึกหัดครู ตั้งแต่ พ.ศ. 2522
- กรรมการที่ปรึกษาคุรุสภา
- กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิของ สปจ. เชียงใหม่ และพิษณุโลก
- ประธานมูลนิธิสำนักพระราชสุสานตีวัน พิษณุโลก
- ประธานสมาคมศิษย์เก่าวิทยาลัยครูพินุดสงคราม พิษณุโลก

- กรรมการที่ปรึกษา : การจัดงานเทิดพระเกียรติอนุสาวรีย์
พระเจ้ากาวิละ
- ประธานชมรมครูวิทยาศาสตร์ภาคเหนือของ สมาคมวิทยาศาสตร์
แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ พ.ศ.2533-2535
- กรรมการที่ปรึกษาสมาคมกีฬาแห่งจังหวัดเชียงใหม่
- กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาผลงานทางวิชาการ
ของสภาการศึกษาภาคเหนือ
- กรรมการพิจารณาหลักเกณฑ์และประเมินผลบุคคลที่สมควรได้รับ
ปริญญาดุษฎีบัณฑิตกิตติมศักดิ์ของสภาการศึกษาภาคเหนือ
- กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิของกรรมการสามัญจังหวัดเชียงใหม่
- กรรมการจัดการแข่งกีฬาแห่งชาติครั้งที่ 17 เชียงใหม่
- ประธานจัดงาน "สมาพันธ์เอเชีย ครั้งที่ 14 เชียงใหม่"
- กรรมการพิจารณาคัดเลือกผู้ดำรงตำแหน่งอธิการวิทยาลัยครู
- กรรมการ อ.ก.ตร. ผู้ทรงคุณวุฒิ เชียงใหม่ 2534
- ประธานกรรมการวิสามัญประจำสภามหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ฝ่ายส่งเสริมการศึกษา 2533-3534
- กรรมการติดตามแนวทางการปฏิบัติของข้าราชการกระทรวง
ศึกษาธิการ ในการเลือกตั้งภายในจังหวัด
- กรรมการที่ปรึกษาในการดำเนินการเลือกตั้งสมาชิกสภาผู้แทนราษฎร
จังหวัดพิษณุโลก
- กรรมการอำนวยการประสานงานอุดมการณ์แผ่นดินธรรมแผ่นดินทอง
ระดับจังหวัด
- กรรมการที่ปรึกษาการขยายการศึกษาภาคบังคับ ฯ
ของเทศบาลเมืองพิษณุโลก
- ประธานกรรมการวิจัยของมหาวิทยาลัยพุทธชินราช
- กรรมการที่ปรึกษาจัดการแข่งขันโคตรมกีฬากองทัพไทย
ประจำปี 2535

อาจารย์พิเศษ

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พิษณุโลก
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ตำรา

เทคนิคการสอนวิทยาศาสตร์
คณิตศาสตร์สำหรับวิทยาศาสตร์
บทความทางวิทยาศาสตร์
การวางแผนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
วิธีสอนวิทยาศาสตร์
ความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์
กระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
การบริหารสถาบันอุดมศึกษา

เอกสารประกอบคำบรรยาย

ระบบการศึกษาในประเทศญี่ปุ่น
ระบบการศึกษาในประเทศจีน
การวางแผนเพื่อปรับปรุงการศึกษาวิทยาศาสตร์ของวิทยาลัยครู
สมรรถภาพของครู-อาจารย์วิทยาศาสตร์
ประสบการณ์การบริหารการศึกษา
การจัดการอุดมศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกา
แนวโน้มการจัดเศรษฐกิจและสังคมไทยในทศวรรษหน้า
สภาพการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของวิทยาลัยครูในทศวรรษนี้
ทิศทางของวิทยาลัยครู : สถาบันอุดมศึกษาเพื่อพัฒนาท้องถิ่น
ครูวิทยาศาสตร์ (แปลจากการวิจัยของสมาคมครูวิทยาศาสตร์
แห่งสหรัฐอเมริกา)

งานแปล

การศึกษาและดูงานต่างประเทศ

ประเทศสหรัฐอเมริกา : การอุดมศึกษา
ประเทศอังกฤษ : การฝึกหัดครู การสอนวิทยาศาสตร์
โรงเรียนสาธิต

- ประเทศเกาหลี : การพัฒนาชุมชน
: การศึกษาและวัฒนธรรม
- ประเทศญี่ปุ่น : การศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- ประเทศจีน : การศึกษาวัฒนธรรม
: การบริหารการศึกษา, การอุดมศึกษา
: การศึกษา
: วัฒนธรรม
: การสอนภาษาต่างประเทศ
- ประเทศลักแซมเบิร์ก : การศึกษาและวัฒนธรรม
- ประเทศอินเดีย : การพัฒนาการศึกษา
ขององค์การ UNESCO
- ประเทศออสเตรเลียและนิวซีแลนด์
: การพัฒนาสถาบันอุดมศึกษา
- ประเทศสิงคโปร์และมาเลเซีย
: การศึกษาดูงานเกี่ยวกับพัฒนาวิทยาลัยครู
- ประเทศฟิลิปปินส์ : การพัฒนาสถาบันอุดมศึกษาในเรื่องวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยีของสมาคม Fulbrighter
แห่งเอเชีย
- ประเทศอินโดนีเซีย : ความร่วมมือของสมาคมครูแห่งเอเชีย
- ประเทศฝรั่งเศส : การศึกษาและวิทยาศาสตร์
- ประเทศเยอรมัน : การศึกษาวิทยาศาสตร์
- ประเทศเนเธอร์แลนด์ : การพัฒนาประเทศด้วยระบบสหกรณ์
- ประเทศเบลเยียม : ทักษะศึกษา

สมาคม

สมาชิกลดออกชีพสมาคมนิสิตเก่าจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
สมาชิกลดออกชีพสถาบันจิตวิทยาและความมั่นคง
สมาชิกลดออกชีพสมาคมความเข้าใจระหว่างชาติ

สมาชิกลดออกซีพวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยใน-
พระบรมราชูปถัมภ์

สมาชิกลดออกซีพครุวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย

สมาชิกลดออกซีพดาราศาสตร์แห่งประเทศไทย

สมาชิกลดออกซีพสมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม

สมาชิกลดออกซีพถ่ายภาพแห่งประเทศไทย

สมาชิกเกียรตินิยมทางการศึกษาแห่งประเทศไทย

สมาชิกลดออกซีพครุวิทยาศาสตร์แห่งสหรัฐอเมริกา

Thailand Executives - A Who' s Who directory

Asia Executives - A Who' s Who Directory

สมาชิกกิตติมศักดิ์ ชมรมนักวิทยุและโทรทัศน์เชียงใหม่

สมาชิกกิตติมศักดิ์ สนามกอล์ฟลานนา

สมาชิกกิตติมศักดิ์ ชมรมนักวิทยุ และโทรทัศน์เชียงใหม่ 2532

เครื่องราชอิสริยาภรณ์ :

ประถมาภรณ์มงกุฎไทย (ป.ม.), 2528

ประถมาภรณ์ช้างเผือก (ป.ช.), 2531

มหาวชิรมงกุฎ (ม.ว.ม.), 2534

เหรียญพิทักษ์เสรีชน ชั้น 2 ประเภท 2 2525

เหรียญสุคติลูกเสือ 2527

เหรียญกาชาดสมนาคุณ 2527

งานอดิเรก

: กีฬา

: ถ่ายภาพ

: อ่านหนังสือ

งานของครุสภา

- ผู้ให้การอบรม อ.ศ.ร.

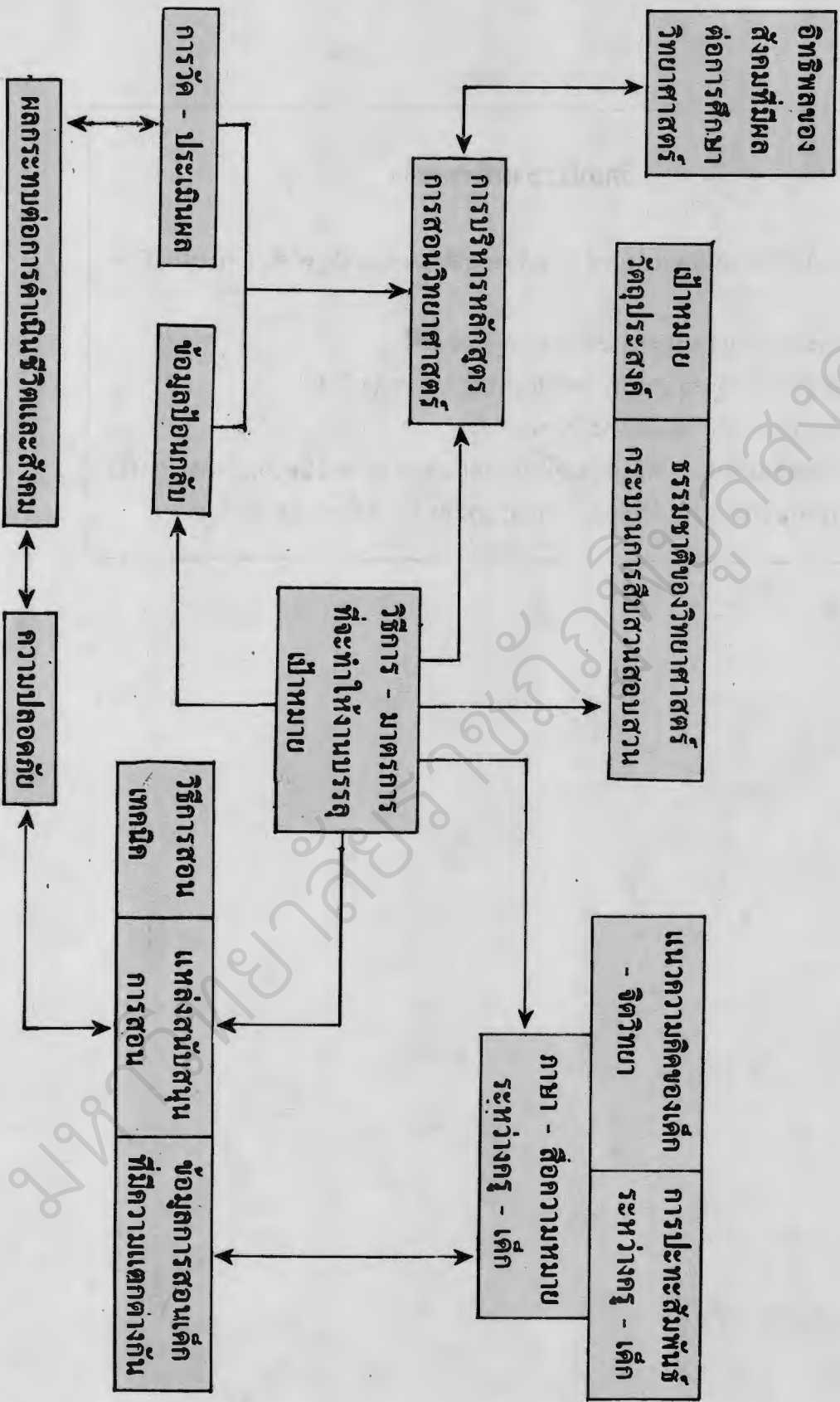
- ผู้อำนวยการการฝึกอบรม อ.ศ.ร. ส่วนภูมิภาคที่วิทยาลัยครู
อุดรดิตต์, พิบูลสงคราม พิษณุโลก และเชียงใหม่

- กรรมการพิจารณาเกณฑ์มาตรฐานของวิชาชีพครู

- เป็นผู้อยู่ในมาตรฐานแห่งคุณธรรมและความรู้ ความสามารถในการประกอบวิชาชีพครู 2518
- ครูดีเด่นสายผู้บริหาร ระดับอุดมศึกษา ครูสภาจังหวัด เชียงใหม่ 2530
- กรรมการที่ปรึกษาของครูสภา เขตการศึกษา 8
- ประธานอนุกรรมการจัดงานสมาคมครูเอเซียในโอกาสที่ประเทศไทยเป็นเจ้าภาพ 2533 เชียงใหม่
- สมาชิกครูสภาประเภทสามัญ เลขประจำตัว ชม. 19587
- เข้าร่วมประชุมครูเอเซียแห่งประเทศไทย ประเทศอินโดนีเซีย 2534

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

แผนผัง



วัตถุประสงค์ที่คาดหวัง

เมื่อผู้อ่านได้ศึกษาเนื้อหาในบทที่ 1 แล้วจะสามารถตอบปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้ได้

1. ความถี่รวบยอดของการสอนวิชาวิทยาศาสตร์
2. สมรรถภาพของครูวิทยาศาสตร์มีองค์ประกอบอะไรบ้าง
3. การเรียนวิทยาศาสตร์มีประโยชน์อย่างไร
4. ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ในการสอนวิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างไร
5. การสอนวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพนั้นควรทำอย่างไร

บทที่ 1

ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

สาระสำคัญ

ประเด็นสำคัญของบทนี้ ผู้อ่านจะได้ศึกษาและทำความเข้าใจในการจำแนกแจกแจงลักษณะของความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ ซึ่งถือว่าเป็น "ความสำคัญของวิชาชีพครู" ซึ่งจะต้องมีความแตกต่างไปจากการประกอบอาชีพอย่างอื่น โดยจะได้แยกประเด็นให้ผู้อ่านได้ทราบว่า ควรจะมีการกำหนดความมุ่งหมายทั่วไปอย่างไร และจะมีการอ้างเหตุผลอันสมควรเพื่อกำหนดวัตถุประสงค์ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์อย่างไรบ้าง จึงจะมีผลสอดคล้องกับเนื้อหาที่ปรากฏในหลักสูตร ตลอดจนการสรรหาวิธีการสอนให้เหมาะสมอีกด้วย

บทที่ 1

ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ (aims & objectives)

1.1 ความคิดรวบยอดของการสอน

เมื่อพิจารณาถึงกิจกรรมต่าง ๆ ที่กำลังดำเนินการอยู่ในสถาบันการศึกษานั้น มักจะพุ่งไปถึงถึงภาระกิจของบุคคล 2 ประเภท บุคคลประเภทแรกได้แก่ ครู ซึ่งจะทำหน้าที่สอน และบุคคลอีกประเภทหนึ่งนั้นได้แก่ นักเรียนหรือนักศึกษา ซึ่งจะต้องศึกษาเล่าเรียน ฉะนั้น ขบวนการเรียนการสอนจึงเป็นภาระกิจสำคัญของการศึกษาหาความรู้ที่ได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง อยู่ตลอดเวลา และเป็นขบวนการที่มักจะแยกออกมาให้ปรากฏชัดได้ยาก อนึ่งการจะวางกำหนดกฎเกณฑ์ว่าการเรียนและการสอนมีลักษณะอย่างใดนั้น จะต้องกระทำด้วยความรอบคอบและระมัดระวัง มิฉะนั้นจะทำให้เกิดความสับสนได้

เพื่อที่จะทำความเข้าใจว่า การสอนคืออะไร เราจะต้องศึกษาถึงลักษณะที่เด่นชัดของกิจกรรมที่เกี่ยวกับการสอนโดยตรง โดยนัยนี้เราอาจจะตั้งประเด็นคำถามเกี่ยวกับภาระกิจของครูว่า "ทำไมครูจึงต้องกระทำกิจกรรมต่าง ๆ เหล่านั้นอย่างพิถีพิถัน และกระทำเพื่ออะไร หรือกระทำโดยมีความมุ่งหมายที่เชื่อถือได้อย่างไร" คำถามดังกล่าวต้องการจะสืบเสาะรากเงาของ "ความตั้งใจจริง" ของครูที่กระทำภาระกิจเหล่านั้น เพราะฉะนั้นเมื่อกล่าวถึงการสอนวิทยาศาสตร์ เราพอจะมองเห็นลักษณะที่เด่นชัดของการปฏิบัติงานของครูวิทยาศาสตร์ว่า ครูมีความตั้งใจจริงที่จะกระทำภาระกิจต่าง ๆ โดยมีความมุ่งหมายหรือเป้าหมายที่แน่นอนอย่างไรบ้าง

ถ้าจะวิเคราะห์ให้ลึกซึ้งไปอีก เราอาจจะต้องพิจารณาถึงภาระกิจหรือกิจกรรมที่จัดทำนั้นว่า ครูได้ตั้งเป้าหมายให้เด็กได้ศึกษาค้นคว้าในเนื้อหาสาระหรือขบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างไรบ้าง

ถ้าจะวิเคราะห์ให้ลึกซึ้งไปอีก เราอาจจะต้องพิจารณาถึงภาระกิจหรือกิจกรรมที่

จัดทำนั้นว่า ครูได้ตั้งเป้าหมายให้เด็กได้ศึกษาค้นคว้าในเนื้อหาสาระหรือขอบเขตทางวิทยาศาสตร์อย่างไรบ้าง อาจจะกล่าวโดยสรุปได้ว่า การสอนวิทยาศาสตร์หมายถึง "ขอบเขตหรือกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากความตั้งใจจริงของครูที่ต้องการจะให้เด็กได้ศึกษาหาความรู้ในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยมีความมุ่งหมายที่แน่นอน" โดยแท้จริงแล้วการสอนจะมีคุณลักษณะในเชิงบรรณศาสตร์ที่ต้องการจะเน้น "ความตั้งใจจริง" หรือ "ความมุ่งหมาย" ที่แน่นอนมากกว่าลักษณะของ "กิจกรรม" ที่จัดขึ้น

ภารกิจสำคัญของครูที่ควรจะต้องเน้นเป็นพิเศษได้แก่ การแสดงบทบาทเป็น "ผู้ดำเนินการ" ให้เด็กได้เรียนรู้ในสิ่งที่ครูได้กำหนดไว้โดยมีความมุ่งหมายที่แน่นอน บทบาทของการเป็นผู้ดำเนินการนั้นจะต้องเป็นสิ่งที่แตกต่างไปจากบทบาทของความเป็นผู้มีอำนาจที่จะสั่งการใด ๆ แต่จะต้องเป็นบทบาทของผู้ที่ชี้引导孩子ได้รับความรู้และความเข้าใจในเรื่องราวต่าง ๆ อย่างแท้จริง ในบางโอกาสครูจะต้องยอมรับว่าความรู้ความเข้าใจที่เกิดขึ้นนั้น เป็นเรื่องราวที่เด็กอาจจะศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองตามสถานะภาพและโอกาสที่จะอำนวย แต่ในฐานะของครูที่เป็นผู้ดำเนินการเกี่ยวกับการเตรียมการสอน ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ในสถานศึกษา ครูจะต้องมีความตั้งใจจริง มีเป้าหมายที่แน่นอนเพื่อให้การสอนดำเนินไปด้วยดี โดยให้เด็กได้รับประสบการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีคุณค่ามากที่สุด

ผู้เขียนมีความเชื่อมั่นว่า บทบาทในการเป็นผู้ดำเนินการสอนของครูที่มีความตั้งใจจริง และต้องการจะให้เด็กได้ศึกษาหาความรู้โดยมีเป้าหมายที่แน่นอนนั้น จะต้องเป็นบันทัดฐานที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการสร้างสมรรถวิสัยของความเป็นครู การสอนวิทยาศาสตร์ควรจะต้องสอนให้คนทุกคนมีความรู้ความเข้าใจในเชิงวิทยาศาสตร์ (scientific literacy) โดยเปิดโอกาสให้ ประชากรของชาติได้ศึกษาในวิชาวิทยาศาสตร์เสรี (liberal science) อย่างกว้างขวาง และพยายามเน้นให้ทุกคนรู้จักใช้วิธีการต่าง ๆ เช่น รู้จักการใช้ความคิด รู้จักการคิดค้นและ รู้จักการแก้ปัญหาอย่างนักวิทยาศาสตร์ เพราะขอบเขตการสอนของครูวิทยาศาสตร์ดังกล่าวจะสอดคล้องกับความหมายของการสอนทั่วไปซึ่งมีรากฐานมาจากพุทธศาสนาที่ผ่านพุทธทาสภิกขุ กล่าวไว้อย่างลึกซึ้งซึ่งว่า "การสอนคือการนำทางวิญญาณ โดยมีครูเป็นผู้นำหรือผู้ดำเนินการ" (พุทธทาสภิกขุ, 2517)

เมื่อผู้อ่านได้ศึกษามาตั้งแต่ต้นแล้วว่า ความคิดรวบยอดหรือคอนเซ็ป (concept)

เกี่ยวกับการสอนนั้นมีคุณลักษณะอย่างไรแล้ว สิ่งที่น่ารู้ให้นักศึกษาค้นคว้าต่อไป น่าจะได้แก่การค้นหาเหตุผลอันสมควร เพื่อสนับสนุนประเด็นปัญหา : ทำไมจึงต้องสอนวิชาวิทยาศาสตร์

1.2 ทำไมจึงต้องสอนวิชาวิทยาศาสตร์

เราอาจจะหาเหตุผลอันสมควรเป็นจำนวนมากมายื่อนำมาสนับสนุนในการตอบปัญหาดังกล่าว แต่เมื่อวิเคราะห์เหตุผลนั้นแล้ว Whitefield (Whitefield, 1974 : 13-14) กล่าวว่า อาจจะแบ่งประเด็นสำคัญออกเป็นข้อสรุปทั่วไปได้เป็น 2 ประการ ประการแรก เพื่อพิจารณาหาเหตุผลว่า กิจกรรมหรือภาระกิจของการสอนหรือการทำงานจะมีคุณค่าอย่างไร โดยการพิจารณาแยกแยะแห่งตนเป็นเครื่องกำหนด ประการที่สองเพื่อที่จะเน้นบทบาทของกิจกรรมเป็นหลักในการพิจารณา เพราะฉะนั้นเราอาจจะยกตัวอย่างที่จะให้เหตุผลว่า ทำไมจึงต้องมีการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ได้ดังนี้

1.2.1 เหตุผลที่เกิดจากการใช้พิจารณาแยกแยะแห่งตน เป็นข้อสนับสนุนที่เพิ่งเล็งถึงคุณค่า (Value) ของวิชาวิทยาศาสตร์ในฐานะที่เป็นกิจกรรมเพื่อการศึกษา มากกว่าที่จะถือว่าวิชาวิทยาศาสตร์เป็นอุปกรณ์หรือเครื่องมือจรรโลงสังคม ซึ่งจะมีลักษณะเป็นการให้การศึกษา โดยอาศัยวิทยาศาสตร์เป็นสื่อกลาง ด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้

1.2.1.1 วิชาวิทยาศาสตร์จะมีคุณลักษณะในตัวของมันเอง เป็นรากฐานในการสำรวจตรวจค้น (exploring) และแปลความหมายให้เกิดความเข้าใจ (interpreting) ความเร้นลับในธรรมชาติ โดยอาศัยวิทยาการในสาขาวิชาฟิสิกส์ ชีววิทยาและเคมีเป็นหลัก เราจะพบว่านักฟิสิกส์จะพยายามสำรวจตรวจสอบในเรื่องพลังงาน และคุณสมบัติของสสาร นักชีววิทยาจะพยายามศึกษาพฤติกรรมและคุณสมบัติของสิ่งที่มีชีวิตทั้งหลาย ส่วนนักเคมีจะตั้งหน้าตั้งตาค้นคว้าเกี่ยวกับคุณสมบัติเฉพาะของสสาร ดังนั้นเป็นต้น หนึ่งลักษณะทางกายภาพและชีวภาพของโลกหรือธรรมชาตินั้นจะมีคุณลักษณะในเชิงทำลายหรือเชื้อเชิญให้มนุษย์มีความสนใจและกระตุนที่จะเข้าไปสำรวจตรวจค้นและหาทางควบคุมตามที่ศักยภาพแห่งตนจะสามารถกระทำได้

1.2.1.2 ความรู้ในเชิงวิทยาศาสตร์นั้นจะมีรากฐานอันเนื่องมาจากขบวนการ

การสืบสวน (investigation) แหล่งสำคัญของการทดสอบเพื่อจะพิสูจน์ว่าความรู้เหล่านั้นจะมีคุณค่าหรือมีความเชื่อถือได้มากน้อยเพียงใดนั้น นักวิทยาศาสตร์จะทำการทดสอบโดยอาศัยการสังเกต (observation) และการทดลอง (experiment) เป็นหลัก กฎของฮุก (Hooke's Law) จะเป็นตัวอย่างที่แสดงให้เห็นว่า ความรู้หรือความจริงที่ฮุกค้นพบนั้นเกิดจากใช้แรงกระทำต่อขดลวดภายใต้สภาวะการณที่กำหนดให้อย่างแท้จริง และมีใช่เป็นความรู้ที่เกิดขึ้นจากหลักการวิทยาศาสตร์ หลักคณิตศาสตร์ หลักจริยศาสตร์ หรือหลักการอื่นใดเลย แนวทางเพื่อสืบสวนหาความรู้ ความจริง การทำความเข้าใจ การหาคอนเซป ตลอดจนวิธีการต่าง ๆ ในความร่ำรวยของธรรมชาติ (วิทยาศาสตร์) จึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญและมีลักษณะที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะ ซึ่งจะผิดแผกแตกต่างไปจากสาขาวิชาอื่น ๆ (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในบทที่ 2)

1.2.1.3 ถึงแม้ว่าการสร้างความเข้าใจในเชิงวิทยาศาสตร์จะมีความสำคัญและมีความแตกต่างไปจากสาขาวิชาอื่น ๆ เช่น วิชาประวัติศาสตร์ จริยศาสตร์ และศาสนาก็ตาม แต่ในขณะที่เดียวกันการลงความเห็นกิติหรือการพินิจพิจารณาคัดสินใจใด ๆ กิติที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาดังกล่าวจะต้องอาศัยข้อเท็จจริงจากธรรมชาติ ซึ่งจะมีความเกี่ยวพันอยู่กับวิชาวิทยาศาสตร์อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้อีกด้วย ดังตัวอย่างเช่น ในกรณีที่มีการพิจารณาเกี่ยวกับเรื่อง การทำแท้ง หรือเรื่อง มลภาวะในธรรมชาติ (pollution) การตัดสินใจหรือข้อพิจารณาเสนอแนะในเชิงศีลธรรม มักจะใช้คำว่า "น่าจะ" หรือ "ควรจะ" ซึ่งเป็นคำที่นำมาใช้ในลักษณะที่มากกว่า ดังนั้นในการศึกษาเกี่ยวกับวิชาวิทยาศาสตร์จึงเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาหาข้อประจักษ์ในการสร้างคอนเซปหรือความคิรวบยอด ซึ่งจะช่วยให้เด็กเหล่านั้นนำไปใช้ในสาขาวิชาอื่น ๆ ได้อีกด้วย

1.2.1.4 ในขบวนการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์นั้นจะต้องใช้ภาษาเป็นหลักในการสื่อความหมาย บางครั้งภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวันนั้นไม่อาจจะถ่ายทอดสื่อความหมายของศัพท์เฉพาะที่เกี่ยวกับ คอนเซป เครื่องมือ และวิธีการ ในเชิงวิทยาศาสตร์ได้ ปัญหาเกี่ยวกับภาษานั้นได้มีนักจิตวิทยาได้พยายามศึกษาหาสู่ทางให้มีความเกี่ยวพันกับแนวความคิดอยู่เสมอ Wellman ได้ทำการวิจัยพบว่า มีตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อการใช้ภาษาเพื่อพัฒนาการอ่าน พร้อมทั้งเสนอแนะวิธีการแก้ไขซึ่งช่วยทำให้เกิดผลดีต่อขบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์อย่างมากมาย (Wellman, 1978 : 1-12)

1.2.1.5 โดยเหตุที่มีวิธีการสอนอยู่มากมาย ครูจึงสามารถใช้วิชาวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือพัฒนาการในด้านสติปัญญาหรือพุทธิพิสัย และเพิ่มพูนทักษะพิสัยให้แก่เด็กได้อย่างกว้างขวาง สิ่งสำคัญซึ่งครูจะต้องใช้ความคึกพิจารณาให้รอบคอบได้แก่ "ความมุ่งหมาย" (aims) และวิธีการสอน (methods) ที่จะนำมาใช้ เพราะการกำหนดความมุ่งหมายจะต้องเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาหลักสูตรซึ่งเป็นหัวใจของเค้าโครงของการศึกษาและโดยเหตุที่วิธีการสอนทั้งหลายที่ครูจะนำมาใช้นั้น บางวิธีการสอนไม่อาจจะเอื้ออำนวยให้ขบวนการเรียนการสอนบรรลุผลตามที่ต้องการก็ได้ เพราะฉะนั้นการเลือกสรรวิธีการสอนจึงสามารถกำหนดได้อย่างกว้างขวาง และครูผู้สอนจะต้องพยายามหลีกเลี่ยงการนำวิธีการสอนที่จะต้องให้เด็กท่องจำหรือรู้เฉพาะข้อเท็จจริงเท่านั้น เราจะพบว่าในการพัฒนาพุทธิพิสัยให้แก่เด็ก เช่น การสอนให้เด็กรู้จักการสรุป การหยั่งรู้ในเนื้อหาสาระใหม่ ๆ ก็ดี หรือในการสร้างเสริมทักษะพิสัยให้แก่เด็ก โดยใช้วิธีการสังเกต รู้จักการใช้เครื่องมือได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมก็ดี ครูผู้สอนจะต้องใช้วิธีการต่าง ๆ ซึ่งล้วนแต่จะต้องอาศัยยุทธวิธีที่ละเอียดอ่อนหลายรูปแบบ (รายละเอียดเกี่ยวกับเรื่องนี้ ให้ศึกษาเพิ่มเติมในบทที่ 6 และ 10)

1.2.2 เหตุผลที่อาศัยบทบาทของกิจกรรมเป็นหลักในการพิจารณา โดยเน้น "ประโยชน์" ที่จะพึงบังเกิดขึ้นแก่วงการวิทยาศาสตร์ (science enterprise) และสังคมมนุษย์ เป็นสำคัญ หรืออาจจะกล่าวว่าเป็นขบวนการทางการศึกษาเพื่อวิชาวิทยาศาสตร์และสังคมก็ได้ มีประเด็นที่สำคัญ ๆ ดังนี้

1.2.2.1 โดยเหตุที่ปัจจุบันเป็นยุคของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังนั้นจึงไม่มีผู้หนึ่งผู้ใดในสังคมที่จะทำหน้าที่เป็นพลเมืองดี เพื่อช่วยกันพัฒนาสังคมให้เจริญก้าวหน้าไปได้โดยปราศจากทั้งความรู้ความสามารถและทักษะพื้นฐานในเชิงวิทยาศาสตร์ ในการจัดขบวนการเรียนการสอนนั้น นอกจากเนื้อหาสาระสำคัญของวิทยาศาสตร์จะเป็นปัจจัยสำคัญแล้วก็ตามครูผู้สอนจะต้องพยายามเสนอแนะรูปแบบของขบวนการวิทยาศาสตร์ เพื่อเพิ่มพูนความรู้และทักษะพื้นฐานในเชิงวิทยาศาสตร์ให้แก่เด็กอย่างกว้างขวางอีกด้วย

1.2.2.2 ความเจริญก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกำลังมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาสังคมและประเทศชาติ ทั้งในด้านเศรษฐกิจและความมั่นคง ทั้งยังเป็นสิ่งที่ดำเนินการอย่างไม่มีหยุดยั้ง คร.มาร์วิน โกลด์เบอร์เกอร์ (Goldburger

1978 : 48) รายงานว่าในช่วงปี พ.ศ. 2511-21 นั้น วิทยาการต่าง ๆ ได้เพิ่มขึ้นเป็น 10-15 เท่าของเมื่อช่วงระยะเวลา 20 ปีก่อนหน้านั้น ฉะนั้นจึงเป็นสิ่งที่ไม่น่าสงสัยเลยว่า ประชากรทั่วโลกจะไม่ได้รับผลกระทบกระเทือนทั้งในแง่ที่เป็นคุณประโยชน์และโทษที่จะพึงบังเกิดขึ้น ผู้เขียนมั่นใจว่าไม่มีบุคคลใดที่จะสรุปความสำคัญของวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีต่อการพัฒนาประเทศชาติให้ตีเท่าท่านบัณฑิต ยาวหราล เนรู่ ซึ่ง ดร.สิปปนนท์ เกตุทัต นำมาอ้างไว้ในบทความของท่านว่า ".....วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเท่านั้นที่จะสามารถแก้ปัญหาต่อการบรรเทาความหิวโหย ความอดอยาก ความยากจน การที่มีผู้ออดอยาก ผู้ขาดอาหาร ผู้ทุพพลภาพ ผู้ไร้ที่อยู่อาศัย..... การบรรเทาโรคภัยไข้เจ็บ ปัญหาการใช้ยารักษาโรค ปัญหาการถือโซ่กลาง ปัญหาการใช้และการรักษาทรัพยากร เพื่อออมไว้สำหรับลูกหลาน.....ใครเล่าจะลืมวิทยาศาสตร์ได้.....ทุกแง่ทุกมุมของหัวเลี้ยวหัวต่อของเราที่จะต้องพึ่งวิทยาศาสตร์ อนาคตของเราขึ้นอยู่กับวิทยาศาสตร์และผู้ที่เป็นเพื่อนกับวิทยาศาสตร์....." (สิปปนนท์ เกตุทัต, 2516 : 41-49)

1.2.2.3 จากเหตุผลที่กล่าวไว้ในข้างต้น จึงเป็นประเด็นสำคัญต่อการเตรียมเยาวชนให้เป็นบุคคลที่มีคุณภาพในอนาคต โดยอาศัยขบวนการทางการศึกษา วิทยาศาสตร์เป็นมาตรการในการดำเนินการ วิธีการเตรียมและการฝึกอบรมเยาวชน นอกจากจะอาศัยการเรียนการสอนโดยเน้นในเรื่องราวของวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ (pure science) วิทยาศาสตร์ประยุกต์ (applied science) หรือเทคโนโลยี (technology) แล้วเรายังต้องคำนึงถึงการฝึกฝนอาชีพที่จะต้องอาศัยพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ให้แก่เยาวชนของชาติอีกด้วย ทั้งนี้เป็นเพราะประเทศชาติของเรากำลังเร่งรัดพัฒนาทั้งในด้านกำลังคนที่จะต้องออกไปดำเนินการในภารกิจต่าง ๆ เช่น การวิจัย การอุตสาหกรรม การเกษตร และการนำทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์อีกด้วย อนึ่ง ศาสตราจารย์ ดร.ประจุมสุข อาชวอำรุง กล่าวไว้ว่า วิชาวิทยาศาสตร์ในรูปวิทยาศาสตร์เสรีหรือวิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน จึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับคนทุกคน และจะต้องเป็นวิชาวิทยาศาสตร์ที่ประชากรทุกคนต้องเรียนรู้ เพราะนอกจากจะช่วยให้พลเมืองมีชีวิตอยู่ในโลกวิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพแล้วยังช่วยเป็นแรงส่งเสริมให้นักวิทยาศาสตร์ของสังคมดำรงอยู่ได้ด้วย (ประจุมสุข อาชวอำรุง, 2522 : 71-73)

1.3 ความมุ่งหมาย (aims) และวัตถุประสงค์ (objectives)

ความมุ่งหมายในการสอนวิทยาศาสตร์นั้นเป็นสิ่งจำเป็น เพราะความมุ่งหมายจะเป็นเครื่องชี้หรือกำหนดแนวทางอย่างกว้าง ๆ ให้แก่รายวิชาต่าง ๆ ที่จะต้องดำเนินการให้สอดคล้องกับหลักสูตร นอกจากนั้นความมุ่งหมายยังจะทำหน้าที่เป็นพื้นฐานรองรับว่า การปฏิบัติหน้าที่ของครูวิทยาศาสตร์เป็นวิชาชีพชั้นสูงอีกด้วย ในสถานการณ์ทั่ว ๆ ไปเราไม่อาจจะนำเอาความมุ่งหมายเป็นองค์ประกอบในการประมาณคุณค่าในการปฏิบัติงานเฉพาะกิจของครูในบางโรงเรียนได้ แต่ความมุ่งหมายเฉพาะกิจบางอย่างซึ่งโรงเรียนหรือสถานศึกษาหลายแห่งได้กำหนดขึ้นมาเพื่อทำงานแข่งขันกันหรือร่วมกันปฏิบัตินั้นเป็นสิ่งที่น่ากระทำ เช่น การกำหนดความมุ่งหมาย เพื่อให้พัฒนาทักษะพิสัยให้แก่นักเรียน การส่งเสริมให้เด็กสนใจในวิชาชีพหรือการกำหนดความมุ่งหมายให้สอดคล้องกับเนื้อหาของรายวิชาต่าง ๆ ที่ปรากฏอยู่ในหลักสูตร

อนึ่ง ในการพิจารณาหาหลักการและเหตุผลเพื่อกำหนดความมุ่งหมายนั้น ครูผู้สอนไม่ค่อยจะมีโอกาสได้เข้าร่วมพิจารณา ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาต่อการปฏิบัติงานจริง ๆ เช่น ปัญหาในการจัดการทดลอง การกำหนดระยะเวลาที่เด็กจะต้องเรียนตามเนื้อหาที่หลักสูตรกำหนดไว้ ตลอดจนเรื่องการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อขบวนการเรียนการสอน อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกิดจะมีผลกระทบกระเทือนต่อการพัฒนาสมรรถภาพของความเป็นครูด้วย แต่อย่างไรก็ตาม การกำหนดเป้าหมายในขบวนการศึกษาก็ยังเป็นสิ่งจำเป็นที่จะหลีกเลี่ยงหรือละเว้นเสียไม่ได้เพราะความมุ่งหมายจะเป็นเครื่องกำหนดทิศทางหรือเป้าหมายอย่างกว้าง ๆ ที่ควรจะเป็นความมุ่งหมายจะเป็นเครื่องมือที่สำคัญยิ่งต่อการกำหนด "วัตถุประสงค์" (objectives) ซึ่งจะเป็นรายละเอียดที่จะบ่งชี้ให้เห็นชัดว่า ผลลัพธ์ของรายวิชา เนื้อหาที่เด็กควรรู้ควรจะเป็นอย่างไร อาจจะกล่าวได้ว่า ความมุ่งหมายในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้นจะต้องกำหนดเพื่อให้เห็นความต้องการหรือสิ่งที่ควรเกิดขึ้นตามหลักสูตรที่สร้างขึ้นมา ส่วนวัตถุประสงค์นั้นจะเป็นเครื่องชี้ในรายละเอียดของรายวิชาที่เด็กต้องเรียนและครูต้องสอนให้เป็นไปตามแผนการที่กำหนดไว้ วัตถุประสงค์จะช่วยให้ครูสามารถวางแผนอย่างละเอียดและเป็นแผนที่จะสามารถปฏิบัติได้ในแต่ละรายวิชาหรือแต่ละบทเรียนอย่างต่อเนื่องกันอีกด้วย

ตัวอย่างต่อไปนี้จะช่วยให้ผู้อ่านได้พิจารณาเห็นความแตกต่างระหว่าง ความมุ่งหมาย

ทั่ว ๆ ไป และวัตถุประสงค์ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์

ตัวอย่าง : ความมุ่งหมายทั่วไปของการเรียนวิทยาศาสตร์

- (1) เพื่อให้นักเรียนมีความสนใจในวิชาวิทยาศาสตร์
- (2) เพื่อพัฒนาจิตใจของเด็กในขบวนการสืบสวนสอบสวน
- (3) เพื่อช่วยให้นักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์กับวัฒนธรรม
- (4) เพื่อช่วยให้เด็กรู้จักเลือกวิชาชีพทางวิทยาศาสตร์
- (5) เพื่อช่วยให้นักเรียนรู้จักการแก้ปัญหา

ตัวอย่าง : วัตถุประสงค์ของการเรียนวิทยาศาสตร์

- (1) เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการตั้งสมมติฐาน
- (2) เพื่อสนับสนุนให้เด็กมีความสามารถในการหาข้อผิดพลาดบกพร่องจากการทดลอง
- (3) เพื่อปลูกฝังทักษะให้แก่เด็กในการสร้างวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ๆ
- (4) เพื่อเพิ่มพูนความสามารถของเด็กในการปฏิบัติงานที่มีความยุ่งยากร่วมกัน
- (5) เพื่อส่งเสริมให้เด็กมีความสนใจที่จะศึกษาถึงการค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการเผาไหม้ในศตวรรษที่ 19

ในปัจจุบันนักการศึกษาในสาขาจิตวิทยาเป็นจำนวนมากที่หันมาสนใจในความแตกต่างระหว่าง ความมุ่งหมายทั่วไป กับ "วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม"(behavioral objectives) วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเป็นสิ่งที่ปรากฏขึ้นมาให้มองเห็นได้อย่างชัดเจน มีแนวทางที่จะเป็นรูปธรรมได้ศึกษา และประเด็นสำคัญที่น่าสนใจได้แก่ พฤติกรรมของเด็กที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งครูสามารถตรวจสอบได้ พฤติกรรมเหล่านั้นได้แก่ ความคิด ความรู้สึก และการกระทำ ซึ่งนักจิตวิทยาเห็นว่า เมื่อจิตใจของเด็กเปลี่ยนแปลง ความคิด ความรู้สึก และการกระทำย่อมผิดแผกแตกต่างไปจากเดิม การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นถือว่าการเรียนรู้ของเด็ก อย่างไรก็ตาม

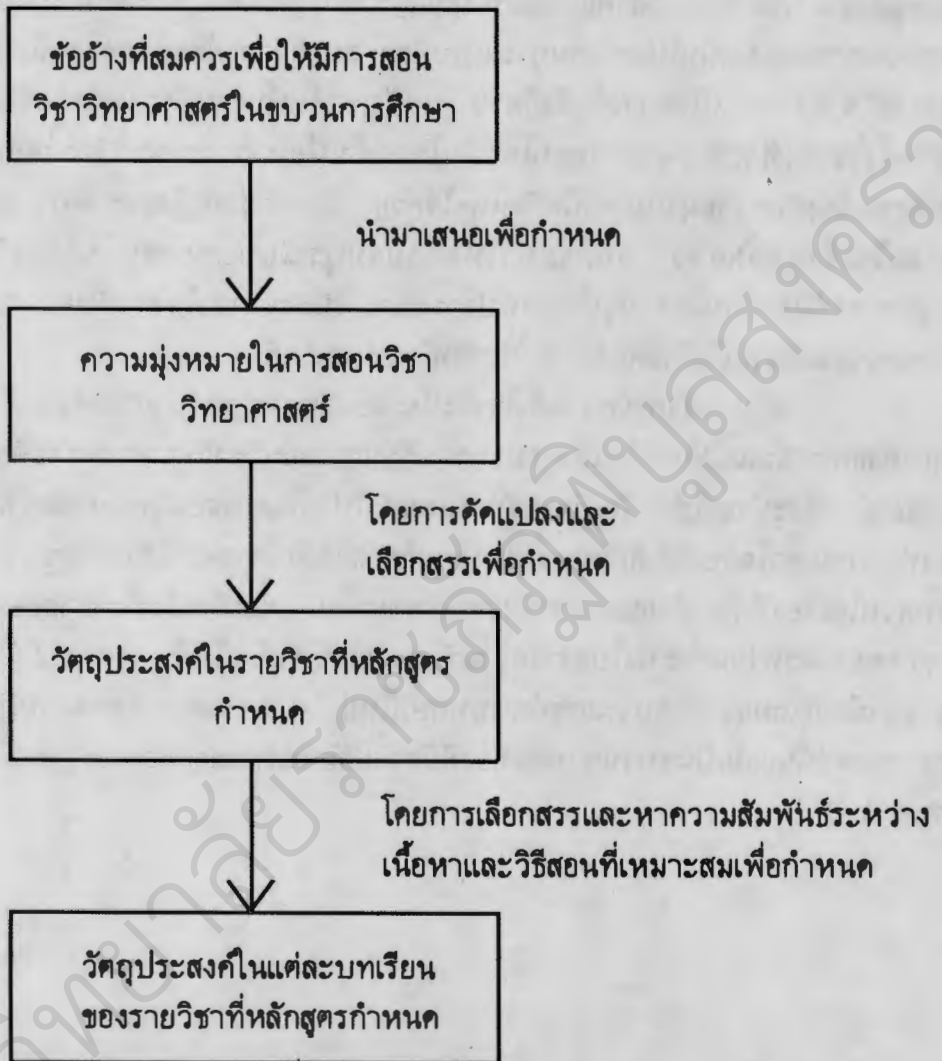
มีนักทฤษฎีการศึกษาอีกเป็นจำนวนมากไม่น้อยที่ยังไม่ลงความเห็นเกี่ยวกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อโต้แย้งของกลุ่มนักการศึกษาเหล่านี้ เกรงว่าถ้าครูผู้สอนยึดถือเรื่องวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มากเกินไปแล้ว ครูย่อมจะเตรียมการกำหนดหรือระบุรูปแบบล่วงหน้า (prespecify) ของเด็ก หรือเอ็กซ์ตริกคูลได้ ซึ่งจะมีลักษณะเป็นการบีบบังคับมากกว่า การปลูกฝัง (indoctrination) ที่ถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญของขบวนการเรียนรู้ พวกนักการศึกษาที่ยึดถือเรื่องพฤติกรรมอย่าง รุนแรงนั้นจะพยายามหาเหตุผลมาสนับสนุนพวกนักการศึกษาที่ยึดถือทฤษฎีการเรียนรู้แบบกระตุ้น-โต้ตอบ (stimulus - response) และมีความต้องการอย่างรุนแรงที่จะกำจัดทฤษฎีดังกล่าวให้ หหมดไปจากสถาบันการศึกษา เพราะนักพฤติกรรมเหล่านั้นคัดค้านว่า ไม่สามารถจะตรวจสอบ ในเชิงปริมาณความตั้งใจจริงของครูที่ทำการสอนได้ การที่ผู้แตงนำข้อโต้แย้งของนักการศึกษา มาเสนอ ก็เพื่อที่จะให้ผู้อ่านได้ทราบเกี่ยวกับความคิดเห็นหรือทฤษฎีต่าง ๆ เกี่ยวกับการศึกษาที่ กำลังพัฒนาในรูปแบบต่าง ๆ กัน และใครจะเสนอแนะว่าวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมนั้นจะทำ หน้าที่เป็น "ดัชนี" หรือ "เครื่องชี้" เกี่ยวกับคุณลักษณะพฤติกรรมของเด็กที่เปลี่ยนไปภายหลัง ที่มีการเรียนรู้เกิดขึ้นมากกว่าจะเป็นตัวกำหนดพฤติกรรมของเด็ก โดยอาศัยขบวนการสอนเป็น สื่อกลางเท่านั้น เพราะฉะนั้นในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เราจึงถือว่า "การสอนโดยยึดหลัก ของวัตถุประสงค์" จึงเป็นสิ่งจำเป็นและไม่สามารถจะแยกความสัมฤทธิ์ผลของเด็กกับเนื้อหา วิชาทั้งหลายออกจากกันได้

เราอาจจะยกตัวอย่างการตั้งวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในรายวิชาที่จะสอนได้อย่าง กว้าง ๆ ว่า : "เพื่อให้เด็กมีความสามารถในการนำความเข้าใจเชิงวิทยาศาสตร์ไปใช้ กับสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้"

และอาจจะยกตัวอย่างการตั้งวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในบทเรียนที่สอดคล้องกับ เนื้อหาในรายวิชาดังกล่าวได้ : เพื่อให้สามารถนำวิธีการต่าง ๆ ทำการแยกสารเคมีอย่าง บริสุทธิ์ได้

หากจะกล่าวโดยทั่วไปแล้ว ความมุ่งหมายต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์ นั้นอาจจะคัดแปลงให้สอดคล้องกับพฤติกรรมของเด็กที่จะเปลี่ยนไปได้อย่างมากมาย แต่ บางครั้งก็อาจจะไม่สมเหตุที่จะพยายามอธิบายเกี่ยวกับเรื่องค่านิยมและเจตคติของเด็กเพราะ การที่จะทดสอบหรือค้นหาในเชิงปรัชญานั้นเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก

เราอาจจะสรุปการกำหนดความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการสอนวิทยาศาสตร์
ดังภาพที่ 1.1



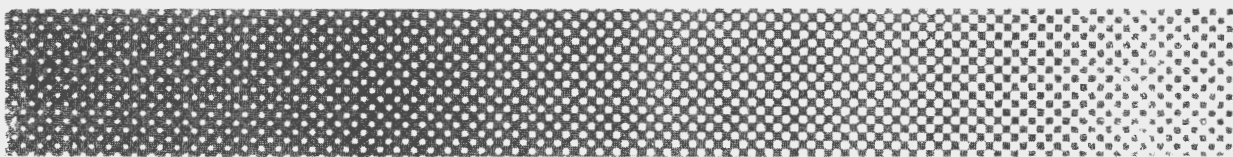
ภาพที่ 1.1 : ความสัมพันธ์ระหว่างความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

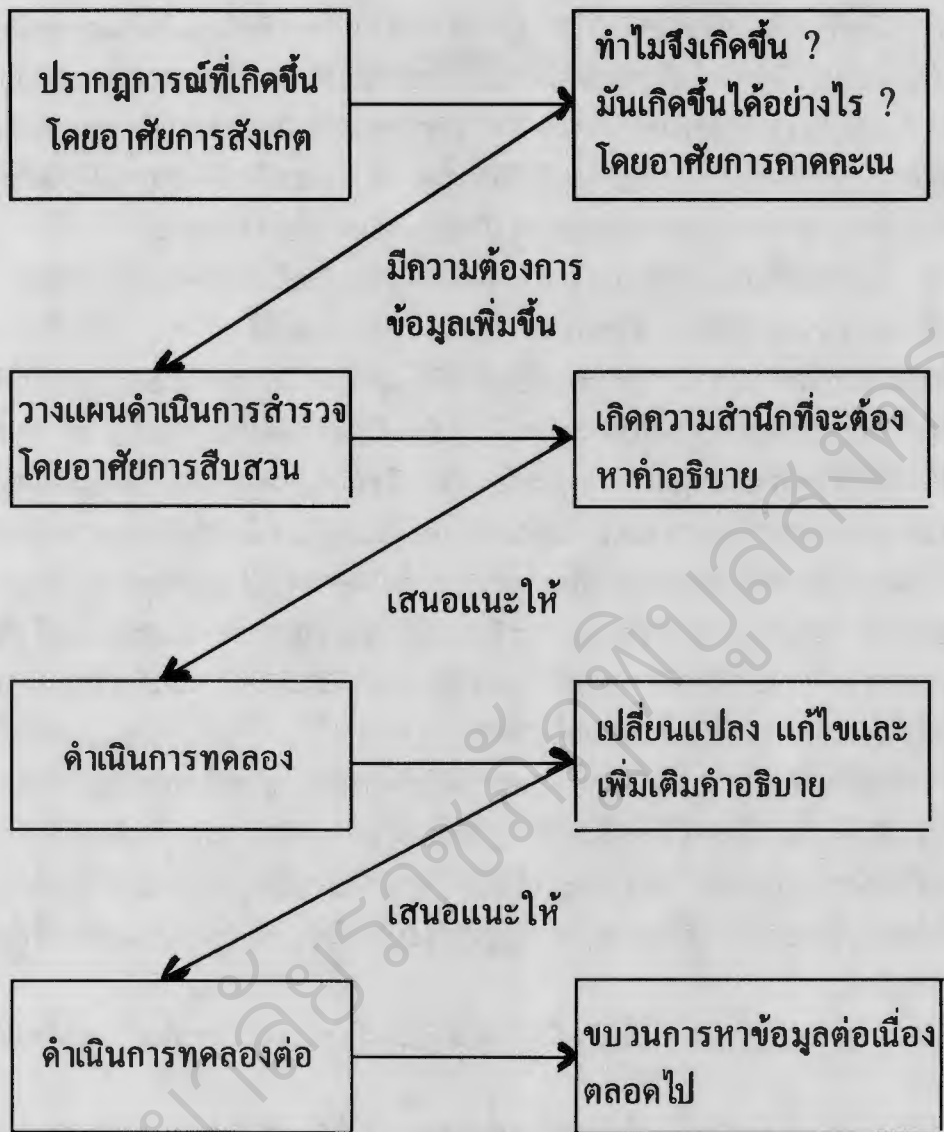
1.4 วัตถุประสงค์ เนื้อหา และวิธีการสอน

ประเด็นสำคัญที่จะกล่าวในตอนท้ายบทนี้ ได้แก่ความสัมพันธ์ระหว่างความตั้งใจจริงของครูผู้สอน เนื้อหาสาระสำคัญของบทเรียนและวิธีการสอนต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้เพื่อให้กระบวนการเรียนการสอนดำเนินไปอย่างสมบูรณ์แบบที่สูงสุด สมมุติว่าครูผู้สอนจะทราบถึงความมุ่งหมายของรายวิชาที่จะสอนเป็นอย่างดีแล้วก็ตาม แต่ปัญหาขั้นพื้นฐานที่ครูจะต้องเผชิญย่อมจะไต่แก้ความตั้งใจจริงที่จะดำเนินการสอนโดยมั่นใจว่าทั้งเนื้อหาสาระและวิธีการสอนเหล่านั้นจะต้องสอดคล้องกับความมุ่งหมายที่ได้กำหนดไว้ด้วย ถ้าหากว่าครูผู้สอนขาดความรอบคอบและละเอียดในเรื่องดังกล่าว ย่อมจะทำให้ความสมบูรณ์แบบของกระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ผิดเพี้ยนไปจากรูปแบบที่ปรารถนา เนื่องจากว่าไม่ตรงกับความมุ่งหมายที่ได้กำหนดไว้และยังจะบังเกิดผลเสียต่อ "วิชาชีพ" แห่งตนอีกด้วย

ถ้าหากว่าครูมีความตั้งใจจริงที่จะสอนวิทยาศาสตร์มากกว่าจะนำข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์มาเสนอให้แก่เด็กแล้ว ขบวนการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์จะต้องเน้นถึง "วิธีการสอน" ที่จะนำมาใช้ เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าในการสอนวิทยาศาสตร์นั้นครูผู้สอนจะต้องทำความเข้าใจกับเด็กเสียก่อนว่าวิชาวิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์ที่เกี่ยวกับขบวนการสืบสวนสอบสวนในเรื่องที่เกี่ยวกับสภาวะทางกายภาพของโลก ข้อเท็จจริงทั้งหลายย่อมจะได้มาจากการทดลองและพร้อมที่จะนำไปสร้างความรู้ ความเข้าใจได้ต่อไปอีก เพราะฉะนั้นเด็กจะต้องมีความสำนึกอยู่เสมอว่า ขบวนการค้นพบทฤษฎีใหม่ ๆ และการทดลองปฏิบัติการในเชิงวิทยาศาสตร์นั้นย่อมเป็นขบวนการต่อเนื่องที่มีความสัมพันธ์กันอยู่ตลอดเวลา ดังที่ได้แสดงไว้ในภาพที่ 1.2

มหาวิทยาลัย





ภาพที่ 1.2 : ความสัมพันธ์ระหว่างการค้นหาทฤษฎีและการทดลอง

เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 1.2 ผู้อ่านบางท่านอาจจะมีความเห็นไม่สอดคล้องมากนัก เพราะเป็นเรื่องที่จะเน้นหนักไปในด้านคันคว้าและการทดลองที่เกี่ยวกับสภาวะสิ่งแวดล้อมมากกว่า แผนภาพดังกล่าวมุ่งจะศึกษาเรื่องการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เป็นประเด็นสำคัญ และในบางครั้ง งานฝึกหัด การทดลอง หรือการปฏิบัติการใด ๆ เราจะต้องพิจารณาเหตุผลอื่น ๆ มา ประกอบมากกว่าจะพิจารณาความสำคัญของกิจกรรมเหล่านั้นโดยเฉพาะ

ในการกลั่นกรองเลือกสรรรายวิชาหรือบทเรียนที่จะให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์นั้น จะต้องเป็นขบวนการที่สำคัญ ตลอดจนการเลือกหาวิธีการสอนต่าง ๆ ทั้งนี้เพื่อต้องการให้ ขบวนการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่มีความหมายอย่างยิ่งอีกด้วย ทั้งนี้ เป็นเพราะเหตุว่าถ้าหากครูต้องการจะปลูกฝังให้เด็กได้มีโอกาสตั้งสมมติฐาน สร้างความสนใจ และพัฒนาการวิธีการหาเหตุผล ครูจะต้องนำเอาสิ่งที่มีความมั่นคงในตัวของมันเอง เช่น คำโครงของการศึกษาวิทยาศาสตร์ แนวความคิดและคอนเซปในเชิงวิทยาศาสตร์มาสอนหรือ แนะนำให้แกเด็กมากกว่าที่จะนำข้อเท็จจริงต่าง ๆ ซึ่งไม่ค่อยจะมีความสัมพันธ์ต่อกันมาสอนให้ เด็กเพื่อท่องจำ เช่น ในกรณีที่ครูต้องการจะจัดรายวิชาของวิทยาศาสตร์บรรลุลงในพื้นฐานทาง การศึกษา ครูจะต้องแยกวิชาวิทยาศาสตร์ออกเป็น สาขาฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา หรือถ้าจะ สรุปเพื่อให้มองเห็นเป็นเพียงเรื่องเดียวก็อาจจะกล่าวได้ว่าเป็น "คอนเซปของพลังงาน" แต่ ในกรณีที่ครูผู้สอนต้องการจะให้เด็กสนใจในความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์กับสิ่งแวดล้อม ขบวนการเรียนการสอนจะต้องเน้นถึงการปฏิบัติการต่าง ๆ ที่ปรากฏอยู่ในสังคมที่เด็กอาศัยอยู่ ด้วยเหตุดังกล่าว เราจะพบว่าวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดขึ้นมานั้นจะสะท้อนให้เห็นถึงเนื้อหา สาระที่เด็กควรรู้และวิธีการสอนต่าง ๆ ที่ครูจะต้องนำมาใช้ และถือว่าเป็นเครื่องชี้หน้าที่จำเป็น อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

เราอาจจะพิจารณาความสัมพันธ์และสรุปในเรื่องราวต่าง ๆ ที่กล่าวมาตั้งแต่ต้นได้ว่า

ครูคือบุคคลใดบุคคลหนึ่งซึ่งมีความตั้งใจจริงที่ต้องการจะให้ มี
การเรียนรู้เกิดขึ้นแก่เด็ก
การเรียนรู้เหล่านั้นจะมีคุณลักษณะในเชิงสัมฤทธิ์ผลที่เด็ก
จะได้รับโดยอาศัยกิจกรรมต่าง ๆ ที่ครูเป็นผู้จัดขึ้น

ภายในกิจกรรมเหล่านี้จะต้องมีเนื้อหาสาระที่เด่นชัด
ซึ่งจะต้องกลับไปด้วยความรู้และความเข้าใจที่มนุษย์ได้สัมผัสเข้าไป
ครูจะต้องเป็นผู้เอื้ออำนวยในกระบวนการเรียนรู้โดยการ
เลือกเฟ้นเนื้อหาสาระและสรรหาวิธีการสอนที่จะช่วยให้
เด็กได้เรียนรู้ได้ดีที่สุดและจะต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ให้มากที่สุดด้วย

1.5 ประสิทธิภาพของครู

เมื่อพิจารณาโดยอาศัยหลักตรรกศาสตร์ เราจะพบว่าข้อสรุปที่ได้กล่าวไว้ข้างบนนั้น
จะครอบคลุมบทบาทของครูไว้ทั้งหมด แต่ผู้อ่านแต่ละท่านอาจจะมีความเข้าใจในประเด็นที่
แตกต่างกัน และจะมีผลทำให้ภาพพจน์ของความเป็นครูของแต่ละบุคคลผิดแผกแตกต่างกันอีกด้วย
สิ่งที่ครูจะต้องระลึกอยู่เสมออันได้แก่ คุณสมบัติของครูซึ่งจะมีความตั้งใจจริงที่จะช่วยให้เด็กได้มี
การเรียนรู้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือการศึกษาวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นเรื่องที่เรากำลังพิจารณากันอยู่
และถ้าจะระบุหรือขยายความออกไปให้มองเห็นอย่างชัดเจน ครูผู้สอนจะต้องตั้งใจที่จะเลือก
เนื้อหาสาระเพื่อจะจัดกิจกรรมต่าง ๆ โดยเลือกใช้วิธีการสอนให้สอดคล้องกับสภาพโดยส่วนรวม
ของเด็ก เพื่อเปิดโอกาสหรือหาช่องทางที่จะเป็นไปได้ที่เด็กเหล่านั้นจะได้ศึกษาหรือเรียนรู้ในสิ่ง
ที่ครูตั้งใจสอน ประเด็นสำคัญที่น่าจะต้องพิจารณาเป็นกรณีพิเศษที่ผู้อ่านจะต้องทำความเข้าใจ
ให้ท่องแท้แน่นอนอยู่ตรงข้อเท็จจริงที่ว่า การสอนที่เราถือว่าเป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพหรือจะ
บรรลุผลสำเร็จนั้นจะต้องเน้นกระบวนการที่สอดคล้องกับการเรียนรู้ที่เด็กจะต้องเรียนให้บรรลุตาม
เป้าหมาย ซึ่งการเรียนรู้เหล่านั้นอาจจะไม่เกี่ยวข้องกับการกระทำของเด็กหรือข้อเท็จจริงที่เด็ก
ได้รับก็ได้ เพราะฉะนั้นจึงเป็นเรื่องที่ครูจะต้องมีปณิธานอยู่ตลอดเวลาว่า ความปรารถนา
อย่างแรงกล้าและมีคุณค่าต่อความตั้งใจจริงที่จะสอนนั้น จึงเป็นคุณสมบัติอย่างแท้จริงของวิชาชีพครู
ถ้าหากว่าครูคนใดไม่สามารถจะแปรหรือถ่ายทอดความตั้งใจจริงที่ต้องการสอนให้เป็นการกระทำ
ที่มีประสิทธิภาพโดยอาศัยการตัดสินใจที่เหมาะสม เพื่อที่จะทำให้เด็กได้เรียนรู้จนบรรลุผลสำเร็จแล้ว

ครูคนนั้นย่อมจะไม่ประสบความสำเร็จในวิชาชีพความเป็นครูของตนได้เลย และสิ่งเหล่านี้ย่อมจะไม่เป็นผลดีต่อบุคคลใดบุคคลหนึ่งอีกด้วย

ด้วยเหตุผลดังที่กล่าวมาย่อมจะสังเกตเห็นได้ว่า การที่ครูคนใดคนหนึ่งจะเป็นครูที่มีประสิทธิภาพได้นั้นย่อมจะไม่อุบัติขึ้นได้โดยที่ครูคนนั้นมีความต้องการ เพียงแต่จะให้เด็กได้เรียนรู้เท่านั้น แต่จะต้องอาศัยความสามารถของครูที่จะต้องคัดสรรใจอย่างเหมาะสมที่จะดำเนินการต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกห้องเรียนให้สอดคล้องกับการกระทำที่ถือว่าเป็นวิชาชีพชั้นสูงอีกด้วย และการกระทำของครูดังกล่าวจะต้องเป็นสาเหตุให้เด็กมีการเรียนรู้อย่างแท้จริง เพราะฉะนั้นภารกิจทั้งหมดทั้งปวงที่จะผลิตครูวิทยาศาสตร์ จึงจำเป็นจะต้องมีการฝึกอบรมและปลูกฝังให้ครูเหล่านั้นรู้จักการคัดสรรใจที่จะช่วยให้เด็กได้เรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพและมีการฝึกหัดให้รู้จักเทคนิคการสอนอย่างกว้างขวางอีกด้วย การที่จะผลิตครูวิทยาศาสตร์ให้มีคุณสมบัติในเชิงความสามารถอย่างพร้อมมูลนั้นจะต้องฝึกอบรมให้มีความรู้ทั้งในเชิงวิทยาศาสตร์และความรู้พื้นฐานทางการศึกษาอย่างแท้จริงอีกด้วย

1.6 สรุป

รายละเอียดต่าง ๆ ที่กล่าวไว้ในบทที่ 1 นั้นพอจะสรุปประเด็นสำคัญ ๆ ได้ดังต่อไปนี้

1.6.1 **คอนเซ็ปของการสอนวิชาวิทยาศาสตร์** หมายถึงขบวนการหรือกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากความตั้งใจจริงของครูที่ต้องการจะให้เด็กได้ศึกษาหาคำความรู้ในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยมีความมุ่งหมายที่แน่นอน

1.6.2 **บทบาทของความเป็นครูวิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ** ที่ถือว่าเป็นวิชาชีพชั้นสูงนั้น นอกจากความตั้งใจจริงของครูที่จะดำเนินการสอนโดยมีความมุ่งหมายที่แน่นอนแล้วการสอนวิทยาศาสตร์ยังจะต้องเน้นให้ผู้เรียนทุกคนมีความรู้ความเข้าใจในเชิงวิทยาศาสตร์ (scientific literacy) โดยเปิดโอกาสให้ประชากรของชาติได้ศึกษาในวิชาวิทยาศาสตร์เสรี (liberal science) อย่างกว้างขวาง และพยายามเน้นให้ทุกคนรู้จักวิธีการใช้ความคิด รู้จักวิธี

การทำงาน และรู้จักการแก้ปัญหาอย่างนักวิทยาศาสตร์

1.6.3 **เหตุผลที่ต้องมีการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์นั้น** เพื่อต้องการให้ผู้เรียนทุกคนได้มองเห็นคุณค่าของวิชาวิทยาศาสตร์ในเชิงการศึกษาหาความรู้ และเพื่อให้รู้จักประโยชน์ที่จะบังเกิดขึ้นแก่วงการวิทยาศาสตร์เอง รวมทั้งสังคมที่จะได้รับอีกด้วย

1.6.4 **ความมุ่งหมาย (aims)** ของการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ จะเป็นเครื่องกำหนดแนวให้แก่รายวิชาต่าง ๆ ที่จะต้องดำเนินการให้สอดคล้องกับหลักสูตร และจะเป็นสิ่งที่รับรองว่าการสอนของครูวิทยาศาสตร์นั้นเป็นวิชาชีพชั้นสูง

1.6.5 **วัตถุประสงค์ (objectives)** ของการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ จะทำหน้าที่เป็นเครื่องชี้ในรายละเอียดของรายวิชาหรือบทเรียนที่เด็กจะต้องศึกษาและครูจะต้องสอนให้สอดคล้องกับแผนการที่ได้กำหนดเอาไว้โดยอาศัยความมุ่งหมายเป็นหลักในการพิจารณา

1.6.6 **วิธีการสอน** หมายถึงขบวนการถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจที่ครูตั้งใจจะให้เด็กได้เกิดการเรียนรู้โดยเลือกพื้นเนื้อหาสาระ ตลอดจนวิธีการถ่ายทอดต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับความมุ่งหมายที่ได้กำหนดเอาไว้ อนึ่งการสอนวิชาวิทยาศาสตร์นั้นย่อมจะต้องอาศัยการปฏิบัติการในเชิงวิทยาศาสตร์ที่ต่อเนื่องกันอยู่ตลอดเวลา

1.6.7 **คอนเซ็ปของครูวิทยาศาสตร์** หมายถึงบุคคลที่มีความตั้งใจจริงที่ต้องการจะให้เด็กได้เรียนรู้ในเชิงวิทยาศาสตร์และเป็นการเรียนรู้ที่เด็กจะพึงสัมฤทธิ์ผลได้โดยขบวนการต่างๆ ที่ครูเป็นผู้จัดขึ้นและจะต้องเป็นขบวนการที่ประกอบด้วยความรู้ ความเข้าใจในเชิงวิทยาศาสตร์ที่มนุษย์ได้สั่งสมเอาไว้ ครูวิทยาศาสตร์จะต้องเป็นผู้ดำเนินการเลือกหาวิธีการสอนที่เหมาะสมที่สุด เพื่อให้เด็กได้ศึกษาในเนื้อหาสาระที่คมีคุณค่าและจะต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ให้มากที่สุดอีกด้วย

1.6.8 **ครูวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพนั้นจะต้องเป็นผู้ที่มีความปรารถนาอย่างแรงกล้า และรู้คุณค่าต่อความตั้งใจจริงที่จะสอนเด็กให้เกิดการเรียนรู้ โดยมีทั้งประสิทธิภาพ (effectiveness) และประสิทธิผล (efficiency)**

ในบทต่อไปจะได้มีการพิจารณาถึงเรื่องราวต่าง ๆ ที่จะเกี่ยวข้องกับศิลปะของการเป็นครูวิทยาศาสตร์ให้มากขึ้นอีก

1.7 คำถามท้ายบท

1.7.1 ท่านมีความคิดเห็นว่า การสอนวิชาวิทยาศาสตร์มีความแตกต่างไปจากการสอนวิชาอื่น ๆ อย่างไรบ้าง

1.7.2 จงให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนว่าการดำเนินชีวิตของการเป็นครูเป็นวิชาชีพชั้นสูง

1.7.3 จงอธิบายถึงความสำคัญและความสัมพันธ์ระหว่างความมุ่งหมาย เนื้อหาสาระและวิธีการสอนในขบวนการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์

1.7.4 ทำไมจึงต้องบรรจุวิชาวิทยาศาสตร์ไว้ในหลักสูตร จงอธิบายพร้อมทั้งอ้างเหตุผลประกอบ

1.7.5 ท่านมีความเข้าใจในเรื่องความรู้ความเข้าใจในเชิงวิทยาศาสตร์ (scientific literacy) และวิทยาศาสตร์เสรี (Liberal Science) อย่างไรบ้างจงอธิบาย

บทที่ 2

ธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์

สาระสำคัญ

เพื่อต้องการให้ผู้อ่านเข้าใจถึงธรรมชาติที่แท้จริงของวิชาวิทยาศาสตร์ รวมทั้งข้อโต้แย้งที่มักจะทำให้เกิดความเข้าใจผิด มีรายละเอียดต่าง ๆ ที่ต้องการจะเน้นให้ผู้อ่านมองเห็นโครงสร้างและความแตกต่างของวิชาวิทยาศาสตร์ที่ไม่เหมือนสาขาวิชาอื่น ๆ นอกเหนือไปจากองค์ประกอบที่จะช่วยให้ผู้อ่านทำความเข้าใจในวิทยาศาสตร์แล้ว ยังมีประเด็นที่สำคัญและจำเป็นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้อีกมากมาย เช่น วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ความคิดรวบยอดหรือค่านิยม และปรัชญาทางวิทยาศาสตร์ รายละเอียดเหล่านี้จะช่วยให้ทั้งครู นักเรียน นักศึกษา และผู้สนใจทั่วไปได้ศึกษาเค้าโครงของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์ที่จะต้องทำการค้นคว้าในรายละเอียดต่อไป เพื่อต้องการให้ขบวนการเรียนการสอนได้บรรลุตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

วัตถุประสงค์ที่คาดหวัง

เมื่อผู้อ่านได้ศึกษารายละเอียดของบทที่ 2 แล้ว ย่อมจะสามารถอธิบายได้ว่า

1. วิชาวิทยาศาสตร์มีความหมายอย่างไรบ้าง
2. โครงสร้างของวิชาวิทยาศาสตร์เป็นอย่างไร
3. วิชาวิทยาศาสตร์มีประเด็นที่แตกต่างไปจากสาขาวิชาอื่น ๆ อย่างไรบ้าง
4. ในการที่จะทำความเข้าใจวิชาวิทยาศาสตร์นั้นจะต้องอาศัยองค์ประกอบที่สำคัญอะไรบ้าง
5. ข้อเท็จจริงกับกฎเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันอย่างไรบ้าง
6. เราจะสามารถนำองค์ประกอบต่าง ๆ ไปอธิบายให้เด็กเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์อย่างไร
7. วิธีการทางวิทยาศาสตร์คืออะไร
8. วิธีการแห่งปัญญามีความแตกต่างไปจากวิธีการแก้ปัญหาอย่างไรบ้าง
9. คอนเซปต์ทางวิทยาศาสตร์เป็นอย่างไร มีรูปแบบและมีคุณสมบัติอย่างไรบ้าง
10. ขบวนการสืบสวนสอบสวนคืออะไร จะต้องประกอบด้วยทักษะอะไรบ้าง
11. ขบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างไร และประกอบด้วยลักษณะที่สำคัญอะไรบ้าง
12. ความซาบซึ้งในทางวิทยาศาสตร์มีประโยชน์อย่างไรบ้าง
13. คุณลักษณะที่สำคัญต่อการสร้างทัศนคติมีอะไรบ้าง
14. การปลูกฝังให้เด็กมองเห็นคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ควรจะทำอย่างไร
15. ปรัชญาทางวิทยาศาสตร์คืออะไร

ธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์
(the nature of science)

2.1 ความหมายของวิทยาศาสตร์

การศึกษาเพื่อค้นหาความหมายของคำว่าวิทยาศาสตร์เป็นอย่างไรนั้น เราจะต้องสามารถตอบคำถามว่า "วิทยาศาสตร์คืออะไร" ให้ได้เสียก่อน ผู้เขียนมีความคิดเห็นว่ามันักศึกษาและประชาชนทั่วไปมีความสนใจในวิชานี้อย่างกว้างขวาง แต่ถ้าจะถามว่าวิทยาศาสตร์คืออะไรนั้น คงจะได้รับคำตอบมากมายหลายประเด็น เพราะแต่ละบุคคลย่อมมีความรู้ ความเข้าใจ และประสบการณ์แตกต่างกัน ผู้เขียนจึงขอเสนอข้อมูลต่าง ๆ ที่น่าจะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านดังต่อไปนี้

2.1.1 พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถานได้ให้ความหมายของวิทยาศาสตร์ไว้ว่า "ความรู้ที่ได้จากการสังเกตและค้นคว้าจากการประจักษ์ทางธรรมชาติ แล้วจัดเข้าเป็นระเบียบหรือวิชาที่ค้นคว้าได้จากหลักฐานและเหตุผล และจัดเข้าเป็นระเบียบ" (กรมหมื่นนราธิปพงศ์ประพันธ์ 2493 : 8371)

2.1.2 Good กล่าวว่า "วิทยาศาสตร์หมายถึงระบบความรู้ที่ได้มาจากกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งมักจะได้แก่สาขาวิชาเฉพาะ เช่น วิทยาศาสตร์ทางกายภาพ วิทยาศาสตร์ทางชีวภาพ หรือวิทยาศาสตร์ทางสังคม" (Good 1973 :516-17)

2.1.3 Webster Encyclopedic Dictionary กล่าวถึงวิทยาศาสตร์ซึ่งตรงกับภาษาอังกฤษว่า science และมีรากศัพท์มาจากภาษาละตินว่า SCIENTIA ซึ่งหมายถึงความรู้ (knowledge) ความเข้าใจ (understanding, comprehension) ความรู้ที่รวบรวมขึ้นมาอย่างมีระบบ (Webster Encyclopedic Dictionary, 1971 : 751)

2.1.4 Renner และ Stafford ได้รวบรวมแนวความคิดของนักวิทยาศาสตร์หลายท่านที่พยายามให้ความหมายของวิชาวิทยาศาสตร์ เช่น

1.) Albert Einstein กล่าวว่า " ทุกสิ่งทุกอย่างที่เป็นวิทยาศาสตร์นั้น หมายถึงการผสมผสานประสบการณ์อย่างมีระบบของมนุษย์" นั่นเอง

2.) Niels Bohr นักวิทยาศาสตร์ผู้มีชื่อเสียง ได้กล่าวถึงวิทยาศาสตร์ไว้ว่า "วิทยาศาสตร์คือภารกิจของมนุษย์ที่จะต้องกระทำไปพร้อม ๆ กัน ทั้งการเพิ่มพูนความรู้ให้กว้างขวางยิ่งขึ้น และในขณะเดียวกันมนุษย์จะต้องพยายามจำกัดภารกิจเหล่านั้นให้อยู่ในระเบียบ อีกด้วย"

3.) Duane Roller นักประวัติศาสตร์ทางสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ ได้ให้ความหมายไว้ว่า "วิชาวิทยาศาสตร์ คือความพยายามของมนุษย์ที่ต้องการอธิบายปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ"

4.) Willard Jacobson นักการศึกษาวิทยาศาสตร์สรุปไว้ว่า "วิชาวิทยาศาสตร์คือการสืบสวนค้นคว้าและการแปลความหมายของเหตุการณ์ที่ปรากฏขึ้นตามธรรมชาติ รวมทั้งสิ่งต่าง ๆ ในร่างกายของมนุษย์" (Renner and Stafford, 1972 : 1-2)

2.1.5 Tawney เสนอแนะว่า "วิทยาศาสตร์นั้นเปรียบเสมือนแผนที่ของธรรมชาติ ซึ่งมวลมนุษย์ได้บันทึกข้อมูลต่าง ๆ ไว้อย่างภาคภูมิใจ และเพิ่มพูนข้อมูลขึ้นมากมายจนทำให้ได้แก่งคิดว่าความมุ่งหมายและวิธีการหาข้อมูลมาเพิ่มเติมนั้นควรจะหยุดยั้งได้หรือไม่" (Tawney, 1674 : 19)

2.1.6 Thurber และ Collette ได้อ้างถึงคำจำกัดความของวิทยาศาสตร์ที่กล่าวไว้ใน Science Manpower Project ในสหรัฐว่า "วิทยาศาสตร์ หมายถึงการสังสมข้อสังเกตที่ดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง เพื่อนำไปสร้างคอนเซปและทฤษฎีต่าง ๆ ทั้งคอนเซปและทฤษฎีเหล่านั้นจะถูกนำไปปรับปรุงหรือปรุงแต่งเพื่อให้เป็นข้อสังเกตที่น่าเชื่อถือยิ่งขึ้น เพราะฉะนั้นวิทยาศาสตร์จึงมีลักษณะเป็นทั้งองค์ประกอบที่สำคัญของความรู้ และเป็นขบวนการกลับกรองเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ อีกด้วย (Thurber and Collette, 1964 : 2-3)

2.1.7 Thier เสนอข้อคิดเห็นเกี่ยวกับแนวความคิดในเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ว่า

"ความมุ่งหมายหรือสิ่งที่พึงประสงค์ของแนวความคิดในเชิงวิทยาศาสตร์นั้น หมายถึงความพยายามของมนุษย์ที่ต้องการจะพยากรณ์ หรือทำการคาดคะเนให้ได้ผลสมบูรณ์มากที่สุด ซึ่งผลของการพยากรณ์หรือการคาดการณ์ใด ๆ นั้น จะต้องอาศัยความเข้าใจเป็นมูลฐานเบื้องต้น..... การพยากรณ์ที่ได้รับนั้นจะช่วยให้เกิดการสร้างสรรค์ และรูปแบบของคอนเซ็ปต์ต่าง ๆ"

(Thier, 1970 : 3)

2.1.8 Brandwein กล่าวว่า "วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่เน้นถึงการสืบสาวหาความจริงในจักรวาล รวมทั้งการค้นหาค่าอธิบายอย่างมีระบบต่อมวลวัตถุและเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ปรากฏขึ้นตามธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคำอธิบายเหล่านั้นจะต้องเป็นสิ่งที่สามารถทดสอบได้" (Brandwein, 1967 : 7)

2.1.9 Collette ได้สรุปลักษณะของวิชาวิทยาศาสตร์ออกได้ 3 ประการดังนี้

1.) วิทยาศาสตร์ หมายถึงเนื้อแท้ของความรู้ (science as a body of knowledge) ที่รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เช่น ข้อเท็จจริง การลงความเห็น (generalization) สมมุติฐาน ทฤษฎี ความคิดรวบยอด ประวัติความเป็นมาของวิชาวิทยาศาสตร์ไว้ให้ผู้สนใจได้ศึกษาค้นคว้า

2.) วิทยาศาสตร์ หมายถึงแนวทางการสืบสวนเพื่อหาความจริง (science as a way of investigating) เป็นวิธีการที่เน้นหนักในเรื่องการสืบสวนสอบสวน (inquiry) เพื่อแก้ปัญหา โดยจะพยายามใช้วิธีการต่าง ๆ เช่น การใช้คำถาม การฝึกให้เด็กรู้จักการตั้งสมมุติฐาน และการทดสอบ โดยอาศัยการสังเกต การทดลอง การพยากรณ์ ดังนี้ เป็นต้น

3.) วิทยาศาสตร์ หมายถึงแนวทางของการใช้ความคิด (science as a way of thinking) โดยอาศัยการสังเกตที่ได้จากการใช้ประสาทสัมผัส การศึกษาหาความจริงในธรรมชาติ การสันนิษฐาน การให้เหตุผลในเชิงอุปมานและอนุมาน การหาความสัมพันธ์ โดยอาศัยเหตุและผล การหาประจักษ์พยานและการพิสูจน์ ตลอดจนการตรวจสอบด้วยตนเอง (Collette, 1973 : 4-22)

2.1.10 Conant ได้ให้ความหมายของคำว่า "วิทยาศาสตร์" โดยอาศัยความคิดเห็นของนักปราชญ์หลายฝ่ายไว้ว่า วิทยาศาสตร์มีคุณลักษณะเป็น 2 แบบดังนี้

1.) วิทยาศาสตร์มีคุณสมบัติเฉพาะตัวในลักษณะที่เป็นสิ่งคงที่ (static view) เพราะวิทยาศาสตร์จะเป็นศูนย์รวมของหลักการ (principles) กฎ (law) ทฤษฎี (theory) ตลอดจนข้อมูลต่าง ๆ เพื่อนำไปอธิบายสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบ ๆ ตัวเรา

2.) วิทยาศาสตร์มีคุณลักษณะเป็นพลวัต (dynamic view) ที่มีกิจกรรมเป็นแกนสำคัญเพื่อต้องการที่จะนำเอาความรู้ไปใช้ให้เกิดคุณประโยชน์ในอนาคต (Conant, 1951) กล่าวโดยสรุป วิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์ที่มีส่วนสัมพันธ์กับมวลมนุษย 3 ประการคือ

ประการที่ 1. วิทยาศาสตร์ช่วยเสริมสร้างประสบการณ์โดยตรงให้แก่มนุษย์ เพราะเป็นศาสตร์ที่จะต้องใช้การสังเกตหรือการสืบสาวราวเรื่องในปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ และพยายามเก็บข้อมูลต่าง ๆ เข้าไว้

ประการที่ 2. วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์รู้จักการจักระบบและทำความเข้าใจในข้อมูลต่าง ๆ ที่รวบรวมเข้าไว้โดยขบวนการตรรกศาสตร์ (logical means)

ประการที่ 3. วิทยาศาสตร์ช่วยเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ให้แก่มนุษย์เพื่อที่จะอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และพยายามหาวิธีการเพื่อเพิ่มพูนความเข้าใจในสิ่งต่าง ๆ ที่ประสาธน์สัมพันธ์ธรรมดาไม่สามารถจะอธิบายได้

แม้ว่านักปราชญ์ในสาขาวิชาต่าง ๆ จะพยายามให้ข้อคิดเห็นเพื่อต้องการจะอธิบายว่า วิทยาศาสตร์เป็นอย่างไรนั้น ผู้อ่านหลายคนอาจจะไม่เข้าใจได้เต็มที่เท่าที่ควร เพราะวิทยาศาสตร์มีความหมายหรือแสดงบทบาทไว้อย่างกว้างขวางซึ่งยากต่อการที่จะกำหนดความหมายให้แน่ชัดลงไปได้ ผู้แต่งจึงขอเสนอแนะความหมายของวิชาวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

วิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง "ศาสตร์ที่มุ่งศึกษาหาความจริงของสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบ ๆ ตัวเรา ซึ่งมนุษย์ได้ศึกษาค้นคว้าและสั่งสมมาตั้งแต่อดีตจนกระทั่งถึงปัจจุบัน และต้องศึกษาต่อไปในอนาคตอย่างไม่รู้จักจบสิ้น โดยมีความมุ่งหวังที่จะศึกษาและค้นคว้าเกี่ยวกับมวลวัตถุและเหตุการณ์ที่ปรากฏขึ้นในจักรวาลว่า

- 1.) มวลวัตถุและเหตุการณ์เหล่านั้นมีความเป็นมาอย่างไร
- 2.) มวลวัตถุและเหตุการณ์ต่าง ๆ มีความสัมพันธ์ต่อกันอย่างไรบ้าง
- 3.) พัฒนาการของมวลวัตถุและเหตุการณ์เหล่านั้นมีระเบียบ แบบแผน หรือ หลักเกณฑ์อย่างไร และจะบังเกิดขึ้นในอนาคตได้อย่างไร

4.) มนุษย์จะนำความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ามาใช้ให้เกิด
คุณประโยชน์ได้อย่างไรบ้าง"

ยิ่งกว่านั้นวิชาวิทยาศาสตร์ยังเป็นความรู้ที่มีระเบียบ มีกฎเกณฑ์ มีขอบเขต และสามารถทดสอบได้ด้วยความรู้และความจริงที่วิทยาศาสตร์เสาะหามาได้นั้นจะมีรากฐานมาจากการสังเกต (observation) การจดบันทึก (record) การตั้งสมมุติฐาน (hypothesis) และการทดลอง (experiment) โดยอาศัยหลักฐานทางปรัชญา (philosophy) และตรรกศาสตร์ (logic) มาช่วยสนับสนุน นักวิทยาศาสตร์จะพยายามประเมินค่าความรู้หรือความจริงเหล่านั้นออกมาในลักษณะของคุณค่า (นามธรรม) และปริมาณ (รูปธรรม) ดร.สิปปนนท์ เกตุทัต สรุปว่า "ถ้าจะเปรียบวิทยาศาสตร์เสมือนต้นไม้ใหญ่แล้ว รากแก้วที่สำคัญ 3 รากจะ ได้แก่ วิชาปรัชญา ตรรกศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (สิปปนนท์ เกตุทัต, 2516 : 41-49)

ถึงแม้ว่าวิชาวิทยาศาสตร์จะมีความหมายกว้างขวางมากมายเพียงใดก็ตาม ผู้แต่งมีความคิดเห็นว่า การทำความเข้าใจในศาสตร์ใด ๆ แต่เพียงอย่างเดียวเท่านั้นจะไม่ก่อให้เกิดประโยชน์แก่การศึกษาค้นคว้าเท่าที่ควร สิ่งที่นักศึกษาและผู้สนใจควรคำนึงน่าจะพุ่งถึงผลลัพธ์หรือคุณประโยชน์ที่ศาสตร์นั้นได้มีผลต่อโลกและมวลมนุษย์มากกว่า ถ้าหากว่าจะศึกษาย้อนหลังไปในอดีต 30 ปีที่ผ่านมา อิทธิพลของวิชาวิทยาศาสตร์ได้ส่งผลกระทบต่อมวลมนุษยชาติอย่างมหากาฬ ซึ่งเป็นผลผลิตที่เกิดจากมันสมองของนักวิทยาศาสตร์ ทั้งในด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ความวิวัฒนาการและการทำลาย ดังเช่นตัวอย่างที่ปรากฏขึ้นในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 ซึ่งเป็นผลของการค้นคว้าในเรื่องอะตอม การแข่งขันของชาติมหาอำนาจในยุค อวกาศ (space age) และในปัจจุบันปัญหาสำคัญที่สังคมทั่วโลกให้ความสนใจได้แก่ ปัญหามลภาวะ (pollution) อัตราการเกิดของประชากรรวมถึงปัญหาการใช้พลังงานและทรัพยากรธรรมชาติอีกด้วย ความวิวัฒนาการของวิทยาศาสตร์ดังกล่าวทำให้เกิดปัญหาว่า น่าจะต้องมีการพิจารณาบทบาทและวิธีการ ตลอดจนการนำผลของวิทยาศาสตร์ไปใช้ในรูปแบบต่าง ๆ ของเทคโนโลยีอย่างรอบคอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำเทคโนโลยีไปพัฒนานั้นย่อมจะมีทั้งผลดีและผลเสียต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมควบคู่กันไป

ถึงแม้ว่าวิทยาศาสตร์จะได้แสดงบทบาทที่มีทั้งผลดีและผลเสียต่อสังคมมนุษย์ก็ตาม ย่อมจะเป็นภารกิจของครูที่จะต้องชี้และอธิบายให้เด็กได้เข้าใจ แม้ว่าหลักสูตรและรายวิชา

วิทยาศาสตร์ที่กำลังสอนอยู่ในสถาบันต่าง ๆ มักจะพบว่าได้พยายามเน้นในเนื้อหาสาระมากกว่าที่จะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้า และทำความเข้าใจถึงบทบาทของวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง ผู้แต่งมีความต้องการที่จะให้เยาวชนสามารถอธิบายในปัญหาต่าง ๆ ซึ่งจะช่วยให้มองเห็นบทบาทของวิชาวิทยาศาสตร์ได้อย่างกว้างขวาง เช่น

1. วิทยาศาสตร์มีความแตกต่างไปจากสาขาวิชาอื่น ๆ อย่างไรบ้าง
2. มีวิธีการใด ๆ ที่มีลักษณะคล้ายกับวิธีการวิทยาศาสตร์ (scientific method) บ้างหรือไม่

การหาคำตอบต่อปัญหาที่กล่าวไว้ข้างต้น ผู้แต่งเชื่อมั่นว่าจะเป็นข้อพิจารณาที่สำคัญยิ่งต่อผู้ที่ให้ความสนใจ อนึ่งยังมีประเด็นสำคัญที่ครูวิทยาศาสตร์ควรพิจารณาประกอบเพิ่มเติม ดังนี้

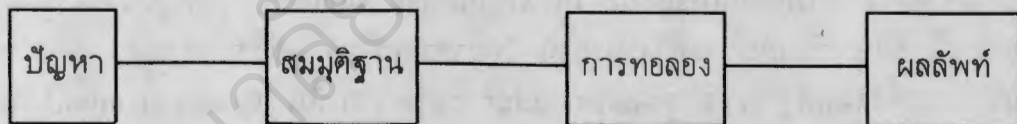
ประการที่ 1. รายวิชาวิทยาศาสตร์ที่เด็กกำลังศึกษาอยู่ในปัจจุบัน จะเป็นผลของการจัดตามหลักสูตรเก่าที่ไม่สอดคล้องกับความต้องการในสถาบันอุดมศึกษา ปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดข้อโต้แย้งอย่างกว้างขวาง แม้ว่าวิชาวิทยาศาสตร์จะไม่เน้นเฉพาะในตัวบุคคลใดก็ตาม แต่รายวิชาต่าง ๆ ที่กำลังสอนอยู่นั้นไม่สู้จะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีความคิดในเชิงจินตนาการและการประดิษฐ์คิดค้นมากนัก

ประการที่ 2. Goldberger กล่าวว่าในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา ความรู้และวิทยาการใหม่ ๆ ได้เพิ่มพูนขึ้นมากมาย เป็นเหตุทำให้ให้นักการศึกษาจะต้องบรรจุความรู้ใหม่ ๆ เหล่านั้นให้แก่เยาวชน จนทำให้เกิดปัญหาต่อการจัดการเรียนการสอน ตัวอย่างที่มองเห็นได้ชัดได้แก่ วิทยาการทางด้านเทคโนโลยีที่ช่วยให้ขบวนการเรียนการสอนสะดวกขึ้น และยังมีผลต่อการพัฒนาสังคมในด้านการสื่อสาร การคมนาคม การต่อสู้และป้องกันโรคภัยไข้เจ็บ การปรับปรุงสภาพความเป็นอยู่ รวมทั้งการสันตนาการและการสร้างสรรค์ด้วย ปัญหาที่ผู้บริหารทางการศึกษาจะต้องเผชิญอยู่เสมอคือความขัดแย้งระหว่างครูที่สอนวิชาสังคมศึกษา จิตวิทยา และเศรษฐศาสตร์ กับครูสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ที่ต่างจะพยายามเน้นให้มองเห็นความสำคัญของวิชาที่ตนกำลังสอนอยู่

ประการที่ 3. การเพิ่มพูนวิทยาการใหม่ ๆ และการขาดแคลนครูวิทยาศาสตร์ย่อมจะสร้างปัญหาต่อขบวนการเรียนการสอนได้ มีผู้เสนอแนะว่าการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน

ไม่ควรจะแบ่งออกเป็นรายวิชา เช่น ฟิสิกส์ เคมี หรือชีววิทยา เพื่อเป็นการขจัดปัญหา ควรจะนำรายวิชาเหล่านั้นมาบูรณาการ (integration) เสียใหม่ และมีหน่วยงานหลายสถาบัน ได้ดำเนินการ เช่น Unesco และ Nuffield Combine Science แห่งประเทศอังกฤษ สำหรับประเทศไทยนั้น สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หรือ สสวท. แห่งกรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ ได้ดำเนินการปรับปรุงหลักสูตร ตลอดจนมีการฝึกอบรมการสอนและการสร้างชมรมเสริมอุปกรณ์ร่วมอยู่ด้วย

ประการที่ 4. การพัฒนาหลักสูตรตามแผนการศึกษาใหม่ได้เน้นถึง "ขบวนการทางวิทยาศาสตร์" (science process) มากกว่าเนื้อหาสาระ Nuffield Chemistry ได้เสนอว่า "ขบวนการวิทยาศาสตร์จะเป็นแนวทางที่จะช่วยให้นักวิทยาศาสตร์ได้เพิ่มพูน วิทยาการใหม่ ๆ และสามารถแก้ปัญหาได้อย่างกว้างขวาง นอกจากนั้นขบวนการดังกล่าวจะ ช่วยสอนให้เด็กรู้จักวิธีการสืบสวนสอบสวน (inquiry) ในสิ่งแวดล้อมเช่นเดียวกับการหา ข้อมูลต่าง ๆ ที่บุคคล อื่น ๆ กระทำเช่นกัน" (Nuffield Chemistry, 1966 : 1) การสอน วิทยาศาสตร์ในปัจจุบันควรหลีกเลี่ยงการบ่อนเฉพาะเนื้อหาสาระ ข้อเท็จจริง คอนเซ็ปต์ หลักการ หรือเทคนิค ที่นักวิทยาศาสตร์ค้นคว้าขึ้นมาเท่านั้น แต่ควรจะเน้นหรือเสนอแนะให้เด็กรู้จัก คิดค้นวิธีการแก้ปัญหาและค้นคว้าในสิ่งใหม่ เพื่อตนเองและสังคมให้มากขึ้น Nuffield Biology ได้เสนอแนวทางให้เด็กรู้จักขบวนการสืบสวนสอบสวนทางวิทยาศาสตร์ (scientific inquiry) เพื่อฝึกฝนให้เด็กเป็น "เยาวชนนักสืบในเชิงวิทยาศาสตร์" (Nuffield Biology, 1966 :30-51) โดยเสนอแนะตามขั้นตอนดังนี้



(ภาพที่ 2.1 : ขบวนการสืบสวนสอบสวนทางวิทยาศาสตร์)

ดั่งที่ผู้แต่งได้พยายามรวบรวมความคิดเห็นของนักปราชญ์ในสาขาวิชาการต่าง ๆ นำมา

เสนอแนะให้ผู้อ่าน นักศึกษา และผู้สนใจ ได้ทำความเข้าใจถึงธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ตลอดจนข้อเสนอนี้บางประการแล้วก็ตาม แต่โดยเหตุที่ว่า ผู้อ่าน ผู้สนใจ นักเรียนและ นักศึกษา มีภูมิความรู้และประสบการณ์ผิดแผกแตกต่างกัน ย่อมจะทำให้เกิดความเข้าใจใน คอนเซ็ปเชิงวิทยาศาสตร์ไม่เหมือนกัน ผู้แต่งจึงใคร่เสนอข้อคิดเห็นบางประการที่คิดว่าพอจะเป็นแนวทางให้นักเรียน นักศึกษา ช้จัดความเข้าใจผิดในธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์ได้บ้าง

ประการแรก วิชาวิทยาศาสตร์ได้สร้างทฤษฎี (theory) ไว้เป็นจำนวนมากมาย ทฤษฎีเหล่านั้นมีพลังหรืออำนาจต่อปรากฏการณ์ธรรมชาติอย่างมหาดศาล และเป็นทฤษฎีที่จะ สามารถพยากรณ์ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ โดยอาศัยการทดลอง (experiment) และผลที่ปรากฏ ขึ้นทางด้านเทคโนโลยี ตัวอย่างที่มองเห็นชัดได้แก่ทฤษฎีอะตอมที่กล่าวว่าในโลกนี้มีอะตอม ของธาตุต่าง ๆ ประมาณ 100 ธาตุ ที่จะสามารถปรุงแต่งให้มีสารประกอบได้เป็นจำนวน เหลือที่จะคณานับ ลักษณะเด่นของทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์นั้นย่อมจะเป็นที่ยอมรับของมวล มนุษย์นักวิทยาศาสตร์ เพราะเป็นทฤษฎีที่ได้ผ่านการถ่วงถ่วง การทดสอบ มีอำนาจใน การพยากรณ์ความถูกต้องได้สูงและมีความเห็นพ้องในสังคมอย่างกว้างขวาง

ประการที่สอง วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (scientific method) เป็นสิ่งที่ ครูผู้สอนจะต้องพยายามฝึกฝนให้เด็กมีความเข้าใจและสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อ ตนเองและสังคมให้มากที่สุด ครูจะต้องชี้แนะให้เด็กได้ทราบว่ วิทยาการใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นนั้น มิใช่เป็นแต่เพียงผลงานของนักวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่เป็นสิ่งที่มนุษย์ทุกคนจะต้องช่วยกันหา ความจริงในความเร้นลับที่แฝงอยู่ในธรรมชาติให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ นักเรียน นักศึกษา มิควรจะปักใจในการใช้การทดลองเพื่อทำการพิสูจน์ทฤษฎีต่าง ๆ เท่านั้น เช่น การสาธิต หรือการทดลอง การเคลื่อนที่ของบราวน์ (Brownian Motion) ที่พิสูจน์ว่ามีโมเลกุลจริง แต่ควรจะได้ศึกษาเกี่ยวกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ในลักษณะการสังเกต การรวบรวม ข้อมูล การตั้งสมมุติฐาน การทดลอง และการลงความเห็น (generalization) และจะ สามารถนำวิธีการดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ได้อย่างไรบ้าง

นักเรียน นักศึกษา และผู้สนใจอาจไม่เข้าใจในทฤษฎีและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ได้อย่างถ่องแท้ก็ เพราะขอบเขตการเรียนการสอนที่ทางสถาบันการศึกษาจัดให้นั้นไม่รัดกุม และไม่มีควมลึกซึ้งเท่าที่ควร ทั้งนี้เป็นเพราะว่าทั้งทฤษฎีและวิธีการทางวิทยาศาสตร์มี

ความยากอยู่ในตัวของมันเอง ไอน์สไตน์เสนอแนะว่า การติดตามผลลัพท์ของทฤษฎีและวิธีการทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้มีความเข้าใจได้สะดวกมากกว่า Tawney ได้อ้างถึงคำพูดของไอน์สไตน์ที่เคยกล่าวไว้ว่า "ถ้าท่านต้องการจะศึกษาว่านักวิทยาศาสตร์ใช้วิธีการอะไรเพื่อค้นหาสิ่งใดสิ่งหนึ่ง จงอย่าฟังว่าเขาพูดอย่างไร แต่จงตั้งใจเฝ้าดูการกระทำของเขา"(Tawney, 1974 :20) มีนักปรัชญาทางสาขาวิทยาศาสตร์หลายคนได้พยายามติดตามการทำงานของนักวิทยาศาสตร์และพบว่าเป็นภารกิจที่ไม่น่าตื่นเต้น ไม่เร้าความสนใจ เพราะงานที่นักวิทยาศาสตร์ทำนั้นเป็นงานที่มีความสลับซับซ้อน ด้วยเหตุผลดังกล่าวนักปรัชญาเหล่านั้นจึงได้พยายาม สร้าง "ขบวนการทางวิทยาศาสตร์" (science process) ขึ้นมา และบุคคลสำคัญในเรื่องนี้ได้แก่ Karl Popper ซึ่งมีผลงานเป็นที่ยอมรับนับถือในหมู่นักวิทยาศาสตร์อย่างกว้างขวาง ผู้แต่งมีความคิดเห็นว่า ทฤษฎีต่าง ๆ ในสาขาวิชาอื่น ๆ ที่นักเรียน นักศึกษา ได้ศึกษาค้นคว้ามานั้นจะมีลักษณะที่ผิดแผกแตกต่างไปจากทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ เช่นทฤษฎีทางจิตวิทยาหรือทฤษฎีทางสังคมวิทยา ทฤษฎีเหล่านั้นมิได้ผ่านขบวนการทดสอบ ไม่มีการสำรวจเพื่อเก็บข้อมูลและไม่สามารถจะนำมาตอบปัญหาได้อย่างรัดกุม ประเด็นสำคัญของทฤษฎีเหล่านั้นไม่มีข้อตัดสินที่สามารถจะนำไปใช้ได้ทุกแง่มุม ยกตัวอย่างเช่น ทฤษฎีของการเรียนรู้ (learning theory) ที่ตั้งขึ้นมาโดยนักพฤติกรรม (behaviorist) และ เกสตาลท์ มักจะมีข้อขัดแย้งกันอยู่เสมอ แต่ก็มีส่วนที่ช่วยให้ขบวนการเรียนการสอนดำเนินไปได้โดยสะดวก

2.2 การจัดระบบของวิชาวิทยาศาสตร์ (The organization of science)

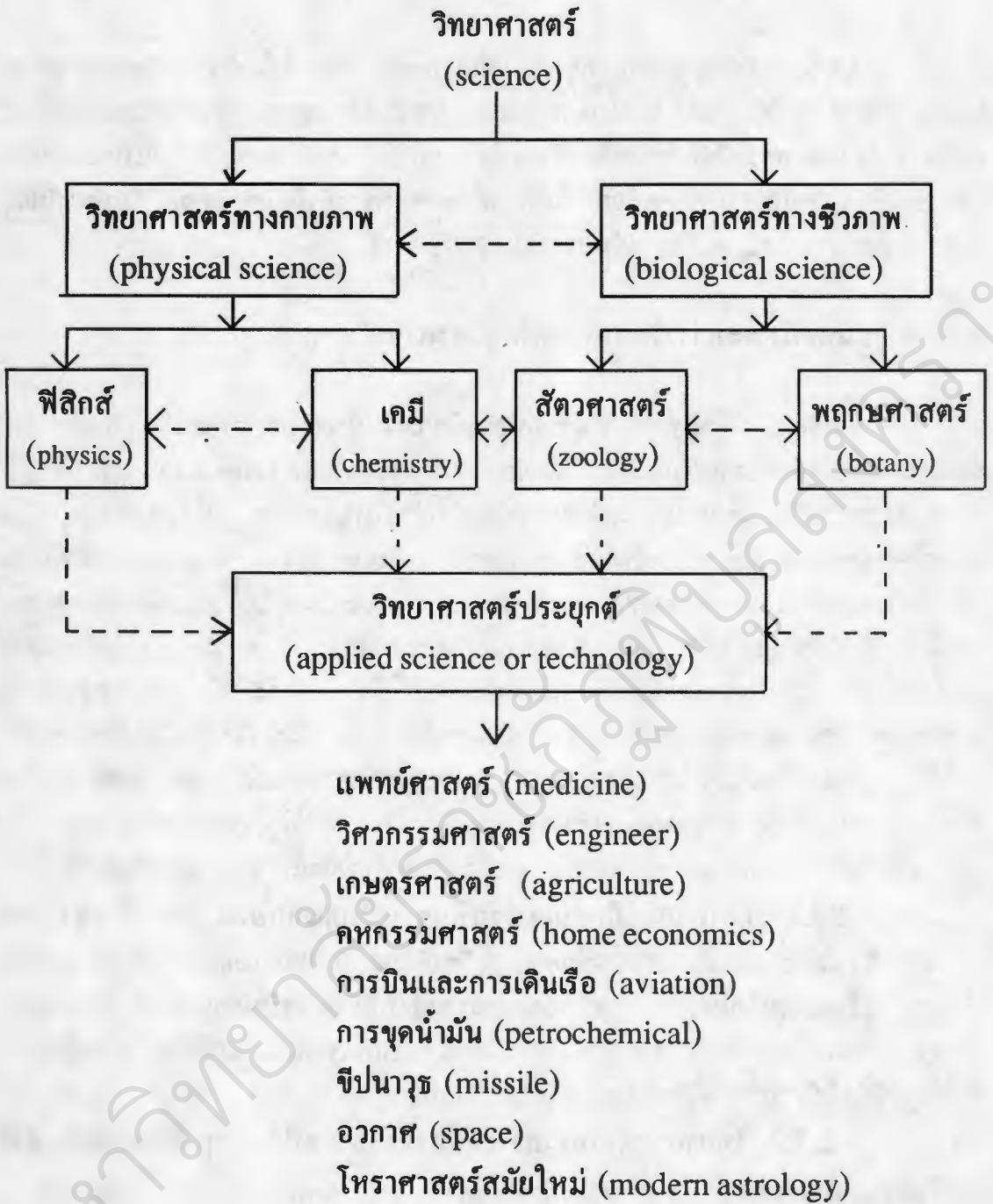
ในข้อ 2.1 ผู้อ่านคงจะได้ทราบถึงความหมายของวิชาวิทยาศาสตร์มาแล้ว โดยที่ผู้แต่งได้พยายามเสนอแนวความคิดเห็นในแง่มุมต่าง ๆ เพื่อให้ผู้อ่านได้มองเห็นถึงสภาพที่แท้จริงของ "ธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์" (The Nature of Science) ผู้แต่งมีความคิดเห็นว่าธรรมชาติของวิทยาศาสตร์นั้นอาจจะมองได้ใน 2 ลักษณะ

ลักษณะแรก วิทยาศาสตร์มีความหมายกว้างขวางเพราะมีรากฐานมาจากสาขาวิชาต่าง ๆ หลายสาขา และมีผลต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมกว้างใหญ่ไพศาลมาก ดังที่ Collette กล่าวไว้

ลักษณะที่สอง หากจะพิจารณาในวงแคบ วิทยาศาสตร์ก็สามารถจะอธิบายได้

อย่างรัดกุมว่า เป็นศาสตร์ที่ต้องการจะศึกษาความเร้นลับในธรรมชาติและตัวของมนุษย์ ดังที่ Jacobson กล่าวไว้

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมานี้เอง ทำให้นักการศึกษาวิทยาศาสตร์พยายามจัดระบบของวิทยาศาสตร์ออกมาในหลายลักษณะ แล้วแต่นักการศึกษาคนใดต้องการจะเน้นในรูปแบบอย่างไร แม้ว่าการจัดระบบเหล่านั้นจะผิดแผกแตกต่างกันไปบ้าง ก็ด้วยเหตุที่ต้องการจะช่วยให้ผู้อ่านได้ศึกษาและทำความเข้าใจได้อย่างกว้างขวางและลึกซึ้งนั่นเอง ผู้แต่งจึงขอเสนอรูปแบบของการจัดระบบวิทยาศาสตร์ไว้ในลักษณะที่เป็นโครงสร้างใหญ่ไว้ดังภาพที่ 2 (อยู่หน้าถัดไป)



ภาพที่ 2.1 : การจัดระบบของวิทยาศาสตร์

บุญถิ่น อัตถากร และ ทองต่อ แยมประทุม กล่าวว่าเป็นปัจจุบันวิทยาการต่างๆ ของวิชาวิทยาศาสตร์ยังถูกแบ่งออกไปอีกมากมาย จากการสำรวจพบว่าในมหาวิทยาลัยทั่วไป จะมีสาขาวิทยาศาสตร์ให้นักศึกษาเลือกศึกษาได้มากกว่า 150 สาขา ทั้งนี้เป็นเพราะว่า วิชาแขนงต่าง ๆ นี้ไม่สามารถจะแยกกันได้โดยเด็ดขาด เพราะยังมีเนื้อหาสาระที่สัมพันธ์กันอยู่ (บุญถิ่น อัตถากร และ ทองต่อ แยมประทุม, 2509 : 18)

2.3 ความแตกต่างระหว่างวิทยาศาสตร์กับวิชาสาขาอื่น ๆ

จากข้อ 2.1 และข้อ 2.2 ผู้อ่านพอจะพิจารณาเห็นว่าบทบาทของวิชาวิทยาศาสตร์ นั้นมีความเกี่ยวข้องกับมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างกว้างขวาง Life Science Library กล่าวว่า "วิทยาศาสตร์เปรียบเสมือนสนามประลองยุทธที่กว้างใหญ่ไพศาล เพื่อให้มวลมนุษย์ได้ เฝริญโชคต่อการค้นคว้าหาความเร่งรีบของธรรมชาติและตัวมนุษย์เอง การที่มนุษย์มีความสามารถ ควบคุมโลกและจักรวาล ตลอดจนมีชัยชนะต่อศัตรูและคู่แข่งอื่น ๆ ได้ก็โดยอาศัยวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือที่สำคัญอย่างยิ่ง" (Life Science Library, 1969 : 7) ฉะนั้นการที่จะกำหนดให้ แน่ชัดลงไปว่า วิทยาศาสตร์มีเอกลักษณ์เฉพาะตัวอย่างไร หรือจะพูดในทำนองกลับกันว่า วิทยาศาสตร์มีความผิดแผกแตกต่างไปจากวิชาสาขาอื่น ๆ อย่างไรนั้นจึงเป็นเรื่องที่ค่อนข้างจะ ทำได้ยาก เพราะว่าแม้แต่ในรายวิชาย่อย ๆ ของวิชาวิทยาศาสตร์เองก็ยังคงมีความสลับซับซ้อน กันอยู่ แต่อย่างไรก็ตาม Tawney (Tawney, 1974 : 21-22) ได้นำข้อเสนอแนะของ Paul Hirst ที่ได้พยายามจำแนกความแตกต่างของวิทยาศาสตร์ออกได้เป็น 4 ประการดังนี้

2.3.1 วิทยาศาสตร์มีคอนเซ็ปชันพื้นฐานเป็นคุณลักษณะเฉพาะตัวเอง เช่น วิชาเคมี มีวาเลนซี เป็นคอนเซ็ปชันพื้นฐาน วิชาฟิสิกส์ มี flux density เป็นคอนเซ็ปชัน พื้นฐานในเรื่องแม่เหล็กไฟฟ้า การวิวัฒนาการของสิ่งที่มีชีวิต เป็นคอนเซ็ปชันพื้นฐานของ วิชาชีววิทยาและบางครั้งสาขาวิชาต่างกันอาจจะมียคอนเซ็ปชันพื้นฐานร่วมกันก็ได้ เช่น ทฤษฎีอะตอม ต่างก็ถูกนำไปใช้ร่วมกันทั้งวิชาฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา

2.3.2 วิทยาศาสตร์โครงสร้างที่ต้องใช้คอนเซ็ปต์ต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์ ต่อกันเป็นองค์ประกอบ เช่น โครงสร้างของตารางธาตุ (periodic Table) ในวิชาเคมี

จะต้องอาศัยกิจกรรมที่ต่อเนื่องกันเป็นองค์ประกอบ ส่วนทฤษฎีที่ว่าด้วยแม่เหล็กไฟฟ้าในวิชาฟิสิกส์นั้นจะประกอบด้วยคอนเซ็ปต์ต่าง ๆ มากมาย เช่น คอนเซ็ปต์ที่ว่าด้วย point pole และธาตุต่าง ๆ และจะพบว่าโครงสร้างของวิทยาศาสตร์จะต้องอาศัยวิชาคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐานที่สำคัญมากขึ้น

2.3.3 ความขัดแย้งระหว่างประสบการณ์กับค่าแถลงการณ์ที่ได้จากการทดสอบ
จะเป็นคุณลักษณะประการหนึ่งของวิชาวิทยาศาสตร์ ในบางครั้งเราจะพบว่าผลการทดสอบที่ได้จากการสังเกต(ประสบการณ์)จะแตกต่างไปจากข้อสรุปหรือการลงความเห็น (generalization) เพราะเกิดจากความผิดพลาดของนักวิทยาศาสตร์ที่มักจะเข้าใจว่าค่าแถลงการณ์ต่าง ๆ ของวิชาวิทยาศาสตร์สามารถทดสอบได้ และสิ่งใดที่สามารถทดสอบได้ สิ่งนั้นคือรูปแบบความรู้ใหม่ของวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะเป็นที่ยอมรับนับถือว่าถูกต้อง แต่ความรู้ของสาขาวิชาอื่น ๆ มักจะถูกประกาศหรือแถลงออกมาก่อนมีการทดสอบ เพราะเป็นสิ่งที่ไม่มีการสำรวจ การเก็บข้อมูล และบางทีก็มีความยากลำบากต่อการอ้างเหตุผลรับรอง

2.3.4 การใช้ทักษะและเทคนิคเพื่อหาประสบการณ์ใหม่ ๆ เป็นคุณลักษณะเดิมของวิชาวิทยาศาสตร์ เช่นการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือต่าง ๆ เช่น การผ่าตัด (dissection) การวิเคราะห์ในเชิงปริมาตร การใช้ Wheat Stone Bridge และการเพิ่มพูนทักษะในการเขียนเพื่อพรรณนาเกี่ยวกับการตกผลึกโดย X-ray เป็นต้น

Paul Hirst ย้ำว่า คุณลักษณะ 4 ประการที่กล่าวมาจะเป็นประโยชน์ต่อเด็กนักเรียนที่จะใช้พิจารณาว่าวิทยาศาสตร์นั้นมีลักษณะเด่นและแตกต่างไปจากวิชาอื่น ๆ อย่างไร ครูผู้สอนควรสรรหาคำอย่างที่เหมาะสมกับคุณลักษณะแต่ละข้อมาช่วยเสริมให้สอดคล้องกับเนื้อหาและวัยของเด็กที่กำลังศึกษาเล่าเรียน ผู้เขียนมีความคิดเห็นว่า ถ้าสอนให้เด็กเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์ (จากผลการวิจัยทดสอบพบว่าวัยของเด็กตั้งแต่ 13-14 ขวบขึ้นไป จะเริ่มทำความเข้าใจได้ดี) ในประเด็นสำคัญ ๆ เช่น ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การจัดระบบของวิทยาศาสตร์ คอนเซ็ปต์หรือมโนทัศน์ในเชิงวิทยาศาสตร์ หลักเกณฑ์ต่าง ๆ ขบวนการสืบสวนสอบสวน (scientific inquiry) ความซามซึ่งและปรัชญาทางวิทยาศาสตร์ย่อมจะช่วยให้เด็กรวมทั้งนักศึกษาและผู้สนใจทั่วไปสามารถพิจารณาได้ว่า วิชาวิทยาศาสตร์มีคุณลักษณะพิเศษและแตกต่างไปจากวิชาอื่น ๆ ได้ดียิ่งขึ้น

2.4 องค์ประกอบเพื่อการทำความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์

ในการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับความเป็นมาของวิชาวิทยาศาสตร์นั้น ผู้อ่านคงจะพอทราบแล้วว่า วิชาวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ เพื่อพัฒนาความรู้และสติปัญญาของมวลมนุษย์ โดยมีเป้าหมายที่แน่ชัดที่ต้องการจะทำความเข้าใจในธรรมชาติของสิ่งแวดล้อมและปรากฏการณ์ต่างๆ วิธีการและแนวทางที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เป็นเครื่องมือที่สำคัญเพื่อกิจกรรมดังกล่าวย่อมได้แก่ วิธีการทางวิทยาศาสตร์หรือวิธีการแห่งสติปัญญา ซึ่งถ้าหากว่าได้มีการพิจารณาอย่างรอบคอบแล้วจะพบว่า การค้นพบสิ่งใหม่ ๆ ทั้งหลายย่อมอาศัยวิธีการที่กล่าวมาเกือบทั้งสิ้น วิธีการเหล่านี้ได้มีผู้พยายามคัดแปลง ปรับปรุงและมีการพัฒนาการจนกระทั่งในปัจจุบันเราจะพบว่า มีขบวนการที่ได้รับการยอมรับนับถืออย่างกว้างขวางขบวนการหนึ่ง ซึ่งได้แก่ ขบวนการสืบสวนสอบสวน นั่นเอง

2.4.1 การสังเกต (observation) เมื่อจะพิจารณาว่า วิชาวิทยาศาสตร์มีจุดเริ่มต้นขึ้นมายุ่งไรนั้น เราจะพบว่า การสังเกต จะเป็นสิ่งแรกที่จะทำให้มนุษย์เริ่มสัมผัสหรือรับรู้ในธรรมชาติโดยอาศัยอายตนะหรือประสาทสัมผัส (Senses) ต่าง ๆ เช่น

2.4.1.1 การมองเห็น หรือจักขุสัมผัส (seeing) โดยการใช้สายตามองดูสิ่งต่าง ๆ

2.4.1.2 การได้ยินเสียง หรือโสตสัมผัส (hearing) โดยการใช้หูรับฟังหรือสำเนียงเสียงต่าง ๆ

2.4.1.3 การลิ้มรส หรือชีวาสัมผัส (tasting) โดยการใช้ลิ้นเป็นเครื่องชิมรสอาหารต่าง ๆ

2.4.1.4 การได้กลิ่น หรือฆานสัมผัส (smelling) โดยการใช้จมูกดมกลิ่น

2.4.1.5 กายสัมผัส (feeling) โดยการใช้ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายสัมผัสสิ่งของหรือวัตถุทั่ว ๆ ไป

อายตนะหรือประสาทสัมผัสเหล่านี้จะทำหน้าที่รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้าทางกายภาพ

ซึ่งมาจากสิ่งแวดล้อมภายนอก การเร้าหรือกระตุ้นจะมีความหมายมากน้อยเพียงใดนั้น จะขึ้นอยู่กับพื้นฐานความรู้และความสนใจของผู้ทำการสังเกตเป็นหลักสำคัญ ผลของการสังเกตอย่างมีระบบย่อมจะสร้างประสบการณ์ที่มีคุณค่าให้แก่ชีวิต เพราะจะเป็นสิ่งที่เริ่มต้นให้เราเริ่มความรู้ในเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนั้นจึงถือว่าประสบการณ์ของแต่ละบุคคลจะเป็นบ่อเกิดของการศึกษาวิทยาศาสตร์ โดยมีจุดเริ่มต้นมาจากการสังเกต (Planck : 1959)

2.4.2 ข้อเท็จจริง (fact)

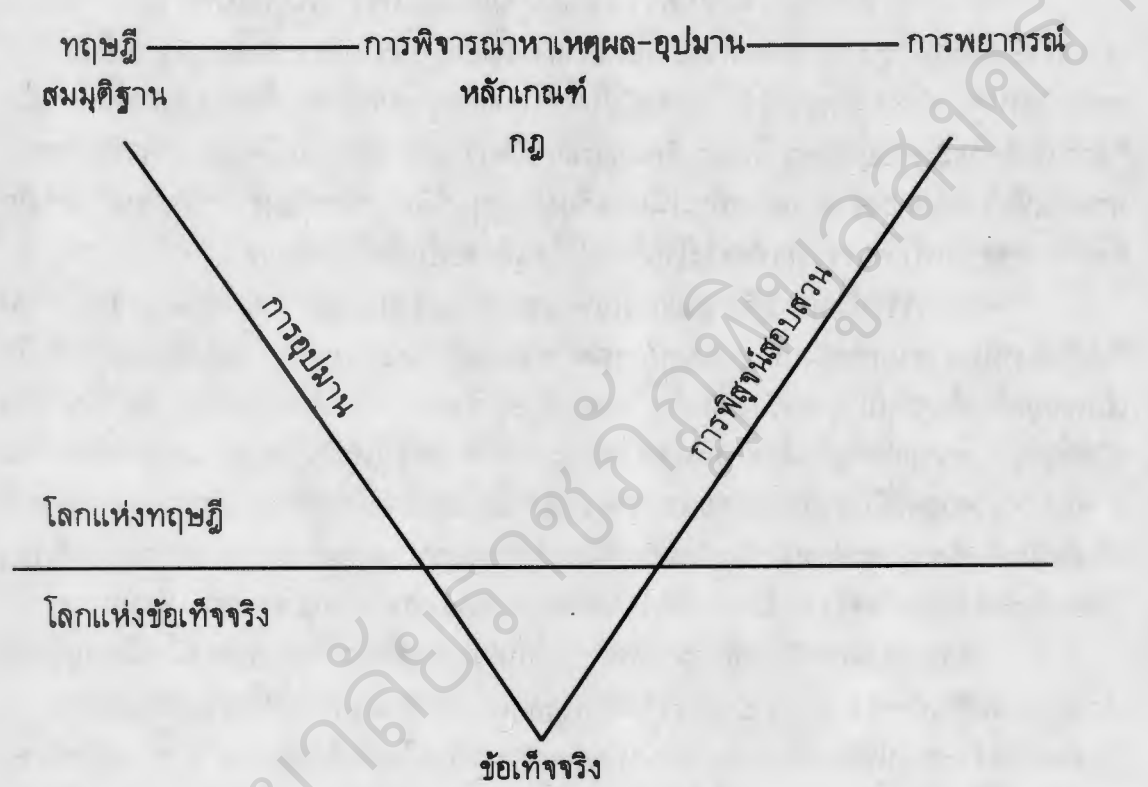
นักเรียน นักศึกษา นักค้นคว้า ย่อมคุ้นเคยกับข้อเท็จจริงในรูปแบบต่าง ๆ กัน เช่น เรอาจกำหนดปัญหาจากข้อเท็จจริงที่เรากำลังเผชิญอยู่ เราอาจจะตั้งสมมุติฐานขึ้นมาโดยอาศัยข้อเท็จจริงที่รวบรวมเข้าไว้ แต่จะมีผู้ใคร่สนใจอย่างถูกต้องว่าข้อเท็จจริงเหล่านั้นคืออะไร ยิ่งกว่านั้นเราจะพบอยู่เสมอว่าในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์นั้น ครูมักจะนำข้อเท็จจริงมาสอนเพื่อให้เด็กท่องจำมากกว่าที่จะเน้นในเรื่องอื่น ๆ ที่มีความสำคัญมากกว่า จนทำให้เด็กคิดว่าการจดจำหรือท่องจำข้อเท็จจริงให้มากเท่าใดแล้วจะเป็นสิ่งที่ถูกที่ควร

ข้อเท็จจริงนั้นหมายถึง รายการเฉพาะของความรู้ (Kuslan และ Stone, 1968 : 24) ซึ่งเป็นสิ่งที่ได้มาจากการสังเกตจากเหตุการณ์หรือวัตถุอย่างใดอย่างหนึ่ง และมักจะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลขั้นพื้นฐานในการสร้างสมมุติฐานและทฤษฎีต่างๆ บทบาทที่เด่นของ ข้อเท็จจริงนั้นมีได้ขึ้นอยู่กับความสำคัญในตัวของมันเอง เพราะวิทยาศาสตร์มิใช่ข้อเท็จจริง แต่ ข้อเท็จจริงจะช่วยให้วิทยาศาสตร์มีความหมายต่อการทำความเข้าใจ และสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ ดังนั้นข้อเท็จจริงจะทำหน้าที่เสมือนสื่อที่มีนัยสำคัญต่อกระบวนการต่างๆ ในโลกของการศึกษาวิทยาศาสตร์ ข้อเท็จจริงจะเป็นแต่เพียงจุดจบของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เท่านั้น

ด้วยเหตุผลดังที่ได้กล่าวมา พอจะสรุปได้ว่าการศึกษาวิทยาศาสตร์นั้นมีข้ออยู่ที่การเก็บรวบรวมข้อเท็จจริง มีให้นำข้อเท็จจริงมาพรรณนา หรือนำมาเพื่อให้ที่จจะรู้แต่กระบวนการวิทยาศาสตร์จะดำเนินการเกี่ยวกับการนำข้อเท็จจริงมาปรุงแต่เพื่อให้มีความหมาย เพื่อศึกษาหาวิธีการที่จะใช้ข้อเท็จจริงเหล่านั้นให้เป็นประโยชน์ของการอธิบายให้เกิดความเข้าใจหรือเพื่อเพิ่มพูนพลังความคิดให้มากขึ้นนั่นเอง การรู้เฉพาะแต่ข้อเท็จจริงจะเสมือนกับคนที่รู้จักเฉพาะแต่ตัวโน้ตดนตรีเท่านั้น แต่ทว่าไม่สามารถจะเล่นให้เป็นเพลงที่ไพเราะได้ ข้อเท็จจริงจะมีคุณค่าต่อการพัฒนาสติปัญญาได้ก็ต่อเมื่อได้มีการนำข้อเท็จจริงต่าง ๆ มาผสมผสานกันอย่าง

เหมาะสมในลักษณะของการสร้างคอนเซป ความคิด สมมุติฐาน หลักเกณฑ์ ทฤษฎี และกฎที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหาเท่านั้น

Kuslan และ Stone ได้เสนอรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริง สมมุติฐาน หลักเกณฑ์ ทฤษฎี และกฎ ดังภาพที่ 2.3



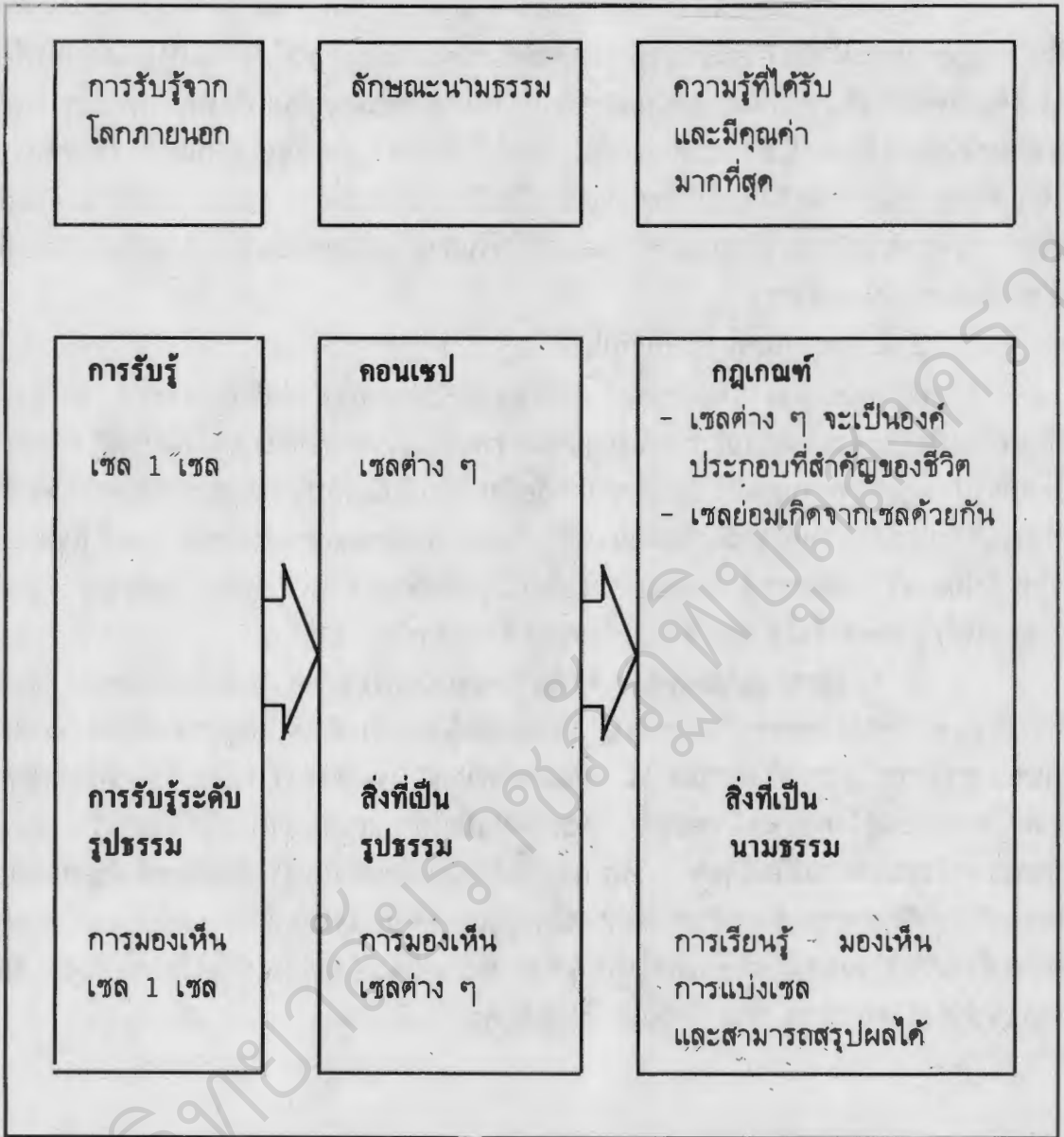
(ภาพที่ 2.3 : ความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงกับกฎเกณฑ์ต่าง ๆ)
 แหล่งที่มา : Kuslan และ Stone : 1968 หน้า 24

ผู้แต่งมีความคิดเห็นว่า ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ตามแบบแผนดั้งเดิม นั้น ครูผู้สอนมักจะนำข้อเท็จจริงที่ผ่านการกลั่นกรองมาสอนเด็กโดยไม่ได้คำนึงถึงคุณสมบัติหรือคุณค่าของข้อเท็จจริงเหล่านั้นว่าจะมีผลการศึกษาวิทยาศาสตร์มากน้อยเพียงใด เพราะการได้มาของข้อเท็จจริงนั้นจะมีวิธีการแตกต่างกัน จึงทำให้เข้าใจว่าข้อเท็จจริงเป็นสิ่งที่จะต้องจดจำในการศึกษาวิทยาศาสตร์ โดยมีโคคิคิดว่าข้อเท็จจริงเป็นเพียงแต่สื่อกลางที่นำมาใช้เพื่อกระตุ้นให้เกิดความพยายามที่จะอธิบายและทำความเข้าใจในสิ่งแวดล้อมซึ่งถือว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญยิ่งต่อกระบวนการศึกษา

2.4.3 กฎเกณฑ์ (principle)

กฎเกณฑ์ในวิชาวิทยาศาสตร์นั้นมีความสำคัญต่อกระบวนการเรียนการสอน เพราะจะเป็นเครื่องมือที่จะช่วยในการอธิบายและเพิ่มพูนความเข้าใจในสิ่งแวดล้อมได้เป็นอย่างดี กล่าวโดยทั่วไป กฎเกณฑ์ หมายถึง "ข้อกำหนดหรือข้อบังคับที่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ตามธรรมชาติที่บัญญัติขึ้นมาโดยผ่านการกลั่นกรองอย่างมีระเบียบแบบแผนและสามารถทำความเข้าใจได้ว่า วัตถุ (objects) เหตุการณ์ (events) หรือสิ่งที่มีคุณลักษณะเป็นนามธรรม (abstract) ตั้งแต่ 2 อย่างหรือมากกว่าขึ้นไป จะมีการปะทะสัมพันธ์กันอย่างไรบ้าง?"

การสอนกฎเกณฑ์ให้แก่เด็กนั้น ครูจะต้องเริ่มชี้ความสำคัญให้แก่เด็กตั้งแต่การรับรู้ ความคิดรวบยอดหรือคอนเซป จนกระทั่งผู้เรียนเริ่มเข้าใจในกฎเกณฑ์ต่างๆ เราจะพบความจริงว่า ในการทำความเข้าใจ (understanding) ในเรื่องราว เหตุการณ์ หรือสิ่งใดๆ รวมทั้งการเรียนรู้ว่าควรจะเป็นอย่างไร จะเริ่มต้นเมื่อใด และจะนำไปใช้ได้ที่ไหนนั้น เป็นกิจกรรมหรือกระบวนการที่ไม่มีจุดจบ เพราะฉะนั้นในกระบวนการเรียนรู้จึงเป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่งต่อการศึกษาวิทยาศาสตร์ ยกตัวอย่างในกรณีที่ครูผู้สอนต้องการจะสอนกฎเกณฑ์ของเซลล์ (cell) ครูจะต้องเริ่มวางแผนการสอนเพื่อให้เด็กเกิดการรับรู้และทำความเข้าใจโดยจะต้องอาศัยคอนเซปของชีวิตและเซลล์ นำมาพิจารณาเสียก่อน ดังภาพที่ 2.4



(ภาพที่ 2.4 : แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ คอนเซปต์ และกฎเกณฑ์)

แหล่งที่มา : Sund and Trowbridge, 1967, หน้า 34

2.4.4 สมมุติฐาน (hypothesis)

ในการศึกษาวิทยาศาสตร์นั้นมักจะกล่าวถึงสมมุติฐานอยู่เสมอ นักวิทยาศาสตร์ถือว่าการตั้งสมมุติฐานนั้นเป็นเครื่องมือที่สำคัญต่อการทำความเข้าใจ และใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ สมมุติฐานที่ยอมรับกันอยู่ทั่วไปมักจะผ่านการกลั่นกรองเป็นอย่างดี และมีความสำคัญเกือบเท่ากับทฤษฎี เพราะเราถือว่าสมมุติฐานคือ "แนวความคิดในเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ วัตถุต่าง ๆ ที่อาศัยข้อมูลจากการสังเกตมาพิจารณาว่ามีความสัมพันธ์ต่อกันอย่างไร" บางครั้งเป็นที่ยอมรับว่าทฤษฎีก็คือสมมุติฐานที่ได้รับการรับรองแล้วนั่นเอง แม้ว่าจะมีสมมุติฐานบางอย่างที่ไม่ถูกต้องทั้งหมด แต่สมมุติฐานนั้นจะต้องสามารถนำไปใช้อธิบายหรือพยากรณ์ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ การสร้างสมมุติฐานที่ถาวรนั้นย่อมจะมีปัญหาต่อความยากลำบาก แต่การพิสูจน์สอบสวนจะช่วยให้ได้ข้อเท็จจริงที่สำคัญ ภารกิจที่นักวิทยาศาสตร์จะต้องเผชิญตลอดชีพคือการสร้างสมมุติฐานและการเสนอทฤษฎีต่างๆ ยิ่งนักวิทยาศาสตร์คนใดเสนอสมมุติฐานและทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับนับถือมากเท่าใด ย่อมจะเป็นการสร้างเสริมชื่อเสียงและเกียรติคุณให้แก่ตนเองได้มากเพียงนั้น

Toricelli เป็นนักวิทยาศาสตร์คนหนึ่ง และเป็นลูกศิษย์ของ Galileo นักวิทยาศาสตร์ผู้ยิ่งใหญ่ ได้เป็นผู้สร้างบารอมิเตอร์ (ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำหรับวัดความกดดันของบรรยากาศ) โดยตั้งสมมุติฐานว่า "ความสูงของลำปรอทในบารอมิเตอร์จะเปลี่ยนไป เมื่อความกดดันของบรรยากาศเปลี่ยนแปลง" และบุคคลที่สามารถยืนยันว่าสมมุติฐานของ Toricelli ถูกต้องได้แก่ Blaise Pascal โดยการนำบารอมิเตอร์ขึ้นไปบนภูเขา และพบความจริงว่าลำปรอทในบารอมิเตอร์จะเปลี่ยนแปลงไปตามการพยากรณ์ของ Toricelli ซึ่งมีผลทำให้สมมุติฐานของ Toricelli ได้รับการยอมรับนับถือและเพิ่มสถานภาพเป็น "ทฤษฎี"

2.4.5 ทฤษฎี (theory)

โดยเหตุที่การศึกษาวิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์ที่พยายามหาคำอธิบายเกี่ยวกับเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ปรากฏขึ้นตามธรรมชาติ จึงได้มีการศึกษาค้นคว้ากันอย่างกว้างขวาง คำอธิบายที่ดี ข้อความที่น่ามาพรรณนาก็ดี หรือรายละเอียดเกี่ยวกับการรายงานใด ๆ ที่มีข้อสมมุติฐานเป็นพื้นฐาน และสามารถนำไปใช้พยากรณ์ภายใต้สภาวะที่กำหนดไว้ว่าจะมีผลบังเกิดขึ้นอย่างไรได้ เราถือว่าคำอธิบาย ข้อบัญญัติเหล่านั้นเป็น ทฤษฎี

เราอาจจะให้ความหมายของทฤษฎี ได้ว่า ทฤษฎีนั้นหมายถึง "ระบบคำอธิบายในเชิงตรรกวิทยา ที่มีคอนเซปเป็นรากฐานที่สำคัญ" และมีคุณลักษณะที่น่าสนใจดังต่อไปนี้

2.4.5.1 ทฤษฎี จะมีคุณลักษณะคล้ายกับการจินตนาการเกี่ยวกับสิ่งใด ๆ ซึ่งถ้าหากว่ามีสิ่งเหล่านั้นเกิดขึ้นมาจริง ๆ ย่อมจะช่วยสร้างเสริมประสบการณ์ให้แก่เราได้ เช่น ทฤษฎีอะตอมของคอลลตัน ซึ่ง Niels Bohr ได้จินตนาการโครงสร้างของอะตอมเหมือนกับระบบสุริยะ

2.4.5.2 ทฤษฎี จะทำหน้าที่เสมือนเครื่องบ่งชี้ให้ตัดสินใจว่า ข้อสังเกต (observation) ที่ได้มานั้นมีคุณค่ามากน้อยเพียงใด ข้อสังเกตใดที่เป็นแต่เพียงภาพลวงตาและไม่ใช่อะไรที่แท้จริงที่พึงประสงค์

2.4.5.3 ข้อบัญญัติของทฤษฎีเกิดจากความริเริ่ม สร้างสรรค์ ของนักวิทยาศาสตร์ ที่คิดค้นขึ้นมาเพื่ออธิบายและทำความเข้าใจในธรรมชาติ เช่น ทฤษฎีโมเลกุล ซึ่งมีรากฐานมาจากคอนเซปอะตอมซึ่งไม่สามารถจะมองเห็นได้ แต่ทฤษฎีโมเลกุลสามารถนำไปอธิบายพยากรณ์สิ่งต่าง ๆ ได้มากมาย เช่น การกระจายของโมเลกุล (diffusion) การเปลี่ยนแปลงของความดันและปริมาตรของของไหล

2.4.5.4 ทฤษฎีแต่ละทฤษฎีที่ค้นพบจะมีลักษณะยืดหยุ่น พร้อมทั้งจะได้รับให้มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง หรือพัฒนาการใด ๆ เพื่อเพิ่มคุณภาพและคุณค่ายิ่งขึ้น เช่น กฎการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ที่ Kepler บัญญัติขึ้นก็ดี กฎการตกของวัตถุจากที่สูง และกฎที่เกี่ยวกับน้ำขึ้นน้ำลงของกาลิเลโอก็ดี นับว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้นิวตันนำมาพัฒนาเป็นกฎการเคลื่อนที่ที่สมบูรณ์ได้ และอาจจะถือว่ากฎต่าง ๆ ดังกล่าวช่วยให้ไอน์สไตน์คิดทฤษฎีสัมพัทธ์ (relative theory) ขึ้นมาได้ และเมื่อพิจารณาอย่างรอบคอบแล้ว เราจะพบว่ากฎ ทฤษฎีที่พัฒนาขึ้นมาใหม่นั้นจะสามารถรวบรวมของเดิมเข้ามาไว้ได้หมด ซึ่งจะช่วยให้สามารถพยากรณ์และนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและกว้างขวางยิ่งขึ้น

2.4.5.5 ทฤษฎีที่ผ่านการยอมรับนับถือนั้นจะมีคุณสมบัติเด่นในเชิงปะทะสัมพันธ์ สามารถให้คำอธิบายที่ง่ายต่อการเข้าใจและนำไปพยากรณ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.4.5.6 ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ในทัศนะ J.J.Thomson นักฟิสิกส์ผู้ยิ่งใหญ่ชาวอังกฤษ กล่าวว่า

"ทฤษฎีใหม่ ๆ ที่ข้าพเจ้าค้นพบนั้นมีใช้เป็นสิ่งพึงประสงค์
ขึ้นสุดท้าย แต่ทว่าจะเป็นเรื่องราวทางกายภาพเสียมาก
กว่าเรื่องที่ปราศจากเหตุผลในทัศนะของนักฟิสิกส์ เนื้อหา
สาระของทฤษฎีจะเน้นในเรื่องนโยบายมากกว่าความเชื่อถือ
นักฟิสิกส์จะมุ่งนำเอาทฤษฎีเป็นตัวเชื่อมหรือประสานที่จะ
ให้เกิดการกระตุ้น การเสนอแนะและการทดลองใด ๆ ต่อ
ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น"

(Kuslan และ Stone, 1968 : 25)

2.4.5.7 องค์ประกอบสำคัญที่จะบ่งชี้ว่าทฤษฎีใดจะได้รับการยอมรับนับถือมากน้อย
เพียงใด หรืออาจจะกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า ทฤษฎีใดจะประสบผลสำเร็จหรือประสบความล้มเหลว
นั้นจะขึ้นอยู่กับสมรรถภาพที่จะนำไปพยากรณ์ว่าจะมีผลเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใด มีทฤษฎีเป็น
จำนวนไม่น้อยที่สามารถทำความเข้าใจและนำไปอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี
แต่ทว่าให้ผลของการพยากรณ์ผิดพลาดย่อมจะทำให้ทฤษฎีนั้นไม่ได้รับการยอมรับนับถือเท่า
ที่ควรหรือถูกล้มเลิกไปในที่สุด เช่น กรณีทฤษฎี Phlogiston ซึ่งถูกล้มล้างโดยทฤษฎี
เผาไหม้ของลาวัวซีเยร์ ดังนี้เป็นต้น

2.4.6 กฎ (law)

กฎต่าง ๆ ในวิชาวิทยาศาสตร์นั้นมักจะทำความเข้าใจต่อการทำความเข้าใจให้แก่
นักเรียนอยู่เสมอ เพราะกฎต่าง ๆ ของวิชาวิทยาศาสตร์จะมีความหมายที่แตกต่างไปจากกฎที่
ใช้อยู่ในสังคมทั่วไป เพราะฉะนั้นจึงทำให้เกิดความสับสนและตีความหมายไม่สอดคล้องกับ
เป้าหมายที่วิทยาศาสตร์กำหนดไว้

กฎในเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Law) นั้นหมายถึง "ทฤษฎีที่ได้ผ่านการ
ทดลองและมีความเชื่อถือสูงอย่างยิ่ง" (Wilson, 1952: 30) และมักจะยอมรับกันทั่วไปว่า กฎ
คือข้อบัญญัติที่แน่นอนของปรากฏการณ์ตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
บางครั้งเราจึงเรียกว่า กฎธรรมชาติ (Natural law) ซึ่งเป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์พยายามศึกษาค้นคว้า
ในรายละเอียด แต่ทว่ามีอุปสรรคบางอย่าง เช่น มนุษย์มีข้อจำกัดในขีดความสามารถ

และข้อผิดพลาด บทพร่องของเครื่องมือในการทดลอง กฎธรรมชาติที่นักวิทยาศาสตร์ค้นพบ ช่วยให้การพยากรณ์ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ มีคุณลักษณะในความเป็นไปได้เท่านั้น

ในการศึกษาค้นคว้าเรื่องราวของวิชาวิทยาศาสตร์ เราจะพบว่าทฤษฎีต่าง ๆ จะทำหน้าที่อธิบายขยายความเพื่อให้เกิดความเชื่อถือให้แก่กฎต่าง ๆ เช่น กฎของบอยล์ที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับปริมาตรของก๊าซในขณะที่อุณหภูมิคงที่นั้นเกิดจากทฤษฎีจลน์ ทฤษฎีทางกลศาสตร์และการคึงคูกระหว่างโมเลกุล ทฤษฎีต่าง ๆ เหล่านี้จะมีระดับความมีระบบแบบแผน และความยาก-ง่าย เป็นขั้นคอนอยู่ในตัวของมันเอง และยังพบต่อไปอีกว่า กฎใดที่มีรากฐานได้มาจากการทดลองโดยไม่มีรากฐานทางทฤษฎีรองรับ มักจะประสบความล้มเหลว หรือจะต้องใช้ระยะเวลาที่เนิ่นนานเพื่อสร้างการยอมรับนับถือ เช่น ในกรณีของเครื่องจักรไอน้ำ ซึ่งถือว่าเป็นเทคโนโลยีหรือความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์มาตั้งแต่ก่อน พ.ศ. 2393 แต่ในระยะนั้นไม่มีผู้เข้าใจในทฤษฎีหรือกฎของ Thermodynamics มากนัก วิวัฒนาการของเครื่องจักรไอน้ำจึงไม่เจริญเท่าที่ควร จนกระทั่งต่อมาได้มีผู้ตั้งทฤษฎีและกฎของความร้อนและการถ่ายเทความร้อน แล้วจึงทำให้มียุคของพัฒนาการทางเทคโนโลยีของเครื่องจักรกลเกิดขึ้น

2.4.7 การอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Explanation)

ในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์ นักเรียน ผู้สนใจและแม้กระทั่งนักวิทยาศาสตร์เอง มักจะตั้งปัญหาอยู่เสมอว่า ทำไม เพราะเหตุใด ทั้งนี้เพื่อเสาะหาคำอธิบายในเหตุการณ์ วัตถุ และสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติ และต้องการความรู้ ความเข้าใจในสิ่งเหล่านั้น และผู้ที่จะให้คำตอบต่อปัญหาทั้งหลายจะต้องยอมรับว่าเราจะต้องตอบกันอย่างตรงไปตรงมา ไม่มีเล่นหัดกระทั่งแต่อย่างใดทั้งสิ้น อนึ่งในการให้คำอธิบายต่อวัตถุ เหตุการณ์ และข้อเท็จจริงนั้น ผู้ตอบจะต้องอาศัยทฤษฎีเป็นพื้นฐานต่อการพยากรณ์ โดยอาศัยหลักตรรกศาสตร์ คอนเซ็ปต่าง ๆ ทั้งนี้เป็นเพราะเหตุผลที่ว่า ข้อเท็จจริง เหตุการณ์ และวัตถุใด ๆ จะอุบัติขึ้นมาได้นั้นจะต้องเกิดจากสาเหตุใดสาเหตุหนึ่งภายใต้สภาวะการณ์ที่เหมาะสม การพยากรณ์เหล่านั้นไม่จำเป็นจะต้องเป็นเรื่องใหม่ ๆ หรือเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดมาก่อนก็ได้ แต่จะต้องเป็นการให้คำอธิบาย ซึ่งเหตุผลที่มีระบบ แบบแผน จากทฤษฎีต่าง ๆ และเพื่อเป็นการช่วยเหลือผู้อ่านที่จะเข้าใจได้สะดวกมากขึ้น ผู้แต่งขอสรุปว่าในการให้คำอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์นั้นควรจะเป็นไปในลักษณะดังต่อไปนี้

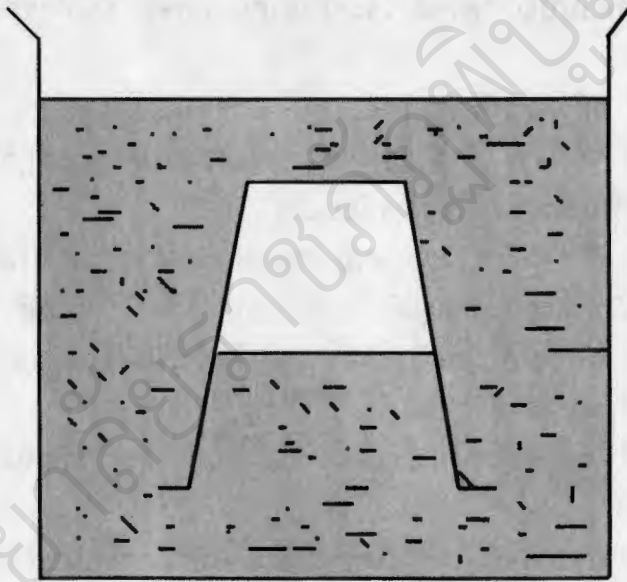
2.4.7.1 ข้อความที่นำมาเป็นคำอธิบายนั้นจะต้องอยู่ในขอบเขตของทฤษฎีที่มีความเชื่อมั่นสูง

2.4.7.2 ข้อเท็จจริงที่นำมาใช้ในปรากฏการณ์นั้นจะต้องเป็นข้อเท็จจริงที่ทุกคนยอมรับนับถือ

2.4.7.3 การอธิบายจะต้องดำเนินไปตามครรลองของทฤษฎีและข้อเท็จจริงที่นำมาใช้

ถ้าหากว่าผู้ให้คำอธิบายมิได้อ้างถึงทฤษฎีที่มีความเชื่อถือแล้ว ย่อมทำให้คุณค่าของการอธิบายน้อยลงและไม่เป็นที่ยอมรับเท่าที่ควร

ตัวอย่าง : เพื่อต้องการอธิบายในปัญหาทางวิทยาศาสตร์โดยอาศัยข้อเท็จจริงและทฤษฎี ที่จะช่วยให้การพยากรณ์หรือการอธิบายมีความเข้าใจดีขึ้น



ภาพที่ 2.5 : การคว่ำแก้วเปล่าลงในอ่างน้ำ

สมมุติว่า ครูวิทยาศาสตร์ในชั้นประถมศึกษาคนหนึ่ง ทำการสาธิตให้เด็กในชั้นได้ศึกษาว่าเมื่อเอาแก้วเปล่าใบหนึ่งคว่ำลงแล้วกดลงไปใต้น้ำ ดังภาพที่ 2.5 เราจะพบว่าในขณะที่ครูกดแก้วเปล่าลงไปสู่ก้นอ่างนั้น ระดับน้ำในถ้วยแก้วจะสูงขึ้น

ปัญหาที่จะต้องอธิบาย (1) ทำไมระดับน้ำในถ้วยแก้วจึงสูงขึ้น

(2) มีสูญญากาศอยู่ในถ้วยแก้วหรือไม่

(3) ถ้ามีอากาศอยู่ในถ้วยแก้ว มันจะละลายน้ำได้บ้างหรือไม่

(4) อากาศในถ้วยแก้วลอยหนีออกมาได้บ้างหรือไม่

(5) เมื่อถ้วยแก้วอยู่ในน้ำที่เย็น จะทำให้ปริมาตรของอากาศในถ้วยแก้วลดลงหรือไม่

(6) เราจะใช้ทฤษฎีและข้อเท็จจริงอะไรมาอธิบายในปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

ในการตอบปัญหาค้างกล่าวจะต้องอาศัย ทฤษฎี ข้อเท็จจริง และข้อความเป็นเบื้องต้นดังต่อไปนี้

ทฤษฎี มีดังต่อไปนี้

(1) ของไหล (ก๊าซ ของเหลว) จะประกอบด้วยโมเลกุลที่เคลื่อนที่อย่างรวดเร็ว และมีการปะทะสัมพันธ์ระหว่างโมเลกุลน้อยมาก

(2) ก๊าซต่าง ๆ (อากาศเป็นของผสมของก๊าซหลายชนิด) จะถูกกด บีบ อัดได้ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าปริมาตรของโมเลกุลมีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาตรทั้งหมดของก๊าซนั้น

(3) เมื่ออุณหภูมิคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะมีอัตราส่วนผกผันกับความกดดัน

(4) วัสดุต่าง ๆ ย่อมต้องการที่อยู่

(5) ไม่มีวัตถุใด ๆ ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป จะอยู่ในที่แห่งเดียวกัน (space)

ได้ในเวลาเดียวกัน

(6) ความกดดันในของไหลจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความลึก

(7) ของไหลย่อมจะเคลื่อนที่จากแหล่งที่มีความกดดันสูงกว่าไปสู่อยู่ที่ซึ่งมีความกดดันต่ำกว่า

ข้อเท็จจริงและข้อปฏิบัติเบื้องต้น เช่น

- (1) ในขณะที่ความลึกของถ้วยแก้วที่ตกลงในอ่างน้ำเพิ่มขึ้น ย่อมจะทำให้ความกดดันของอากาศในถ้วยแก้วเพิ่มขึ้นด้วย(วัดได้โดยแมนโนมิเตอร์-เครื่องมือสำหรับวัดค่าความดัน)
- (2) ขณะที่คว่ำถ้วยแก้วลงไปในอ่างน้ำ จะไม่มีฟองอากาศลอยผุดออกมา
- (3) ถ้วยแก้วเป็นของแข็งที่หนาทึบ ย่อมไม่ยอมให้อากาศผ่านซึมออกไปได้
- (4) อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงมีค่าน้อยมาก
- (5) ไม่มีปฏิกิริยาเคมีระหว่างแก้ว อากาศ และน้ำที่ใช้ในการทดลอง
- (6) อัตราการละลายของอากาศในน้ำมีค่าต่ำมาก

จากทฤษฎี ข้อเท็จจริง และข้อบัญญัติเบื้องต้นดังที่เสนอมานั้น จะช่วยให้การพยากรณ์ว่าทำไม้ระดับน้ำในแก้วจึงสูงขึ้น และจะมีผลต่อการให้คำอธิบายได้สะดวกขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะว่าปริมาตรของอากาศในถ้วยแก้วจะต้องลดลงในขณะที่ความกดดันของอากาศในถ้วยแก้วเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากอากาศถูกอัดและไม่สามารถจะเล็ดลอดออกไปจากถ้วยแก้วได้ ดังนั้นในขณะที่ความลึกของถ้วยแก้วที่คว่ำลงไปเพิ่มขึ้น ความกดดันของอากาศภายในถ้วยแก้วจะเพิ่มขึ้น อากาศจะถูกอัดแน่นยิ่งขึ้น ทำให้ปริมาตรของอากาศลดลง จะเป็นสาเหตุทำให้ระดับน้ำในถ้วยแก้วสูงขึ้น เพราะน้ำซึ่งเป็นของไหลย่อมจะไหลจากที่ซึ่งมีความกดดันสูงกว่าไปยังที่ซึ่งมีความกดดันน้อยกว่า

จากเหตุผลดังที่กล่าวมานี้เอง เราจะพบว่าคุณค่าของคอนเซ็ปและระบบคอนเซ็ปในวิชาวิทยาศาสตร์นั้นจะขึ้นอยู่กับสมรรถวิสัยในการพยากรณ์หรือการให้คำอธิบายว่าจะบังเกิดผลมากน้อยแค่ไหน แม้ว่าตัวอย่างที่นำมาเสนอแนะนั้นจะเป็นแต่เพียงส่วนเล็กน้อยก็ตาม แต่ก็สามารถจะสะท้อนให้เห็นภาพของการสร้างความเข้าใจในบทบาทของวิชาวิทยาศาสตร์ได้ดีพอสมควร

2.5 วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (scientific method)

วิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นขบวนการที่พัฒนามาจากแนวความคิด การศึกษา และการค้นหาในเชิงตรรกวิทยา (logical way) ของนักวิทยาศาสตร์ที่ต้องการจะค้นหาความจริง (truth) จากสิ่งเร้นลับในจักรวาล ซึ่งยังผลทำให้เกิดความรู้ใหม่อย่างกว้างขวาง เป็นที่ยอมรับนับถือของหมู่ชนปราชญ์ในสาขาวิชาต่าง ๆ ว่า ความสำเร็จอันยิ่งใหญ่ของวิชาวิทยาศาสตร์นั้น หมายถึง วิธีการหรือขบวนการที่สามารถนำไปใช้หาความรู้ใหม่ ๆ และเป็นความรู้ที่สามารถ

ทดสอบได้ วิธีการที่มีประสิทธิภาพดังกล่าวจะเป็นสิ่งที่มีคุณค่ามากกว่าสิ่งที่ถูกค้นพบ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าวิธีการที่ดีนั้นย่อมจะเป็นเครื่องมือที่สามารถให้นำไปสู่ความสำเร็จต่างๆ ได้อีกมากมาย

จากการสำรวจตรวจสอบจะพบว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์นั้นมีใช่เป็นแต่เพียงวิธีการเพื่อใช้ค้นหาความรู้ใหม่ ๆ เท่านั้น แต่ทว่ายังเป็นขบวนการที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา โดยผ่านการถกแถลง การพินิจพิจารณาอย่างรอบคอบ ทั้งนี้เพื่อที่จะได้ให้มาซึ่งความถูกต้องที่น่าเชื่อถืออย่างมากที่สุดโดยเหตุที่วิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นขบวนการที่มีระเบียบแบบแผน มีขั้นตอนในการดำเนินงานที่ต่อเนื่องและสัมพันธ์กัน ตลอดจนสามารถนำไปใช้ให้บังเกิดผลได้อย่างกว้างขวาง จึงได้รับการขนานนามในรูปแบบต่างๆ เช่นบางทีก็เรียกว่า วิธีการแก้ปัญหา (method of problem-solving) หรือบางครั้งก็เรียกว่าวิธีการใช้ปัญญา (method of intelligence) ศาสตราจารย์ ดร.สาโรช บัวศรี (สาโรช บัวศรี, 2511 : 52-55) กล่าวว่า คุณประโยชน์ของวิธีการทางวิทยาศาสตร์นี้ นอกจากจะช่วยให้วิชาวิทยาศาสตร์มีความเจริญก้าวหน้าอย่างมากมาแล้วก็ตาม ยังเป็นขบวนการที่สามารถนำไปใช้กับวิชาสาขาอื่น ๆ ได้อีก เช่น วิชาเศรษฐศาสตร์ สังคมศาสตร์ รัฐศาสตร์ ฯลฯ ได้เป็นอย่างดี เพราะเป็นขบวนการที่มีเหตุผล รู้จักการนำสติปัญญาและประสบการณ์มาใช้เพื่อแก้ปัญหา สามารถรวบรวมวิทยาการใหม่ๆ ได้เป็นอย่างดี และยังเป็นการส่งเสริมให้รู้จักการคิดค้น การวิจัย รวมทั้งสร้างเสริมความคิดสร้างสรรค์ (creative thinking) อีกด้วย ฉะนั้นจึงกล่าวได้ว่า ขบวนการที่ต้องการอาศัยการคิดค้นหาเหตุผลในเชิงตรรกวิทยานั้นจึงไม่จำเป็นจะต้องใช้กับวิชาวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ทว่า จะสามารถใช้เป็น 'เทคนิค' ของแต่ละเอกศตบุคคลเพื่อช่วยกันแก้ปัญหาและสืบหาความจริงได้อีกด้วย

2.5.1 รูปแบบและขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์

โดยเหตุที่วิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นขบวนการที่เอื้อประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาและใช้เป็นเครื่องมือเพื่อค้นหาความจริงในสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ จึงมีผู้นิยมนำไปใช้กันอย่างกว้างขวาง และมีการพัฒนารูปแบบและวิธีการออกไปได้มากมายผู้เขียนจึงขอเสนอรูปแบบที่น่าสนใจ และคาดว่าจะช่วยให้นักเรียน นักศึกษา ตลอดจนผู้สนใจสามารถนำไปให้เกิดประโยชน์ได้ดังต่อไปนี้

2.5.1.1 วิธีทางวิทยาศาสตร์ (scientific method)

วิธีทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการที่มีพัฒนาการมาจากการคิด การศึกษา การค้นหา ในเชิงตรรกวิทยา (logical way) ของจิตใจของนักวิทยาศาสตร์ที่ต้องการจะค้นหาความจริง (truth) ในธรรมชาติ ซึ่งมีผลทำให้เกิดความรู้ (knowledge) อย่างกว้างขวาง วิธีทางวิทยาศาสตร์เป็นแนวทางที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา โดยผ่านการถ่วงถ่วงและพิจารณาอย่างรอบคอบเพื่อต้องการให้ได้ข้อเท็จจริงที่ถูกต้อง มีประสิทธิภาพอย่างเด่นชัดซึ่งจะช่วยทำให้สามารถสรุปข้อความที่น่าเชื่อถือได้มากที่สุด ฉะนั้นจึงกล่าวได้ว่าวิธีการที่ต้องอาศัยการศึกษาค้นหาเหตุในเชิงตรรกวิทยานี้มันจึงไม่จำเป็นจะต้องใช้กับวิชาวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ทว่าจะสามารถใช้เป็น "เทคนิค" ของเอกศบุคคลทุกคน เพื่อช่วยกันแก้ปัญหาและสืบหาความจริง

ขั้นตอนของวิธีทางวิทยาศาสตร์มีดังนี้

1.) การกำหนดปัญหา (identify the problem) การกำหนดปัญหาคือการวิเคราะห์สถานการณ์เพื่อต้องการที่จะแยกประเด็นที่เป็นปัญหา และทำความเข้าใจในปัญหานั้นให้เด่นชัดที่สุด

2.) การค้นคว้าวิจัย (research) การค้นพบทางวิทยาศาสตร์นั้นเริ่มต้นมาจากความคิด และจะต้องเป็นแนวความคิดที่มีคุณค่า การจะทราบว่าความคิดพื้นฐานใดจะมีคุณค่ามากน้อยเพียงใดนั้นจะกระทำได้โดยการสำรวจตรวจสอบว่ามีผลกระทบใด ๆ ไน ข้อคิดที่เกี่ยวข้องกับความคิดนั้นบ้าง ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้เกิดการศึกษา ค้นคว้า ทดลอง ที่ซ้ำซ้อนกัน และ ยังเป็นการเสาะหาข้อมูลที่จะเป็นประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาที่เรากำลังดำเนินการเสาะหาอยู่ด้วยก็ได้

3.) การตั้งสมมุติฐาน คือ "การคาดอย่างมีหลักการ" เพราะจะต้องอาศัยความรู้ การพิจารณา มากกว่าความเชื่อที่ไม่มีเหตุผล การตั้งสมมุติฐานจึงอาจจะหมายถึงแนวความคิดที่มีเหตุผลและเชื่อว่าจะช่วยแก้ปัญหาได้

4.) วัสดุสิ่งของ (materials) หมายถึงสิ่งต่าง ๆ เช่น วิธีการ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็นจะต้องใช้เพื่อทดสอบว่า สมมุติฐานที่ตั้งไว้นั้นมีความถูกต้อง มีคุณค่าที่น่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด

5.) วิธีการ (procedure or method) หมายถึงการวางแผนเพื่อหาแนวทางทดสอบสมมุติฐานที่ได้กำหนดไว้ว่าจะมีความถูกต้องเชื่อถือได้มากน้อยเพียงใด แนวทาง วิธีการ

หรือขบวนการนั้นจะต้องเป็นสิ่งที่ได้ผ่านการกลั่นกรอง และพิจารณาอย่างรอบคอบแล้วว่าเป็นวิธีการที่ทันสมัย มีความถูกต้อง มีความเชื่อมั่นสูง และจะต้องนำไปใช้เพื่อให้ได้ผลผลิตที่จะสามารถทดสอบพิสูจน์ได้โดยนักวิทยาศาสตร์และผู้สนใจทั่วไป

วิธีการดังกล่าวจะต้องอาศัยมาตรการหลายอย่าง แต่ที่จะหลีกเลี่ยงไม่ได้คือ การทดลอง (scientific experiment) ซึ่งจะต้องอาศัยแนวทางดังต่อไปนี้

(5.1) การทดลองแบบควบคุม (controlled experiment) เป็นการทดลองแบบหนึ่งในสองวิธีที่ใช้เกี่ยวกับการทดลอง ในการทดลองทั่วไปนั้นมักจะมีตัวแปร (variable) เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย การทดลองใดถ้าไม่มีตัวแปรเข้ามามีส่วนร่วมเรียกว่า การทดลองแบบควบคุมหรือกลุ่มควบคุม ส่วนการทดลองใดที่มีตัวแปรร่วมอยู่ด้วยเรียกว่า กลุ่มทดลอง และมักจะถือเอาผลผลิตของกลุ่มควบคุมเป็นเกณฑ์พิจารณาตัดสิน

ตัวอย่าง นำหนูจำนวน 100 ตัว ที่มีอายุ สุขภาพ ขนาด และเพศ เหมือนกันมาทดลอง โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 50 ตัว และแยกไว้ภายใต้สภาวะเหมือนกัน กลุ่มควบคุมนั้นให้กินอาหารโปรตีนตามปกติ ส่วนกลุ่มทดลองให้กินอาหารโปรตีนน้อยกว่าเกณฑ์ปกติเมื่อครบเวลา 7 วัน นำหนูทั้ง 2 กลุ่มมาตรวจสอบน้ำหนัก จะพบว่าหนูที่อยู่ในกลุ่มทดลองมีน้ำหนักลดลง ถ้าหากว่าจะทดลองซ้ำ ๆ อีก 100 ครั้งย่อมจะต้องให้ผลเช่นนี้เสมอ

(5.2) การใช้วัสดุอุปกรณ์และตัวอย่างต่าง ๆ จะต้องมีจำนวนมากพอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งตัวอย่างที่จะนำมาทดลองนั้นจะต้องมีจำนวนมากเกินพอ เพราะจะเป็นสิ่งที่ช่วยกำจัดตัวแปรออกได้มาก ทั้งนี้เพื่อต้องการให้ได้ผลผลิตที่มีความเชื่อถือสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องข้อมูลเกี่ยวกับวิชาสถิติ จะต้องมี ความถูกต้องมากที่สุด

(5.3) การทดลองซ้ำ เป็นการทดลองเพื่อให้ผลผลิตที่มีความถูกต้อง แน่นนอนและมีความเชื่อมั่นให้มากที่สุด

6. การสังเกต (observation) ข้อเท็จจริง ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตนั้นจะต้องเป็นสิ่งที่มีความถูกต้อง ทันสมัย และกระทำอย่างละเอียดรอบคอบอยู่เสมอ ทั้งนี้จะช่วยทำให้ได้รับผลผลิตที่แน่นอน การชั่ง ตวง วัด การบันทึก การรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ จะต้องกระทำอย่างระมัดระวัง และมีความพิถีพิถันเป็นพิเศษ เพราะสิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งยวดสำหรับการทดลองในเชิงวิทยาศาสตร์

7. การสรุป เป็นผลของการประเมินผลอย่างรอบคอบโดยอาศัยข้อประจักษ์พยานที่มีนัยสำคัญและความเชื่อถือสูง อนึ่งการสรุปความจะต้องเป็นผลของการทดลองแต่ละครั้งเท่านั้นแต่การลงความเห็นใด ๆ จากการทดลองเพียงครั้งเดียวเป็นสิ่งที่ไม่เหมาะสม ไม่ควรกระทำ เพราะจะมีผลเสียหายทำให้เกิดอันตรายอย่างร้ายแรงได้ เช่นในการนำหนูมาทดลองดั่งที่กล่าวมาในข้อ (5.1) นั้น เราอาจจะสรุปได้ว่าเมื่อนำหนู 100 ตัวมาทดลองซ้ำ ๆ กัน 100 ครั้ง ผลปรากฏว่าน้ำหนักของหนูที่ลดลงไปเป็นเพราะได้รับอาหารโปรตีนไม่เท่ากัน แสดงให้เห็นว่าการทดลองดั่งกล่าวมีตัวแปรเพียง 1 ชนิดเท่านั้น และมีผลเหมือนกันทุกครั้ง แต่เราจะนำผลการทดลองที่เกี่ยวกับหนูไปลงความเห็นกับมนุษย์ทันทีไม่ได้ เพราะหนูกับมนุษย์แม้จะเป็นสิ่งมีชีวิตเหมือนกันก็ตาม แต่อาจจะถูกตัวแปรอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องไม่เหมือนกัน จำเป็นจะต้องมีการทดสอบเพื่อพิสูจน์ให้ได้ผลแน่นอนเกี่ยวกับมนุษย์ต่อไปอีก

อาจจะสรุปวิธีทางวิทยาศาสตร์ออกมาให้เห็นเด่นชัดดังภาพที่ 2.6 เพื่อความสะดวกต่อการนำไปใช้ให้เหมาะสมและบังเกิดผลดีต่อไป



ภาพที่ 2.6 : วิธีการทางวิทยาศาสตร์

2.5.1.2 วิธีการแห่งปัญญา (method of intelligence)

ศาสตราจารย์ ดร.สาโรช บัวศรี นักการศึกษาผู้มีชื่อเสียงแห่งประเทศไทย ได้เสนอแนะวิธีการสอนแบบใหม่โดยอาศัยวิธีการทางพุทธศาสนา มาดัดแปลงให้สอดคล้องกับวิธีการสอนของนักการศึกษาตะวันตก เช่น วิธีการแก้ปัญหา (problem-solving method) และวิธีการของ reflective thinking และเรียกวิธีการดังกล่าวว่า วิธีการแห่งปัญญา (method of intelligence หรือ scientific method) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน 5 ขั้นตอนเป็นอย่างน้อย ดังนี้

- 1.) การกำหนดปัญหาให้ถูกต้อง (location of problems)
- 2.) การตั้งสมมติฐาน setting up of hypothesis)
- 3.) การทดลองและเก็บข้อมูล (experimentation and gathering of data)
- 4.) การวิเคราะห์ข้อมูล (analysis of data)
- 5.) การสรุปผล (conclusion)

วิธีการแห่งปัญญาอาจจะอนุมานได้ว่าคล้ายคลึงกัน "วิธีการสอนตามขั้นทั้งสี่ของอริยสัจ" ได้ดังตารางข้างล่าง

ขั้นของอริยสัจ	ขั้นของวิธีการแห่งปัญญา
1.) ขั้นทุกข์	1.) ปัญหา (problem)
2.) ขั้นสมุทัย	2.) สมมติฐาน (hypothesis)
3.) ขั้นนิโรธ	3.) การทดลองจนได้ผล (experimentation)
4.) ขั้นมรรค	4.) วิเคราะห์ข้อมูล (analysis of data)
	5.) สรุปผล

} อาจรวมเป็นข้อเดียวกัน

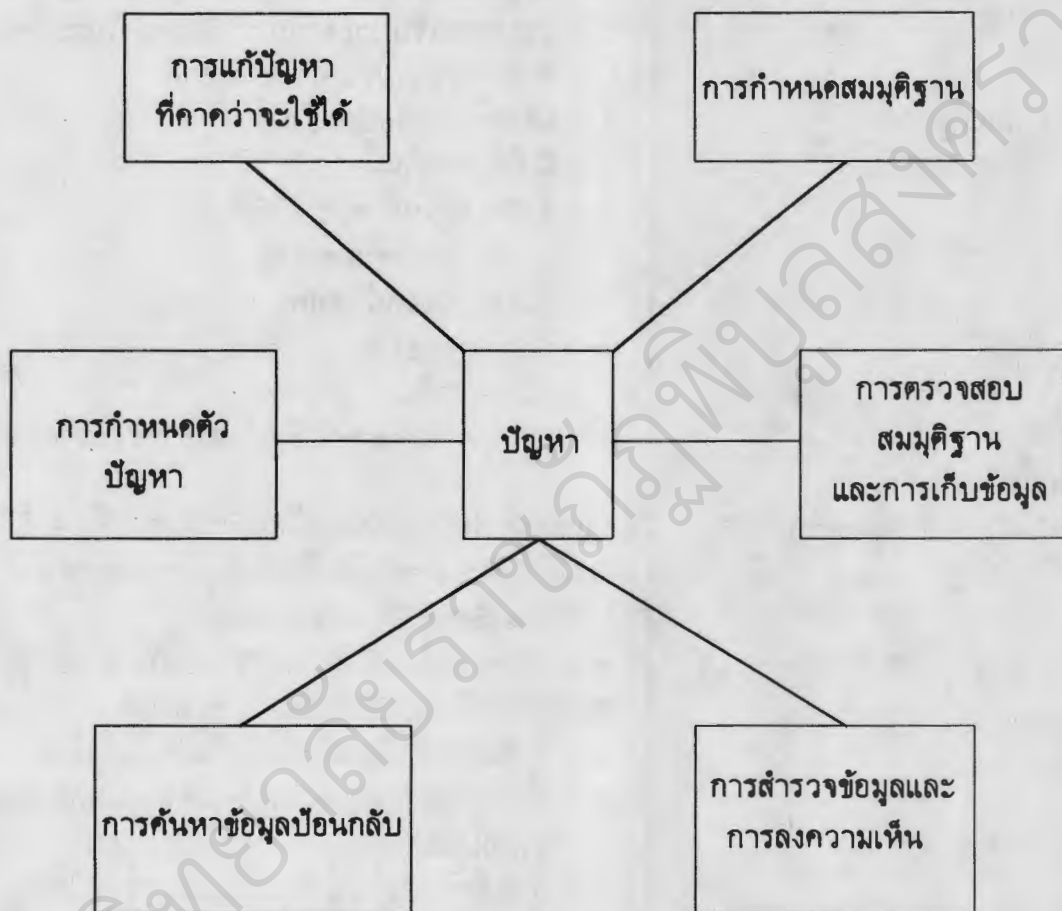
แหล่งที่มา : สาโรช บัวศรี, 2511 : 33-35

จากวิธีดังกล่าว อาจจะยกตัวอย่างให้เห็นได้ดังต่อไปนี้

ขบวนการ 5 ขั้น ของวิธีการแก้ปัญหา	ตัวอย่าง
<p>1.) การกำหนดปัญหาให้ถูกต้อง</p> <p>2.) สมมุติฐาน</p> <p>สิ่งสกปรกและเชื้อโรค</p> <p>3.) การทดลองและเก็บข้อมูล</p> <p>4.) การวิเคราะห์ข้อมูล</p> <p>5.) การสรุปและการนำไปใช้</p>	<p>1.1 ในชุมชนของเราคือน้ำดื่มไม่สะอาด</p> <p>1.2 ประชาชนเจ็บป่วยจากการบริโภคน้ำไม่สะอาด</p> <p>1.3 ทำอย่างไรน้ำบริโภคจึงจะสะอาด</p> <p>2.1 มีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่ในน้ำ</p> <p>2.2 มีเชื้อโรคอยู่ในน้ำ</p> <p>2.3 สิ่งที่จะทำให้ น้ำสะอาดได้โดย</p> <p> 2.3.1 แกว่งด้วยสารส้ม</p> <p> 2.3.2 ต้มให้น้ำเดือด</p> <p> 2.3.3 กรอง</p> <p> 2.3.4 กัดัน</p> <p> เพราะคาดว่าจะทำให้ได้น้ำสะอาดซึ่งปราศจาก</p> <p>ครูและนักเรียนช่วยกันนำน้ำมาดำเนินการทั้ง 4 วิธี</p> <p>คือ แกว่งด้วยสารส้ม ต้มให้เดือด กรองและกาดัน</p> <p>โดยการลงมือปฏิบัติในห้องทดลอง</p> <p>ทำการวิเคราะห์น้ำที่ได้มาจากวิธีการทั้ง 4 วิธีด้วย</p> <p>กล้องจุลทรรศน์ และวิธีการอื่น ๆ จะพบว่า</p> <p>4.1 น้ำที่แกว่งด้วยสารส้มนั้นใสแต่ยังมีเชื้อโรค</p> <p>4.2 น้ำที่ต้มจนเดือดจะทำให้เชื้อโรคตายแต่ทว่ายังมีสิ่ง</p> <p> ขุ่นไม่ใสสะอาด</p> <p>4.3 ยังมีเชื้อโรคอยู่ในน้ำที่กรอง แม้น้ำจะใส</p> <p>4.4 น้ำกาดันใสสะอาดมากและปราศจากเชื้อโรค</p> <p>5.1 การทำให้น้ำสะอาดโดยการต้ม น้ำที่แกว่งสารส้ม</p> <p> แล้วให้เดือดจะเป็นวิธีการที่ถูก</p> <p>5.2 การกาดันจะทำให้ได้น้ำที่สะอาดมากที่สุด</p> <p> ค่าใช้จ่ายสูง</p>

2.5.1.3 วิธีการแก้ปัญหา

การแก้ปัญหาเป็นกรรมวิธีที่สำคัญของนักวิทยาศาสตร์ที่ใช้เป็นเครื่องมือในการเสาะหาความรู้ที่ซ่อนเร้นอยู่ในธรรมชาติ ผู้แต่งขอเสนอแนะวิธีการแก้ปัญหาอีก 1 วิธี กรรมวิธีนี้จะประกอบด้วยขั้นตอนทั้งหมด 6 ขั้นตอนต่อไปนี้



ภาพที่ 2.7 : วิธีการแก้ปัญหา

1.) การกำหนดตัวปัญหา ในการจะแก้ปัญหาใด ๆ ใดนั้น จำเป็นจะต้องรู้จักตัวปัญหาเสียก่อนว่าสิ่งที่เราจะต้องค้นคว้าหาคำตอบนั้นเป็นอย่างไร มีส่วนประกอบต่าง ๆ อะไรบ้าง และมันอยู่ในสถานะเช่นไร ตัวปัญหาเหล่านั้นอาจจะเป็นสิ่งที่นักเรียนอาจจะพบได้ทั้งในห้องเรียนและในชีวิตประจำวัน ฉะนั้นครูผู้สอนจึงควรจะต้องฝึกให้เด็กรู้จักการตั้งคำถามหรือการตั้งปัญหาอยู่เสมอและเด็กควรจะตั้งใจว่าปัญหาที่ต้องการแก้ปัญหานั้นมีขอบเขตกว้างขวางเพียงใดบ้าง

2.) วิธีการแก้ปัญหาที่คาดว่าจะใช้ได้ การคาดคะเนหรือการสร้างวิธีการที่เราคิดว่าจะสามารถใช้เป็นเครื่องมือเพื่อแก้ปัญหาใด ๆ นั้น เป็นพฤติกรรมที่ยุ่งยากและมีความสลับซับซ้อนมากเพราะการคาดคะเนที่จะบังเกิดผลดีได้จะต้องอาศัยองค์ประกอบมากมาย เช่น

(2.1) การรวบรวมข้อมูลที่เชื่อถือได้

(2.2) การรู้จักใช้คำถามที่เหมาะสมเพื่อให้ได้รับคำตอบที่ถูกต้อง

(2.3) การเลือกใช้และวิธีการควบคุมตัวแปรอย่างรัดกุม

(2.4) รู้จักวิธีการอธิบายและตอบข้อซักถามได้ถูกต้อง

ถ้าหากว่านักเรียน นักศึกษา หรือแม้แต่ตัวครูผู้สอนเองมีทักษะในการรวบรวมองค์ประกอบต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดีแล้ว การนำองค์ประกอบเหล่านั้นมาจัดระบบหรือรวบรวมให้เป็นระเบียบแบบต่าง ๆ อาจจะช่วยให้มองเห็นความสัมพันธ์ได้เด่นยิ่งขึ้น เช่น ช่วยทำให้เรามองเห็นช่องทางของการแก้ปัญหา การดำเนินการทดลอง การทำความเข้าใจ การสร้างเจตคติ การตีความหรือการแปลความหมายได้อย่างถูกต้องมากขึ้น

3.) การกำหนดสมมุติฐาน หมายถึง ขบวนการ หรือกรรมวิธีจะต้องอาศัยความละเอียดถี่ถ้วน ความพินิจพิเคราะห์ที่จะเลือกหรือตัดสินใจว่า วิธีการแก้ปัญหาแบบใดที่จะมีทั้งเหตุ-ผลและความเกี่ยวข้องกับตัวปัญหานั้นได้ด้วย บุคคลใดจะมีความสามารถในการกำหนดสมมุติฐานได้ดีนั้น จะต้องเป็นผู้ที่มีทักษะในการรู้จักวิเคราะห์ข้อมูลและสามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด เมื่อใดก็ตามที่มีการตั้งเงื่อนไขที่มีคุณลักษณะดังต่อไปนี้เสมอ

"ถ้าหากว่า มีการกระทำแบบนี้เกิดขึ้น.....

จะทำให้บังเกิดผลเช่น ใช้ขึ้นมา และสามารถจะแก้ปัญหาเหล่านั้นได้"

4.) การตรวจสอบสมมุติฐานและการเก็บข้อมูล พฤติกรรมในการตรวจสอบ

สมมุติฐานนั้น จะเริ่มขึ้นภายหลังที่การกำหนดสมมุติฐานได้สิ้นสุดลงแล้ว และจะต้องมีการออกแบบการทดลองขึ้นมาเพื่อตรวจสอบว่า สมมุติฐานนั้นจะเป็นสิ่งที่ใช้เพื่อการแก้ปัญหาได้ดีมากน้อยเพียงใดในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เป็นที่ยอมรับนับถือโดยทั่วไปว่า การทดลอง คือ บัณฑิตหรือกรรมวิธีที่จำเป็นอย่างอื่นที่จะช่วยให้เด็กได้เผชิญกับสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด การทดลองที่เด็กได้ลงมือปฏิบัติอย่างจริงจังนั้น จะเป็นการช่วยให้เด็กได้มีประสบการณ์ที่มีคุณค่า เด็กจะใ้ใช้ประสาทสัมผัสต่าง ๆ เพื่อที่จะรู้ว่ามิอะไรเกิดขึ้นบ้าง มีข้อมูลใดที่ควรจดบันทึกเพื่อนำไปใช้เกิดประโยชน์ต่อไป

5.) การสำรวจข้อมูลและการลงความเห็น พฤติกรรมในการสำรวจตรวจสอบข้อมูลและการลงความเห็นเพื่อเป็นข้อยุตินั้น ถือว่าเป็นขั้นตอนที่มีความยากมากที่สุดของกระบวนการแก้ปัญหา ทั้งนี้เป็นเพราะว่าจะต้องอาศัยพฤติกรรมต่าง ๆ มาประกอบกันคือ

(5.1) การนำปัญหามาพิจารณา ถกเถียง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีคุณค่า

(5.2) การนำข้อมูลไปจำแนกแจกแจง

(5.3) การเปรียบเทียบผลที่บังเกิดขึ้น

(5.4) การตีความหรือการแปลความหมายของผลลัพธ์ที่ได้รับ

(5.5) การลงความเห็นที่ใช้เป็นข้อยุติและจะต้องเป็นความเห็นที่สอดคล้องกับข้อมูลที่นำมาใช้

6. การค้นหาข้อมูลป้อนกลับ ข้อมูลป้อนกลับหรือ feedback นั้นนับว่าเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งของการกระทำกิจกรรมทุกรูปแบบโดยไม่ต้องคำนึงว่าผลของการกระทำเหล่านั้นจะประสบความสำเร็จ หรือความล้มเหลวก็ตาม เพราะข้อมูลป้อนกลับจะทำหน้าที่เสมือน "สัญญาณ" ที่ชี้แนะว่ากิจกรรมที่ได้กระทำไปแล้วนั้นควรจะปรับปรุงแก้ไขอย่างไรบ้าง สมควรที่จะดำเนินการต่อไปหรือว่าน่าจะยุติเสีย ฉะนั้นการหาข้อมูลป้อนกลับจึงเป็นสิ่งที่ครูผู้สอนจะต้องแนะนำให้เด็กรู้จักค้นหาจากการทำกิจกรรมหรือการทดลองทุกครั้ง วิธีการที่ครูควรเอาใจใส่คือการอบรมหรือสั่งสอนให้เด็กยอมรับฟังคำวิพากษ์วิจารณ์ คำติ หรือคำชมจากครูและเพื่อนนักเรียนด้วยกัน แล้วนำผลการวิพากษ์วิจารณ์เหล่านั้นเป็นข้อมูลเพื่อการลงความเห็นทำเป็นข้อสรุป การวิพากษ์วิจารณ์อาจจะกระทำได้ในแบบต่างๆ เช่น การอธิบาย การโต้แย้ง การตอบปัญหาว่า "เพราะเหตุใดหรือทำไม" ซึ่งจะช่วยให้เราได้รับข้อมูลที่จะนำไปใช้

แก้ปัญหาได้เป็นอย่างดี

การฝึกหัดให้เด็กมีทักษะในการสืบสวน-สอบสวน และการสร้างพฤติกรรมให้เด็กรู้จักการแก้ปัญหา นั้น จะอำนวยความสะดวกในการฝึกฝนให้เด็กรู้วิธีการแก้ปัญหาอย่างน้อย 3 ประการ คือ

- ประการที่ 1. เพื่อให้เด็กได้ระลึกอยู่เสมอว่า การที่ต้องแก้ปัญหาให้ลุล่วงไปด้วยดี นั้นตนเองมีทักษะขั้นพื้นฐานอย่างไรบ้าง
- ประการที่ 2. เพื่อให้เด็กได้ทราบว่า ตนเองจะต้องมีภารกิจหรือมีหน้าที่ในการนำทักษะเหล่านั้นมาปฏิบัติอย่างไร และ
- ประการที่ 3. เพื่อให้เด็กได้สำนึกตนเองว่าจะสามารถนำทักษะต่างๆ ไปใช้ในการแก้ปัญหาอย่างไร จึงจะสัมฤทธิ์ผลมากที่สุด

อนึ่ง ผู้บริหารทางการศึกษา ครู-อาจารย์ และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ จะต้องระลึกอยู่เสมอว่าพฤติกรรมที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหานั้นจะมีความสลับซับซ้อน ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบต่างๆ เช่น ประสบการณ์ในอดีต การกระตุ้น การพัฒนา การในค่านสติปัญญา การเพิ่มพูนทักษะในการสืบสวน-สอบสวน และยังรวมถึงความเข้าใจในการสร้างความคิดรวบยอดอีกด้วย โดยนัยนี้จึงทำให้มองเห็นได้ว่า พฤติกรรมที่เด็กควรได้รับการปลูกฝังให้รู้จักการแก้ปัญหานั้นจึงผสมผสานอยู่ในหลักสูตรทุกระดับและสามารถจะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ทุกโอกาสอีกด้วย

2.6 ความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ (science concept)

ในวงการศึกษาศาสตร์ (science education) ยุคปัจจุบันนั้น นักเรียนและผู้สนใจมักจะได้พบศัพท์ใหม่ ๆ หรือสิ่งที่เกิดขึ้นมาใหม่ ๆ อยู่เสมอ ในบรรดานวัตกรรมเหล่านั้น จะมีคำว่า ความคิดรวบยอดรวมอยู่ด้วย ซึ่งเป็นคำใหม่ที่มีความหมายและยังได้รับการยอมรับนับถืออย่างกว้างขวาง ในระยะแรกที่มีผู้นำเอาความคิดรวบยอดมาใช้ นั้นมักจะเรียกทับศัพท์ภาษาอังกฤษตรง ๆ ว่า concept ซึ่งมีรากศัพท์มาจากภาษาละตินว่า CONCEPTUM ซึ่งหมายถึง to conceive ที่แปลว่า เริ่มคิด ก่อขึ้นในใจ นึกเห็น (Webster's New Collegiate Dictionary, 1976 : 233) ต่อมาได้มีนักการศึกษาไทยหลายท่านพยายามจะหาคำแปลเป็นภาษาไทยมาใช้แทน เช่น การจินตนาการในเชิงวิทยาศาสตร์ (scientific imagination)

ความคิดสำคัญ ความคิดรวบยอด มโนทัศน์ ดังนี้เป็นต้น แต่ในปัจจุบันจะนิยมใช้กันอยู่เพียงบางชื่อ คือ ความคิดรวบยอด หรือ คอนเซปต์ เท่านั้น ยิ่งกว่านั้นยังได้มีการนำคอนเซปต์ไปใช้กับในสาขาวิชาอื่น ๆ อีกด้วย จึงทำให้ความคิดรวบยอดมีความหมายกว้างขวางและแตกต่างกันออกไป แต่อย่างไรก็ตามรากฐานของการสร้างคอนเซปต์หรือความคิดรวบยอดย่อมจะต้องอยู่บนหลักการ เหตุผล ตลอดจนขบวนการที่ไม่ห่างไกลกันนัก

2.6.1 ความหมายของความคิดรวบยอด

โดยเหตุที่ธรรมชาติของ คอนเซปต์ หรือ ความคิดรวบยอด มีลักษณะเสมือน "การริเริ่ม" จึงทำให้เกิดปัญหาต่อการที่จะให้ความหมายอย่างสมบูรณ์ในขบวนการเรียนการสอน เพราะความคิดรวบยอดในแต่ละสาขาวิชาย่อมแตกต่างกันอยู่แล้ว เช่น คอนเซปต์ของคำว่า "แม่" ในวิชาชีววิทยาย่อมไม่เหมือนกับคำว่า "แม่" ในวิชาสังคมวิทยา ผู้เขียนขอเสนอตัวอย่างคอนเซปต์ทางวิชาวิทยาศาสตร์ดังต่อไปนี้ เพื่อต้องการให้นักเรียน นักศึกษา และผู้สนใจ ได้ทำความเข้าใจว่า คอนเซปต์คืออะไร จะแบ่งออกเป็นประเภทใดได้บ้าง และมีคุณสมบัติเฉพาะอย่างไร

ตัวอย่างที่ 1 คอนเซปต์ของคำว่า "แมลง"

แมลง หมายถึง "สัตว์ที่มีขา 6 ขา และลำตัวจะแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน"

เมื่อพิจารณาข้อความที่กำหนดว่า แมลงมีความหมายอย่างไรนั้น เราพอจะแยกประเด็นสำคัญ ๆ ได้ดังนี้

- 1) คอนเซปต์ หมายถึง สัญลักษณ์ที่ใช้แสดงความหมาย
- 2) คอนเซปต์ คือข้อกำหนดที่มนุษย์กำหนดขึ้น
- 3) คอนเซปต์ เป็นข้อกำหนดที่อาศัยประสบการณ์และปรากฏการณ์ตามธรรมชาติเป็นพื้นฐานรองรับ
- 4) คอนเซปต์ เป็นนามธรรมที่เกิดขึ้นจากการสังมประสบการณ์
- 5) คอนเซปต์ เป็นข้อสรุปหรือการลงความเห็นที่อาศัยประสบการณ์ของมนุษย์มาประกอบกัน
- 6) คอนเซปต์ จะต้องอาศัยความสัมพันธ์หรือเหตุผลของข้อเท็จจริงต่าง ๆ นำมาผสมผสานต่อกัน

- 7) คอนเซ็ป หมายถึง การพรรณนาความคิดของมนุษย์
- 8) คอนเซ็ป หมายถึง การพรรณนาแนวความคิดที่มีระดับความยากง่ายที่แตกต่างกัน
- 9) คอนเซ็ป จะเป็นประโยชน์ต่อการพยากรณ์และการรวบรวมข้อมูลให้เป็นหมวดหมู่

ตัวอย่างที่ 2 คอนเซ็ปของคำว่า "แรง"

แรง หมายถึง "การดึง การผลัก หรือการดัน ที่จะทำให้การเคลื่อนที่ของวัตถุเปลี่ยนแปลง"

เมื่อพิจารณาข้อความที่กำหนดว่า แรง มีความหมายอย่างไรนั้น เราพอจะแยกประเด็นสำคัญ ๆ ได้ดังนี้

- 1) คอนเซ็ป หมายถึง สัญลักษณ์ที่ใช้แสดงความหมาย
- 2) คอนเซ็ป คือข้อกำหนดที่มนุษย์กำหนดขึ้น
- 3) คอนเซ็ป เป็นข้อกำหนดที่อาศัยประสบการณ์และปรากฏการณ์ตามธรรมชาติเป็นพื้นฐานรองรับ
- 4) คอนเซ็ป เป็นนามธรรมที่เกิดขึ้นจากการสังสมประสบการณ์
- 5) คอนเซ็ป เป็นข้อสรุปหรือการลงความเห็นที่อาศัยประสบการณ์ของมนุษย์มาประกอบกัน
- 6) คอนเซ็ป จะต้องอาศัยความสัมพันธ์หรือเหตุผลของข้อเท็จจริงต่าง ๆ นำมาผสมผสานต่อกัน
- 7) คอนเซ็ป หมายถึงการพรรณนาความคิดของมนุษย์
- 8) คอนเซ็ป หมายถึงการพรรณนาแนวความคิดที่มีระดับความยากง่ายที่แตกต่างกัน
- 9) คอนเซ็ป จะเป็นประโยชน์ต่อการพยากรณ์และการแปลความหมาย

ตัวอย่างที่ 3 คอนเซ็ปของคำว่า "อะตอม"

อะตอม หมายถึง "อนุภาคที่เล็กที่สุดของธาตุ และจะประกอบด้วยอิเล็กตรอน โปรตอน นิวตรอน และอนุภาคอื่นๆ "

เมื่อพิจารณาข้อความที่กำหนดว่า อะคมมีความหมายอย่างไรนั้น เราพอจะแยกประเด็นสำคัญ ๆ ได้ดังนี้

- 1) คอนเซป หมายถึงสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงความหมาย
- 2) คอนเซป คือข้อกำหนดที่มนุษย์กำหนดขึ้น
- 3) คอนเซป เป็นข้อกำหนดที่อาศัยประสบการณ์และปรากฏการณ์ตามธรรมชาติเป็นพื้นฐานรองรับ
- 4) คอนเซป เป็นนามธรรมที่เกิดขึ้นจากการสังสมประสบการณ์
- 5) คอนเซป เป็นข้อสรุปหรือการลงความเห็นที่อาศัยประสบการณ์ของมนุษย์มาประกอบกัน
- 6) คอนเซป จะต้องอาศัยความสัมพันธ์หรือเหตุผลของข้อเท็จจริงต่าง ๆ มาผสมผสานต่อกัน
- 7) คอนเซป หมายถึงการพรรณนาความคิดของมนุษย์
- 8) คอนเซป หมายถึงการพรรณนาแนวความคิดที่มีระดับความยากง่ายที่แตกต่างกัน
- 9) คอนเซป จะเป็นประโยชน์ต่อการพยากรณ์และการแปลความหมาย

เมื่อพิจารณาข้อเปรียบเทียบจากตัวอย่างคอนเซปทั้ง 3 ตัวอย่าง เราจะพบว่าแต่ละตัวอย่างมีข้อความเหมือนกันมากพอ แต่ทว่ามีข้อที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และจะมีข้อแตกต่างกันเพียงข้อเดียวระหว่างตัวอย่างที่ 1 กับตัวอย่างที่ 2 ในประเด็นที่ว่า

คอนเซป "แมลง" จะเน้นในเรื่องการแบ่ง การจำแนกแจกแจงข้อเท็จจริง

คอนเซป "แรง" จะเน้นในความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงในลักษณะที่ว่า

ถ้าข้อเท็จจริง ก. เป็นอย่างนี้...แล้วข้อเท็จจริง ข. จะต้องเป็นอย่างนั้น ...

ส่วนตัวอย่างที่ 3 จะมีความแตกต่างไปจากตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 2 ในลักษณะเด่น 2 ประการคือ

คอนเซป "แมลง" และคอนเซป "แรง" จะมีคุณลักษณะดังนี้

- 1) เป็นนามธรรมที่ได้จากการสังสมประสบการณ์โดยตรง

2) เป็นการพรรณนาที่เกิดจากประสบการณ์ของมนุษย์ ส่วนคอนเซป "อะตอม" นั้นจะมีคุณลักษณะดังนี้

- 1) เป็นนามธรรมที่เกิดจากความคิดของมนุษย์โดยตรง
- 2) เป็นการอธิบายที่ได้จากประสบการณ์ของมนุษย์

จากการวิเคราะห์คอนเซปต์ที่ได้นำมาเป็นตัวอย่างนั้น เราอาจจะทดลองศึกษา และพิจารณาทบทวนคอนเซปต์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- 1) สสารย่อมมีมวลและต้องการที่อยู่
 - 2) สัตว์ประเภทที่มีกระดูกสันหลังย่อมมีโครงกระดูกและกระดูกสันหลังเป็นองค์ประกอบภายใน
 - 3) ระบบการย่อยอาหารประกอบด้วยกลุ่มอวัยวะที่มีหน้าที่ร่วมกันในการเตรียมอาหารเพื่อให้ร่างกายดูดซึม
 - 4) พืชจำพวก spermatophyte ย่อมมีเมล็ด
 - 5) พลังงานย่อมทำให้สสารเปลี่ยนแปลง
 - 6) โครงสร้างของระบบย่อยอาหารในสัตว์ย่อมแตกต่างกัน
 - 7) การย่อยอาหารเป็นขบวนการที่เปลี่ยนแปลงสารอาหารจากพวกที่ไม่สามารถละลายได้ให้กลายเป็นอาหารที่ละลายได้เพื่อสะดวกต่อการดูดซึม
 - 8) กระแสไฟฟ้าในวงจรย่อมเปลี่ยนแปลงไปตามค่าความต้านทานของตัวนำในขณะที่แรงดันไฟฟ้ามีค่าคงที่
 - 9) สสารย่อมประกอบด้วยอนุภาคที่เรียกว่าอะตอม
 - 10) โครงสร้างและนิสัยของสัตว์จะเกิดจากการปรับตัวที่เนื่องมาจากผลของการวิวัฒนาการ
 - 11) ในขบวนการย่อยอาหาร โครงสร้างของโมเลกุลของธาตุต่าง ๆ ย่อมเปลี่ยนไป
 - 12) แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า
- จากคอนเซปต์ที่นำเสนอ เราจะพบว่า คอนเซปต์ หมายเลข 1-4 มีลักษณะเหมือนคอนเซปต์ในตัวอย่างที่ 1 ซึ่งมีคุณลักษณะ

ที่พอจะเรียกได้ว่าเป็นคอนเซ็ปแบบจำแนกประเภท (classification)

คอนเซ็ป หมายเลข 5-8 มีลักษณะเหมือนคอนเซ็ปในตัวอย่างที่ 2 และอาจจะเรียกได้ว่าเป็นคอนเซ็ปแบบสหสัมพันธ์ (correlation)

คอนเซ็ป หมายเลข 9-12 มีลักษณะเหมือนคอนเซ็ปในตัวอย่างที่ 3 และอาจจะเรียกได้ว่าเป็นคอนเซ็ปแบบทฤษฎี (theoretical) ซึ่งเป็นคอนเซ็ปที่มีรากฐานนอกเหนือไปจากการใช้ประสาทสัมผัสและข้อเท็จจริง แต่ทว่าสอดคล้องกับการหาเหตุผลมารับรอง

มีข้อนำสังเกตซึ่งผู้เขียนขอเสนอแนะว่าความคิดรวบยอดหรือคอนเซ็ปหรือโมทัศน์แบบต่าง ๆ ย่อมจะมีความคล้ายคลึงกันในลักษณะที่ว่า ต่างก็เป็นสิ่งที่สร้างสรรค์ขึ้นโดยอาศัยประสบการณ์ (experience) และความคิด (idea) ของมนุษย์ทั้งสิ้น

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้นที่ว่า คอนเซ็ปนั้นสามารถนำไปใช้กับสาขาวิชาต่างๆ จึงทำให้ยากต่อการที่จะหาคำจำกัดความหรือความหมายได้อย่างรัดกุม เพราะคอนเซ็ปเป็นเรื่องของแนวความคิดของเอกัตบุคคลที่มีประสบการณ์แตกต่างกันอย่างไรก็ตามได้มีผู้พยายามที่จะให้ความหมายหรือคำจำกัดความดังที่ผู้แต่งจะนำมาเสนอแนะเพื่อให้นักศึกษาและนักเรียนตลอดจนผู้สนใจได้พิจารณาดังต่อไปนี้

Kranzer กล่าวว่า คอนเซ็ป คือ "ความคิดอย่างหนึ่งซึ่งจิตได้สร้างภาพที่เกี่ยวกับการกระทำหรือวัตถุ โดยอาศัยการสรุปความเห็นจากข้อมูลต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์ต่อกันและเป็นความเข้าใจที่บังเกิดขึ้นในปัจจุบัน โดยอาศัยประสบการณ์ในอดีตเป็นองค์ประกอบซึ่งจะสามารถถ่ายทอดออกมาในลักษณะของการให้ถ้อยคำหรือสัญลักษณ์อื่น ๆ" (Kranzer, 1963 : 181)

Einstein และ Leopold กล่าวว่า "คอนเซ็ปทางกายภาพ คือ การสร้างสรรค์แบบอิสระของจิตใฝ่มนุษย์ และมีใช้เป็นเอกลักษณ์ที่กำหนดโดยโลกภายนอก แม้ว่าจะมีลักษณะเป็นเช่นนั้นก็ตาม" (Einstein and Leopold, 1938 : 33)

Karplus และ Thier กล่าวว่า คอนเซ็ป คือ "ความคิดที่เกิดขึ้นใหม่ที่ช่วยให้ประสบการณ์มีความหมายยิ่งขึ้น" (Karplus and Thier, 1967 : 40)

Platt แถลงว่า คอนเซ็ป หมายถึง "ความคิดที่เราแสดงถึงสิ่งใดสิ่งหนึ่ง" นั่นเอง (Platt, 1963 : 21)

Viaud กล่าวว่า คอนเซ็ป คือ "ประสบการณ์ที่ได้ผ่านการกลั่นกรองมาแล้ว" (Viaud, 1962 : 75-76)

Bronowski และ Bellugi กล่าวถึงความหมายคอนเซ็ปไว้ว่า คอนเซ็ปคือ "สิ่งที่มนุษย์ได้สะกัด กลั่นกรอง โดยอาศัยการพิสูจน์หรือตรวจสอบจากสิ่งที่ได้ปรากฏขึ้น" (Bronowski and Bellugi, 1970 : 673)

← Hurd ได้สรุปความหมายของคอนเซ็ปไว้ดังนี้ คอนเซ็ป หมายถึง "ผลผลิตของการจินตนาการ การหยั่งรู้ โดยอาศัยการสังเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลของเอ็กต์อบุคคล"

Hurd ยังกล่าวต่อไปอีกว่า ถ้ามีคอนเซ็ปหลาย ๆ คอนเซ็ปที่มีความเกี่ยวพันในเนื้อหาสาระหรือเรื่องราวเกี่ยวกับคอนเซ็ปเหล่านั้น อาจจะเรียกว่า "กลุ่มคอนเซ็ป" (conceptual scheme) ซึ่งมีความหมายมากกว่าการนำคอนเซ็ปมารวมกันเฉย ๆ เท่านั้น แต่จะต้องมีระบบในการจัดการและมีความหมายมากกว่า ลึกซึ้งกว่าคอนเซ็ปที่เป็นองค์ประกอบ แต่ละคอนเซ็ปอีกด้วย (Hurd, 1971 : 56-58)

California State Department of Education ได้สรุปกลุ่มความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ออกไว้เป็น 7 ประการที่สำคัญดังนี้คือ

ประการที่ 1. ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่บังเกิดขึ้นนั้นย่อมจะอุบัติขึ้นตามแนวทางที่สามารถพยากรณ์และทำความเข้าใจได้โดยอาศัยเหตุผลเป็นหลักสำคัญ นอกจากนั้นยังถือว่า กฎธรรมชาติย่อมเป็น "สากล" ที่จะปรากฏขึ้นตามโอกาสและสถานที่

ประการที่ 2. หลักเกณฑ์การอ้างอิงถึงขนาด (magnitude) ตำแหน่ง (position) กาลเวลา (time) และการเคลื่อนที่ (motion) ในอวกาศ (space) จะเป็นปริมาณสัมพันธ์ (ไม่ใช่ปริมาณที่แน่นอนแบบสมบูรณ์)

ประการที่ 3. สสารจะประกอบด้วยอนุภาคชั้นมูลฐานต่าง ๆ ซึ่งจะมีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา

ประการที่ 4. พลังงาน (energy) ที่ปรากฏอยู่ในรูปแบบ (form) ต่าง ๆ กันนั้นจะสามารถเปลี่ยนแปลงรูปต่อกันได้

ประการที่ 5. มีข้อประจักษ์พยานที่แน่ชัดว่าสสาร และพลังงานนั้นจะมีสภาพเหมือนกัน

ประการที่ 6. การจัดระบบในการจำแนกแจกแจง (classification system) เพื่อค้นหาระเบียบแบบแผน (order) และความเป็นเอกลักษณะ (unity) ของสิ่งต่าง ๆ นั้นจะช่วยให้นักวิทยาศาสตร์สามารถอธิบายปรากฏการณ์ตามธรรมชาติได้

ประการที่ 7. สสารทั้งหลายย่อมมีการปะทะสัมพันธ์ต่อกัน

2.6.2 ประเภทของความถี่รวบยอด

ดังที่ได้เสนอมานี้แล้วว่า ความถี่รวบยอดเป็นแนวความคิด การจินตนาการ และการหยั่งรู้ของปัจเจกชน ย่อมทำให้ความคิดเห็นแตกต่างกันออกไปตามสาขาวิชา และระหว่างเอกัตตบุคคล การจัดประเภทของความถี่รวบยอดหรือคอนเซ็ปต์ย่อมกระทำได้โดยกว้างขวางดังที่ได้มีผู้พยายามจัดไว้ดังนี้

Martorella กล่าวว่า การศึกษาวิทยาศาสตร์นั้นเป็นความพยายามของมนุษยชาติที่จะพยายามรวบรวมการจัดระบบและประเมินคุณค่าของความรู้ทั้งหลายในธรรมชาติ ฉะนั้นจึงแบ่งคอนเซ็ปต์ออกเป็น 2 ประเภทคือ

ประการที่ 1. คอนเซ็ปต์ในเชิงขบวนการ (process concept) ได้แก่การใช้วิธีการและเทคนิคต่าง ๆ ที่จะรวบรวมการจัดระบบและประเมินคุณค่าของความรู้ ทั้งอาจจะต้องอาศัยข้อมูลการจัดกิจกรรม การสืบสาวเพื่อหาข้อเท็จจริงประกอบด้วย

ประการที่ 2. คอนเซ็ปต์ในเชิงผลผลิต (product concept) ได้แก่การนำเอาความรู้ที่รวบรวมไว้ขึ้นไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป (Martorella, 1972 : 160-163)

Pella ได้แยกระบบของความถี่รวบยอดออกเป็น 3 ประเภทคือ

ประการที่ 1. ระบบความถี่รวบยอดที่เกี่ยวกับการจำแนกแยกประเภท (classificating concepts) จะทำหน้าที่อำนวยความสะดวกในการพรรณนาปรากฏการณ์ต่างๆ ตามธรรมชาติ หรือการนำข้อสังเกตต่าง ๆ มาจัดระบบเสียใหม่ เช่น ความถี่รวบยอดของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม สิ่งที่มีชีวิต แมลง เป็นต้น

ประการที่ 2. ระบบความถี่รวบยอดที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ (correlational or relational concepts) จะทำหน้าที่ช่วยพยากรณ์หรือหารูปแบบเพื่ออธิบายว่า เพราะเหตุใดจึงปรากฏการณ์เช่นนั้นในขณะที่เดียวกันก็พยายามศึกษาว่าปรากฏการณ์และสิ่งต่างๆเหล่านั้นมีความคล้ายกันและแตกต่างกันอย่างไรอีกด้วย เช่น ความถี่รวบยอดของแรงการระเหย

การกลั่นตัว ความเร็ว และความเร่ง เป็นต้น

ประการที่ 3. ระบบความคิดรวบยอดในเชิงทฤษฎี (theoretical concepts) เป็นขบวนการเพื่อรวบรวมข้อเท็จจริงและกลุ่มคอนเซป เพื่อสร้างทฤษฎีในเชิงอรรถ กดจักร และคณิตศาสตร์ ระบบความคิดรวบยอดในเชิงทฤษฎีจะมีลักษณะเป็นนามธรรม(abstract) เพราะมิได้ปรุงแต่งมาจากข้อเท็จจริงที่ได้มาจากการสังเกตโดยตรง และทำให้ผู้เรียนเข้าใจได้ยากมากกว่าอีก 2 ระบบดังที่ได้กล่าวมา ยกตัวอย่าง เช่น ระบบความคิดรวบยอดที่เกี่ยวกับ อะตอม อีออน อิเลคตรอน และการวิวัฒนาการ เป็นต้น (Pella, 1966 : 31-34)

ความคิดรวบยอดขั้นพื้นฐาน

ผู้อ่านคงจะพอเข้าใจในเรื่องราวของความเป็นมาของความคิดรวบยอดมาพอสมควรแล้วว่า ความคิดรวบยอดนั้นคือความคิดสำคัญ หรือข้อสรุปของความคิดที่เราได้รับรู้จากสิ่งแวดล้อมในชีวิตของมนุษย์ ความคิดรวบยอดบางชนิดจะช่วยเสริมสร้างคุณค่าของประสบการณ์ให้มีความหมายต่อชีวิตอย่างมากมาย แต่ก็มีความคิดรวบยอดบางรูปแบบที่อาจจะแอบซ่อนอยู่ภายในที่ยังไม่สามารถจะนำมาปรุงแต่งให้มีคุณค่าก็ได้ อย่างไรก็ตามผู้แต่งเชื่อมั่นว่ามนุษย์เราทุกคนย่อมเผชิญต่อปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่จะนำมาเสริมสร้างความคิดรวบยอดหรือคอนเซปได้เป็นจำนวนมาก ซึ่งจะขอแบ่งเป็นความคิดรวบยอดขั้นพื้นฐานออกเป็น 6 ประเภทเพื่ออำนวยความสะดวกต่อการเรียนการสอนดังนี้

- ประเภทที่ 1. ความคิดรวบยอดที่เกี่ยวข้องกับกาล-เวลา
- ประเภทที่ 2. ความคิดรวบยอดที่เกี่ยวข้องกับอวกาศ
- ประเภทที่ 3. ความคิดรวบยอดที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน
- ประเภทที่ 4. ความคิดรวบยอดที่เกี่ยวข้องกับการปรับตัว
- ประเภทที่ 5. ความคิดรวบยอดที่เกี่ยวข้องกับการแปรผัน
- ประเภทที่ 6. ความคิดรวบยอดที่เกี่ยวกับสหสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ



ภาพที่ 2.8 : องค์ประกอบของความคิดรวบยอดชั้นพื้นฐาน หรือคอนเซป)

คุณสมบัติของความคิดรวบยอด

Pella ได้สรุปคุณลักษณะของความคิดรวบยอดในเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

- 1.) คอนเซป เป็นแนวความคิดของเอกัตบุคคลหรือกลุ่มชน โดยอาศัยสัญลักษณ์เป็นรูปแบบเฉพาะตน
- 2.) คอนเซปของปรากฏการณ์หรือวัตถุใด ๆ ก็ตาม ย่อมจะปรากฏขึ้นในลักษณะต่อเนื่องที่เริ่มจากรูปแบบง่ายก่อนแล้วจึงเพิ่มความสลับซับซ้อนเป็นลำดับ
- 3.) คอนเซปจะเกิดขึ้นโดยอาศัยประสบการณ์ที่ผสมผสานระหว่างวัตถุ ปรากฏการณ์

ข้อเท็จจริงต่าง ๆ จนสามารถสรุปเป็นการลงความเห็นได้

4.) คอนเซปต์ เป็นผลการรวมความคิดในเชิงนามธรรมที่สังสมขึ้นมาจากประสบการณ์ต่าง ๆ

5.) คอนเซปต์ หมายถึง ขบวนการที่เอากัตบุคคลนำข้อเท็จจริงต่าง ๆ มาหาความสัมพันธ์ต่อกัน จนสามารถทำความเข้าใจหรือหยั่งรู้ได้

6.) คอนเซปต์บางชนิดไม่จำเป็นจะต้องเกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมทางกายภาพก็ได้

7.) คอนเซปต์บางชนิดอาจจะไม่ปรากฏในธรรมชาติหรือเป็นความจริงก็ได้

8.) คอนเซปต์ ไม่จำเป็นจะต้องถูกต้องหรือผิดเสมอไป แต่อาจจะมี ความหมายที่เพียงพอหรือไม่เพียงพอก็ย่อมได้

9.) คอนเซปต์ ย่อมมีความสัมพันธ์ต่อสิ่งต่าง ๆ 5 อย่าง คือ มนุษย์ สิ่งของหรือวัตถุ คอนเซปต์ด้วยกันเอง กลุ่มคอนเซปต์และขบวนการสร้างคอนเซปต์

10.) คอนเซปต์จะมีประโยชน์ต่อพยากรณ์และการทำความเข้าใจต่อสิ่งต่าง ๆ

11.) คอนเซปต์ของแต่ละบุคคลย่อมบังเกิดจากประสบการณ์ที่ตนได้รับ

12.) คอนเซปต์ของแต่ละบุคคลย่อมสังสมขึ้นโดยเวลาและวัฒนธรรม หากสิ่งเหล่านี้เปลี่ยนแปลง ย่อมทำให้คอนเซปต์เปลี่ยนไปด้วย

13.) เราอาจจะใช้วิธีการที่สร้างคอนเซปต์ ขึ้นมาเป็นเครื่องมือศึกษาสภาพ หรือธรรมชาติของคอนเซปต์เหล่านั้น

14.) คอนเซปต์และกลุ่มคอนเซปต์ย่อมไม่มีความสมบูรณ์ในตัวของมันเอง จึงต้องมีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลง โดยอาศัยข้อมูล ประสบการณ์และความรู้ใหม่ ๆ มาช่วยปรุงแต่ง อยู่เสมอ (Pella, 1966 : 31-34)

2.6.3 คุณประโยชน์ของความคิดรวบยอด

แม้ว่าความคิดรวบยอดในวิชาวิทยาศาสตร์จะมีความยาก และมีความสลับซับซ้อนอย่างไรก็ตาม ภารกิจที่สำคัญของครูย่อมจะหลีกเลี่ยงต่อการสั่งสอน ผิดอบรมให้เด็กเกิดความเข้าใจและรู้จักวิธีการสร้างสรรค์ความคิดรวบยอดนั้นหาได้ไม่ . นอกจากนั้นมีผลการศึกษาและวิจัยพบว่าขบวนการสร้างสรรค์ในเรื่องความคิดรวบยอดนั้น จะมีผลดีคือการพัฒนาหลักสูตร

ตลอดจนค้นหาสาระของการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้อย่างมากมายผู้แต่ขอสรุปข้อดีและมีประโยชน์ของคอนเซปไว้ดังนี้

2.6.3.1 คอนเซป จะทำหน้าที่เสมือน "ตัวกระตุ้น" ที่จะทำให้บังเกิดการค้นคว้าแบบต่อเนื่อง เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ ตลอดจนข้อสรุป (generalization) ต่าง ๆ

2.6.3.2 คอนเซป จะช่วยเสริมสร้างความเข้าใจว่าข้อเท็จจริง ทฤษฎี เหตุการณ์ และประสบการณ์ของเอกัตบุคคลมีความสัมพันธ์ต่อกันอย่างไรบ้าง

2.6.3.3 คอนเซป จะเอื้ออำนวยต่อการเสาะหาแนวทางและวิธีการใหม่ ๆ ที่จะบังเกิดผลดีต่อสังคมในอนาคต

2.6.3.4 คอนเซปจะช่วยให้ขบวนการเรียนการสอนในเชิงปฏิบัติการ (operation) มีผลดีกว่าการสอนแบบธรรมดา

2.6.3.5 คอนเซป จะช่วยให้นักเรียนรู้จักการจำแนกแยกประเภท การหาความสัมพันธ์ตลอดจนการคิดในเชิงนามธรรมได้ดียิ่งขึ้น

2.6.3.6 คอนเซป จะช่วยเน้นให้เด็กมีเจตคติที่ดีและบังเกิดความซาบซึ้งในคุณค่าของวิชาวิทยาศาสตร์ยิ่งขึ้น (มังกร ทองสุขดี, 2522 : 9-10)

อนึ่งผู้แต่งมีความคิดเห็นว่า ในการปลูกฝังให้เด็กรู้จักการสร้างสรรค์คอนเซป หรือความคิดรวบยอดด้วยตนเองอาจจะกระทำได้หลายวิธี ครูผู้สอนไม่ควรจะกำหนดรูปแบบเฉพาะ เพราะจะเป็นการจำกัดแนวความคิดของเด็ก ควรจะเปิดโอกาสหรือชี้ช่องทางหรือกระตุ้นให้เด็กได้สร้างความคิดรวบยอดของตนเองอยู่ตลอดเวลาเช่น แนะนำให้เด็กรู้จักการสังเกต การวิเคราะห์ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การฝึกฝน การอนุมาน การอุปมา การแก้ปัญห การใช้ขบวนการสืบสวนสอบสวน การทัศนศึกษาและการทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาปรุงแต่งคอนเซปหรือมโนทัศน์ให้มีความหมายและคุณค่ายิ่งขึ้น

2.7 ขบวนการสืบสวนสอบสวน (inquiry process)

ในตอนแรก ๆ นักศึกษาจะได้พบว่า วิชาวิทยาศาสตร์นั้นมีความหมายกว้างขวาง และมีนักปราชญ์เป็นจำนวนมากที่ได้พยายามเสาะหาวิธีการต่าง ๆ เพื่อทำความเข้าใจให้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น Ritchie ได้กล่าวไว้ว่าวิทยาศาสตร์นั้นมีคุณลักษณะที่เป็นขบวนการมากกว่าที่จะแสดง

ผลผลิต เพราะวิชาวิทยาศาสตร์จะทำการสำรวจตรวจสอบสิ่งแวดล้อมอยู่ตลอดเวลา (Ritchie, 1960 : 14) การสำรวจตรวจสอบนั้นจะกระทำอย่างมีระบบ ตัวอย่างที่พอจะมองเห็นชัดได้แก่ ขบวนการสังเกตที่มีขอบเขต และ เป้าหมายที่แน่นอน และ ถือว่าเป็นกิจกรรมเบื้องต้นของการทดลองที่จะต้องกระทำอย่างจริงจังในห้องปฏิบัติการ ด้วยเหตุนี้ที่กล่าวมานี้เองจึงเป็นแรงผลักดันที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวต่อการพัฒนาหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ที่ได้มีการเน้นในเรื่อง "การสืบสวนสอบสวน" (inquiry) เพราะถือว่าการสืบสวนสอบสวนนั้นเป็นวัตถุประสงค์ที่สำคัญยิ่งต่อขบวนการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ Anderson และ Koutnik ได้ยืนยันว่ามีนักการศึกษาวิทยาศาสตร์และสมาคมทางการศึกษาวิทยาศาสตร์ยอมรับว่า "วิชาวิทยาศาสตร์จะมีวิธีการดำเนินการกิจต่าง ๆ เช่นเดียวกับการสืบสวนสอบสวนและการสืบสาวหาความจริง" (Anderson and Kautnik, 1972 : 3) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง The Biological Science Curriculum Study (BSCS) แห่งสหรัฐอเมริกาถือว่าการสืบสวนสอบสวนเป็นคอนเซ็ปต์สำคัญที่สุด และเป็นหนึ่งในสิบวิธีที่นำมาใช้พัฒนาหลักสูตรของการศึกษา วิทยาศาสตร์ในเชิงชีวภาพ

2.7.1 ความหมายของขบวนการสืบสวนสอบสวน

Moore ได้ให้คำจำกัดความของขบวนการสืบสวนสอบสวนว่า หมายถึง "ชุดหรือกลุ่มกิจกรรมที่มุ่งแก้ปัญหาต่างๆ ที่มีความเกี่ยวพันต่อกัน และปัญหาคงกล่าวนั้นจะเป็นปัญหาที่เด็กหรือนักศึกษาต้องการแก้ไขให้บังเกิดผลเพื่อที่จะได้เพิ่มพูนความเข้าใจและสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อีกด้วย" (Moore, 1963 : 9)

เมื่อวิเคราะห์ความหมายของขบวนการสืบสวนสอบสวนที่ Moore ได้กำหนดไว้ นั้น นักเรียน นักศึกษา ตลอดจนผู้สนใจจะลงความเห็นที่สอดคล้องกับผู้แต่งว่า ขบวนการสืบสวนสอบสวนนั้นจะต้องประกอบด้วยปัจจัยที่สำคัญ ๆ ดังนี้

- 1.) กิจกรรม (activity) ต่าง ๆ ที่รวมกันเป็นชุดหรือเป็นระบบกลุ่ม จะมีความสัมพันธ์ต่อกัน
- 2.) กลุ่มหรือชุดกิจกรรมต่าง ๆ เหล่านี้จะต้องมีระบบหรือระเบียบที่สามารถดำเนินการได้
- 3.) กลุ่มกิจกรรมเหล่านี้จะต้องมีทิศทางหรือแนวทาง หรือ จุดหมายที่แน่นอน

4.) ผลของกิจกรรมเหล่านั้นจะต้องช่วยให้ผู้ดำเนินการเกี่ยวกับการสืบสวนสอบสวนสามารถเพิ่มพูนความเข้าใจและยังนำไปใช้ให้บังเกิดประโยชน์อีกด้วย

ด้วยเหตุผลดังที่ได้อธิบายมาเราจะเห็นว่า ขบวนการสืบสวนสอบสวนมีธรรมชาติหรือคุณลักษณะที่ค่อนข้างจะสลับซับซ้อนเป็นขบวนการที่จะต้องอาศัยทักษะ ความเข้าใจ และเจตคติที่จะต้องนำไปผสมผสานในเชิงประจักษ์สัมพันธ์กับความรู้ สถิติปัญหา ตลอดจนเหตุผลที่สำคัญนานาประการ นอกจากนี้กิจกรรมต่าง ๆ ของขบวนการสืบสวนสอบสวนอาจจะมีขอบเขต กระบวนการที่แตกต่างกันระหว่างเอ็กตานุคูลและปัญหาที่ต้องการจะหาข้อยุติอีกด้วย

ผู้แต่งมีความเชื่อมั่นว่า การสืบสวนสอบสวนมีกรรมวิธีที่คล้ายคลึงกัน การสืบสวนหาข้อเท็จจริงนั้น นับเป็นวิธีการของแต่ละบุคคลที่จะพยายามหาข้อมูลที่มีคุณค่ามากที่สุด ซึ่งจะช่วยให้ทำความเข้าใจหรืออธิบายบางสิ่งบางอย่างได้กระจ่างชัดมากกว่าเดิม

2.7.2 องค์ประกอบของขบวนการสืบสวนสอบสวน

ในการพัฒนาหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์นั้น เป้าหมายที่สำคัญของขบวนการเรียนการสอนคือ ความต้องการที่จะให้เด็กได้เพิ่มพูนพลังของการหาเหตุผล โดยการเปิดโอกาสให้เด็กรู้จักการวิเคราะห์ปัญหา สร้างจินตนาการเพื่อการทดลอง การจัดระบบผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น รู้จักการสังเคราะห์ การตั้งสมมุติฐาน ตลอดจนทำการประเมินผลเหล่านั้นว่ามีคุณค่าและควรจะดำเนินการอย่างไรต่อไปในอนาคตอีกด้วย ประเด็นสำคัญอยู่ที่ว่า ครูผู้สอนจะดำเนินการอย่างไรจึงจะช่วยให้เด็กนักเรียนเป็นผู้ที่มีความสามารถในการสืบสวนสอบสวน และสืบสวนหาข้อเท็จจริงได้อย่างจริงจัง ผู้แต่งขอเสนอแนะว่า องค์ประกอบที่สำคัญของขบวนการสืบสวนสอบสวนนั้นได้แก่

1. การสำรวจตรวจสอบ (exploration)
2. การประดิษฐ์คิดค้น (invention)
3. การค้นพบสิ่งใหม่ (discovery)
4. การสอน (teaching)

ผู้แต่งมีความคิดเห็นว่า วิธีการของขบวนการสืบสวนสอบสวนนั้นขึ้นอยู่กับคำแนะนำสั่งสอนให้เด็กหาข้อมูลต่าง ๆ มาสร้างหรือประดิษฐ์สิ่งใหม่ ๆ ให้เกิดคุณค่าขึ้นมานั่นเอง

2.7.3 รูปแบบของขบวนการสืบสวนสอบสวน

รูปแบบของขบวนการสืบสวนสอบสวนที่ผู้แต่งต้องการจะเน้นในบทนี้นั้นจะเป็นรูปแบบที่จะนำมาใช้ในขบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยมุ่งหวังในคุณประโยชน์ที่พึงเกิดแก่ผู้เรียนเป็นประเด็นสำคัญ และจะต้องทำการทบทวน หรือวิเคราะห์คุณประโยชน์ หรือเป้าหมายดังกล่าวเสียก่อน แล้วจึงทำการพิจารณาหารูปแบบ ที่คาดว่าจะช่วยให้การเรียนการสอนบรรลุเป้าหมายได้

เมื่อพิจารณาถึงเป้าหมายหรือคุณประโยชน์ของขบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้นอาจจะสรุปโดยกว้าง ๆ ได้ดังนี้

1. เพื่อช่วยให้เด็กมีพัฒนาการต่อการเพิ่มพูนพลังในการหาเหตุผล
2. เพื่อช่วยให้เด็กมีความสามารถและเชื่อมั่นในการสืบสวนสอบสวนเพื่อหาความรู้
3. เพื่อช่วยให้เด็กมีความเข้าใจต่อการเปลี่ยนแปลงในธรรมชาติ ในลักษณะของสสาร สิ่งมีชีวิต พลังงาน ตลอดจนการปะทะสัมพันธ์ของสิ่งแวดล้อมเหล่านั้น
4. เพื่อต้องการสอนให้เด็กเข้าใจในเนื้อหาและสิ่งต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับเรื่องราวของวิชาวิทยาศาสตร์

ผู้แต่งขอเสนอรูปแบบการสอนแบบสืบสวนสอบสวน ซึ่งประกอบด้วยทักษะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

การสอนแบบสืบสวนสอบสวน เป็นการสอนที่ประกอบไปด้วยทักษะดังต่อไปนี้คือ

1.) การสังเกต (observing) ถือว่าเป็นกิจกรรมขั้นพื้นฐานของนักวิทยาศาสตร์ ที่จะต้องรู้จักใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 ประการ คือ

- (1.1) จักษุสัมผัส คือการใช้สายตาดูสิ่งต่าง ๆ
- (1.2) โสตสัมผัส คือการใช้หูสำเหนียก
- (1.3) ชิวหาสัมผัส คือการใช้ลิ้นชิมรส
- (1.4) ฆานสัมผัส คือการใช้จมูกดมกลิ่น
- (1.5) กายสัมผัส คือการใช้ผิวหนังและส่วนอื่น ๆ ของร่างกายสัมผัส

การสังเกตโดยอาศัยประสาทสัมผัสนี้จะต้องกระทำด้วยความพิถีพิถระหรืออย่างละเอียดและถาวรถืออย่างดีที่สุด เพราะถือว่าข้อมูลที่ได้อาจมาจากการสังเกตนั้น จะช่วยทำให้

ผู้ทำการสังเกตได้รับข้อมูลแห่งความรู้เป็นเบื้องต้น ยิ่งผู้ทำการสังเกตมีความชำนาญหรือมีประสบการณ์มากขึ้น ย่อมจะทำให้ผลที่ได้จากการสังเกตและรายละเอียดต่าง ๆ มีคุณค่าเพิ่มขึ้นด้วย (อนึ่งครูผู้สอนจะต้องเข้าใจและอธิบายให้นักเรียนทราบด้วยว่า การแสดงความคิดเห็น การแปลความหรือการตีความหมายและการเลียงเพื่อหวังผลใด ๆ มิใช่เป็นส่วนประกอบหรือองค์ประกอบของการสังเกต)

2.) การพรรณนา (describing) หมายถึงการบอกกล่าวซึ่งอาจจะกระทำได้ทั้งโดยการเขียนและ/หรือการพูดเพื่อให้ผู้ฟังนึกเห็นในสิ่งต่างๆ ที่ผู้พรรณนาได้ประสบพบเห็นมา ยิ่งนักเรียนคนใดมีความสามารถในการพรรณนาให้ผู้อื่นได้นึกเห็นในวัตถุและเหตุการณ์ที่ตนได้พบเห็นมาได้ชัดเจนแจ่มแจ้งมากเท่าใด ย่อมนับได้ว่านักเรียนผู้นั้นมีทักษะการพรรณนามากขึ้นเท่านั้น

3.) การแสดงหลักฐาน (identifying) หมายถึงการสร้างควมยอมรับนับถือให้ผู้อื่นยอมรับว่า วัตถุหรือสิ่งใดสิ่งหนึ่งมีคุณสมบัติเหมือนกันและย่อมจะมีคุณลักษณะที่ผิดแผกแตกต่างไปจากวัตถุอื่นๆ ด้วย การสร้างควมยอมรับนับถือนั้นอาจจะกระทำได้โดยการพิสูจน์หรือการแสดงหลักฐานต่างๆ เช่น ชื่อเสียง หลักฐาน รูปพรรณ และประโยชน์ที่จะพึงเกิดจากวัตถุนั้นดังนี้ เป็นต้น

4.) การเปรียบเทียบ (comparing) คือวิธีการสำรวจตรวจสอบดูว่าวัตถุ หรือเหตุการณ์ใด ๆ ตั้งแต่ 2 อย่างขึ้นไป มีความเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไรบ้าง

5.) การมีความสัมพันธ์ต่อกัน (associating) หมายถึงการตรวจดูว่า วัตถุหรือสิ่งต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันอย่างไรบ้าง ซึ่งอาจจะตรวจดูว่าสิ่งเหล่านั้นมีคุณสมบัติเหมือนกันหรือไม่ หรืออาจจะหมายถึงการรวบรวมข้อมูลเพื่อวัตถุประสงค์บางประการก็ได้

6.) การลงความเห็น (inferring) หรือการแสดงข้อวินิจฉัย หมายถึงการตั้งข้อสันนิษฐาน ตั้งข้อสมมุติ โดยอาศัยข้อมูลหรือสิ่งอ้างอิงต่าง ๆ เพื่อให้ทราบถึงเหตุและผลหรือเพื่อตอบปัญหา

7.) การนำไปใช้ (applying) คือขบวนการหรือวิธีการที่ผู้ใช้นำสิ่งที่ตนได้เรียนรู้แล้ว หรือทักษะที่ตนได้ฝึกฝนมาดีแล้ว ไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้นกว่าที่ตนเคยเรียนมาแล้ว เช่น นักเรียนทราบว่ายางวงนั้นใช้สำหรับรัดสิ่งของต่าง ๆ แต่นักเรียนยังสามารถนำไปใช้ทำ

เครื่องชั่ง หรือช่วยทำให้ใบพัดเรือบินหมุนได้อีก เช่นนี้เป็นต้น

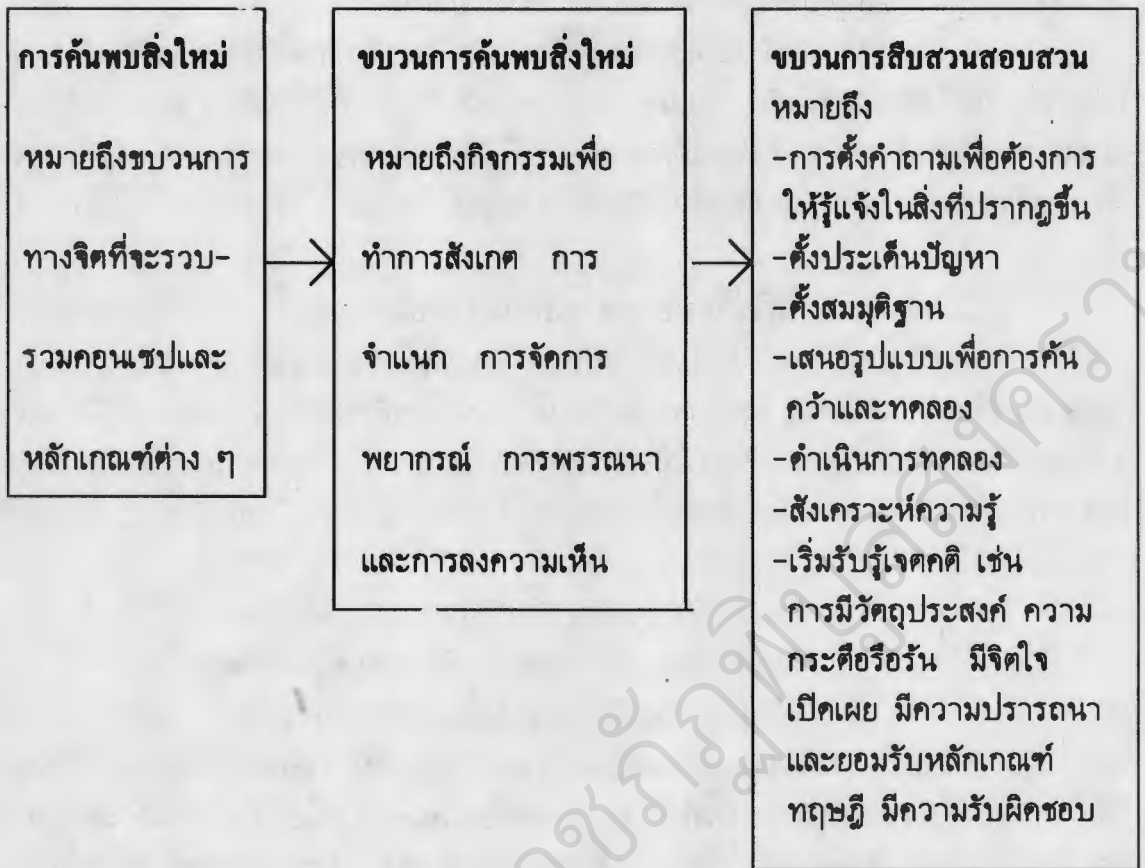
8.) การพยากรณ์ (prediction) หมายถึง การฝึกทักษะในการนำข้อมูลไปคาดคะเนว่าจะมีสิ่งใดบังเกิดขึ้นได้บ้างในเฉพาะสถานการณ์หนึ่ง ๆ ทั้งนี้จะต้องอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน เช่น เด็กจะพยากรณ์ได้ว่า ถ้าหากอากาศร้อนอบอ้าวแล้วอาจจะ มีพายุหรือฝนตกและฟ้าคะนองเกิดขึ้น (มังกร ทองสุขดี, 2522 : 58-62)

2.7.4 การนำไปใช้ในขบวนการเรียนการสอน

นักเรียน นักศึกษา ตลอดจนผู้สนใจคงจะพอทราบถึงความเป็นมา ตลอดจนหลักการสำคัญของขบวนการสืบสวนสอบสวนแล้ว และได้มีนักการศึกษาเป็นจำนวนมากได้มองเห็นความสำคัญ ตลอดจนคุณประโยชน์ที่จะนำไปพัฒนาในขบวนการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Jerome Bruner นักการศึกษา-จิตวิทยา แห่งมหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ดกล่าวว่า

" ข้าพเจ้ายังไม่เคยพบว่าจะมีผู้ใดสามารถหาวิธีการพัฒนาศิลปะและเทคนิคของขบวนการสืบสวนสอบสวน ได้ดีกว่าการลงมือทำการสืบสวนสอบสวนจริง ๆ "

Sund และ Trowbridge (Sund and Trowbridge, 1973 : 61-78) เป็นนักการศึกษา วิทยาศาสตร์ที่ได้พยายามหาช่องทางเพื่อนำขบวนการสืบสวนสอบสวนไปใช้ในการเรียนการสอน วิชาวิทยาศาสตร์ โดยกล่าวว่า ขบวนการสืบสวนสอบสวนนั้น คือขบวนการค้นพบสิ่งใหม่ (discovery) นั้นเอง เพราะการค้นพบสิ่งใหม่นั้นเป็นขบวนการทางจิต (mental process) ที่มนุษย์ต้องการไฝ่หาและดำเนินการค้นคว้าเพื่อให้พบคอนเซป (concept) และ หลักการ (principle) ใหม่ ๆ และยังกล่าวเสริมต่อไปอีกว่า ในขบวนการสืบสวนสอบสวนนั้น นักเรียน และนักศึกษาจะต้องปฏิบัติเช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ที่จะต้องพยายามค้นคว้าในสิ่งเร้นลับของธรรมชาติโดยวิธีการตามแผนผังดังต่อไปนี้



สิ่งสำคัญที่สุดจะต้องอยู่ที่ผู้มีอำนาจหน้าที่ ตลอดจนผู้รับผิดชอบในทุกกระบวนการศึกษาจะต้องช่วยกันพัฒนาหลักสูตรเพื่อให้เด็กแต่ละระดับได้มีโอกาสร่วมในกิจกรรมเพื่อค้นหาสิ่งใหม่และทำการสืบสวนสอบสวนให้มากที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเด็กในชั้นประถมนั้น ถ้าเด็กได้รู้จักการสังเกต การตั้งปัญหา การทดลอง การเก็บข้อมูล ฯลฯ ย่อมจะสร้างความประทับใจในการเรียนรู้โดยอาศัยขบวนการค้นพบสิ่งใหม่ ๆ ได้เป็นอย่างดี เมื่อเด็กเหล่านี้เลื่อนขึ้นไปศึกษาเล่าเรียนในระดับประถมศึกษาปลายหรือมัธยมศึกษาแล้วย่อมจะใช้ขบวนการดังกล่าวได้

อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพราะขบวนการค้นพบสิ่งใหม่ ๆ นั้นย่อมจะเอื้อประโยชน์ต่อขบวนการสืบสวนสอบสวนได้มากขึ้น และจะเป็นการสอดคล้องกับวัยของเด็กที่เริ่มเข้าสู่วัยรุ่น (adolescent) ซึ่งต้องการจะพัฒนาความคิดของตนตามรูปแบบ (formal thought) ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น วิธีการดังกล่าวนี้นอกจากจะเป็นการเพิ่มพูนประสิทธิภาพในการเรียนรู้ให้แก่เยาวชนแล้ว ยังเป็นการพัฒนาในด้านสติปัญญาอีกด้วย เพราะเป็นขบวนการที่สอดคล้องกับทฤษฎีของ Piaget ซึ่งจะได้อธิบายในรายละเอียดต่อไป และเพื่อให้ผู้อ่านได้เกิดความมั่นใจว่าทั้งขบวนการค้นพบสิ่งใหม่และขบวนการสืบสวนสอบสวนมีคุณค่าต่อขบวนการเรียนการสอนนั้นผู้แต่งขอเสนอเหตุผล 4 ประการที่ Bruner อ้างไว้ดังนี้

ประการที่ 1. ขบวนการทั้งสองจะช่วยเพิ่มพูนพลังทางด้านสติปัญญาให้มากขึ้น

ประการที่ 2. ขบวนการทั้งสองจะทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นทั้งภายในและภายนอกได้เป็นอย่างดี

ประการที่ 3. ทำให้เกิดการเรียนรู้ (Heuristics of Discovery)

ประการที่ 4. ส่งเสริมความทรงจำได้ยาวนาน (Bruner, 1961 : 32)

นอกจากนั้น Sund และ Trowbridge ยังกล่าวสนับสนุนอีกด้วยว่า ทั้งขบวนการค้นพบสิ่งใหม่และขบวนการสืบสวนสอบสวนยังจะช่วยให้เด็กรู้จักวิธีการสืบเสาะหาเรื่อง (investigation) เกี่ยวกับการศึกษาและวิจัยได้ดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะช่วยให้เด็กได้รับการประโยชน์ต่อการศึกษาเล่าเรียนดังต่อไปนี้

1.) เด็กจะเป็นองค์ประกอบสำคัญ (student centered) ต่อขบวนการเรียนการสอน เพราะยิ่งเด็กมีโอกาสได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ มากขึ้นเท่าใด ผลของขบวนการเรียนการสอนย่อมมีมากขึ้นเท่านั้น

2.) ขบวนการต่าง ๆ ที่กล่าวมาจะช่วยให้เด็กสามารถสร้างคอนเซ็ปหรือความคิดรวบยอดด้วยตนเองได้มากที่สุด เพราะการสร้างคอนเซ็ปด้วยตนเอง เด็กย่อมอาศัยความรู้สึก ความรับรู้แห่งตนเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างประสบการณ์ซึ่งสอดคล้องกับหลักการทางจิตวิทยา

3.) ช่วยเพิ่มพูนความสามารถของการคาดหมาย (expectancy) ให้แก่เด็กสูงขึ้น

4.) ช่วยพัฒนาการในด้านความสามารถพิเศษ (talent) ให้แก่เด็ก

5.) ช่วยลดปัญหาการใช้ภาษาที่เกี่ยวกับความคิดในด้านนามธรรม เช่น การอธิบายความหมาย คอนเซ็ปต์ หรือศัพท์บางคำ เช่น osmosis, photosynthesis, momentum ดังนี้ เป็นต้น

6.) ขบวนการสืบสวนสอบสวนและการค้นพบสิ่งใหม่ เปิดโอกาสให้เด็กมีเวลารวบรวมและสังสมข้อมูลต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี (Sund and Trowbridge, 1973 : 61-78)

2.8 ขบวนการทางวิทยาศาสตร์ (science process)

ในการให้การศึกษาวิทยาศาสตร์แก่เยาวชนนั้นเราจะต้องยอมรับนับถือว่าวิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์ที่เกิดจากความพยายามของมนุษยชาติที่จะบังเกิดคุณประโยชน์ 3 ประการ ดังนี้

ประการที่ 1. วิทยาศาสตร์ช่วยพัฒนาสังคมให้เจริญก้าวหน้า ทั้งยังมีส่วนแทรกซึมเข้าไปในการดำเนินชีวิต ตลอดจนมีอิทธิพลต่อแนวความคิดใหม่ ๆ อันจะเป็นผลที่ช่วยให้อารยธรรมของโลกเพิ่มพูนยิ่งขึ้น

ประการที่ 2. วิทยาศาสตร์ช่วยพัฒนาในการคิดค้นหาเหตุผล เพื่อเสริมสร้างในการคิดสร้างสรรค์ (creativity) การค้นคว้าหาสิ่งใหม่ ๆ (discovery) การสำรวจสืบสวน (investigation) ตลอดจนสามารถจำแนกแจกแจงออกมาให้ประจักษ์ชัดว่า สิ่งใดมีจุดเริ่มต้นมาจากแนวความคิด และสิ่งใดมีจุดกำเนิดมาจากอารมณ์

ประการที่ 3. สิ่งทีวิทยาศาสตร์สร้างสรรค์ค้นพบขึ้นมา นั้น ย่อมมีผลต่อมวลมนุษย์และสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ และผลกระทบดังกล่าวอาจจะเป็นไปได้ในลักษณะทั้งการสร้างสรรค์ หรือการทำลาย

เพื่อเป็นการสร้างความเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ที่เด็กกำลังศึกษาอยู่นั้นมีองค์ประกอบที่สำคัญ ๆ 3 ประการ ซึ่งเด็กควรจะรู้เป็นพื้นฐานดังนี้

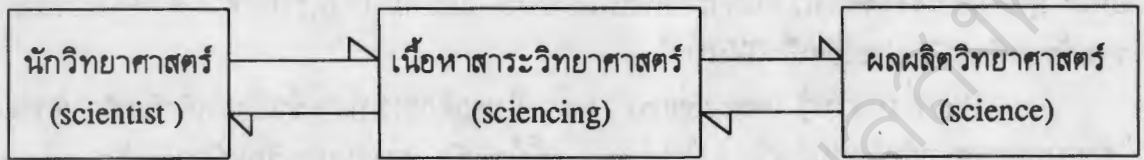
องค์ประกอบที่ 1 : นักวิทยาศาสตร์ (scientist) ได้แก่ผู้ที่อุทิศตนเพื่อทำการสำรวจตรวจค้น (investigate) รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ โดยพยายามใช้อายตนะเพื่อศึกษาและพยากรณ์ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ

องค์ประกอบที่ 2 : เนื้อหาสาระของวิทยาศาสตร์ (sciencing) หมายถึงผลที่ได้รับ

จากขบวนการศึกษาและตรวจสอบสิ่งที่ซ่อนเร้น สิ่งที่เป็นปริศนาน่าสงสัยในธรรมชาติ โดยอาศัยขบวนการสืบสวนสอบสวน (inquiry) เป็นเครื่องมือที่สำคัญของนักวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบที่ 3 ผลผลิตของวิทยาศาสตร์หรือเนื้อหาที่เป็นวิทยาศาสตร์(science) นั้นเอง ผลผลิตดังกล่าวอาจจะได้แก่ความรู้(knowledge) และวิธีการต่างๆ (methodologies) ที่สั่งสมขึ้นโดยขบวนการทางวิทยาศาสตร์ (science process) ซึ่งบรรดา นักวิทยาศาสตร์ทั้งหลายช่วยกันคิดค้นขึ้นมา

เราอาจจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทั้ง 3 ได้ดังภาพ



ภาพที่ 2.8 : ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของวิชาวิทยาศาสตร์

การสอนวิชาวิทยาศาสตร์นั้นครูผู้สอนจะต้องพยายามสร้างเสริมสติปัญญาให้แก่เด็กอบรมให้มีใจรักที่จะศึกษาค้นคว้า และคอยกระตุ้นให้เด็กมีความต้องการที่จะเรียนรู้อยู่เสมอ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าวิทยาศาสตร์จะช่วยให้เด็กรู้จักแนวทางเพื่อคิด ค้นคว้า เพื่อทำความเข้าใจในธรรมชาติ แต่โดยเหตุที่เด็กแต่ละคนย่อมมีความเป็น "ปัจเจกชน" (individuality) ที่ไม่เหมือนกัน ฉะนั้นในขบวนการเรียนการสอนจึงต้องอาศัยวิธีการหลายรูปแบบ เพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นที่จะสอดคล้องกับความสามารถของแต่ละบุคคล และเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปในเรื่องการสอนว่าไม่มีวิธีการสอนหรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (scientific method) แบบใดที่เป็นมาตรฐานที่จะรับประกันความสำเร็จในการเรียนรู้ได้ดีที่สุด เมื่อครูผู้สอนจะเลือกวิธีการสอนแบบใดเป็นเครื่องมือในการสอน จึงจำเป็นจะต้องใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น การกำหนดวิธีการที่เหมาะสม การเปิดโอกาสให้เด็กมีอิสระในการร่วมมือ การกระตุ้น การเลือกใช้คำถามเพื่อเร้าใจให้เด็กตื่นตัวและพร้อมที่จะเรียนอยู่เสมอ อย่างไรก็ตามนักการศึกษาเชื่อว่าถ้าเด็กได้ดำเนินการเล่าเรียนโดยอาศัย

ขบวนการทางวิทยาศาสตร์ (science process) แล้วความสัมฤทธิ์ผลในการเรียนรู้ย่อมมีผลมากกว่า Anderson ได้เสนอรูปแบบของการวิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบ 7 ประการดังนี้ (Anderson, 1976 : 18-19)

1.) การสังเกต (observation) หมายถึงการใช้ระบบประสาทสัมผัสทั้งห้าประการเก็บข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมเพื่อให้เกิดการรับรู้ (perception) ที่จะเป็นพื้นฐานของความรู้ความเข้าใจ (cognition) ที่บุคคลแต่ละคนจะพึงได้รับ การสังเกตที่เอ็กต์บุคคลดำเนินการนั้นจะต้องประกอบด้วยองค์การอื่น ๆ ซึ่งได้แก่

(1.1) ความตั้งใจ (attention) ได้แก่สภาวะของจิตใจที่แจ่มใส ไม่สนใจต่อสิ่งเร้าอื่นใด มุ่งแต่เอาใจจดจ่อสิ่งเร้าเฉพาะที่ตนสนใจเท่านั้น และพยายามใช้ประสาททั้งห้าเก็บรวบรวมข้อมูลที่จะเป็นประโยชน์ให้ได้มากที่สุด

(1.2) การรับรู้ (perception) หมายถึงพฤติกรรมที่เกิดขึ้นภายหลังที่เอ็กต์บุคคลใช้ระบบประสาทสัมผัสกับสิ่งเร้าเพื่อให้เกิดความตั้งใจแล้ว ขบวนการเรียนรู้จะเริ่มสำรวจสิ่งเร้าว่ามีรูปแบบ (form) คุณสมบัติ (property) การจัดระบบองค์กร (organization) อย่างไรก็ตามบางครั้งอาจจะต้องมีการพิจารณาถึงขนาด น้ำหนัก โครงร่างสี และความสัมพันธ์ต่อสิ่งอื่น ๆ อีกด้วย

(1.3) ความรู้ความเข้าใจ (cognition) หมายถึงพฤติกรรมของจิตใจที่ดำเนินการเกี่ยวกับข้อมูลภายหลังที่ได้ทำการสังเกต อันเป็นผลเนื่องมาจากการกระตุ้นของสิ่งแวดล้อมซึ่งถือว่าเป็นขบวนการขั้นสุดท้ายของการสังเกต เมื่อบุคคลบังเกิดความรู้ความเข้าใจในการสังเกตแล้ว ย่อมจะสามารถกำหนดได้ว่าสิ่งเร้าอะไรบ้าง สิ่งเร้าเหล่านั้นมีความสัมพันธ์อย่างไรกับข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ ดำเนินการจัดระบบข้อมูลพร้อมกับดำเนินการปรับปรุงข้อมูลเหล่านั้นเพื่อนำไปใช้ให้บังเกิดประโยชน์ต่อไป

2.) การบูรณาการ (integration) หมายถึงการผสมผสานระหว่างข้อมูลซึ่งเป็นประสบการณ์ใหม่กับประสบการณ์เดิม โดยจะต้องอาศัยความสามารถของเอ็กต์บุคคลที่จะต้องเรียนรู้คุณสมบัติต่าง ๆ ของข้อมูลเหล่านั้นเป็นพื้นฐาน

3.) การแปลความหมาย (interpretation) ได้แก่การหาความสัมพันธ์ในเชิงอนุมาน (deduction) ระหว่างข้อมูลที่พึงได้รับมากับความรู้หรือประสบการณ์ดั้งเดิม

การแปลความหมายจะมีวิธีการดำเนินการคล้ายกับการบูรณาการ โดยนำข้อมูลมาจัดระบบ นำหลักเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์มาช่วยวิเคราะห์ สังเคราะห์ แล้วจะแสดงออกมาในลักษณะของการอธิบาย (explanation) เป็นส่วนใหญ่

4.) การพยากรณ์ (prediction) หมายถึงข้อบอกล่าว ถ้อยแถลง เกี่ยวกับเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่จะบังเกิดขึ้นโดยอาศัยการคาดคะเนหรือหาเหตุผลนำเสนอขึ้นมาเพื่อทำการทดสอบและพิสูจน์ การพยากรณ์จะเริ่มจากการอธิบาย การหาความสัมพันธ์ และการตั้งสมมุติฐาน

5.) การประเมินผล (evaluation) ได้แก่การพิจารณาศึกษาความถูกต้องของการพยากรณ์บางที่อาจจะต้องพิจารณาคูณค่าของประสบการณ์ที่ได้รับโดยอาศัยเกณฑ์ (criterion) เป็นตัวกำหนด เกณฑ์ที่กำหนดขึ้นมาจะทำหน้าที่เสมือนมาตรฐานในเชิงคุณค่า ค่านิยมที่ได้รับการยอมรับหรือเสมือนเป็นวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้เพื่อให้การดำเนินการได้บรรลุเป้าหมาย การกำหนดเกณฑ์เพื่อการประเมินผลจะต้องพิจารณาเฉพาะกิจกรรมแต่ละอย่าง เช่น เกณฑ์มาตรฐานแห่งความเป็นเลิศในเชิงวิชาการ เกณฑ์มาตรฐานในเชิงจริยธรรม เป็นต้น ผู้ประเมินจะต้องระลึกลักษณะว่าในการประเมินผลเราจะต้องนำวิธีการสืบสวนสอบสวนมาใช้เป็นหลักนำอยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้ขบวนการสืบสวนสอบสวนจะช่วยให้งบเกิดผลดีต่อประสบการณ์ที่ผ่านมา กลับกรองโดยอาศัยเกณฑ์มาตรฐานที่มีความเชื่อถือมาแล้ว

6.) การปรับปรุงเปลี่ยนแปลง (reconstruction) หมายถึงการจัดระบบ (reorganization) เสียใหม่โดยอาศัยข้อมูลผ่านการประเมินผลมาแล้วเป็นข้อมูลมาพิจารณา ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับสมมุติฐาน ทฤษฎีที่จะนำมาใช้และเพื่อให้สามารถนำไปใช้ได้เหมาะสมต่อไป เราถือว่าขบวนการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเป็นภารกิจที่มีความสำคัญและจำเป็นต่อขบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพราะจะเป็นการใช้ความคิดเพื่อสร้างสรรค์ จะต้องใช้การวิเคราะห์ในเชิงตรรกศาสตร์ และใช้ข้อมูลในเชิงจิตวิทยามาร่วมพิจารณามากที่สุด

7.) การสร้างเสริม (construction) เป็นขบวนการขั้นสุดท้ายของขบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่จะผลิต สร้างสรรค์ หรือปรุงแต่งทฤษฎี (theory) รูปแบบ (model) ใหม่ ๆ เพื่อนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ บางครั้งอาจจะหมายถึง ผลผลิต (production) ของขบวนการทางวิทยาศาสตร์ก็ได้ เพราะผลที่ได้รับมานั้นจะเป็นจุดศูนย์รวมของการอธิบาย

ขยายความ การแปลความหมาย การให้ข้อถ้อยแถลงของประสบการณ์ ความรู้ที่เกิดขึ้นใหม่
ทั้งหมด

ผู้แต่งมีความคิดว่าถ้าครูผู้สอนจะพยายามปลูกฝังให้เด็กเข้าใจในขบวนการวิทยาศาสตร์
และ สามารถนำไปใช้ได้ย่อมจะเป็นประโยชน์ต่อขบวนการเรียนการสอนเป็นอย่างยิ่ง เพราะ
ขบวนการดังกล่าวจะช่วยให้มีพัฒนาการในตัวเด็กตามหลักการของจิตวิทยา เพื่อเปิดโอกาสให้
เด็กรู้จักการสังเกต การบูรณาการ การประเมินผล การสร้างทฤษฎี ตลอดจน กฎเกณฑ์ต่างๆ
อยู่เสมอ ซึ่งย่อมจะมีผลช่วยให้เด็กเหล่านั้นได้รับประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น

2.9 ความซาบซึ้งในวิชาวิทยาศาสตร์ (scientific appreciation)

ความซาบซึ้ง หมายถึง ความรู้สึกที่แสดงออกมาเพื่อชื่นชมและนิยมในคุณค่าของ
สิ่งต่าง ๆ เช่น ความปราณีต ความเป็นระเบียบเรียบร้อย ความสวยงาม ความไพเราะ
ตลอดจนประโยชน์ของสิ่งเหล่านั้นที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงไปยังสิ่งอื่น ๆ อีกด้วย ความรู้สึก
ชื่นชมที่แสดงออกมานั้นนอกจากจะเกิดอารมณ์แล้ว ยังจะต้องใช้สติปัญญานำมาพิจารณา ถัด
กรอง ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดทัศนคติ (attitude) และรสนิยม (taste) ต่อสิ่งเหล่านั้นอีกด้วย

ในวงการศึกษาศาสตร์ยอมรับว่า การสอนให้เด็กบังเกิดความซาบซึ้งในวิชา
วิทยาศาสตร์นั้นเป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อขบวนการเรียนการสอนอย่างมาก เพราะผลที่
บังเกิดขึ้นมีใช้แต่เพียงจะช่วยให้เด็กได้รู้และเข้าใจในเนื้อหาสาระเท่านั้น แต่ทว่าเด็กจะสามารถ
นำเอาขบวนการต่าง ๆ ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา ค้นคว้าหาความรู้
เพิ่มเติมซึ่งจะมีคุณประโยชน์ต่อตนเองและสังคมต่อไป ฉะนั้นจึงเป็นภารกิจที่จำเป็นอย่างยิ่งของ
โรงเรียน ครู และผู้บริหารทางการศึกษาศาสตร์จะต้องช่วยกันเน้นให้เด็กได้บังเกิดความ
ชื่นชม มองเห็นคุณค่าของวิชาวิทยาศาสตร์อยู่ตลอดเวลา โดยการแนะนำให้เด็กเห็นว่า

2.9.1 วิชาวิทยาศาสตร์ช่วยสร้างอารยธรรม (civilization) ของมนุษยชาติให้
เจริญก้าวหน้ายิ่งขึ้น

2.9.2 วิทยาศาสตร์ช่วยเปิดเผยความเร้นลับในธรรมชาติ

2.9.3 ศักยภาพทางวิทยาศาสตร์มีอำนาจทั้งในการสร้างสรรค์และการทำลาย

2.9.4 วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์รู้จักการสงวนรักษาทรัพยากรธรรมชาติและป้องกันมลภาวะ (pollution) จากสิ่งแวดล้อม

2.9.5 วิธีการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หรือขบวนการใช้ปัญญาช่วยให้มีการค้นพบ (discovery) สิ่งใหม่ ๆ อยู่เสมอ

2.9.6 วิทยาศาสตร์ช่วยบำรุง ส่งเสริมสุขภาพของมนุษย์ และยังป้องกันตลอดจนช่วยทำลายโรคภัยต่าง ๆ ได้อีกด้วย

2.9.7 วิทยาศาสตร์ประยุกต์ (applied science) หรือวิชาเทคโนโลยี (technology) ช่วยให้มีสิ่งประดิษฐ์ (invention) ที่เป็นประโยชน์ต่อการแพทย์ การคมนาคม การสื่อสาร การเกษตร อวกาศ การอุตสาหกรรม และสุขภาพอนามัยอย่างมากมาย

2.9.8 วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์เป็นผู้บริโภคที่ฉลาด

2.9.9 ความรู้ ความเจริญก้าวหน้าในโลกนั้นเกิดจากความพยายามของนักวิทยาศาสตร์และบุคคลต่างอาชีพที่ช่วยกันชวนช่วยใฝ่หาอยู่เสมอ

2.9.10 วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์รู้จักใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์มากขึ้น

2.10 ทักษะทางวิทยาศาสตร์ (scientific attitudes)

แม้ว่าการปลูกฝังให้เด็กมีความรู้ มีประสบการณ์จากการใช้ทักษะและระเบียบแบบแผนทางวิทยาศาสตร์แล้ว นักจิตวิทยาทางการศึกษาวิทยาศาสตร์ยังมีความเชื่อว่า การอบรมดังกล่าวจะยังไม่บังเกิดผลดีต่อขบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง สิ่งที่จะช่วยให้บรรลุผลตามเป้าหมายได้จะต้องปลูกฝังความซาบซึ้งในคุณค่าของวิทยาศาสตร์ รวมทั้งทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ผสมผสานเข้าไปอีกด้วย เพราะการมีทัศนคติที่ดีในตัวเด็กย่อมทำให้เด็กเข้าใจในขบวนการและวิธีการทำงานของนักวิทยาศาสตร์อีกด้วย ทั้งนี้เนื่องมาจากเหตุผลที่ว่า " การมีแต่เพียงความรู้ในเชิงวิทยาศาสตร์และการรู้จักวิธีการทางวิทยาศาสตร์นั้นจะไม่บังเกิดคุณประโยชน์แต่อย่างใด ถ้าหากผู้รู้และผู้ใช้ไม่มีวิธีการนำสิ่งเหล่านั้นไปใช้อย่างเหมาะสม " (National Society for the Study of Education ,U.S.A.,1960 : 33-37) เพราะฉะนั้นจึงต้องเป็นภารกิจของครูผู้สอนที่จะต้องพยายามปลูกฝังทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ให้แก่เด็กอยู่เสมอ

Haney ได้กล่าวถึงทัศนคติว่าเป็น "อารมณ์ในเชิงจริยพิสัยของบุคคลที่เกี่ยวกับ

ความสนใจ ความซาบซึ้ง ความพึงพอใจ และความไม่สบายใจ ความคิดเห็น ค่านิยม แนวความคิด และคุณลักษณะเฉพาะบุคคล อารมณ์ในด้านจริยพิสัยนี้ย่อมจะมีมากหรือน้อย หรือเปลี่ยนแปลงไปตามวัตถุ สถานการณ์ที่คนให้ความสนใจ ทักษะคติของแต่ละบุคคลย่อมเป็น สิ่งที่สามารถเรียนรู้และมีความยากต่อการที่จะแยกออกมาให้ปรากฏได้อย่างชัดเจน" (Haney, 1964 : 33) นอกจากนี้ Haney ยังได้เสนอว่าทักษะคติทางวิทยาศาสตร์นั้นประกอบด้วยปัจจัยที่สำคัญ 8 ประการคือ

1. ความกระตือรือร้น (curiosity)
2. ความมีเหตุผล (rationality)
3. มีการพิจารณาอยู่เสมอ (suspended judgment)
4. ความเป็นผู้มีจิตใจกว้างขวาง-เปิดเผย (open-mindedness)
5. ความเป็นผู้มีวิจารณ์ (critical-mindedness)
6. ความเป็นผู้มีเป้าหมาย (objectivity)
7. ความเป็นผู้มี kejujuran (honesty)
8. ความเป็นผู้มี ความอ่อนน้อมต่อตนเอง (humility) ไม่ก้าวร้าวผู้อื่น

Pual B. Diederich กล่าวว่า ทักษะคติทางวิทยาศาสตร์น่าจะประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ 20 ประการ ดังนี้

1. ไม่ยอมเชื่อในสิ่งใครง่าย ๆ (scepticism)
2. มีความเชื่อมั่นในวิธีการแก้ปัญหา
3. มีความต้องการที่จะพิสูจน์สอบสวน
4. มีความละเอียดรอบคอบ
5. ชอบศึกษาค้นคว้าในสิ่งใหม่ ๆ อยู่เสมอ
6. มีความพร้อมที่จะเปลี่ยนแปลงความคิดอย่างมีเหตุผล
7. มีความอ่อนน้อมต่อตนเอง
8. มีความเชื่อมั่นในความจริง
9. มีจุดหมายหรือวัตถุประสงค์ในการทำงาน
10. ไม่เชื่อในอำนาจเหนือธรรมชาติ

หอสมุดสถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม
พิษณุโลก

11. ใฝ่ใจในคำอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์
 12. มีความปรารถนาที่จะศึกษาหาความรู้
 13. ใช้วิธีการพินิจพิจารณาอยู่เสมอ
 14. รู้ว่าสิ่งใดคือสมมติฐานและสิ่งใดคือการแก้ปัญหา
 15. มีความสำนึกในข้อบัญญัติต่าง ๆ
 16. พิจารณาว่าสิ่งใดมีความสำคัญมากน้อยเพียงใด
 17. ยอมรับในทฤษฎี
 18. ยอมรับในปริมาณที่กัลป์กรองมาแล้ว
 19. ยอมรับในความเป็นไปได้ของสิ่งต่าง ๆ
 20. ยอมรับในข้อสรุปต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล
- (Diederich, 1967 : 23-24)

นักการศึกษาที่มีความเห็นว่า ทักษะคิดนั้นเมื่อเกิดขึ้นมากับบุคคลใดบุคคลหนึ่งแล้ว ย่อมมีทั้งในแง่ที่ดีหรือทัศนคติที่ดี (positive attitude) และทัศนคติในแง่ที่ไม่พึงประสงค์ ซึ่งในขบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งแต่จะปลูกฝังให้เด็กมีทัศนคติที่ดีและที่พึงประสงค์เท่านั้น เพราะจะเป็นสิ่งที่ช่วยให้เด็กรักที่จะเรียนรู้และเรียนด้วยความสมัครใจ มีความสนุกสนาน ทั้งยังช่วยส่งเสริมให้เด็กเกิดความรู้สึกยอมรับนับถือตนเอง (self-respect) ที่มุ่งจะเรียนให้บรรลุเป้าหมายหรือกระทำกิจการต่าง ๆ ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี รวมทั้งเกิดความภาคภูมิใจอีกด้วย ผลพลอยได้อีกประการหนึ่งคือ ครูผู้สอนย่อมได้รับความรัก ความเคารพนับถืออีกด้วย สิ่งที่เราจะบอกเหตุหรือชี้ให้เห็นว่าเด็กเกิดทัศนคติที่ดีหรือไม่นั้น ครูย่อมสังเกตได้จากความเอาใจใส่ในการเล่าเรียน การให้ความร่วมมือในกิจกรรมต่างๆที่ครูและโรงเรียนจัดขึ้น

ผู้แต่งมีความเชื่อมั่นว่า ครูย่อมเป็นบุคคลสำคัญที่จะปลูกฝังทัศนคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ได้ โดยการพยายามกระทำในสิ่งต่อไปนี้คือ

1. ครูต้องแสดงทัศนคติที่ดีแก่ตนให้เด็กเห็นอยู่เสมอเพราะเด็กย่อมไม่สามารถจะเรียนรู้ทัศนคติที่ครูไม่แสดงให้ปรากฏชัดได้ เช่นพยายามโน้มน้าวคุณลักษณะที่ดีเด่นของนักวิทยาศาสตร์
2. จัดบรรยากาศของห้องเรียนให้เหมาะสมกับการเรียนรู้ หลีกเลี่ยงการใช้

อำนาจส่งเสริมขบวนการสืบสวนสอบสวนและการแก้ปัญหาให้เด็กได้ใช้อยู่เสมอ(Schwab,1962: 60)

3. การรู้จักใช้คำถาม การช่วยให้เด็กรู้จักการใช้ความคิดในเชิงวิพากษ์วิจารณ์ การทำให้เด็กแสดงข้อคิดหรือข้อโต้แย้งยอมช่วยให้เด็กเกิดความอยากรู้อยากเห็นมากขึ้น

4. พยายามเตรียมการสอน การสาธิต การทดลอง การทัศนศึกษา การใช้วัสดุในท้องถิ่นซึ่งหาง่าย ราคาถูก มาใช้ในการเรียนการสอน

ผู้แต่งเชื่อมั่นว่า การปลูกฝังทัศนคติที่ดีต่อขบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยนั้น ครูผู้สอนควรจะมุ่งอบรมบ่มนิสัยให้เด็กมีคุณลักษณะดังต่อไปนี้

1. เป็นผู้มีจิตใจกว้างขวาง เปิดเผย และพร้อมที่จะยอมรับฟังความคิดเห็นของคนอื่น
2. มีใจรักที่จะศึกษาค้นคว้าหาความรู้อย่างถูกต้อง
3. มีความเชื่อมั่นในวิธีการต่าง ๆ เพื่อเสาะหาความรู้ ตลอดจนการยอมรับนับถือวิธีการใช้พิสูจน์สอบสวนความรู้เหล่านั้น
4. มีความปรารถนาอย่างแรงกล้าที่จะศึกษาค้นคว้าสิ่งใหม่ ๆ อยู่เสมอ
5. เป็นผู้มีเหตุผล ไม่มุงมาย
6. ไม่เชื่อถือโชคกลางหรือเชื่อถือที่ยังไม่ได้ผ่านการพิสูจน์สอบสวน
7. มีความเชื่อว่าปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่อุบัติขึ้นมานั้นย่อมมีสาเหตุที่สามารถอธิบายได้
8. มีความอยากรู้อยากเห็น ชอบคิดค้น
9. รู้จักการวิพากษ์วิจารณ์อย่างมีเหตุผล
10. ฝึกฝนการสังเกตอย่างรอบคอบ
11. วางแผนการในการทำงานเสมอ
12. รู้จักการจดบันทึก เก็บข้อมูล
13. ไม่ด่วนตัดสินใจต่อเหตุการณ์ที่บังเกิดขึ้น ควรจะต้องมีการพินิจพิจารณาอย่างรอบคอบเสียก่อน
14. มีความรับผิดชอบสูง

15. ยอมเปลี่ยนแนวความคิดของคนในเมื่อเหตุผลของผู้อื่นถูกต้องและเหมาะสมมากกว่า
16. ทำงานด้วยความขยันหมั่นเพียรและรู้จักการเสียสละ
17. มีมนุษยสัมพันธ์ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้
18. ไม่หวงความรู้ และรู้จักการถ่ายทอด
19. ไม่ปิดเป็นข้อเท็จจริง รายงานในสิ่งที่ได้รับอย่างตรงไปตรงมา

ฯลฯ

2.11 คุณค่าของวิทยาศาสตร์ (spirit of science or scientific values)

ในการปลูกฝังความรู้สึกรู้สึกให้เด็กนักเรียนและผู้สนใจทั่วไปได้เล็งเห็นถึงความสำคัญในคุณค่าของวิชาวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่กระทำไต่ยาก แต่ต้องถือว่าเป็นภารกิจที่สถาบันทางการศึกษาและผู้ที่มีความรับผิดชอบในการศึกษาวิทยาศาสตร์จะต้องศึกษาหาช่องทางเพื่อสร้างความเข้าใจในเรื่องนี้การสอนในเรื่องคุณค่าหรือนิยามในแต่ละสาขาวิชาที่กำลังดำเนินการอยู่ในขณะนี้ย่อมแตกต่างกัน และย่อมมีการปรุงแต่งไปตามกาลสมัย เพื่อต้องการให้เกิดคุณประโยชน์ต่อเอกัตบุคคลและสังคมให้มากที่สุด สิ่งที่ต้องระมัดระวังในการสอนให้เด็กเข้าใจในคุณค่าหรือนิยามนั้น ครูผู้สอนจะต้องไม่ใช้วิธีการยัดเยียดหรือบังคับให้เด็กต้องท่องจำ แต่ต้องถือว่าเป็นการปลูกฝังให้เด็กเข้าใจว่าการศึกษาในเรื่องคุณค่าทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญต่อขบวนการศึกษาและจำเป็นต่อการดำรงชีวิตที่จะแสดงให้เห็นศักยภาพและศักดิ์ศรีของความเป็นมนุษย์ (potential and dignity of human) อีกด้วย

คณะกรรมการกำหนดนโยบายทางการศึกษาของสมาคมการศึกษาแห่งสหรัฐอเมริกา (Educational Policy Commission, 1966 : 15-27) ได้กำหนดคุณลักษณะที่ควรปลูกฝังคุณค่าทางวิทยาศาสตร์หรือที่เรียกว่า the spirit of science ไว้ดังนี้

2.11.1 มีความปรารถนาอย่างแรงกล้าที่จะรู้และทำความเข้าใจ (longing to know and to understand) เป็นรากฐานของคุณค่าที่จะต้องปลูกฝังและอบรมให้พึงบังเกิดในตัวเด็กในลักษณะที่มีความกระตือรือร้นที่จะศึกษาและหาวิธีทำความเข้าใจโดยการใช้อุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ พยายามให้เด็กมีความสนใจว่าสิ่งที่เกิดขึ้นในธรรมชาตินั้นเกิดขึ้นมา

เพราะเหตุใด และทำไมจึงเป็นเช่นนั้น ความปรารถนาดังกล่าวจะเป็นแรงผลักดันที่จะทำให้ตนเองและมนุษยชาติคืบร่น ขวนขวาย เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบข้อปัญหาต่าง ๆ

2.11.2 ใต้อถาม สอบถามในทุกสิ่งทุกอย่างที่ไม่รู้ (questioning of all things)

คุณค่าหรือค่านิยมในเชิงวิทยาศาสตร์ข้อนี้ตั้งอยู่บนสมมุติฐานที่ว่า ,ไม่มีความรู้ใดที่ถูกต้องอย่างสมบูรณ์แบบและยังไม่มีผู้ใดที่จะเป็นผู้ตอบปัญหาได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์แบบเช่นกัน ข้อสรุปหรือข้อตัดสินใจใด ๆ ก็ตามย่อมมีข้อบกพร่องไม่มากก็น้อย วิทยาศาสตร์ย่อมจะยึดถือในความถูกต้องที่มีความเชื่อมั่นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอยู่เสมอ ความเที่ยงแท้แน่นอน (certainty) ในโลกของวิชาวิทยาศาสตร์เป็นเพียงคอนเซ็ปหรือความคิดรวบยอดเท่านั้น และมักจะถูกพิจารณาในลักษณะของ "ความเป็นไปได้" (probability) สิ่งนี้นักวิทยาศาสตร์พยายามหาค่าความถูกต้องที่มีความเป็นไปได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานนั้น จะต้องกำจัดสิ่งต่าง ๆ ที่จะมีอิทธิพลต่อขบวนการหาความรู้จากการสังเกต การตรวจสอบ และการทดลองอยู่ตลอดเวลา ความถูกต้องที่นักวิทยาศาสตร์ต้องการจึงต้องขึ้นอยู่กับ "ความเป็นไปได้" ที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานขั้นสูง" และพยายามทำความเข้าใจในสิ่งต่าง ๆ ว่าสิ่งใดเป็นสิ่งที่มีความหมาย ประโยชน์ สิ่งใดที่ไร้ประโยชน์โดยไม่คำนึงถึงอิทธิพลใด ๆ ทั้งสิ้น

2.11.3 ค้นคว้าหาข้อมูลและความหมายของข้อมูลเหล่านั้น (search for data and their meaning)

ความรู้ต่าง ๆ ที่มนุษย์สั่งสมขึ้นมา นั้นจะเกิดขึ้นจากการรวบรวมข้อมูลและข้อสรุปที่ได้จากการลงความเห็น (generalization) ซึ่งเป็นข่าวสารต่าง ๆ ที่ได้จากการสังเกตที่ได้นำมาพิจารณาอย่างถูกต้องและรอบคอบการที่เด็กจะรู้จักการค้นคว้าหาข้อมูลได้นั้นครูจะต้องส่งเสริมแรงจูงใจ (motivation) ให้เด็กมีความปรารถนาอย่างแรงกล้าที่อยากรู้ อยากเห็น และอยากเข้าใจเสียก่อน และเมื่อเด็กสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ มาได้แล้ว ครูจะต้องชี้แจงว่าข้อมูลเหล่านั้นมีความหมายที่จะนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างไรอีกด้วย เพราะข้อมูลเหล่านั้นจะเป็นสิ่งที่ช่วยให้บังเกิดการรู้แจ้งหรือช่วยเสริมทฤษฎีให้มีความหมายในการเรียนรู้ยิ่งขึ้น ข้อมูลที่เด็กเข้าใจความหมายอาจจะอยู่ในลักษณะที่เป็นคอนเซ็ป หรือระบบคอนเซ็ปก็ได้ ย่อมจะเอื้อประโยชน์ให้แก่เด็กที่จะสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ในระหว่างสิ่งต่าง ๆ ที่เด็กเคยพบเห็นมาแล้ว หรือยังไม่เคยพบเห็นมาเลยก็ได้ และยังเป็นองค์ประกอบต่อการริเริ่ม

สร้างสรรค์ให้แก่เด็กอีกด้วย ขบวนการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ นั้นย่อมจะต้องอาศัยการรู้จักวิธีการ ยืดหยุ่น การเสนอแนวความคิดใหม่ ๆ แปลก ๆ การลองผิดลองถูกและการมีอิสระเสรีในจิตใจ เพื่อค้นหาสิ่งใหม่ๆ อยู่เสมอ

2.11.4 ความต้องการเพื่อพิสูจน์สอบสวน (demand for verification)

ความรู้ต่าง ๆ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ใคนั้นจะต้องมีคุณลักษณะเด่น อยู่ประการหนึ่งคือ ความเชื่อถือได้โดยผ่านการทดสอบ พิสูจน์ และสอบสวนมาแล้วทั้งสิ้น ใน การศึกษาวิทยาศาสตร์ถือว่าขบวนการพิสูจน์สอบสวนเป็นพื้นฐานในการประเมินผลที่น่าพึงพอใจยิ่งความรู้ใดที่ทนทานต่อการพิสูจน์มากเท่าใดก็ย่อมจะเป็นที่ยอมรับนับถือมากเท่านั้น และยัง ยอมรับนับถือว่า วิธีการพิสูจน์สอบสวนใหม่ ๆ ที่นำมาใช้ทดสอบนั้นย่อมจะช่วยให้เกิดความ เจริญก้าวหน้าในวงการวิทยาศาสตร์อีกด้วย

2.11.5 ยอมรับนับถือในวิชาตรรกวิทยา (respect for logic)

วิชาตรรกวิทยาเป็นศาสตร์ที่เกี่ยวกับการอ้างอิงที่เชื่อถือได้โดยอาศัยพื้นฐานการ พิจารณาเป็นหลักสำคัญแม้ว่าจะมีการวิวัฒนาการในวิชาตรรกวิทยามากมายก็ตาม แต่สิ่งสำคัญ ที่เป็นหลักการจะได้แก่คอนเซ็ปของการเห็นพ้องต้องกัน การอยู่กับร่องกับรอยและการขัดแย้ง ประเด็นสำคัญในการนำหลักวิชาตรรกวิทยามาใช้นั้น บุคคลผู้เป็นเจ้าของความคิดจะต้องยอมให้ผู้อื่นประเมินค่า ได้แย้งความคิดของตนอย่างเปิดเผย โดยทั่วไปตามหลักตรรก วิทยาที่แท้จริงนั้น ความเห็นที่สอดคล้องต้องกันนั้นไม่จำเป็นจะต้องประกอบด้วยคอนเซ็ป ช้อ นำเสนอหรือความคิดที่พร้อมมูลเสนอไป แต่เราจะต้องพิจารณาว่าสิ่งเหล่านั้นมีข้อมูลที่ควร จะ ต้องตรวจสอบทบทวนเพื่อคว่ามีหลักฐานและความจำเป็นอย่างพอเพียงหรือไม่

2.11.6 การพิจารณาหลักฐาน (consideration premise)

ในขบวนการหาความรู้หรือการทำความเข้าใจของมนุษย์นั้น การพิจารณาหา หลักฐานมาสนับสนุนหรืออ้างอิงนั้นเป็นสิ่งจำเป็นที่สุด การสร้างคุณค่าในเรื่องนี้ถือว่าเป็นสิ่งที่ สำคัญที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ในขบวนการศึกษาวิทยาศาสตร์ เพราะอย่างนี้การสร้างหลักฐานย่อมจะ เป็นข้อยืนยันเบื้องต้นที่จะช่วยให้เจ้าของความคิดเกิดความรู้สึกที่ ความรู้ ความเข้าใจที่ตน กำลังศึกษา ค้นคว้าอยู่นั้นเป็นสิ่งที่มีความเชื่อถือได้มากน้อยเพียงใด นอกจากนั้นการสร้าง หลักฐานเพื่อให้เกิดความเชื่อถือจะทำให้ขบวนการสืบสวนสอบสวนมีการพัฒนาไปในแนวทางที่

มันคงยิ่งขึ้น

2.11.7 การพิจารณาความเชื่อถือต่อผลที่จะบังเกิดขึ้น (consideration consequence)

การมีสติสัมปชัญญะ(awareness)ที่เอ็กต์บุคคลพึงมีไว้เป็นข้อพิจารณาใคร่ครวญ คว้าสิ่งใดจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ หรือสิ่งใดจะมีคุณโทษมากน้อยเพียงใดนั้นเป็นคุณสมบัติหรือคุณค่าที่มีค่าของนักวิทยาศาสตร์และวิญญูชนทั้งหลาย เพราะถือว่าเป็นวิธีการกลั่นกรองทั้งในด้านความคิดและพฤติกรรมต่าง ๆ ของเอ็กต์บุคคลและกลุ่มชน เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ที่จะเป็นประโยชน์อย่างแท้จริงและอยู่ในสำนึกของความรับผิดชอบอีกด้วย

ผู้แต่งมีความคิดเห็นว่า คุณค่าหรือค่านิยมในเชิงวิทยาศาสตร์ที่นำมาเสนอแนะ ทั้ง 7 ประการนี้ จะครอบคลุมในทุกสิ่งทุกอย่างเพื่อสร้างเสริมคุณธรรมในความเป็นมนุษย์ให้แก่ปวงชนและยังเป็นการท้าทายเชิญชวนให้ผู้สนใจทดลองปฏิบัติเพื่อช่วยกันค้นคว้าหาความรู้ช่วยกันขุดค้นความเร้นลับในธรรมชาติออกมาให้ปรากฏ และนำเอาไปใช้ให้บังเกิดประโยชน์ และยังมีเชื่อมั่นต่อไปอีกว่า คุณค่าทั้ง 7 ประการดังกล่าวยังสามารถที่จะนำไปใช้ในสาขาวิชาอื่น ๆ ได้อีก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวิชาจริยธรรมและเสรีประชาธิปไตย ที่จะพยายามเน้นในเรื่องศักดิ์ศรีของเอ็กต์บุคคลให้ปรากฏชัดอีกด้วย

2.12 ปรัชญาทางวิทยาศาสตร์ (the philosophy of science)

วิชาปรัชญานั้นหมายถึง "การศึกษาเพื่อค้นหาความจริงของความรู้ทั้งหมดและเป็นการใช้ความพยายามอย่างยิ่งยวดที่จะรวบรวมเอารากเง้า หรือพื้นฐานความรู้เหล่านั้นมารวมกันเข้าไว้" (Cohen, 1964 : 27)

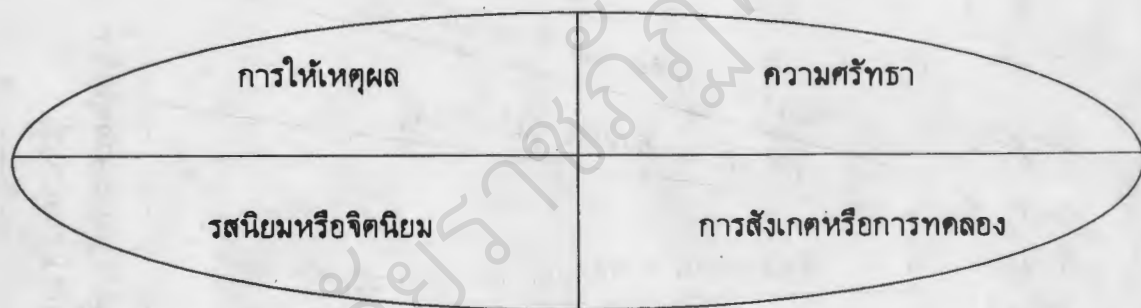
ส่วนปรัชญาทางวิชาวิทยาศาสตร์นั้น "เป็นการศึกษาที่ต้องการจะรู้ว่าเราจะเรียนรู้ได้อย่างไร ว่าเรารู้เรื่องอะไรบ้างในปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ ปรัชญาทางวิทยาศาสตร์จะพยายามตรวจสอบถึงขบวนการและคุณค่าต่าง ๆ ที่จะเป็นแนวทางเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ที่เร้นลับอยู่ในธรรมชาติ ฉะนั้นพื้นฐานหรือรากเง้าของปรัชญาวิทยาศาสตร์จึงผิดแผกแตกต่างไปจากปรัชญาของสาขาวิชาอื่น ๆ" (Sund และ Trowbridge, 1973 : 5)

ดร. Joseph R. Royce กล่าวว่า "ความจริงในวิชาวิทยาศาสตร์นั้นเป็นสิ่งที่ได้

มาจากการทดลอง การลงมือกระทำโดยอาศัยอายุคนละต่าง ๆ เป็นเครื่องมือรวบรวมข้อมูล โดยผ่านการสังเกต การใช้เครื่องมือวัดเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ในบางครั้งอาจใช้หลัก ตรรกศาสตร์และการให้เหตุผลบ้างก็ตาม แต่ความจริงเหล่านั้นจะต้องได้รับการพิสูจน์โดยอาศัย การทดลองเสียก่อน" (Royce,1959 : 4)

เพื่อให้ผู้อ่านได้เข้าใจถึงวิธีการเสาะหาความรู้ ความจริงของมนุษย์โดยทั่วไป นั้นผู้แต่งใคร่ขอเสนอแนะข้อคิดเห็นบางประการเพื่อเป็นแนวทางทำความเข้าใจเป็นเบื้องต้น ก่อนว่าความรู้ต่างๆ ที่สังคมยอมรับนับถือกันมาแต่ตั้งแต่เดิมนั้นมีความเป็นมาในลักษณะต่างๆ กัน 4 ประการดังภาพ

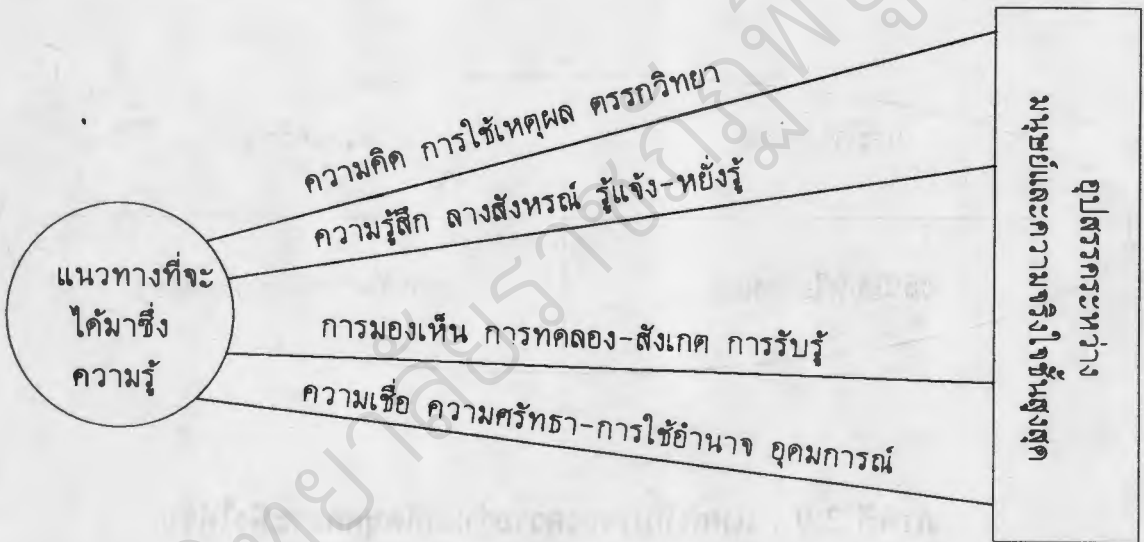
1. ความรู้มาจากเหตุผล (reason)
2. ความรู้มาจากความศรัทธา (faith)
3. ความรู้มาจากรสนิยม, จิตนิยม (taste,esthetics).
4. ความรู้มาจากการสังเกต-ทดลอง (observation - empirical)



ภาพที่ 2.9 : แหล่งที่มาของความรู้ที่เอกัตบุคคลจะพึงได้รับ

ผู้อ่านจะต้องพิจารณาและทำความเข้าใจว่า แหล่งกำเนิดของความรู้โดยทั่วไปนั้น แม้ว่าจะแยกออกมาให้เห็นเป็นแต่ละประเด็นแล้วก็ตาม แต่ในทางปฏิบัติจริง ๆ ของบุคคลทั่วไป ย่อมจะนำเอาวิธีการทั้ง 4 ประการมาผสมผสานกันอยู่เสมอ บางครั้งเราอาจจะสงสัยว่าความรู้ที่เรากำลังศึกษาหรือยึดถืออยู่นั้นมาจากแหล่งกำเนิดใด ทั้งนี้เป็นเพราะว่าไม่มีบุคคลใดๆ ที่จะต้องตรวจสอบการดำเนินชีวิตโดยขบวนการทดลองอยู่ตลอดเวลา มนุษย์ทุกคนมักจะยอมรับวิธีการทั้ง 4 ประการ เพราะคนเราทุกคนย่อมใช้ความคิด ใช้ความรู้สึก ใช้อายตนะ ใช้ความเชื่อถือ โดยมีเหตุผล และบางครั้งก็เกิดความศรัทธาที่จะเชื่อถือในคำสอนของศาสนาในศาสนาที่ตนนับถือ ด้วยเหตุผลดังกล่าวเราจึงไม่มีการขัดแย้งระหว่างนักวิทยาศาสตร์ และนักเทววิทยา-นักการศาสนา (theologist) ที่ต่างก็มุ่งจะศึกษาหาความรู้ ความเป็นจริงอันสูงสุดที่ซ่อนเร้นอยู่ในธรรมชาติและทำหามนุษยชาติอยู่ตลอดเวลา

จากแหล่งที่มาของความรู้ 4 ประการนั้น Royce ยังได้เสนอแนะแนวทางที่จะได้มาซึ่งความรู้ได้ดังภาพ



ภาพที่ 2.10 : แนวทางขั้นพื้นฐานเพื่อค้นคว้าหาความรู้

ผู้แต่งใครเสนอแนะว่า แม้ว่าจะมีแนวทางชั้นพื้นฐานอยู่มากมายเพื่อใช้เป็น เครื่องมือค้นหาความรู้ก็ตาม แต่ละเส้นทางย่อมมีวิธีการเฉพาะอยู่แล้ว และจะไม่มีข้อขัดแย้ง ระหว่างแนวทางดังกล่าว เว้นแต่ว่าบุคคลผู้ที่จะใช้แนวทางเหล่านั้นอย่างสับสนเท่านั้น เช่น บุคคลบางคนมักจะนำข้อคิดเห็นทางศาสนามาได้แย้งกับหลักการในเชิงวิทยาศาสตร์ ก็ย่อมทำ ให้เกิดการโต้แย้งโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ผู้แต่งเชื่อว่าถ้าครูผู้สอนจะช่วยกันชี้แจงให้แก่ นักเรียน นักศึกษา ได้พยายามระลึกอยู่เสมอว่า แนวทางที่วิทยาศาสตร์ใช้เป็นเครื่องมือเพื่อค้นคว้าหา ความรู้ในธรรมชาตินั้นจะมีรากฐานอยู่บนขบวนการสังเกต การทดลอง การพิสูจน์ ย่อมจะช่วย ขจัดข้อขัดแย้งที่อาจจะเกิดขึ้นได้ อนึ่งการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ขบวนการสังเกต การทดลอง การพิสูจน์ เป็นเครื่องมือที่สำคัญในการค้นหาความจริงในธรรมชาตินั้น เพราะถือว่าธรรมชาติ หรือจักรวาลเป็นสิ่งที่สามารถทำความเข้าใจ (intelligible) ได้ องค์ประกอบต่างๆ ของจักรวาล หรือธรรมชาติ (universe-nature) จะประกอบด้วย อวกาศ (space) กาลเวลา (time) สสาร (matter) และปรากฏการณ์ต่าง ๆ (natural phenomena) จะสามารถทำความเข้าใจโดยอาศัย การอธิบายในลักษณะของกายภาพ (physical stage) และสภาวะทางเคมี (chemical state) โดยถือว่าสภาวะดังกล่าวจะมีคุณลักษณะเป็นระบบกลไก (mechanistic) ซึ่งจะผิดแผก แตกต่างไปจากระบบชีวภาพ (vitalistic) เพราะในระบบชีวภาพไม่เชื่อว่ามนุษย์จะค้นพบแรง หรืออำนาจชั้นพื้นฐานที่สำคัญของชีวิตหรือธรรมชาติได้ หรือมีความมั่นใจว่านักวิทยาศาสตร์จะ สามารถสร้างมนุษย์จากหลอดแก้วในห้องทดลองได้ดังนี้ เป็นต้น

ปรัชญาในการศึกษาวิทยาศาสตร์นั้น ครูผู้สอนจะต้องเน้นให้ผู้เรียนได้ตระหนัก ในหัวข้อดังต่อไปนี้

1.) วิชาวิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับความรู้ในจักรวาล เป็นการ สะสมความรู้เหล่านั้นโดยอาศัยการสังเกต การทดลองเพื่อพิสูจน์ (empirical) เป็นหลัก

2.) มีข้อตกลงขั้นมูลฐานว่า

(2.1) อวกาศ (space) กาลเวลา (time) สสาร(matter) พลังงาน(energy) เป็นสิ่งที่มีจริงและเป็นของแท้แน่นอน

(2.2) สิ่งต่าง ๆ ที่ปรากฏขึ้นมาย่อม วัด ชั่ง ตวง(measuerement) ได้

(2.3) สิ่งแวดล้อมในธรรมชาติจะปรากฏขึ้นในลักษณะที่มีระเบียบ (order)

มีความสม่ำเสมอ (regularity) มีแบบฉบับ (uniformity) และมีความสอดคล้องกัน (consistency) ถ้าสภาพการณ์อย่างหนึ่งทำให้บังเกิดปรากฏการณ์อีกอย่างหนึ่งแล้วย่อมจะทำให้มีปรากฏการณ์อย่างนั้นบังเกิดขึ้นเสมอ

(2.4) สิ่งต่าง ๆ ที่อุบัติขึ้นมาย่อมมีสาเหตุที่มีธรรมชาติเป็นตัวกำหนด

(2.5) มนุษย์เป็นสมาชิกของระบบนิเวศวิทยาซึ่งมีความสามารถที่จะเรียนรู้ และสามารถนำความรู้เหล่านั้นไปใช้ให้เกิดประโยชน์ เช่น การต่อต้านป้องกันโรคภัยไข้เจ็บ แก้ไขในเรื่องความอดอยากยากแค้น และป้องกันภัยพิบัติต่าง ๆ ที่จะมาทำให้มวลมนุษยชาติต้องสูญสิ้นไป

3. ความรู้ต่าง ๆ ที่เกิดจากการศึกษาค้นคว้าโดยขบวนการทางวิทยาศาสตร์ นั้นจะต้องเป็นสิ่งที่

(3.1) ทำการทดสอบ ตรวจสอบได้ (testability)

(3.2) มีความเชื่อถือสูง (reliability)

(3.3) มีคำจำกัดความและความเที่ยงตรงที่แน่นอน (definition & precision)

(3.4) มีระบบโครงสร้างที่มั่นคงและแน่นอน (systematic structure)

(3.5) สามารถทำความเข้าใจได้ (comprehensiveness)

(สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย, เอกสารเผยแพร่, ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์)

2.13 บทสรุป

2.13.1 วิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึงศาสตร์ที่มุ่งศึกษาหาความจริงที่ซ่อนเร้นอยู่ในธรรมชาติโดยได้สั่งสมความรู้มาตั้งแต่อดีตจนกระทั่งถึงปัจจุบัน และจะต้องค้นคว้าต่อไปในอนาคตอย่างไร้จบสิ้น ความรู้ต่าง ๆ ที่วิทยาศาสตร์ค้นคว้าขึ้นมา นั้นย่อมจะมีระเบียบแบบแผน มีขอบเขต โดยอาศัยการสังเกต การทดลอง และสามารถทดสอบได้

2.13.2 การจัดระบบของวิชาวิทยาศาสตร์ อาจจะแบ่งได้เป็นหลายรูปแบบตามลักษณะเนื้อหาและขบวนการที่ต้องการจะเน้นให้ผู้เรียนได้ทำความเข้าใจได้อย่างลึกซึ้ง แต่เท่าที่นิยมกันโดยทั่วไปนั้นมักจะแบ่งออกได้ 3 ลักษณะ คือ

1) วิทยาศาสตร์ทางกายภาพ (physical science)

2) วิทยาศาสตร์ทางชีวภาพ (biological science)

3) วิทยาศาสตร์ประยุกต์ (applied science or technology)

2.13.3. วิชาวิทยาศาสตร์จะมีความผิดแผกแตกต่างไปจากสาขาวิชาอื่นๆ ดังนี้

1) วิทยาศาสตร์จะมีคอนเซ็ปชันพื้นฐานเฉพาะ

2) คอนเซ็ปชันพื้นฐานที่มีความสัมพันธ์ต่อกันจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ

และจำเป็นต่อโครงสร้างของวิชาวิทยาศาสตร์

3) ความรู้และความจริงต่างๆในวิชาวิทยาศาสตร์ที่สังสมและรวบรวมเข้าไว้ นั้นล้วนแต่ได้ผ่านการทดสอบและได้รับการรับรองเรียบร้อยแล้ว

4) ความรู้ ความจริง และประสบการณ์ใหม่ ๆ จะต้องอาศัยทักษะและเทคนิคต่าง ๆ มาช่วยสร้างเสริมเพิ่มพูนขึ้น

2.13.4 การทำความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์นั้นจะต้องอาศัยองค์ประกอบต่าง ๆ ที่สำคัญดังต่อไปนี้

1) การสังเกต (observation) ซึ่งถือว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการสร้างประสบการณ์ในแต่ละบุคคลที่จะต้องอาศัยอายคนละต่าง ๆ เป็นสื่อรับรู้จากสิ่งเร้าหรือสิ่งกระตุ้นจากสิ่งแวดล้อม

2) ข้อเท็จจริง (fact) คือรายการเฉพาะของความรู้ ซึ่งได้มาจากการสังเกตและประสบการณ์ต่างๆ ที่จะนำไปสร้างสมมุติฐานและทฤษฎีเพื่อให้มีคุณประโยชน์มากขึ้น

3) กฎเกณฑ์ (principle) หมายถึงข้อบัญญัติที่กำหนดขึ้นมาเพื่ออธิบายว่า วัตถุ เหตุการณ์ หรือสิ่งที่เป็นนามธรรมใด ๆ ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปจะมีการปะทะสัมพันธ์กันอย่างไรบ้าง ทั้งนี้เพื่อเป็นการช่วยให้เกิดความเข้าใจในธรรมชาติได้ดียิ่งขึ้น

4) สมมุติฐาน (hypothesis) หมายถึงแนวความคิดเบื้องต้นที่พยายามจะอธิบายว่า วัตถุ เหตุการณ์และข้อเท็จจริงที่ได้รวบรวมมาจากการสังเกตนั้นจะมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันในลักษณะอย่างไรบ้าง สมมุติฐานใดที่ผ่านการทดสอบได้ว่าสามารถพยากรณ์ได้จริงย่อมจะมีสถานภาพเป็น "ทฤษฎี"

5) ทฤษฎี (theory) หมายถึงระบบคำอธิบายที่ประกอบด้วยคอนเซ็ปต่าง ๆ ซึ่งจะสามารถนำไปพยากรณ์ปรากฏการณ์ใด ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6) กฎ (law) คือข้อบัญญัติที่กล่าวถึงปรากฏการณ์ตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ บางครั้งก็เรียกว่ากฎธรรมชาติ (natural law) ซึ่งเป็นข้อบัญญัติของทฤษฎีที่ผ่านการทดลองจนมีความเชื่อถืออย่างยั่งยืน

7) การอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์ (scientific explanation) คือ ขบวนการให้คำอธิบายว่า เพราะเหตุใดวัตถุ เหตุการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติจึงเป็นเช่นนั้น ทั้งนี้เพื่อต้องการที่จะได้รับความรู้ และความเข้าใจอย่างถูกต้องตรงไปตรงมาให้มากที่สุด คำอธิบายดังกล่าวจะต้องอาศัยข้อเท็จจริงที่ถูกต้องและอยู่ในขอบเขตของทฤษฎีที่มีความเชื่อมั่นสูง

2.13.5 วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (scientific method) คือวิธีการที่ใช้ค้นหาความรู้ใหม่ๆ และสามารถทดสอบได้ วิธีการดังกล่าวจะมีพัฒนาการมาจากความคิดและการค้นหาในเชิงตรรกวิทยา เพื่อต้องการจะหาความจริงที่ซ่อนเร้นอยู่ในจักรวาล

2.13.6 ความคิดรวบยอดในเชิงวิทยาศาสตร์ (science concept) หมายถึงความคิดสำคัญ (big idea) ซึ่งเกิดจากการจินตนาการ (imagination) ที่ผ่านการกลั่นกรองของแต่ละบุคคลว่าข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวัตถุ เหตุการณ์จะมีความสัมพันธ์ต่อกันอย่างไร และอาจจะแบ่งออกได้เป็น 3 พวกคือ ความคิดรวบยอดในการจำแนกแจกแจง ความคิดรวบยอดในเชิงสัมพันธ์ และความคิดรวบยอดในเชิงทฤษฎี

2.13.7 ขบวนการสืบสวนสอบสวน (inquiry process) หมายถึงกิจกรรมต่างๆ ที่จัดขึ้นมาเพื่อมุ่งแก้ปัญหา เสาะหาความรู้และความเข้าใจ ตลอดจนสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อีกด้วย ขบวนการสืบสวนสอบสวนจะประกอบด้วยปัจจัยที่สำคัญอย่างน้อย 4 ประการ คือ การสำรวจตรวจสอบ (exploration) การประดิษฐ์คิดค้น (invention) การค้นพบสิ่งใหม่ ๆ (discovery) และการฝึกอบรมและสั่งสอน (teaching) ทั้งนี้เพื่อต้องการเพิ่มพูนศักยภาพในการหาเหตุผล การสืบเสาะหาความรู้ และเกิดความเข้าใจในธรรมชาติของสิ่งแวดล้อมให้แก่เด็ก

2.13.8 ขบวนการทางวิทยาศาสตร์ (science process) เป็นขบวนการที่สำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่ตั้งขึ้นมาโดยอาศัยข้อเท็จจริงที่ว่า ไม่มีวิธีการใดๆ ที่เป็นมาตรฐานเพื่อประกันว่าผู้เรียนจะสามารถบรรลุเป้าหมายในการเรียนได้อย่างแน่นอน แต่จะเป็นกิจกรรมที่จัดขึ้นมา ให้มีลักษณะยืดหยุ่นซึ่งจะสามารถปรับให้เหมาะสมกับสภาพของแต่ละบุคคล

(individuality) ได้ ทั้งนี้เพื่อกำหนดเป็นแนวทางในการศึกษา ค้นคว้า และทำความเข้าใจใน
สิ่งแวดลอมได้เป็นอย่างดี ขบวนการดังกล่าวประกอบด้วยปัจจัยสำคัญ 7 ประการ คือ การ
สังเกต การบูรณาการ การแปลความหมาย การพยากรณ์ การประเมินผล การปรับปรุง
เปลี่ยนแปลง และการสร้างเสริม

2.13.9 ความซาบซึ้งในวิชาวิทยาศาสตร์ (scientific appreciation) หมายถึง
ความรู้สึกที่เอกัตบุคคลแสดงออกมาเพื่อชื่นชมต่อความมีระเบียบแบบแผนความมีคุณประโยชน์
ของวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งนอกจากจะเกิดอารมณ์แล้วยังได้ใช้สติปัญญาถ่วงถองจนสามารถช่วย
ให้เกิดทัศนคติ (attitude) และรสนิยม (taste) ที่ดีอีกด้วย ยิ่งกว่านั้นความซาบซึ้งดังกล่าวยัง
จะช่วยส่งเสริมสนับสนุนให้เอกัตบุคคลเกิดความสนใจที่จะศึกษาค้นคว้าอย่างลึกซึ้ง และนำวิธี
การต่าง ๆ ไปช่วยแก้ปัญหาอันจะเป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคมให้กว้างขวางต่อไปอีก

2.13.10 ทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ (scientific attitude) หมายถึงความรู้สึก
หรืออารมณ์ในเชิงจริยพิสัยที่เกี่ยวข้องกับความสนใจ ความซาบซึ้ง ความพึงพอใจ ความ
คิดเห็นในวัตถุ เหตุการณ์ของแต่ละบุคคลซึ่งเป็นสิ่งที่จะเรียนรู้ได้ แต่ไม่อาจจะแยกประเด็นออก
มาได้อย่างชัดเจน การมีทัศนคติที่ดีต่อการศึกษาวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็นต่อขบวนการเรียน
การสอน ทั้งยังเป็นการเพิ่มพูนให้เอกัตบุคคลเกิดความรู้สึกภาคภูมิใจ มีความเชื่อมั่นในตนเองที่จะ
ดำเนินการศึกษาเล่าเรียนและประกอบภารกิจต่าง ๆ ให้เจริญก้าวหน้าได้อีกด้วย

2.13.11 คุณค่าหรือค่านิยมในวิชาวิทยาศาสตร์ (spirit of science or
scientific value) คือการพิจารณาถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในลักษณะที่จำเป็น และมี
คุณประโยชน์มากน้อยเพียงใดโดยปราศจากการบังคับ แต่จะต้องเกิดจากความเข้าใจอย่างถ่อง
แท้ของแต่ละบุคคล มีคุณลักษณะอยู่หลายประการที่ควรจะต้องปลูกฝังและอบรมสั่งสอนเพื่อให้
เด็กได้มีคุณลักษณะพื้นฐาน ซึ่งคุณลักษณะเหล่านี้เป็นที่ยอมรับนับถือในหมู่นักการศึกษา และ
ยังจะเป็นการช่วยให้ขบวนการศึกษา รวมทั้งการดำรงชีวิตมีความหมายและคุณค่าเพิ่มขึ้นด้วย

2.13.12 ปรัชญาทางวิทยาศาสตร์ (the philosophy of science) หมายถึง
ขบวนการศึกษาที่ต้องการจะค้นคว้าว่ามนุษย์จะเรียนรู้ได้อย่างไรว่า เรารู้ความจริงต่าง ๆ ที่
ซ่อนเร้นอยู่ในธรรมชาติ ความจริงเหล่านั้นจะต้องผ่านการถ่วงถองโดยการพิสูจน์และทดลอง
โดยขบวนการที่ได้รับการยอมรับนับถือ เพราะถือว่าสิ่งที่ซ่อนเร้นอยู่ในธรรมชาติหรือจักรวาล

นั่นเป็นสิ่งที่สามารถทำความเข้าใจได้โดยพยายามจะศึกษาค้นคว้าในองค์ประกอบที่สำคัญๆของธรรมชาติ ซึ่งได้แก่ อวกาศ (space) กาลเวลา (time) สสาร (matter) และปรากฏการณ์ต่าง ๆ (natural phenomena) นอกจากนี้ในการทำความเข้าใจในองค์ประกอบของธรรมชาติ นั้นจะพยายามอธิบายในลักษณะของกายภาพ และสถานภาพทางเคมีมากกว่าลักษณะทางชีวภาพอีกด้วย

2.14 คำถามท้าทาย

- 2.14.1 จงแสดงความคิดเห็นพร้อมทั้งเหตุผลว่าท่านมีทัศนคติในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์อย่างไรบ้างและท่านจะนำไปใช้สอนให้แก่นักเรียนในระดับประถมศึกษาได้อย่างไร
- 2.14.2 ท่านคิดว่า การสอนโดยการเน้นเนื้อหาสาระกับการสอนโดยเน้นในเรื่องขบวนการทางวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนประถมศึกษานั้นจะมีผลแตกต่างกันหรือไม่ และจะบังเกิดผลดีผลเสียอย่างไรบ้าง
- 2.14.3 เมื่อพิจารณาจากการจัดระบบของวิชาวิทยาศาสตร์ ท่านคิดว่าในการสอนเนื้อหาในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้นนั้น เราควรจะเน้นการสอนในคอนไหนมากกว่ากันจึงให้เหตุผลประกอบ
- 2.14.4 เราถือว่า "การอธิบายในเชิงวิทยาศาสตร์" เป็นเรื่องสำคัญในขบวนการเรียนการสอน จงอธิบายว่าเราจะต้องมีหลักเกณฑ์อย่างไรบ้าง จงยกตัวอย่างประกอบ
- 2.14.5 จงให้เหตุผลเพื่ออธิบายว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์นั้นคือขบวนการแก้ปัญหาโดยการใช้ปัญญา
- 2.14.6 ที่ว่าขบวนการสืบสวนสอบสวนเป็นวิธีการสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์นั้น ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร
- 2.14.7 ถ้าท่านจะสอนเด็กเกี่ยวกับเรื่องคอนเซปหรือมโนทัศน์ ท่านควรจะสอนอย่างไรพร้อมทั้งยกตัวอย่างประกอบ
- 2.14.8 จงอธิบายขบวนการทางวิทยาศาสตร์มาให้เข้าใจ
- 2.14.9 ท่านจะมีวิธีการสร้าง "นักยูวิทยาศาสตร์" ในห้องเรียนโดยวิธีการ

ไต่บัง

2.14.10 ครูผู้สอนจะทำตนเป็นตัวอย่างให้นักเรียนเห็นว่า ครูมีความซาบซึ้ง และมีเจตคติหรือทัศนคติในเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างไรบ้าง

2.14.11 the spirit of science หมายความว่าอย่างไร

2.14.12 ท่านคิดว่า ปรัชญาทางวิทยาศาสตร์แตกต่างไปจากปรัชญาในสาขาวิชาอื่น ๆ อย่างไรบ้าง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

บทที่ 3

แนวความคิดของเด็ก

สาระสำคัญ

เนื้อหาสาระที่ต้องการจะเน้นได้แก่ แนวความคิดของเด็กแต่ละคนจะมีการพัฒนาการอย่างไร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การเจริญเติบโตทั้งในด้านร่างกาย สติปัญญา อารมณ์ และสังคม แม้ว่าการพัฒนาในเรื่องเหล่านี้จะมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกัน แต่ทว่า "ความเป็นเอกลักษณ์" ของแต่ละบุคคลย่อมจะเป็นองค์ประกอบที่จะทำให้เกิดความแตกต่างกัน ครูจะต้องมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องการปลูกฝังและอบรมให้สอดคล้องกับการพัฒนาการในตัวเอง และจะต้องให้เกิดการผสมกลมกลืนกับลักษณะของรายวิชาที่เด็กจะต้องศึกษาอบรมด้วย ครูจะต้องเข้าใจว่า การเตรียมการสอน การสร้างสถานการณ์หรือบรรยากาศของขบวนการเรียนรู้ การวางแผนจะต้องเป็นสิ่งที่ครูได้เตรียมไว้เป็นอย่างดี ทั้งนี้ต้องอาศัยประกอบต่าง ๆ เช่น เรื่องภาษา เทคนิควิธีการ และพฤติกรรมของเด็กที่เปลี่ยนแปลงอีกด้วย

วัตถุประสงค์ที่คาดหวัง

เมื่อผู้อ่านได้ศึกษาเนื้อหาสาระของบทที่ 3 แล้ว จะสามารถ

1. ชี้แจงได้ว่าเด็กแต่ละคนแม้ว่าจะมีรูปแบบในการพัฒนาในทางร่างกาย สติปัญญา อารมณ์และสังคม ที่คล้ายคลึงกันก็ตาม แต่ทว่าความเป็นปัจเจกชนย่อมจะมีผลที่ผิดแผกแตกต่างกันออกไป
2. อธิบายได้ว่า เด็กแต่ละคนย่อมมีความรู้ ความสามารถ และความสนใจในรายวิชาที่ศึกษาแตกต่างกัน แต่ในการเรียนรู้ทางการศึกษาวิทยาศาสตร์นั้นจะต้องเป็นขบวนการที่ต่อเนื่องอยู่ตลอดเวลา โดยพยายามศึกษาค้นคว้า วิเคราะห์ วิจัยในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อต้องการให้เยาวชนได้เข้าใจในบทบาทของวิชาวิทยาศาสตร์และการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะได้เข้าใจในความเร่งรีบของธรรมชาติ
3. บรรยายถึงความเจริญงอกงามในขบวนการคิด การหาเหตุผลของเด็กได้
4. สังสอน อบรม และปลูกฝังในเรื่องคอนเซ็ปต่าง ๆ ได้
5. บอกขั้นตอนของการเจริญเติบโตทางด้านสติปัญญาของเด็กในชั้นประถมศึกษาและมัธยมศึกษาได้
6. ลำดับความสำคัญในการปฏิบัติการของเด็กได้
7. อธิบายถึงความสำคัญและความจำเป็นของภาษา การสร้างแนวความคิด การสร้างเสริมพฤติกรรมต่อการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ได้
8. กำหนดประเด็นที่สำคัญของการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในชั้นประถมศึกษาได้

บทที่ 3

แนวความคิดของเด็ก (the pupil's thinking)

3.1 ความคิดของเด็ก (children thinking)

เด็กเมื่อเริ่มเข้าชั้นเรียนตั้งแต่วัย 7 ขวบ ตามที่พระราชบัญญัติการศึกษาพุทธศักราช 2521 ได้กำหนดไว้ จนกระทั่งเรียนจบการศึกษาภาคบังคับและศึกษาต่อไปจนจบในระดับมัธยมศึกษาชั้น ย่อมจะมีแนวความคิดแตกต่างกัน ทั้งในหมู่เด็กที่มีอายุไล่เลี่ยกันแต่มีภูมิหลังไม่เหมือนกัน และยังระดับอายุห่างกันมาก แนวความคิดก็ย่อมจะกระจุกกระจายกันออกไปมากขึ้น ความแตกต่างกันในแนวความคิดของเด็กย่อมจะเป็นเรื่องสำคัญที่ครูผู้สอนจะต้องศึกษาและพยายามทำความเข้าใจ ตลอดจนจะต้องหาวิธีการต่าง ๆ ที่นำมาอบรมสั่งสอนให้เด็กได้เกิดความรู้ ความเข้าใจและมีความสนใจที่จะศึกษาเล่าเรียนให้บรรลุเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ เพื่อให้ผู้อ่านได้มองเห็นแนวความคิดของเด็กในวัยต่างกัน จึงขอยกตัวอย่างให้ศึกษาไว้ดังต่อไปนี้

3.1.1 เกี่ยวกับสัตว์

เด็กในวัย 4-7 ขวบคนหนึ่งออกไปวิ่งเล่นในสนามและมองเห็นงูเล็กตัวหนึ่งเลื้อยผ่านไป ด้วยความซุกซนจึงหาไม้มาตีงูตัวนั้นตาย เมื่อครูทราบจึงลองสอบถามว่า

ครู : เธอฆ่าสัตว์ตายใช่ไหม

เด็ก : เปล่าครับ ผมไม่ได้ฆ่าสัตว์

ครู : ถ้าอย่างนั้นเธอฆ่างูใช่ไหม

เด็ก : ใช่ครับ

ครู : งูเป็นสัตว์ใช่หรือไม่

เด็ก : ใช่ครับ

3.1.2 เกี่ยวกับการจำแนกแจกแจง

ในชั้นเรียนประถมปีที่ 1 มีเด็กประมาณ 25 คน มีอายุระหว่าง 7-8 ขวบ และครูได้นำดอกไม้จำนวน 7 ดอก มีดอกชบา 2 ดอก และดอกดาวเรือง 5 ดอก และเมื่อสอบถามเด็กคนหนึ่ง ผลการซักถามปรากฏดังนี้

ครู : มีดอกดาวเรืองมากกว่าหรือมีดอกไม้มากกว่า

เด็ก : มีดอกดาวเรืองมากกว่าครับ

ครู : ดาวเรืองเป็นดอกไม้หรือไม่

เด็ก : เป็นครับ

ครู : ชบาเป็นดอกไม้หรือไม่

เด็ก : เป็นครับ

ครู : มีดาวเรืองอยู่ที่ดอก

เด็ก : 5 ดอกครับ

ครู : มีชบายู่เท่าใด

เด็ก : 7 ดอกครับ

ครู : มีดอกดาวเรืองมากกว่าหรือมีดอกไม้มากกว่า

เด็ก : มีดาวเรืองมากกว่า

ครู : เอาละนะ ครูจะพูดให้เธอฟังว่า ดาวเรืองเป็นดอกไม้อย่างหนึ่ง เธอว่าใช่หรือไม่

เด็ก : ใช่ครับ

ครู : ชบาก็เป็นดอกไม้อย่างหนึ่ง จริงหรือไม่

เด็ก : จริงครับ

ครู : ดังนั้นทั้งดาวเรืองและชบาต่างก็เป็นดอกไม้เหมือนกัน เพราะฉะนั้นเมื่อครูถามว่ามีดอกดาวเรืองมากกว่าหรือมีดอกไม้มากกว่า เธอจะต้องตอบครูว่ามีดอกไม้มากกว่า ใช่หรือไม่

เด็ก : (จะแสดงอาการสับสนแท้ๆ มองหน้าครูด้วยอาการสงสัย และ

พยายามตอบว่า) ใช่ครับ

3.1.3 เกี่ยวกับอะตอม

เด็กในชั้นประถมปลายและมัธยมศึกษาตอนต้นหรือเด็กที่มีวัยอายุตั้งแต่ 10ขวบขึ้นไป อาจจะมีแนวความคิดเกี่ยวกับวิชาวิทยาศาสตร์ในอีกลักษณะหนึ่ง อาจจะเป็นเพราะเด็กเหล่านั้นมีพื้นฐานความรู้น้อยเกินไป หรืออาจจะเป็นเพราะเด็กยังไม่มีความสามารถในการใช้คำพูดเพื่ออธิบายถึงสิ่งต่างๆ ที่ตนได้ประสบมาได้ตีเท่าที่ครูหรือผู้ใหญ่ภาคคึกก็ได้ คงจะศึกษาได้จากการรายงานของเด็กในชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่เกี่ยวกับอะตอมดังต่อไปนี้

..... อะตอม เป็นชื่อของลูกระเบิดที่มีรูปร่างกลม-ยาว และมีก๊าซอยู่ข้างใน เมื่อจุกด้วยไม้ขีดมันจะถูกเป็นไฟและระเบิดดังตูม

..... อะตอม เป็นสิ่งที่มีขนาดเล็กมาก ซึ่งทุกสิ่งทุกอย่างในโลกนี้จะต้องมีอะตอมรวมอยู่ด้วย และถ้าอะตอมแตกแยกออกมามันจะระเบิด

..... อะตอมเป็นสารที่มีขนาดเล็กกะจิดริด ถ้ามีอะตอมหลาย ๆ อะตอมมารวมกันกลุ่มของอะตอมนั้นคือโมเลกุล

3.1.4 เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมี

ในการถกปัญหาระหว่างครูและเด็กนักเรียนมัธยมศึกษา3-4 คน เกี่ยวกับการทดลองปฏิกิริยาเคมี โดยใช้โลหะแมกนีเซียม 2-3 ชิ้นใส่ลงไปในสารละลายของกรดกำมะถันอย่างเจือจาง และพบว่ามีก๊าซไฮโดรเจนเกิดขึ้น ส่วนสารละลายที่เกิดขึ้นในบีกเกอร์นั้นได้แก่แมกนีเซียมซัลเฟต

ครู : มีอะไรอยู่ในบีกเกอร์บ้าง

เด็ก : มีน้ำและแมกนีเซียมซัลเฟต

ครู : ถูกแล้ว และคงไม่มีแมกนีเซียมเหลืออยู่เลยนะ เธอคงเห็นแล้วใช่ไหมว่าก๊าซไฮโดรเจนเกิดขึ้นก็ลอยไปในอากาศหมด ใครคิดบ้างไหมว่าจะยังมีอะไรเหลืออยู่ในบีกเกอร์อีกเช่นกรดกำมะถัน

เด็ก : อาจจะมีบ้างกระมังครับ

ครู : ถ้ายังมีกรดกำมะถันเหลืออยู่อีก มันจะต้องมีปฏิกิริยาเคมี เหมือนตอนแรกใช่ไหมครับ

เด็ก : ไฮโดรเจนคงเกิดขึ้นอีกด้วย

ครู : ครูคิดว่า.....เอ้อ...น่าจะเป็นได้นะถ้ามีแมกนีเซียมซัลเฟต หรือใครคิดเห็นเป็นอย่างไ

เด็ก : แต่แมกนีเซียมซัลเฟตไม่ทำปฏิกิริยากับกรดกำมะถันใช่ไหมครับ

เด็ก : แล้วยังไม่มีไฮโดรเจนเกิดขึ้นด้วย

ครู : เราจะทดสอบอย่างไรจึงจะรู้ว่ายังมีกรดกำมะถันเหลืออยู่บ้างหรือไม่ ใครจะลองออกความเห็นบ้าง

เด็ก : เราลองเติมแมกนีเซียมลงไปจะได้ไหม

ครู : ได้สิ และนำโลหะแมกนีเซียมเติมลงไปในปีคเกอร์ 2 ขึ้น จะพบว่าเสียงดัง พร้อมทั้งฟองก๊าซเกิดขึ้น

เด็ก : นั่นไงครับ มันเกิดขึ้นอีก

ครู : ใช่แล้ว แสดงว่ามีกรดกำมะถันเหลืออีก

จากตัวอย่างที่นำมาเสนอต่อผู้สนใจ เราจะพบว่าเด็กในวัยที่แตกต่างกันย่อมมีความคิดไม่เหมือนกัน เด็กบางคนไม่อาจจะทำความเข้าใจในสิ่งที่ครูนำมาสอน เด็กบางวัยอาจจะมีปัญหาต่อการใช้ภาษาเพื่ออธิบายในสิ่งที่ตนกำลังศึกษา และมีเด็กบางวัยโดยเฉพาะที่มีอายุเกิน 14-15 ขวบ มีความกล้าที่จะซักถามและพยายามจะเสนอข้อคิดเห็น เด็กบางคนอาจจะตอบข้อซักถามของครูได้อย่างถูกต้อง แต่ดูเหมือนว่าเขาเหล่านั้นจะไม่เชื่อในสิ่งที่ครูอธิบาย แต่ทว่าพยายามแสดงอาการปฏิกิริยาเพื่อให้ครูพึงพอใจก็มีสิ่งเหล่านี้เป็นเรื่องที่นักจิตวิทยาพยายามศึกษาค้นคว้าเพื่อต้องการจะหาช่องทางช่วยให้การศึกษาเล่าเรียนของเด็กดำเนินไปอย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับวัยของเด็กที่กำลังพัฒนา และเพื่อเป็นการช่วยเหลือครูผู้สอนให้สามารถทำการสอนให้บรรลุเป้าหมายอีกด้วย มีผลงานของนักจิตวิทยาเด่น ๆ หลายคนที่น่าศึกษาค้นคว้า เช่น Piaget และคณะ เป็นต้น ซึ่งจะได้นำรายละเอียดมาเสนอในโอกาสต่อไป

3.2 รายวิชากับเด็กนักเรียน (the subject and the pupil)

ผู้อ่านคงจะพอเข้าใจถึงบทบาทของวิทยาศาสตร์มาแล้วว่า วิชาวิทยาศาสตร์นั้นหมายถึงแนวทางของการอธิบายและพรรณนาเกี่ยวกับแง่มุมต่างๆ ของธรรมชาติที่อยู่รอบๆ ตัวเรา และจากบทบาทดังกล่าวมา ย่อมเป็นที่ประจักษ์ในความพยายามของมนุษยชาติที่จะกระทำทุกสิ่งทุกอย่างเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ที่จะใช้อธิบายและทำความเข้าใจในธรรมชาติ แต่เยาวชนที่กำลังอยู่ในวัยศึกษาเล่าเรียนมีโอกาสจะได้ลงมือกระทำจริงๆ ได้น้อยมาก หรืออาจจะกล่าวได้ว่า เยาวชนยังไม่ได้ปฏิบัติภารกิจเหล่านั้นเลย แต่ทว่าในปัจจุบันเราจะพบว่ามีความรู้ต่าง ๆ ทั้งที่ปรากฏอยู่แล้วและกำลังศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมอยู่อย่างไม่หยุดยั้ง และเป็นภารกิจสำคัญของครูที่จะต้องถ่ายทอดและหาวิธีการต่าง ๆ เพื่ออบรมสั่งสอนเด็กเหล่านั้นอยู่ตลอดเวลา ครูจะต้องระลึกอยู่เสมอว่าการถ่ายทอดความรู้นั้นมีใช่เป็นภารกิจแต่เพียงบางส่วนเท่านั้น แต่จะต้องถือว่าเป็นภารกิจที่จะต้องดำเนินไปอย่างมี "ขบวนการ" (process) เพื่อศึกษาให้ทันต่อเหตุการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป โดยไม่ต้องมาคำนึงถึงเรื่องการรวบรวมเฉพาะเพียงแต่ความรู้แต่เพียงอย่างเดียว นักการศึกษา ผู้บริหาร ตลอดจนครูวิทยาศาสตร์จะต้องถือว่าขบวนการสอนวิทยาศาสตร์จะต้องสอดแทรกวิธีการศึกษาค้นคว้า วิเคราะห์ วิจัย ตลอดจนหาแนวทางปลูกฝังเยาวชนให้มีชีวิตจิตใจเป็นยุววิทยาศาสตร์ (young scientist) นอกจากนั้นเยาวชนจะต้องรู้และเข้าใจถึงข้อเท็จจริง ทฤษฎี คอนเซ็ปต์ และวิธีการคิด ซึ่งสิ่งที่กล่าวมาทั้งหมดนี้จะหลอมรวมกันขึ้นเป็นรายวิชา (subject) ที่จะต้องศึกษาเล่าเรียนกันต่อไป

ในขบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้น นอกจากรายวิชา (subject) ที่จะต้องนำมาสอนแล้ว เรายังจะต้องพิจารณาถึงตัวผู้เรียนหรือเยาวชนที่จะเป็นนักเรียน นิสิต และนักศึกษาอีกด้วย เยาวชนเหล่านั้นย่อมมีแนวทางการคิดเฉพาะตน เราจะเพิ่มพูนหรือขยายแนวความคิดของเด็กแต่ละคนได้อย่างไร เพื่อที่จะรับรู้ในสิ่งใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นอย่างไม่หยุดยั้ง เราจะทราบได้อย่างไรว่าคอนเซ็ปต์ของเด็กแต่ละคนเกิดขึ้นอย่างไร และจะมีผลต่อการเข้าใจในสิ่งที่เขาได้เรียนรู้แล้วมากน้อยเพียงใด เราจะใช้คอนเซ็ปต์อะไรบ้างที่จะเป็นเครื่องกระตุ้น เร่งเร้าในการพัฒนาคอนเซ็ปต์ทางวิทยาศาสตร์ที่ทางโรงเรียน หรือครูผู้สอนต้องการจะให้บังเกิดขึ้นในตัวเด็กอย่างมีขั้นตอน การที่จะตอบปัญหาเหล่านี้ได้นั้นจะต้องอาศัยผลการจัดระบบการเรียนการสอนที่มีการวางแผนเป็นอย่างดี และเป็นเนื้อหาสาระสำคัญของบทเรียนบทนี้ที่จะต้องสำรวจตรวจ

สอบถึงแนวความคิดของเด็กที่จะมีอิทธิพลต่อการสอนของครู

3.3 การเจริญงอกงามของการให้เหตุผลของเด็ก

(the growth of children's reasoning power)

เมื่อผู้อ่านได้พิจารณารายละเอียดในตัวอย่างเกี่ยวกับแนวความคิดของเด็กในวัยต่างๆ กัน ดังที่ได้นำมาเสนอในข้อ 3.1 นั้นเราน่าจะเป็นสาระสำคัญที่ครูผู้สอนจะต้องพยายามศึกษาค้นคว้าและทำความเข้าใจให้ดีที่สุด ผู้อ่านอาจจะเกิดความรู้สึกว่าอากัปกิริยาของเด็กที่แสดงออกมานั้นจะมีลักษณะในทำนองฉงนสนเท่ห์ คำตอบของเด็กแสดงให้เห็นว่าเขาเหล่านั้นไม่เข้าใจในสิ่งที่ครูต้องการ และเด็กเหล่านั้นไม่ได้คิดอย่างผู้ใหญ่(ครู) ที่คิดว่าเป็นเรื่องที่ถูกต้อง เราต้องยอมรับว่าเด็กๆ ยังไม่มีการพัฒนาการที่สมบูรณ์แบบในเรื่องของคอนเซปต์อย่างผู้ใหญ่คาดคิด แม้ว่าครูจะพยายามอบรมสั่งสอนแล้วก็ตาม แต่จากตัวอย่างที่นำมาแสดงก็ตีหรือจากผลของการค้นคว้าวิจัยที่กระทำกันอย่างกว้างขวางก็ดี พอดีจะสรุปประเด็นสำคัญ ๆ ได้ว่า

3.3.1 ความสามารถในการหาเหตุผลอย่างถูกต้อง และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง การสร้างเหตุผลในเชิงนามธรรมของเด็ก ๆ นั้นจะเจริญงอกงามอย่างช้า ๆ และยิ่งกว่านั้นเด็ก จะไม่สามารถหาเหตุผลได้ในทันทีทันใดที่มีการพินิจพิจารณาในเรื่องที่กำลังศึกษาค้นคว้า

3.3.2 ปัญหาในความเป็น "เอกัตบุคคัล" ย่อมเป็นการยากอยู่มีใช้น้อยที่เด็ก จะมีความเข้าใจในรูปแบบคำพังเพยที่ว่า "การเอาใจเราไปใส่ใจเขา" ซึ่งน่าจะตรงกับภาษาฝรั่ง ที่ว่า "put oneself in another's shoes" หรือเราอาจจะกล่าวโดยทั่วๆ ไป ได้ว่า โลกทรรศน์ของเด็กย่อมแตกต่างไปจากความคิดเห็นของผู้ใหญ่

3.3.3 บางทีปัญหาที่บังเกิดขึ้นนั้นอาจจะเป็นผลต่อเนื่องมาจากวัย ประสพการณ์ ของครูผู้สอนที่มีสมรรถภาพในเชิงความคิดและการหาเหตุผลมากกว่าเด็กที่ตน กำลังอบรมสั่งสอนและมักจะนำผลการศึกษาค้นคว้าที่ยากต่อการทำความเข้าใจของเด็ก บางที สิ่งเหล่านั้นอาจจะทำให้เด็กมีความรู้สึกว่าเป็นสิ่งที่มีความเหลือเชื่อก็ได้ มีผลการทดลองหลาย อย่างที่พอจะชี้ให้เห็นได้ดังเช่น

เราจะอธิบายให้เด็กเข้าใจได้อย่างไรว่า เมื่อเอาน้ำที่มีปริมาตรเท่ากันเทใส่ลงไป

ในภาชนะที่มีรูปร่างแตกต่างกัน ปริมาตรของน้ำในภาชนะเหล่านั้นย่อมเท่ากัน เพราะสิ่งที่เด็กมองเห็นนั้นขัดกับสภาพที่เป็นจริง และมักจะเป็นปรากฏการณ์ที่เด็กจะประสบอยู่เสมอ

มีนักจิตวิทยาทางการศึกษาหลายท่านได้ทำการทดลองเพื่อที่จะแสดงให้เห็นว่ามีรูปแบบขั้นพื้นฐานเกี่ยวกับการเจริญองกรมทางสติปัญญาที่สอดคล้องกับวัยของเด็กเป็นส่วนใหญ่ ผู้อ่านจะได้ศึกษาในรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

3.3.4 จากการศึกษาค้นคว้าพบว่า สาเหตุที่ทำให้ขบวนการเจริญองกรมทางด้านสติปัญญาของเด็กล่าช้าขึ้น อาจเกิดจากการใช้ภาษาของเด็กก็ได้ เด็กบางคนแสดงความสามารถให้เห็นโดยการท่องจำที่เกี่ยวกับคอนเซป หรือกฎเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี แต่ทว่าไม่มีความเข้าใจอะไรเลยในคอนเซปเหล่านั้น และทั้งไม่มีความสามารถที่จะนำคอนเซปที่ท่องได้นั้นไปใช้ให้เกิดประโยชน์อีกด้วย เช่น ในวิชาวิทยาศาสตร์ที่ว่าด้วยเรื่อง hydrostatics ซึ่งเปิดสอนในระดับมัธยมศึกษา เด็กอาจจะท่องจำได้อย่างคล่องแคล่วว่า "แรงพยุงของของเหลวที่กระทำต่อเทห์ที่ลอยอยู่ในของเหลวนั้น จะเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่ถูกเทห์นั้นแทนที่" และในทำนองกลับกัน เรามักจะพบว่าเด็กบางคนมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในเรื่องที่ครูกำลังสอน แต่ทว่าไม่สามารถจะถ่ายทอดออกมาในลักษณะของถ้อยคำที่ถูกต้องได้ ปัญหาเหล่านี้จึงเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างยิ่งที่ครูจะต้องศึกษาค้นคว้าเพื่อที่จะทราบอย่างแน่ชัดว่าเด็กที่เจริญเติบโตขึ้นมาตามวัยในระยะต่าง ๆ จะมีขีดความสามารถในการทำ ความเข้าใจมากน้อยเพียงใด ทั้งนี้เพื่อต้องการที่จะทราบว่า มีแนวทางเลือกที่เหมาะสมประการใดบ้างที่ควรนำมาใช้และในขณะเดียวกันก็เพื่อที่จะทราบว่า มีเหตุขัดข้อง อุปสรรคอะไรที่ควรจะนำมาปรับปรุงแก้ไขให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

มีนักการศึกษาทางการศึกษาวิทยาศาสตร์เป็นจำนวนมากที่มีความเห็นสอดคล้องกันว่า "ในการสอนนั้นจะต้องดำเนินการให้สอดคล้องกับการเจริญองกรมทางด้านสติปัญญาของเด็กในแต่ละวัย โดยการจัดเนื้อหาสาระให้ผสมกลมกลืนกับกระสวนความคิดของเด็กด้วย" (Watson, 1974 : 33) เพราะฉะนั้นในบางครั้งจึงจำเป็นต้องบ่อนข้อมูลหรือเนื้อหาสาระที่สำคัญ ๆ ให้แก่เด็กบ้างเพื่อให้เหมาะสมกับวัยและความเจริญองกรมทางด้านสติปัญญาของเด็กเองในกรณีเช่นนี้อาจจะทำให้ผู้อ่านบางท่านมีความเห็นขัดแย้ง โดยคิดว่าเด็กในวัยเยาว์นั้นเสมือนมีมันสมองที่ว่างเปล่า ครูผู้สอนจะทำหน้าที่ทุ่มเทเนื้อหาสาระลงไปให้เต็มโดยไม่มีการฝึก

อบรมให้เด็กรู้จักคิด รู้จักทำ และรู้จักหาวิธีการแก้ปัญหาด้วยตัวของเด็กเลย วิธีการเช่นนี้ถือ
ว่ายังเป็นสิ่งจำเป็นอยู่สำหรับเด็กเล็ก ๆ ทั้งนี้เพื่อเน้นในการปฏิบัติให้เด็กได้รับประสบการณ์
ตรงด้วยตนเอง ซึ่งผู้แต่งเชื่อมั่นว่าจะสอดคล้องกับหลักการสอนของ John Dewey ที่ยึดถือว่า
การเรียนการสอนของเด็กนั้นควรเป็นการกระทำด้วยตนเอง (learning by doing หรือ first
hand experience) ผู้อ่านจะต้องเข้าใจว่าเด็กในชั้นประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้นนั้น ยัง
ไม่มีความสามารถในการหาเหตุผลได้อย่างผู้ใหญ่ อีกทั้งไม่สามารถจะอธิบาย คอนเซปต์ต่าง ๆ
เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบ ๆ ตัวได้คืบคั้น การเจริญเติบโตในระยะดังกล่าวจะดำเนินไปอย่าง
ล่าช้าและจะต้องอาศัยประสบการณ์อื่น ๆ จึงจะบรรลุความเป็นผู้ใหญ่ที่สมบูรณ์แบบ (maturity)
ได้ มีผลการศึกษาที่พอจะเป็นประจักษ์พยานเพื่อยืนยันว่า ครูอาจจะดำเนินการปลูกฝัง
คอนเซปต์อย่างเร่งรัดให้แก่เด็กในวัยเริ่มเรียน ภายใต้วิธีการที่กำหนดไว้และยังพบต่อไปอีกว่าถ้า
การอบรมสั่งสอนเด็กในวัยดังกล่าวโดยไม่ปลูกฝังให้เด็กได้รับประสบการณ์ที่เหมาะสมแล้วย่อม
จะทำให้การเจริญเติบโตของเด็กทั้งในด้านร่างกาย อารมณ์ และจิตใจ พลอยชะงักงันไปด้วย
(Duckworth, 1964 : 173) เมื่อเด็กเริ่มมีการพัฒนาในเรื่องคอนเซปต์จนสามารถถ่ายทอดออกมา
ในลักษณะสื่อความหมายได้แล้ว จึงจะเรียกว่าเด็กอยู่ในวัยที่จะมีการเรียนรู้ในเชิงอรรถอย่างมี
ความหมาย (Ausubel, 1963) การค้นพบในเรื่องที่กล่าวมานี้ นับว่าเป็นประโยชน์ต่อขบวนการ
เรียนการสอนเป็นอย่างยิ่ง และควรจะเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่จะต้องทำการค้นคว้าและวิจัยต่อไป
อีก นอกจากเรื่องราวต่าง ๆ ดังที่กล่าวมา ครูผู้สอนควรจะตระหนักอยู่เสมอว่าเมื่อเด็กเจริญวัย
จนกระทั่งมีความสามารถในการใช้ภาษาอย่างเหมาะสมและมีความสามารถในการหาเหตุผลใน
เชิงนามธรรมได้แล้ว ครูจึงควรใช้วิธีการ "อธิบาย" สิ่งต่าง ๆ ที่เด็กควรรู้ ซึ่งน่าจะเป็น
ประโยชน์มากกว่า เพราะจะเป็นการลดความสับสนวุ่นวายให้แก่เด็กด้วยวิธีการบอกกล่าวหรือ
การเล่าให้ฟัง ดังตัวอย่างที่ยกขึ้นมาในข้อ 3.1

3.3.5 ความสามารถในการเชิงคณิตศาสตร์ของเด็กแต่ละคนย่อมแตกต่างกัน ซึ่ง
จะเป็นการชี้ให้เห็นถึงความเจริญงอกงามในการหาเหตุผลของเด็กด้วย เช่นเด็กอาจจะรู้ว่า 4×3
- 3×4 เพราะด้วยเหตุผลที่ว่า

ก. ครูผู้สอนบอกว่าเขาเอา 4 เป็นตัวตั้งแล้วคูณด้วย 3 หรือจะเอา 3 เป็นตัว
ตั้งแล้วคูณด้วย 4 ก็ได้

ข. ครูอธิบายว่า ไม่ว่าจะ 4×3 หรือ 3×4 ย่อมได้ผลลัพธ์เท่ากับ 12

ค. ครูสาธิตโดยการเอาเมล็ดถั่วมาเรียงเป็น 3 แถว ๆ ละ 4 เมล็ด ซึ่งจะมีผลเช่นเดียวกันกับเอาเมล็ดถั่วมาเรียงเป็น 4 แถว ๆ ละ 3 เมล็ด

ครูผู้สอนอาจจะทดลองให้เด็กหาเหตุผลมาเสนอว่า 3หารด้วย4 จะเท่ากับ 24 หาร 3 หรือไม่

จากการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตโดยอายุช้ยต่อการเรียนรู้ในเรื่องคอนเซปและความสามารถในการหาเหตุผลของเด็ก ทำให้เราทราบว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นนั้น ผู้สอนจะต้องเน้นในเรื่องประสบการณ์ในเชิงรูปธรรมให้แก่เด็ก ในลักษณะการลงมือกระทำด้วยตนเองให้มากที่สุดและพยายามดำเนินการสอนด้วยการบรรยายให้น้อยที่สุด

3.4 ปัญหาเกี่ยวกับความคิดรวบยอดหรือคอนเซป

ตามที่ไดกล่าวถึงเรื่องคอนเซปในข้อ 2.6 ของบทที่ 2 นั้น ผู้อ่านจะพบว่าคอนเซปนั้น มีความสลับซับซ้อนซ่อนอยู่ในตัวของมันเอง บุคคลแต่ละคนย่อมมีวิธีการสร้างคอนเซปที่ไม่เหมือนกัน การที่จะกำหนดลงไปให้แน่ชัดว่า คอนเซปคืออะไร ก็ทำได้ยากทั้งนี้ เป็นเพราะเหตุผลที่ว่าคอนเซปที่จะเกิดขึ้นแก่บุคคลใดนั้นเป็นเรื่องเกี่ยวกับนามธรรม(abstract) ที่ค่อย ๆ สังสมขึ้นมาจากประสบการณ์เฉพาะคนเท่านั้น ผู้แต่งเคยยกตัวอย่างคอนเซปของคำว่า"แม่" มาแล้ว ผู้อ่านจะพบว่าแม่นั้นมีความหมายลึกซึ้งและกินความกว้างขวาง ยิ่งการสอนคอนเซปให้แก่เด็กในชั้นประถมและมัธยมศึกษาตอนต้นแล้วยิ่งจะมีความยากมากขึ้นเป็นทวีคูณ เพราะเยาวชนเหล่านั้นยังไม่สามารถจะหาเหตุผลในเชิงนามธรรมได้ดีเท่าที่ควร ครูผู้สอนจะต้องหาวิธีการต่าง ๆ ที่จะนำมาสั่งสอนเด็กๆ ด้วยความอดทนเป็นอย่างยิ่ง มีคอนเซปของวัตถุปรากฏการณ์มากมายที่จะต้องนำมาสอนให้เด็ก เช่น ก๊าซ ของแข็ง ของเหลว สีต่าง ๆ เช่น สีแดง สีเหลือง สีน้ำเงิน ฯลฯ คอนเซปเหล่านี้ครูไม่ควรจะสอนให้เด็กโดยการบอกกล่าวหรือบังคับให้เด็กท่องจำ แต่ควรจะนำตัวอย่างหรือจัดกิจกรรมเพื่อสร้างประสบการณ์ให้แก่เด็กอย่างเพียงพอ โดยพยายามเน้นในกิจกรรมที่เด็กจะพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน ครูบางท่านอาจจะคิดว่าเด็กบางคนอาจจะรู้ดีมาแล้วแต่ดูเหมือนว่าจะไม่เป็นการถูกต้องนักที่ครูจะคาดหวังเช่นนั้น

เพราะเด็กในชั้นมัธยมศึกษาบางคนอาจจะไม่เข้าใจว่า แบัง เขม่า เป็นของแข็ง หรืออาจจะไม่เข้าใจว่า ตะกั่วที่ถูกความร้อนจนละลายเป็นของเหลวก็ได้ ผู้แต่งเชื่อมั่นว่าถ้าเด็กยังไม่เข้าใจในคอนเซปต์พอ การเรียนของเด็กอาจจะไม่ประสบผลสำเร็จอย่างที่ครูผู้สอนตั้งเป้าหมายไว้

จากการรวบรวมผลวิจัยของ Wellman พบว่าภาษามีความสัมพันธ์ต่อขบวนการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ และยังเป็นสิ่งสำคัญที่จะสร้างเสริมความสามารถในการค้นคว้าหาเหตุผล (มังกร ทองสุขดี, 2523 : 8) และยังเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าภาษานอกจากจะช่วยถ่ายทอดสื่อความหมายแล้ว ภาษายังช่วยในการสร้างคอนเซปต์ได้อีกด้วย (แต่บางทีคอนเซปต์ บางคอนเซปต์อาจจะสร้างขึ้นโดยไม่ต้องอาศัยภาษาก็ได้ เช่นในกรณีที่มีการฝึกหัดสัตว์บางชนิดให้รู้จักการแยกเสียงวัตถุ และสามารถแสดงให้เห็นได้ว่าวัตถุที่มีรูปร่างเป็นวงกลมจะแตกต่างไปจากวัตถุที่มีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยม) แต่อย่างไรก็ตามอิงการเรียนรู้อาจมีความยาก มีความสลับซับซ้อนมากขึ้น ความจำเป็นในการใช้ภาษาก็ย่อมจะมีความสำคัญเพิ่มขึ้นด้วย แต่ทั้งนี้มิได้หมายความว่า การสร้างคอนเซปต์ใหม่ ๆ นั้นจะต้องอาศัยแต่เฉพาะภาษาอย่างเดียวเท่านั้น

ผู้แต่งได้กล่าวถึงคอนเซปต์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ในบทที่ 2 โดยนำผลการศึกษาค้นคว้าของ Pella (Pella, 1966 : 31-36) มาแสดงให้ทราบถึงการแบ่งประเภทคอนเซปต์ออกเป็น 3 ประเภทคือ

3.4.1 คอนเซปต์แบบการจำแนกประเภท เช่น แมลง โลหะ ฯลฯ ซึ่งเกิดจากใช้เหตุผลในเชิงนามธรรม

3.4.2 คอนเซปต์แบบสหสัมพันธ์ เช่น แรง ซึ่งจะต้องอาศัยข้อมูลต่าง ๆ มาประกอบกัน หรืออาจเกิดจากประสบการณ์ก็ได้

3.4.3 คอนเซปต์แบบอธิบายหรือคอนเซปต์ในเชิงทฤษฎี เช่น อะตอม อิเล็กตรอน เป็นเรื่องราวที่กำหนดขึ้น ซึ่งไม่สามารถจะใช้ประสบการณ์ใด ๆ สร้างขึ้นมาได้

Gagne กล่าวว่า ยิ่งโครงสร้างของความคึกคึกมีสลับซับซ้อนมากขึ้นเท่าใด ย่อมจะต้องอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างคอนเซปต์ต่าง ๆ เพิ่มจำนวนมากขึ้นเพียงนั้น (Watson, 1974 : 34) ซึ่งเมื่อกล่าวถึง กฎ ทฤษฎีต่างๆ แล้ววิชาวิทยาศาสตร์ย่อมจะยกตัวอย่างได้สะดวก เช่น กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎของอาร์คีเมดีส ความสมดุลย์ทางเคมี และ entropy ผู้แต่งเชื่อมั่นว่าการจะยกตัวอย่างในเชิงรูปธรรมย่อมจะทำได้ยาก ถ้าหากว่าครูผู้สอนไม่ใช้ภาษามา

ช่วยอธิบายขยายความแล้วย่อมจะไม่ช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้ได้คืบหน้า

ถึงแม้ว่าเราจะทราบดีว่าภาษาที่นำมาใช้ในการสร้างคอนเซปชันนั้นมิใช่เป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญของงานทางด้านสติปัญญาก็ตาม แต่ภาษาก็ย่อมมีความสำคัญต่อการที่จะนำไปใช้ในทุกสถานที่ ที่จะเอื้ออำนวยต่อการสร้างคอนเซปชันเพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจเพิ่มขึ้นถ้าหากว่าสังคมใดไม่มีภาษาใช้แล้ว เด็ก ๆ ที่อยู่โรงเรียนและสถานศึกษาอื่น ๆ คงจะต้องถูกบังคับให้ท่องจำในสิ่งที่ครูต้องการให้เด็กรู้ซึ่งจะไม่มีผลดีต่อการเรียนรู้และการพัฒนาทางการศึกษาในอนาคตของเด็กเท่าที่ควร

ดังนั้นผู้อ่านคงจะได้พิจารณาแลเห็นแล้วว่าคอนเซปชันทางวิชาวิทยาศาสตร์นั้นมีปัญหาต่อขบวนการเรียนการสอนอย่างไร ผู้แต่งขอเสนอแนะวิธีการสร้างคอนเซปชันให้แก่เด็กในชั้นประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้นที่น่าจะเป็นประโยชน์ 3 ประเภทดังนี้

1. การสอนให้เด็กรู้จักการสรุปลงความเห็น (generalization) โดยการยกตัวอย่างที่เด็กมักจะพบเห็นอยู่เสมอ ๆ
2. การสอนให้เด็กรู้จักการจำแนกความแตกต่าง (discrimination) โดยอาศัยการพินิจพิเคราะห์ การเป็นคนช่างสังเกต หรือรู้จักวิธีการเลือกสรรสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคอนเซปชัน
3. การสอนให้เด็กรู้จักการจัดระบบปิดชื่อหรือปิดป้ายฉลาก (labelling) ของคอนเซปชันต่าง ๆ

วิธีการดังกล่าวเหล่านี้จะช่วยให้เด็กเกิดความสำนึกอยู่ตลอดเวลาว่าคอนเซปชันทางวิทยาศาสตร์นั้นจะช่วยให้ขบวนการเรียนรู้ของคนดำเนินไปด้วยดี มีความเข้าใจในสิ่งแวดล้อมมากขึ้นเพียงใด

3.5 ผลการค้นคว้าจากจิตวิทยาทางการศึกษา

(contributions from educational psychology)

3.5.1 ขั้นตอนของการพัฒนาการแห่งสติปัญญา

J.Piaget ชาวสวิส เป็นทั้งนักวิทยาศาสตร์ นักการศึกษา และนักจิตวิทยา ผู้มีชื่อเสียง ได้ทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการเจริญของงานแห่งสติปัญญาของเด็กไว้ และได้รับ

การยอมรับนับถืออย่างแพร่หลาย ผลงานที่สำคัญของ Piaget ที่นักเรียนและผู้สนใจควรศึกษาค้นคว้าในตารางที่ 3.1 ซึ่งเริ่มตั้งแต่เด็กแรกคลอดจนกระทั่งอายุ 12 ขวบเป็นต้นไป

ลำดับขั้นตอน	วัยเด็ก และรายละเอียดของคุณลักษณะ
<p>ขั้นเคลื่อนไหวด้วยระบบประสาท (sensori-motor)</p>	<p>อายุตั้งแต่เริ่มคลอด-ขวบครึ่ง หรือ 0-1½ ปี เด็กในวัยนี้จะเริ่มแสดงอาการกระทำโดยอาศัยประสาทสัมผัส เพื่อต้องการจะรับรู้สิ่งที่อยู่รอบๆ ตัว เช่น ใช้ตาจ้องมอง ใช้มือจับ ดูบอลแล้วใช้ปากจุกและพยายามค้นคว้าหาสิ่งต่างๆ ที่จะต้องจดจำให้ได้</p>
<p>ขั้นเตรียมเพื่อปฏิบัติการ (pre-operational)</p>	<p>อายุตั้งแต่ 1½ ปี - 7 ปี คุณลักษณะเด่นชัดจะได้แก่มีการพัฒนาการในเรื่องภาษา จะรู้จักวิธีการแสดงให้รู้ว่ารู้จักวัตถุต่างๆ โดยอาศัยภาพและคำพูด จะเริ่มรู้จักการเล่นโดยอาศัยการจินตนาการรู้จักวิธีการใช้คำเกมเด็กในวัยนี้จะยึดถือตนเองเป็นจตุริเริ่ม รู้จักการพิจารณาโดยอาศัยรูปร่างของวัตถุเป็นหลักสำคัญ การใช้เหตุผลยังมีน้อย และสามารถสร้างคอนเซปแบบง่าย ๆ ได้จากการกระทำและมองเห็นความสัมพันธ์กับสิ่งอื่น ๆ ได้เพียงอย่างเดียวในช่วงระยะเวลาเพียงช่วงเดียวเท่านั้น</p>
<p>ขั้นปฏิบัติการในเชิงรูปธรรม (concrete operation)</p>	<p>อายุตั้งแต่ 7-12 ปี โดยประมาณ เด็กในวัยนี้จะเริ่มมีพัฒนาการในเรื่องคอนเซปเกี่ยวกับสสารระยะทาง น้ำหนัก จำนวน ปริมาตร ฯลฯ และสามารถจะทำความเข้าใจในคุณสมบัติของสิ่งต่างๆ ที่ปรากฏขึ้นมาได้ในทันที แต่ทว่ายังไม่มีความสามารถในการคิดในรูปนามธรรม หรือการตั้งสมมุติฐานได้ มักจะลงมือกระทำการใด ๆ โดยไม่มีการ</p>

ลำดับขั้นตอน	วัยเด็ก และรายละเอียดของคุณลักษณะ
<p>ขั้นปฏิบัติการตามรูปแบบ (formal operation)</p>	<p>เตรียมการล่วงหน้า ชอบการกระทำแบบลองผิดลองถูก รวมทั้งไม่สามารถจะใช้ภาษาเพื่อกำหนด ข้อจำกัดความใด ๆ ได้ มีสิ่งใหม่ ๆ ปรากฏให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงจากการใช้และกำลังโดยใช้ขบวนการคิดจากจิตใจ รู้จักการแยกประเภทของวัตถุต่าง ๆ โดยสังเกตจากความแตกต่างหรือความคล้ายคลึงของวัตถุเหล่านั้น ตลอดจนสามารถจัดวัตถุเหล่านั้นโดยอาศัยน้ำหนัก สี รูปร่าง ฯลฯ เป็นเกณฑ์พิจารณา</p> <p>อายุประมาณ 12 ปีขึ้นไป</p> <p>เด็กในวัยนี้จะเริ่มรู้จักการใช้เหตุผลอย่างอิสระเสรี มีความสามารถในการคิดในรูปแบบนามธรรมตามแบบของผู้ใหญ่มากขึ้น จะพยายามค้นหาคำจำกัดความสิ่งต่าง ๆ สืบเสาะหา กฎเกณฑ์ ข้อบังคับ ตลอดจนแนวทางที่น่าจะเป็นไปได้อย่างจริงจังเพื่อนำไปอธิบายให้กระจ่างชัด รู้จักการเตรียมแผนการล่วงหน้า จะหาวิธีการสร้างและทดสอบสมมุติฐานที่ตั้งขึ้นมา มีความพยายามที่จะใช้สัญลักษณ์แทนสิ่งต่าง ๆ เด็กในวัยดังกล่าวจะมีความสามารถในการปฏิบัติการต่าง ๆ เพื่อพิสูจน์หรือเพื่อจะแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนมากกว่าการนำคอนเซปมาเสนอ</p>

ภาพที่ 3.1 : ขั้นตอนการพัฒนาการแห่งสติปัญญา
แหล่งที่มา : the art of the science teacher, p. 34 : 1974

หมายเหตุ

1. ผู้อ่านจะต้องไม่ยึดถือเป็นข้อกำหนดที่แน่นอนลงไปว่า ขั้นตอนการพัฒนาการของสติปัญญาของเด็กจะเป็นไปตามช่วงอายุที่ไค้แบ่งเอาไว้ในตาราง แต่อาจจะมีการเหลื่อมล้ำกันได้บ้างตามแต่สภาพของเด็กแต่ละบุคคล

2. Piaget จะใช้คำว่า "ปฏิบัติการ" (operation) เป็นคำเฉพาะในขบวนการทางตรรกวิทยา เช่น เด็กสามารถจัดแยกประเภทวัตถุได้โดยอาศัยรูปร่าง ขนาด น้ำหนัก สี ฯลฯ

3. คำว่า "ขั้นตอน" (stage) ที่ Piaget นำมาใช้มักจะหมายถึงรูปแบบที่มีระเบียบของการพัฒนาการซึ่งเด็กแต่ละบุคคล จะต้องเจริญเติบโตผ่านไปตามแต่ละขั้นตอนโดยไม่ได้เอาอายุของเด็กมาเป็นเกณฑ์กำหนด

4. การพัฒนาการ (development) หมายถึงขบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีลักษณะที่ค่อยเป็นค่อยไป หรือเจริญเติบโตทีละเล็กทีละน้อย การพัฒนาการในตัวเด็กจะเกิดขึ้นจาก เพิ่มเติม สั่งสม ซึมซาบ รับเข้าไว้ ตูดกลืน เลียนแบบ แนวความคิดใหม่ ๆ เพื่อใช้เป็นโครงสร้างของคอนเซปต์ ขบวนการเช่นนี้ Piaget เรียกว่า assimilation และถ้าหากว่า จะมีการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงโครงสร้างของคอนเซปต์นั้นให้เหมาะสม ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้ในกรณีที่เกิดการขัดแย้งระหว่างแนวความคิด ประสบการณ์เดิมกับสิ่งใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้น ขบวนการประการหลังนี้ Piaget เรียกว่า accomodation

5. ขบวนการวินิจฉัยโดยการศึกษาค้นคว้า หรือที่เรียกว่า clinical studies หรือ clinical interview method ใ้รับการวิพากษ์วิจารณ์อย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลของการศึกษาที่ Piaget นำเสนอนั้นมักจะเน้นในเรื่องภูมิหลังทางด้านวัฒนธรรมของเด็กทั่วๆ ไปมากกว่าเด็กที่เกิดในยุโรปและสหรัฐ

6. ผลการทดลองที่มีชื่อเสียงและได้รับการยอมรับนับถืออย่างกว้างขวางได้แก่ เรื่อง conservation ที่ช่วยให้ครูผู้สอนเกิดความมั่นใจที่จะตอบปัญหาต่าง ๆ ได้เช่น

6.1 เราจะเชื่อมั่นได้อย่างไรว่าเด็กนักเรียนเข้าใจในสิ่งที่ครูใ้อธิบายให้ฟัง.

6.2 ทำอย่างไรเราจึงจะทราบว่า หรือทำอย่างไรเราจึงจะแนะนำให้เด็กใช้ วัสดุต่าง ๆ ไปสร้างคอนเซปต์ได้

อย่างไรก็ตาม Piaget เชื่อว่าการเรียนรู้นั้นหมายถึงกิจกรรมแห่งจิตใจที่ปรุงแต่งขึ้นใหม่อย่างต่อเนื่องอยู่ตลอดเวลา Piaget ไม่เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นขบวนการที่นำความรู้มาเพิ่มเติมให้แก่ความรู้เก่าที่มีอยู่โดยปราศจากการสร้างสรรค์หรือเสริมเขม้นใจว่าการเรียนรู้เป็นภารกิจแห่งจิตใจที่มีรูปแบบและดำเนินการไปอย่างรุนแรง รวดเร็ว (drastic) เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงของตัวดักแค้ที่เจริญเติบโตเป็นผีเสื้อ ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงแบบนี้ Piaget กล่าวว่าจะต้องอาศัยขบวนการทั้งภายในและภายนอกร่างกายมาผสมผสานกัน เช่น การเจริญเติบโตของร่างกาย(ในลักษณะชีวภาพ) ประสบการณ์ และความสมดุลย์(equilibrium)

Piaget ได้ให้คำอธิบายต่อคำว่าความสมดุลย์ไว้ว่า หมายถึงสภาวะการแห่งดุลยภาพ (balancing) ระหว่างการรับเอาสิ่งต่าง ๆ จากสิ่งแวดล้อม (assimilation) กับการปรับตัวเองให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลง(accomodation) ซึ่งจะแปรสภาพเป็นความรู้ใหม่ๆ ความสัมพันธ์ระหว่างขบวนการ assimilation กับ accomodation นี้จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องอยู่ตลอดเวลา การปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมหรือให้สอดคล้องกับสิ่งใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นนั้น เด็กจะแสดงออกมาในลักษณะของการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม (piaget ชอบใช้คำว่า schema แทนอยู่เสมอ)

แม้ว่างานของ Piaget จะเป็นที่ยอมรับในหมู่นักการศึกษาอย่างกว้างขวางก็ตาม แต่ก็ยังมีการวิพากษ์วิจารณ์ในบางแง่มุมอยู่บ้าง เช่น Ausubel เคยตั้งข้อสังเกตไว้ว่า "เรายังไม่สามารถจะบอกได้ถึงปริมาณของการเปลี่ยนแปลงที่เป็นผลของการเรียนในเด็กแต่ละวัยได้อย่างแน่นอน ทั้งยังไม่มีประจักษ์พยานที่แน่ชัดว่าจะสามารถนำเทคนิคของการแก้ปัญหาและการปฏิบัติการในเชิงตรรกวิทยามาใช้กับเด็กในแต่ละวัยได้อย่างไร เราเพียงแต่ทราบว่า การเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในแต่ละวัยของเด็กก็ดี เทคนิคการแก้ปัญหาและการลงมือปฏิบัติการก็ดีโดยหลักการแล้วย่อมแตกต่างกันไปตามระดับ (degree) ของความยากง่ายและความสลับซับซ้อน" (Ausubel, 1963 : 115)

ผู้แต่งใคร่จะขอแนะนำว่าการที่จะทำความเข้าใจในเรื่องราวต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับเรื่องนี้จะต้องอาศัยการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมและสนทนากับผู้รู้อย่างกว้างขวาง จะช่วยให้เกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้งและสามารถจะนำไปให้บังเกิดผลได้ดีในโอกาสต่อไป

อนึ่งผู้แต่งเชื่อว่าผู้อ่านได้ศึกษาผลงานของ Piaget ที่เน้นถึงการเจริญเติบโตของเด็กตั้งแต่วัยทารกจนถึงเด็กในวัยประถมศึกษามาแล้วพอสมควรแล้ว จึงใคร่เสนอผลการค้นคว้า

จิตวิทยาเกี่ยวกับการเรียนรู้ของเด็กในระดับมัธยมศึกษาบ้าง ทั้งนี้เพราะสังเกตเห็นว่าเด็กที่เรียนอยู่ในโรงเรียนนั้นย่อมมีพัฒนาการที่ต่อเนื่องกันอยู่ The National Science Teachers Association ได้เสนอแนะจิตวิทยาการเรียนรู้ของเด็กในชั้นมัธยมศึกษาดังต่อไปนี้

1.) การพัฒนาการในทางกายภาพ

(physical developmental characteristics)

(1.1) เด็กในวัยนี้จะมีความเจริญเติบโตในส่วนสูงและมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น แต่เด็กผู้ชายจะเจริญเติบโตน้อยกว่าเด็กผู้หญิงในอัตราที่ช้ากว่ากันประมาณ 2 ปี และพบว่าเด็กผู้หญิงจะเริ่มเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วตั้งแต่อายุ 12.5 ปี จนกระทั่งเริ่มมีอายุ 15-16 ปี อัตราการเจริญเติบโตจึงจะปรกติ ส่วนเด็กผู้ชายจะเริ่มเจริญเติบโตเมื่ออายุ 14.5 ปี จนกระทั่งมีอายุ 17-20 ปี และอัตราการเจริญเติบโตจึงจะสู่ระดับปรกติ นอกจากนั้นยังพบว่าประมาณร้อยละ 75 ของเด็กผู้ชายในชั้นประถม 7-ม.ศ.1 เริ่มเข้าสู่วัยรุ่นหนุ่มสาว (preadolescence) แต่เด็กหญิงในชั้นเดียวกันเริ่มเจริญเข้าสู่วัยรุ่นหนุ่มสาว (adolescence) แล้ว

(1.2) การเจริญทางร่างกายของเด็กจะดำเนินไปอย่างรวดเร็ว โดยในระยะแรก กระดูกจะมีการพัฒนาก่อนส่วนกล้ามเนื้อจะค่อยเจริญอย่างช้า ๆ เด็กในระยะนี้จะมีความรู้สึกกระสับกระส่าย อ่อนเพลีย ซุบซิด (listless) และเฉื่อยชา รุ่มง่าม (awkward) ทั้งนี้เป็นเพราะว่าการเจริญงอกงามของกระดูกมีมากกว่าการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อ จึงทำให้ไม่มีการสัมพันธ์เกิดขึ้น ฉะนั้นกิจกรรมต่าง ๆ ที่ครูจะจัดขึ้นจึงควรหลีกเลี่ยงการใช้กำลังให้มาก

(1.3) เด็กในวัยนี้จะให้ความสนใจในกิจกรรมที่จัดทำเป็นกลุ่ม เป็นคณะ ที่แสดงออกถึงความเป็นน้ำหนึ่งใจเดียวกัน มีความสนใจที่เสนอตัวเข้าเป็นสมาชิกหรือสังคมต่าง ๆ ฉะนั้นจึงควรจะให้คำแนะนำหรือช่วยย้ช่วยให้เด็กแสดงออกอย่างระมัดระวัง

(1.4) เด็กในวัยนี้จะเริ่มสนใจในเรื่องกามารมณ์เด็กหญิงจะเริ่มแตกเนื้อหนุ่ม-สาวมากกว่าเด็กชายราว 2 เท่า เริ่มสนใจในเรื่องสุขภาพ ความเป็นระเบียบ เพิ่มปริมาณของอาหารที่รับประทานแต่ครั้งมากขึ้นนั้น ไม่รับประทานจุจิกเหมือนตอนที่อยู่ในวัยก่อนๆ

2.) การพัฒนาการในด้านสังคมและอารมณ์

(social and emotional characteristics)

(2.1) ขณะที่เด็กเริ่มเข้าสู่วัยแตกหนุ่มสาวเด็กจะเริ่มแสดงความต้องการเป็น

ตัวของตัวเองหรือความเป็นอิสระแห่งตน (self-dependence) ออกมาให้ปรากฏ นอกจากนั้น เด็กจะเริ่มแยกออกจากความเป็นสมาชิกของครอบครัวมากขึ้น

(2.2) เด็กในวัยนี้เริ่มสนใจในความเป็นมิตรภาพอย่างมาก ในระยะเริ่มต้นของความเป็นหนุ่มสาวจะมีความต้องการในเรื่องการมีสิทธิเท่าเทียม และความเป็นสมาชิกของสังคม

(2.3) ในระยะแรกของวัยรุ่น เด็กเริ่มสนใจเพื่อนต่างเพศ ความพอใจในเพื่อนเพศเดียวกันจะเริ่มลดน้อยลง ซึ่งเป็นอาการที่แสดงให้ปรากฏชัดเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของอารมณ์ของเด็กในวัยนี้

(2.4) อารมณ์ของเด็กในตอนเข้าสู่วัยรุ่น เริ่มผันแปรเสมอไม่แน่นอนเสมอ บางครั้งจะแสดงอาการให้เห็นถึงความกดดันทางด้านอารมณ์ เช่น ไม่ยอมให้ความร่วมมือแสดง การต่อต้านหรือการวิจารณ์เกินเหตุ

3.) การพัฒนาการทางจิตใจ

(mental development)

(3.1) การพัฒนาการทางจิตใจของเด็กนั้นจะเริ่มมีลักษณะเฉพาะของตนแต่คุณลักษณะของการพัฒนาการจะเริ่มเปลี่ยนแปลงไปเมื่อเด็กนั้นมีอายุเข้าสู่วัยรุ่น ลักษณะสำคัญของการเจริญเติบโตของจิตใจจะสูงขึ้น คือ รู้จักคิด

(3.2) อัตราการเจริญเติบโตเข้าสู่ความเป็นผู้ใหญ่ (maturity) จะมีระดับสูงสุด

(3.3) อัตราการเจริญเติบโตของระดับอายุทางจิตใจ (mental age) ของเด็กแต่ละคนจะแตกต่างกัน

(3.4) เด็กในชั้นมัธยมจะสามารถวิเคราะห์ (analysis) ในเรื่องเหตุ-ผล (causal effect) ได้ดีที่สุดในฐานะจะเป็นพื้นฐานในการเรียนวิทยาศาสตร์ในเวลาต่อไป

(3.5) เด็กวัยนี้จะสามารถแสดงให้เห็นความก้าวหน้าในการคิดเกี่ยวกับเรื่องนามธรรม (abstract symbol) ได้ดี

4.) ระดับของความสามารถ

(the range of abilities)

จากการค้นพบว่าเด็กในชั้นมัธยมจะแสดงออกให้เห็นถึงความสนใจในกิจกรรม

ต่าง ๆ ที่โรงเรียนจัดขึ้นนั้นแตกต่างกัน นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้พยายามจัดเด็กในระดับมัธยมศึกษาโดยอาศัย ความสามารถ (ability) และความสนใจ (interest) ของเด็กเป็นเกณฑ์ จัด เจ.เนค ไบรอัน (J. Ned Bryan) ได้แบ่งออกเป็น 4 พวก คือ

(4.1) พวกที่มีความสามารถและความสนใจมาก มีลักษณะเด่นดังนี้

- 4.1.1 แสดงความสนใจมากและสนใจในเรื่องคุณภาพมากกว่าเรื่องปริมาณ
- 4.1.2 มีความสามารถในด้านสร้างสรรค์ (creative ability) สูงทำงานบ้านหรืองานที่มอบหมายเกินกว่าที่ครูสั่งหรือกำหนดให้
- 4.1.3 ให้ความร่วมมือในกิจกรรมต่าง ๆ เป็นอย่างดี
- 4.1.4 ปฏิบัติตามกฎ ระเบียบ และข้อบังคับ
- 4.1.5 ยอมรับฟังในข้อเสนอแนะหรือคำชี้แจงในข้อผิดพลาด
- 4.1.6 เข้าใจในงานที่มอบหมายให้เสมอ
- 4.1.7 แสดงออกเกี่ยวกับความคิดริเริ่ม ชอบคิด ชอบวางแผน และให้ความร่วมมือ
- 4.1.8 แสดงความคิดเห็นในแนวสะท้อนกลับ ชอบทำงานและหาวิธีใหม่ ๆ
- 4.1.9 จะทำงานทันทีที่ได้รับมอบหมายและมีความผิดพลาดน้อย
- 4.1.10 มีความรับผิดชอบสูงต่อตัวเอง ต่อครอบครัวและผู้อื่น
- 4.1.11 รู้จักสรุปและเข้าใจในเรื่องเหตุผล
- 4.1.12 มีความรู้สึกไวต่อเวลา ฉลาดและกระตือรือร้น
- 4.1.13 รู้จักนำความรู้ไปใช้ให้เป็นประโยชน์
- 4.1.14 ทำงานเรียบร้อยและมองการณ์ไกล
- 4.1.15 มีความประพฤติเรียบร้อยทั้งด้านศีลธรรมและวัฒนธรรม
- 4.1.16 รู้จักการทำงานและจัดการในสิ่งต่าง ๆ
- 4.1.17 รู้จักการเตรียมตัว

(4.2) พวกที่มีความสามารถสูงแต่มีความสนใจต่ำ มีคุณลักษณะดังนี้

- 4.2.1 แสดงออกทางสร้างสรรค์บ้าง มีความสามารถสูง
- 4.2.2 เข้าใจในงานที่ได้รับมอบหมาย
- 4.2.3 ทำงานที่ได้รับมอบหมายเพิ่มเติมเพียงเล็กน้อย
- 4.2.4 จะให้ความร่วมมือในกิจกรรมเมื่อได้รับการขอร้อง
- 4.2.5 มีความสุภาพอ่อนโยนและให้ความช่วยเหลือดี
- 4.2.6 มีความเคลื่อนไหวคล่องตัวดี
- 4.2.7 ชอบทำงานหนักที่ได้รับมอบหมายและชอบทำงานอย่างยุ่ง
- 4.2.8 ชอบทำงานประจำให้เสร็จ แต่ไม่ชอบทำให้มากเกินไป
- 4.2.9 แสดงความคิดริเริ่มของตนเอง
- 4.2.10 ชอบปฏิบัติตามกฎเกณฑ์
- 4.3) พวกที่มีความสามารถต่ำ แต่มีความสนใจสูง มีลักษณะดังนี้
 - 4.3.1 มีความตั้งใจในชั่วโมงที่เรียนดี
 - 4.3.2 ให้ความร่วมมือในกิจกรรมของชั้นและทำงานที่เกี่ยวข้องกับ
รูปธรรม เช่น การทดลอง การปฏิบัติการต่าง ๆ
 - 4.3.3 ยอมรับฟังข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะ คำชี้แจงแก้ไข
 - 4.3.4 ชอบทำงานเพิ่มเติมที่เกี่ยวกับการสร้างประสบการณ์
 - 4.3.5 มีความจำข้อเท็จจริงได้ดีพอสมควร
 - 4.3.6 ปฏิบัติตามผู้ตัวอย่างเต็มที่
 - 4.3.7 ปฏิบัติให้ลุล่วงตามปกติ แต่ไม่ชอบทำงานใหม่
 - 4.3.8 เชื่อว่าความรู้เป็นสิ่งจำเป็นที่จะขาดไม่ได้
 - 4.3.9 มีความสามารถในการลอกเลียนแบบและรู้จักการเปรียบเทียบ
 - 4.3.10 ความสามารถในการหาเหตุผลอยู่ในระหว่างปานกลาง แต่มี
ทางจะปรับปรุงได้ดีกว่าเดิม
- 4.4) พวกที่มีความสามารถและความสนใจต่ำ มีคุณลักษณะดังนี้
 - 4.4.1 ไม่มีความสนใจ

- 4.4.2 ขาดความระมัดระวัง
- 4.4.3 ไม่พูดหรือพูดน้อยมากเมื่อมีการอภิปรายปัญหา
- 4.4.4 ไม่ตั้งใจหรือไม่สามารถที่จะทำงานใหม่
- 4.4.5 จะทำงานน้อยมากเมื่อได้รับการขอร้องหรือเมื่อถึงคราวจำเป็น
- 4.4.6 ชอบดื่มหรือไม่เข้าใจในงานที่ได้รับมอบหมาย
- 4.4.7 ชอบผัดขำเสมอทั้ง ๆ ที่เคยแก้ตัวแล้ว
- 4.4.8 แสดงความไม่ชื่นชอบ ไม่สนใจต่องานที่ได้รับมอบหมาย
- 4.4.9 หมคความกระตือรือร้นได้ง่าย
- 4.4.10 มีความสนใจเป็นครั้งคราว (spasmodic interest)

เราอาจจะสรุประดับความสามารถของเด็กได้ตามแผนภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 : ระดับความสามารถของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา

แหล่งที่มา : NSTA, 1977

3.5.2 ความสำคัญในการกระทำของเด็ก

Piaget และคณะ ได้ทำการศึกษาค้นคว้าที่ The Rousseau Institute ณ เมืองเยนีวา (Victor, 1980 : 6) และสรุปว่า "การเรียนรู้ในระยะเริ่มแรกของเด็กนั้น ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นจากการกระทำที่ถูกควบคุมอยู่ภายในร่างกายของเด็กนั่นเอง และโดยเหตุนี้จึงทำให้กล่าวได้ว่า ประสบการณ์ที่มีลักษณะเป็นรูปธรรมนั้นถือว่าเป็นสิ่งสำคัญ และจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับเด็ก ๆ " เราจะพบว่าในขบวนการเรียนการสอนในยุคปัจจุบันนี้มักจะเน้นในเรื่อง "กิจกรรม" (activities) และการฝึกปฏิบัติ (practices) เป็นหลักในโรงเรียนประถมศึกษา Watson กล่าวยืนยันว่ามีนักการศึกษาเป็นจำนวนมาก และรวมทั้งชาวรัสเซียด้วย ได้ยอมรับนับถือในเรื่องดังกล่าวโดยพยายามจัดให้เด็กลงมือทำการทดลอง (experiment) หรือปฏิบัติการ (operation) ในวัตถุสิ่งของต่าง ๆ ด้วยตนเอง และพยายามเปลี่ยนรูปแบบจากสิ่งที่เป็นรูปธรรม (ในชั้นประถมศึกษา) ให้ค่อย ๆ พัฒนาไปในเชิงนามธรรม (ในระดับมัธยมศึกษา) มากยิ่งขึ้น ซึ่งจะเป็นวิธีการเพิ่มพูนให้เด็กมีศักยภาพใน "ขั้นปฏิบัติการตามรูปแบบ" (formal operation) รวมทั้งส่งเสริมให้เด็กได้สำเนียงถึงความสามารถในการแก้ปัญหาจากสิ่งที่ยากให้มีความยาก มีความสลับซับซ้อนมากขึ้นเป็นทวีคูณ (Watson, 1974 : 35) เราอาจจะกล่าวสรุปได้ว่า ประสบการณ์ที่เกิดจากการปฏิบัติการทางกายภาพหรือประสบการณ์ที่มีรูปแบบเป็นรูปธรรมนั้น ยังคงมีความสำคัญต่อเด็กในวัยต่าง ๆ อย่างกว้างขวางเกินกว่าที่เราจะคาดคะเนเสียอีก

ผู้อ่านคงจะสังเกตเห็นแล้วว่า การกระทำของเด็กนั้นมีบทบาทสำคัญต่อขบวนการเรียนการสอนอย่างยิ่ง Fred W. Fox ได้เสนอแนะเกี่ยวกับระดับของการปฏิบัติการในการสอน (levels of performance in teaching) ไว้ ทั้งนี้เพื่อจะเป็นแนวทางให้ครูนำไปใช้กับเด็กให้เหมาะสม ดังภาพที่ 3.3

ระดับของการปฏิบัติการ

ระดับ	การปฏิบัติการ
I	<p>การลอกเลียนแบบ การกระทำตามคำบอก</p> <p>เป็นจุดเริ่มต้นการสัมพันธ์ระหว่างครูกับเด็ก ที่ครูแนะนำให้เด็กลงมือปฏิบัติการต่างๆ ที่เห็นว่าเหมาะสม ทั้งนี้เพื่อให้เด็กเกิดความสำนึกที่จะรับรู้ในเรื่องคอนเซปหรือขบวนการง่าย ๆ</p>
II	<p>การปฏิบัติการในขั้นนี้จะรวมงานในขั้น I เข้าไว้ด้วย โดยเพิ่มเติม ภารกิจอื่น ๆ เช่น การยอมรับนับถือในสิ่งที่ครูสั่ง (recognizing) การกำหนดคหหลักฐาน (identifying) การจดจำ (remembering) การระลึกได้ (recalling) และการจำแนกแจกแจง (classifying)</p>
III	<p>การกระทำในขั้น III จะต้องรวมภารกิจในขั้น I และ II และกระทำเพิ่มเติมในส่วนที่เกี่ยวกับการเปรียบเทียบ (comparing) การหาความสัมพันธ์ (relating) การจำแนกความแตกต่าง (discrimination) การสร้างสูตรหรือรูปแบบ (formulating) และการนำมาแสดงให้เห็น (illustration)</p>
IV	<p>การปฏิบัติการในขั้นนี้จะประกอบด้วยการกระทำในขั้น I, II, III ร่วมกับการอธิบาย (explanation) การแสดงเหตุผลอันสมควร (justifying) การพยากรณ์ (predicting) การประมาณค่า (estimating) การแปลความหมาย (interpreting) และการพิจารณาแบบวิเคราะห์ (making critical judgments)</p>

ระดับ	การปฏิบัติการ
V	เป็นการปฏิบัติการขั้นสูงสุดโดยการรวมการกระทำทั้งหมดใน 4 ระดับ พร้อมกับทำการในเชิงริเริ่มสร้างสรรค์ (creating) การค้นคว้าเพื่อให้เกิดสิ่งใหม่ ๆ (discovering) การจัดตั้งรวบรวม (reorganizing) การกำหนดสมมุติฐาน (hypotheses) ตลอดจนการกำหนดปัญหาและสามารถหาคำตอบได้ด้วย

ภาพที่ 3.1 : ระดับของการปฏิบัติการ

แหล่งที่มา : William D. Romey, inquiry : Technique for teaching science, p. 193-196.

3.5.3 บทบาทของภาษา

J.S. Bruner และบุคคลอื่น ๆ เป็นจำนวนมากได้ศึกษาค้นคว้ากันอย่างกว้างขวางในเรื่องการสร้างคอนเซ็ปของเด็กและบุคคลทั่วไป โดยทำการศึกษาที่ The Harvard Center for Cognitive Studies ประมาณ ค.ศ.1964 Bruner ได้คิดค้นและเสนอ the course of cognitive growth หรือแนวทางการพัฒนาการของการเรียนรู้และการเข้าใจ ซึ่งเป็นผลการศึกษาค้นคว้าที่มีความสอดคล้องกับงานของ Piaget เพราะต่างก็ได้พยายามเน้นถึงความสำคัญของการพัฒนาความสามารถในการคิดค้นหาเหตุผลโดยอาศัยภาษาเป็นสื่อกลาง บุคคลสำคัญที่ดำเนินการทดลองในเรื่องนี้คือ Françoise Frank (Watson and Johnson - Laird, 1968 : 390) โดยทำการทดลองเกี่ยวกับความทรงตัว (conservation) ของของเหลวกับเด็ก ๆ อายุระหว่าง 4-7 ขวบ ผลปรากฏว่าการทำความเข้าใจในสิ่งที่เหลือวิสัยของเด็กจะเรียนรู้ได้นั้น เด็กมีความต้องการในเรื่องภาษา การโต้แย้ง ตลอดจนสิ่งต่าง ๆ ที่จะต้องมาช่วยทดแทนเพื่อเสริมสร้างในการที่จะทำความเข้าใจในข้อมูลต่าง ๆ ได้ ประสบการณ์ที่เด็กจะได้รับจะต้องมีลักษณะเป็นรูปธรรมที่เด็กจะสามารถสัมผัสได้ด้วย

ความจริงแล้วภาษานั้นมิใช่เป็นเรื่องใหม่ที่เพิ่งจะมีผู้ให้ความสนใจที่จะนำมาใช้ในขบวนการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เพราะนักจิตวิทยาที่ดี นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ก็คิดต่างก็ทราบดีว่าภาษามีความสำคัญต่อการพัฒนาในการคิดของมนุษย์ โดยธรรมชาติของเด็กแล้วย่อมพูดคุยและชอบซักถามอยู่ตลอดเวลา มีผลงานของนักการศึกษาทางวิทยาศาสตร์หลายท่านที่ทำการค้นคว้าในเรื่องภาษา อาทิเช่น

Henry E. Armstrong นักเคมีชั้นนำชาวอังกฤษ ผู้ซึ่งคิดค้นวิธีการสอนแบบที่เรียกว่า "the heuristic method" และต่อมาได้มีการดัดแปลง ปรับปรุง เพื่อให้มีคุณค่ามากขึ้นและมีชื่อเรียกแบบต่าง ๆ กัน เช่น inquiry หรือ discovery เช่นนี้ เป็นต้น Armstrong กล่าวไว้ตั้งแต่ ค.ศ.1913 ว่า "ในขณะที่เด็กเริ่มเขียนได้ เด็กจะมีความต้องการทำรายชื่อทุกอย่างที่รวบรวมมาได้ พร้อมทั้งเริ่มศึกษาความเป็นมาของสิ่งต่าง ๆ เหล่านั้นอย่างมีระบบ... และจะเริ่มทำการทดลองเพื่อค้นหาคุณสมบัติอื่น ๆ ที่เขายังไม่สามารถจะพบเห็นได้... เด็ก ๆ จะคอยค้นหาวิธีการต่าง ๆ เพื่อศึกษารวบรวมด้วยความระมัดระวัง และในที่สุดเด็กเหล่านี้จะสรุปประเด็นสำคัญ ๆ ด้วยภาษาง่าย ๆ" (Kuslan และ Stone, 1968 : 122-3)

Mortimer Adler กล่าวว่า "ศิลปะการอ่านนั้นหมายถึงขบวนการรวบรวมทักษะทั้งหลายเข้ามาไว้ด้วยกัน และยังเกี่ยวข้องกับการนำเอาวิธีการค้นคว้ามาใช้อีกด้วย เช่นจะต้องอาศัยวิธีการสังเกตอย่างรอบคอบ อาศัยการจดจำ การจินตนาการ การอ้างเหตุผลเพื่อการวิเคราะห์ และสะท้อนแนวความคิด อย่างไรก็ตามเราถือว่าการอ่านคือการเรียนรู้ และเป็น การฝึกคิดอีกด้วย" (มังกร ทองสุขดี 2523 : 7)

Lucas และ Burlando เสนอทฤษฎีเกี่ยวกับการอ่านว่า "ทักษะในการอ่านจะช่วยสร้างเสริมต่อขบวนการค้นคว้าในสิ่งใหม่ๆในเชิงวิทยาศาสตร์ เพราะการสร้างประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์นั้นมักจะเน้นให้เด็กรู้จักการตั้งปัญหา การหาข้อมูล การนำข้อมูลไปสร้างกราฟ มีการประเมินผลจากสิ่งที่ค้นพบและสรุปผลอีกด้วย นอกจากนี้ในการพัฒนาหลักสูตรใหม่นั้น ยังเน้นถึงการศึกษาด้วยตนเองเพื่อให้เด็กเกิดการพัฒนาแห่งตน โดยกำหนดวิธีการสอนให้เด็กอ่านและศึกษาให้มากที่สุด ฉะนั้นจึงสรุปได้ว่า หลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ในยุคปัจจุบันนั้นยึดถือการอ่านเป็นการเสริมทักษะที่สำคัญที่สุด" (Lucas and Burlando, 1975 : 769-770)

การที่ครูจะรู้ว่าเด็กคนใดมีความสามารถในการใช้ภาษามากน้อยเพียงใดนั้น อาจจะสังเกต

ได้จากลักษณะอาการพูดจา การเขียน การรายงานจากการอ่าน และยังมีวิธีการอื่น ๆ อีกมากมาย แต่ที่นิยมกันมากคือการใช้คำถามเพื่อให้เด็กโต้ตอบหรือกระตุ้นให้เด็กซักถามครู และระหว่างเพื่อนฝูงให้มากที่สุด Mc Glathery กล่าวว่า "นับตั้งแต่สมัยโสกราตีสเป็นต้นมา คุณลักษณะที่ดีเด่นของครูคือการใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้โต้ตอบ เพราะคำถามจะช่วยให้ นักเรียนรู้จักการวิเคราะห์ วิพากษ์วิจารณ์ คำถามจะเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ครูตรวจสอบความเข้าใจของเด็ก ครูอาจจะใช้คำถามเป็นเครื่องกระตุ้นให้เด็กลงมือกระทำการใด ๆ หรือช่วยให้เด็กรู้จักการคิด ค้นคว้าในเชิงสร้างสรรค์ นอกจากนั้นครูยังใช้คำถามเป็นมาตรฐานที่จะคอยควบคุมการกระทำที่เด็กแสดงออกมาและสามารถใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการเรียนรู้ได้อย่างเอนกประสงค์ บางครั้งเราอาจจะใช้คำถามเป็นอุปกรณ์สำหรับการสื่อความหมายเสียจนกลายเป็นเรื่องธรรมดา จนบางทีเราเองอาจจะลืมไปว่าทำไมเราจึงต้องใช้คำถามหรือลืมคิดไปว่าเราควรจะถามอย่างไรจึงจะมีผลต่อการเรียนของเด็กที่เรากำลังสอนอยู่" (Mc Glathery, 1978 : 13-14)

ในเรื่องการใช้คำถามเพื่อจะทำการสอนก็ดี หรือต้องการจะตรวจแนวความคิดของเด็ก ก็ดี Gagne และ Briggs ได้ศึกษาพบว่า "คำถามจะทำหน้าที่เสมือนการเสนอแนะหรือการแนะนำให้ผู้เรียนได้มีการพัฒนาการเรียนรู้จากระดับต่ำ (การกระตุ้น-การโต้ตอบ) ไปสู่การเรียนรู้ในระดับสูงสุด (การแก้ปัญหา) แม้ว่าคำถามที่นำมาใช้สอบถามเด็กนั้น เด็กไม่สามารถจะตอบได้ก็ตาม แต่คำถามดังกล่าวจะเสนอความคิดที่จะช่วยให้มีการนำคอนเซ็ปและกฎเกณฑ์ต่าง ๆ มาผสมผสานเพื่อสร้างกฎหรือแนวทางเพื่อการเรียนรู้ใหม่ได้เสมอ" (Gagne and Briggs, 1973)

3.5.4 การสร้างแนวความคิด

ครูผู้สอนเด็กในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้น มักจะพบอยู่เสมอว่าเด็กเหล่านั้นไม่อาจจะอธิบายถึงปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่บังเกิดขึ้นได้ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าเด็กไม่มีความสามารถในการนำเหตุผลมาอ้างอิงได้นั่นเอง เด็กจะขาดพลังทางด้านจิตใจ แนวความคิดในเชิงตรรกวิทยาที่จะรวบรวมข้อมูลมารวบรวมหรือเรียบเรียงให้เกิดรูปแบบขึ้นมาเพื่อการรับรู้ในสิ่งต่าง ๆ ได้ Piaget ได้แสดงผลการทดลองเพื่อยืนยันปัญหาเหล่านี้ไว้มากมาย เช่น ใน

กรณีเกี่ยวกับการคงตัวของวัตถุ (conservation) และเรื่องความต้องการที่อยู่ของสัตว์ หรือ เรื่องที่ว่าด้วยอวกาศ (space)

การหาเค้าโครงแนวความคิดหรือที่เรียกกันว่า mental model นั้นถือว่าเป็นเรื่องสำคัญต่อการถ่ายโยงของการเรียนรู้ ทั้งนี้มักจะช่วยให้เด็กมีความสามารถนำผลการเรียนรู้เอาไปใช้ให้บังเกิดประโยชน์ต่อไปได้ อย่างน้อยเด็กจะอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เด็กไม่เคยทราบว่าเป็นเหตุการณ์เหล่านั้นมีความเกี่ยวข้องกันมาก่อนแล้ว เมื่อแนวทางการคิดของเด็กบังเกิดขึ้นอย่างเหมาะสมแล้ว เด็กจะสามารถทำความเข้าใจกับสิ่งต่าง ๆ ที่เผชิญหน้าได้ แม้ว่าเด็กแต่ละคนจะมีแนวความคิดในจิตใจเหมือนกัน แต่รูปแบบหรือโครงสร้างย่อมไม่เหมือนกัน และก็ยังไม่มีผู้ใดจะสามารถหาคำพูดหรือสัญลักษณ์ใด ๆ มาแสดงให้เห็นได้ในปัจจุบันนี้

มีนักจิตวิทยาหลายคนที่ทำการศึกษาค้นคว้าในเรื่องนี้ เช่น Bruner ได้ย้ำถึงความสำคัญของโครงสร้าง คอนเซ็ปต์ที่จะบังเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพราะจะมีผลต่อขอบข่ายการเรียนรู้ และยังถือว่าเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้เรียนจะต้องกระตือรือร้นเพื่อที่จะสร้างและปรับตนเองให้สอดคล้องกับคอนเซ็ปต์เหล่านั้นด้วย (Bruner, 1960) Duckworth กล่าวว่า ผลงานของ Bruner นี้อาจจะเปรียบเทียบกับผลการทดลองค้นคว้าของ Piaget ที่ถือว่า "เด็กคือสถาปนิก ที่จะต้องพัฒนาตนเอง" (Duckworth, 1964 : 172-175) ส่วนในสหรัฐนั้นมีการเสนอแนะให้เด็กรู้จักการค้นคว้าเพื่อสร้างความคิดสำคัญหรือ big idea แต่ทว่าในทางปฏิบัตินั้นมุ่งจะเร่งปรับปรุงโครงสร้างของหลักสูตร รวมทั้งเค้าโครงของรายวิชาที่จะนำมาสอนมากกว่าจะมุ่งสร้างให้เด็กเป็นสถาปนิกเพื่อพัฒนาตนเองอย่างที่ Piaget กล่าวไว้

Mink ได้ทำการวิเคราะห์ผลงานของ Ausubel จากหนังสือ "The Psychology of Meaningful Verbal Learning" และทำการทดลองประกอบการค้นคว้าอีกหลายอย่าง และได้เสนอผลการศึกษาน่าสนใจหลายประเด็น เช่น

1. Ausubel เชื่อว่า วิธีการสอนที่เน้นให้เด็กศึกษาค้นคว้าหาสิ่งใหม่ ๆ (the discovery approach) นั้นจะช่วยให้มีการพัฒนาการในแนวความคิดของเด็ก
2. ขบวนการเรียนรู้ของผู้ใหญ่ ส่วนใหญ่จะเป็นการรับเอาสิ่งที่รู้แล้วมากกว่าจะเป็นการสร้างสรรค์หรือค้นคว้าหาสิ่งใหม่ ๆ
3. ขบวนการเรียนรู้ที่เน้นในเรื่องถ้อยคำอย่างมีความหมาย (meaningful verbal -

learning- ผู้แต่ง) นั้นจะมีประสิทธิภาพและจะมีสภาพใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากกว่าการเรียนแบบท่องจำจนขึ้นใจ (rote learning) และจะสามารถนำไปใช้ถ่ายทอดกับสาขาวิชาอื่น ๆ ได้อีกด้วย

4. การเรียนรู้ที่เกิดจากขบวนการแก้ปัญหาที่ดีและขบวนการค้นคว้าหาสิ่งใหม่ๆ ก็ดี ย่อมช่วยให้เด็กนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างกว้างขวางและช่วยให้มีการพัฒนาการในหลักสูตรอีกด้วย

5. Ausubel มั่นใจว่าขบวนการเรียนรู้จะมีลักษณะเหมือนกับการเพิ่มพูน (subsuming) สิ่งใหม่ ๆ ให้แก่เด็กที่มีพื้นฐานหรือเค้าโครงอยู่แล้ว และยังเป็นการสนับสนุนให้เกิดการรวบรวมสิ่งที่เป็นประโยชน์อื่น ๆ ได้อย่างกว้างขวางเพื่อให้เกิดการเตรียมการล่วงหน้าไว้อีกด้วย ซึ่งถือว่าจะเป็นการเพิ่มพลังในการสร้างคอนเซปให้แก่ผู้เรียนไว้ให้พร้อมเพื่อเตรียมในการรับความรู้ใหม่ ๆ ที่จะสอดคล้องกับสภาวะแห่งตน

Mink สรุปว่าในขบวนการเรียนการสอนนั้นครูจะต้องนำความคิดต่าง ๆ ของรายวิชา มาเสนอแนะเสียก่อน ส่วนรายละเอียดค่อย ๆ และส่วนที่ครูเห็นว่าเป็นเรื่องสำคัญนั้นควรจะนำมาสอนในภายหลัง ทั้งนี้เพื่อช่วยให้เกิดการพัฒนาการต่อไป (Mink, 1964 : 196-203)

3.5.5 พฤติกรรมและการเรียนแบบโปรแกรม (behaviorism and programmed learning)

การศึกษาค้นคว้าในเรื่องพฤติกรรมนั้นนับว่าเป็นนวัตกรรมของจิตวิทยาทางการศึกษา ที่ได้รับความนิยมน้อย่างกว้างขวาง นับว่าเป็นเรื่องสำคัญทางจิตวิทยาที่ครูผู้สอนควรจะต้องศึกษา และทำความเข้าใจเพื่อนำผลไปใช้ในการเรียนการสอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องที่ว่าด้วย วัตถุประสงค์ในเชิงพฤติกรรม (behavioral objectives) และ การเรียนแบบโปรแกรม (programmed learning) เราจะพบว่าได้มีการนำสิ่งใหม่ ๆ มาเสนอในลักษณะที่มีขั้นตอนเพื่อให้การดำเนินงานมีลักษณะค่อยเป็นค่อยไป อันจะมีผลดีต่อผู้เรียนที่จะเกิดความรู้สึกว่าการเรียนรู้นั้นจะมีพัฒนาอย่างต่อเนื่องตามรูปแบบและอยู่ในแนวทางที่ผ่านการตระเตรียมมาแล้วเป็นอย่างดี มีนักการศึกษาหลายคนที่ทำให้ความสนใจในเรื่องพฤติกรรมและโปรแกรมการสอน เช่น

Jenkinson ได้กล่าวว่า "มีประจักษ์พยานหลายอย่างที่แสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมนั้น เป็นเรื่องที่มีความสำคัญและมีความสะดวกต่อการตรวจสอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องราวที่ได้

กำหนดแน่ชัดไว้แล้ว...ในเรื่องความรู้ที่น้อยมีความสะดวกต่อการกำหนดและการตรวจสอบได้ง่ายกว่าการทำความเข้าใจ การจะสำรวจดูว่าเด็กคนใดมีทักษะอย่างน้อยแค่ไหนก็ย่อมทำได้ง่ายกว่าการที่จะดูว่าจะใช้ทักษะแบบใดจึงจะเหมาะสมกับเด็กที่ครูจะต้องสอน การเลือกเนื้อหา มาสอนย่อมจะตรวจสอบได้ง่ายกว่าการที่จะดูความพึงพอใจของเด็ก เราจะพบว่าในเรื่องราวของทักษะ ความสามารถ ทักษะ และความสนใจ ที่เราสามารถกำหนดแน่ชัดได้ว่าเราต้องการจะปลูกฝังให้แก่เด็กมากน้อยเพียงใดแล้ว โอกาสที่ครูจะทำการวัดและประเมินผลก็ย่อมที่จะทำได้ในระยะแรกเริ่มที่ลงมือเตรียมการสอน" (Thier, 1970 : 179)

Atkin กล่าวว่า เรื่องพฤติกรรมนั้นช่วยให้ขบวนการเรียนการสอนเดิมได้รับการพัฒนาการอย่างกว้างขวาง โดยพยายามศึกษาเรื่องการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของเด็กอย่างระมัดระวังและกระทำในสิ่งที่สามารถวัดและตรวจสอบได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปรับปรุงหลักสูตรได้รับการส่งเสริมและสนับสนุนทั้งองค์การทางการศึกษาและรัฐบาล Atkin ได้ตั้งข้อสังเกตเกี่ยวกับเรื่องพฤติกรรมและโปรแกรมการสอนที่จะนำมาสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ไว้หลายประการทั้งในลักษณะที่มีประโยชน์และโทษบางประการเกี่ยวกับการกำหนด (define) ในเรื่องที่จะนำมาสอนและการวัด-ประเมินผล โดยเสนอว่าครูควรจะได้วางแผนอย่างเหมาะสม พยายามให้เด็กได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ให้มากที่สุดเพื่อที่จะตรวจสอบพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไปว่าจะจะเป็นไปตามที่คาดหวังไว้หรือไม่ การเปิดโอกาสให้เด็กได้ลงมือกระทำกิจกรรมโดยการร่วมมือระหว่างครูกับเด็ก และระหว่างเด็กด้วยกันเอง ย่อมจะช่วยให้การเรียนรู้ดำเนินไปด้วยดี และมีโอกาสตรวจสอบได้ที่ดีที่สุด (Atkin, 1968 : 27-30)

แม้ว่าเรื่องราวของพฤติกรรมและโปรแกรมการสอนจะเป็นเรื่องที่มีผู้ยอมรับมากก็ตาม แต่ก็ยังมีนักการศึกษาบางคน บางกลุ่ม ที่ยังไม่ลงความเห็นด้วย เช่น Gagne (1970) กล่าวไว้ในหนังสือ the conditions of learning ว่า "ยังไม่มีวิธีการสอนใดเพียงวิธีเดียวที่จะช่วยให้ครูนำไปสอนให้สอดคล้องได้กับทฤษฎีการเรียนรู้ทั้งหมด" ทั้งนี้เป็นเพราะ Gagne เชื่อว่าการเรียนรู้ที่น้อยจะต้องเป็นขบวนการต่อเนื่องที่บังเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา โดยจะเริ่มจากการกระตุ้นของสิ่งแวดล้อมเพื่อให้ผู้เรียนได้รับคอนเซปอย่างง่าย ๆ เสียก่อน แล้วจึงจะนำผลการเรียนรู้ที่นำไปใช้ในการแก้ปัญหาหรือค้นคว้าในสิ่งใหม่ ๆ ต่อไป การเรียนรู้จะบังเกิดผลดีได้จะต้องเกิดจากการกระทำที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกันในหลาย ๆ แง่มุม เช่น ในกรณีที่ครูต้องการใช้

การฝึกปฏิบัติงานเป็นหลักในการสอน เด็กย่อมจะมีโอกาสในการจัดกิจกรรมที่มีลักษณะเป็นรูปธรรม ครูอาจจะเปิดทางการปฏิบัติให้กว้างขวางออกไปอีกจนถึงขั้นการสอนให้เด็กรู้จักการแก้ปัญหาด้วยตนเองก็ย่อมจะทำให้ บางครั้งครูอาจจะได้มีการวางแผนไว้ล่วงหน้าและพยายามสร้างสถานการณ์หรือกำหนดเงื่อนไขให้เด็กได้เผชิญปัญหาด้วยตนเอง ลักษณะเช่นนี้ ย่อมจะช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในพฤติกรรมของเด็กได้อย่างกว้างขวางและจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการในการเรียนรู้ และการสร้างเสริมสติปัญญาให้แก่เด็กได้มากที่สุด

The California State Department of Education ได้วิเคราะห์ผลดีผลเสียของการสอน วิทยาศาสตร์โดยการเน้นในเรื่องวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมไว้พอสรุปได้ดังนี้

ประการที่ 1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้มักจะเน้นในเรื่องการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่เป็นเพียงบางส่วนเท่านั้น มิได้ครอบคลุมพฤติกรรมทั้งหมดที่ควรจะต้องเปลี่ยนแปลง แต่อย่างไรก็ตามพฤติกรรมที่ต้องการให้เปลี่ยนแปลงนั้นเป็นเรื่องที่ครูได้กำหนดให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่พึงประสงค์และสะดวกต่อการตรวจสอบ

ประการที่ 2. การกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมอย่างแน่ชัดจะช่วยให้ครูคาดคะเนที่ผลจะบังเกิดขึ้นกับเด็กได้อย่างแน่นอน

ประการที่ 3. การจะวัดและประเมินผลการเรียนรู้อย่างถูกต้องนั้น เป็นสิ่งที่เป็นไปได้ยาก แต่การกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมจะเป็นเกณฑ์ขั้นต่ำที่จะช่วยให้ครูตรวจสอบการปฏิบัติการให้เป็นไปตามมาตรฐานที่ควรจะเป็นได้

ประการที่ 4. ครูส่วนมากมักจะเคยชินต่อการกำหนดวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้แบบทั่ว ๆ ไป ถ้าหากว่าได้มีการกำหนดวัตถุประสงค์ในเชิงพฤติกรรมแล้ว ย่อมจะช่วยให้การเตรียมแผนการสอนมีผลดีต่อการเรียนของเด็กยิ่งขึ้น

ประการที่ 5. การกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมอย่างแน่ชัด ย่อมช่วยให้ครูดำเนินการสอนไปด้วยดีและมีสัมฤทธิ์ผลต่อการเรียนรู้ของเด็กในชั้นของตน (Sund and Trowbridge, 1973 : 104-106)

3.6 ข้อพิจารณาเกี่ยวกับการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในชั้นประถมศึกษา

ประเด็นสำคัญของการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษานั้นได้มีการศึกษา

พิจารณากันอย่างกว้างขวาง เพราะเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับเด็กในวัยเริ่มเข้าเรียน และขบวนการเรียนรู้ที่จะนำมาใช้ให้เหมาะกับวัยของเด็ก มีประจักษ์พยานที่ยอมรับกันในหมู่นักการศึกษาว่า "ไม่มีวิธีสอนวิธีใดที่ดีที่สุดที่จะนำมาใช้สอนวิทยาศาสตร์ในชั้นประถมศึกษาได้เช่นเดียวกับการสอนในวิชาอื่น ๆ" ฉะนั้นจึงพอจะพิจารณาได้ว่าการสอนวิทยาศาสตร์นั้นย่อมจะต้องมีข้อพิจารณาเพื่อหาช่องทางที่เหมาะสมกันอยู่ตลอดเวลา อย่างไรก็ตามสมาคมการศึกษาแห่งสหรัฐได้เสนอแนะเกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นประถมศึกษา (National Society for the Study of Education, 1960) พอที่จะสรุปเป็นประเด็นสำคัญ ๆ ได้ดังนี้

3.6.1 ขบวนการสอน จะต้องประกอบด้วย

3.6.1.1 การแก้ปัญหา

ประสิทธิภาพการสอนวิทยาศาสตร์ที่นับว่ามีคุณค่ามากที่สุดนั้นจะมีผลเนื่องจากการกระตุ้นให้เด็กหาช่องทางในการแก้ปัญหาด้วยตัวของตัวเอง โดยไม่ต้องคำนึงว่าประเด็นของปัญหาจะเริ่มต้นจากการที่ครูกำหนดให้ หรือว่าเป็นปัญหาที่เด็กนำมาเสนอเอง นักการศึกษาและนักจิตวิทยาได้ศึกษา กันคว้า แล้วลงความเห็นว่าเป็นประเด็นที่สำคัญเพื่อให้เกิดการกระตุ้นต่อเด็กและผู้กำหนดหลักสูตรเพื่อนำในกิจกรรมที่จะช่วยให้มีการหาช่องทางต่อการแก้ปัญหาซึ่งจะเป็นแรงผลักดันให้ครูหาวิธีการสอนในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้ขบวนการเรียนการสอนดำเนินไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ผู้แต่งมีความเชื่อว่าถ้ามีการกำหนดประเด็นปัญหาได้อย่างแน่นอนแล้วย่อมจะช่วยให้ครูสามารถจัดกิจกรรมได้สอดคล้อง ทั้งยังสามารถทำให้การประเมินผลได้สะดวกอีกด้วย

ประเด็นของปัญหาที่เด็กและครูจะต้องร่วมกันแก้กันนั้นอาจจะเกิดขึ้นได้ในลักษณะต่าง ๆ กัน เช่น เด็ก ครู สังคม หรือเหตุการณ์ในปัจจุบันเป็นผู้กำหนดขึ้นมา แต่สิ่งที่จะเกิดประโยชน์มากที่สุดได้แก่ปัญหาที่กระตุ้นให้เด็กเกิดความสนใจ มีความต้องการที่จะหาคำตอบด้วยการค้นคว้า การทดลองด้วยตัวของเด็ก เพราะถือว่าขบวนการที่เด็กจะลงมือดำเนินการศึกษาคำตอบด้วยตนเองนั้นจะเป็นปัจจัยที่จะช่วยให้การเรียนของเด็กบังเกิดประสิทธิภาพมากที่สุดและถือว่าเป็นสิ่งที่ครูจะต้องปลูกฝังให้แก่เด็กตั้งแต่ในโรงเรียนประถมศึกษาเป็นต้นไป

3.6.1.2 กิจกรรม

ในกรณีที่มีปัญหาเกิดขึ้น เด็กทุกคนจะเกิดความรู้สึกที่ว่า ถ้าหากว่าตนสามารถ

แก้ปัญหาก็ได้แล้วย่อมมีความสำคัญแก่ตนเอง ดังนั้นเราจึงถือว่าเด็กจะได้รับการกระตุ้นเพื่อที่จะพยายามค้นหาคำตอบต่อปัญหาให้จงได้ เด็กจะมีความรู้สึกว่าจะหาคำตอบได้อย่างไร ในกรณีที่เด็กมีความสามารถสูงพอ เด็กควรจะคงได้รับการสนับสนุนเพื่อทำการทดลอง สังเกต ถกปัญหา ค้นคว้าข้อมูลจากตำราและภาพ เด็กจะสอบถามจากเพื่อน ๆ ครูผู้สอนและผู้รู้ ตลอดจนการค้นหาคำตอบจากแหล่งข้อมูลอื่น ๆ เพื่อประกอบการเรียนรู้ กิจกรรมดังกล่าวจะช่วยให้เด็กสามารถแก้ปัญหาก็ได้

บางครั้งเด็กอาจดำเนินการทดลองในเรื่องราวที่เห็นว่าน่าจะได้ข้อมูลเพื่อแก้ปัญหาก็เขา กำลังเผชิญอยู่ และพยายามดำเนินการทดลองหลายครั้งหลายหน เพื่อพิจารณาข้อมูลว่าสิ่งใด จะเอื้อประโยชน์ได้มากน้อยเพียงไร และจากการทดลองหลาย ๆ ครั้ง หลาย ๆ หน อาจจะเป็นแนวทางให้เด็กหาข้อสรุปได้ บางทีเด็กอาจจะได้รับมอบหมายให้ดำเนินการในบางสิ่ง บางอย่างที่คุณเห็นว่าจำเป็น เพื่อให้เด็กเกิดความสำนึกในความสำคัญหรือในอำนาจหน้าที่ที่เด็ก จะสามารถรับผิดชอบได้ เด็กควรจะคงมีโอกาสตรวจสอบข้อมูลที่ตนค้นหามาจากการทดลอง โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้รับการยอมรับนับถือมาแล้ว ทั้งนี้เพื่อจะใช้เป็นเหตุผล ประกอบกับข้อเท็จจริงที่พบจากตำราและข้ออ้างอิงอื่น ๆ ได้

อนึ่งการหาข้อมูลเพื่อแก้ปัญหาก็เด็กอาจจะศึกษาจากวัตถุ เหตุการณ์ ขบวนการ และ โสคทัศน์อุปกรณ์อื่น ๆ ประกอบด้วยก็ได้ ทั้งนี้เพื่อต้องการให้เด็กสามารถสรุปผลที่ถูกต้องให้ มากที่สุด ยิ่งเด็กรวบรวมข้อมูลได้มากเท่าใดก็สมารถใช้เป็นเครื่องพิสูจน์ได้มากขึ้นเท่านั้น กิจกรรมเหล่านี้จะค่อย ๆ ผสมผสานให้กลายเป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (scientific method) และมีสภาพคล้ายคลึงกับวิธีการทำการของนักวิทยาศาสตร์ไปในที่สุด

เราจะพบว่าการเรียนรู้นั้นมีแนวทางอยู่มากมายหลายวิธี ถ้าหากว่าครูจะเปิดโอกาสใน ขบวนการเรียนการสอนอย่างกว้างขวาง ครูไม่ควรจะยึดถือวิธีการใดวิธีการหนึ่ง หรือกิจกรรม เพียงอย่างใดอย่างหนึ่งว่าเป็นวิธีการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ แต่ครูจะต้องระลึกละเอียดเสมอว่า วิธี การสอนหรือกิจกรรมแต่ละอย่างจะต้องมีจุดเด่นเฉพาะที่แน่ชัดว่าจะสนองวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ แล้วอย่างแน่นอน

3.6.1.3 กระบวนการของการเรียนรู้

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ถือว่ามีประสิทธิภาพนั้นจะต้องเป็นขบวนการที่

จะช่วยให้เกิดพัฒนาการในเชิงความคิดต่อเด็ก ๆ ในวัยที่เริ่มเรียนตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาเป็นต้นไป ครูจะต้องนำวิธีการสอนที่ช่วยให้เด็กได้รับความรู้เพิ่มเติมจากความรู้เดิมที่เคยมีอยู่ วิธีการสอนจะต้องสร้างเสริมประสบการณ์และจะต้องช่วยให้เด็กสามารถสรุปผลในการลงความเห็น (generalization) ได้เป็นอย่างดีและมีความหมายต่อการเรียนรู้อีกด้วย

ในการเตรียมการสอนหรือนำวิธีการสอนมาใช้นั้นควรจะได้มีการตระเตรียมในลักษณะที่ท้าทาย ชั่วๆ หรือกระตุ้นให้เด็กเกิดความสนใจที่จะศึกษาค้นคว้า และในขณะที่เด็กค่อย ๆ มีความสามารถเพิ่มพูนขึ้น ย่อมจะช่วยให้ครูผู้สอนคาดการณ์ถึงผลของการเรียนของเด็กได้ ยิ่งกว่านั้นย่อมจะช่วยปลูกฝังนิสัยของการใฝ่รู้ ใฝ่เรียน ให้แก่เด็กอย่างมากมาย ผู้แต่งเชื่อมั่นว่าในการสอนเด็กในระดับประถมศึกษานั้น ครูผู้สอนควรจะได้ระลึกลอยเสมอว่าวิธีการสอนที่ดีนั้นย่อมจะนำไปใช้ได้กับการสอนในทุก ๆ วิชาที่หลักสูตรกำหนดไว้

3.6.2 สภาพการณ์ของการเรียนการสอน

3.6.2.1 ครู

ทุก ๆ ครั้งที่มีการอภิปรายเกี่ยวกับสภาพการณ์ที่ดีเกี่ยวกับการเรียนการสอนนั้น เราย่อมจะต้องกล่าวถึงครูและบทบาทที่ครูจะต้องพึงปฏิบัติอยู่เสมอ ถึงแม้ว่าจะมีการกล่าวว่ครูวิทยาศาสตร์ที่มีทักษะในการสอนจะยังไม่ได้เตรียมการมากนักก็ตาม แต่การพัฒนาปรับปรุงคุณภาพของครูวิทยาศาสตร์มักจะต้องคำนึงถึงการฝึกอบรมให้ครูมีพื้นฐานที่ดี เพื่อที่จะดำเนินการสอนได้ตรงตามเป้าหมาย จะต้องหาวิธีการปลูกฝังให้มีความสนใจที่จะสอน ให้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับตัวเด็กนักเรียน และมีจิตใจที่รักจะเป็นครูวิทยาศาสตร์ที่ดี ด้วยเหตุนี้เองจึงถือว่าครูจะเป็นบุคคลที่สำคัญที่จะทำให้สภาพการณ์ของการเรียนการสอนดำเนินไปอย่างดีและมีประสิทธิภาพ เพราะความกระตือรือร้นของครูจะโน้มน้าวชักจูงให้เด็กมีความต้องการที่จะเรียน และในที่สุดจะช่วยให้การดำเนินชีวิตของการเป็นครูวิทยาศาสตร์ที่ดีได้

เรายอมรับกันว่าครูวิทยาศาสตร์ที่ดีนั้นได้แก่การเป็นผู้นำ เป็นผู้ชี้แนวทางให้เด็กได้รับความรู้และประสบการณ์ที่สอดคล้องกับสภาวะแห่งตนของเด็ก ๆ ครูจะเป็นผู้ที่คอยเพิ่มพูนความรู้ ความสนใจ และประสบการณ์ให้กว้างขวาง และที่สำคัญที่สุดคือการชี้ช่องให้เด็กสามารถเรียนรู้ได้มากยิ่งขึ้น

3.6.3 คุณลักษณะที่ดีของกิจกรรม

เราถือว่าเด็กจะได้สัมผัสกับกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ตั้งแต่เริ่มเกิด โดยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่อยู่รอบ ๆ ตัวเรานั้นเอง พฤติกรรมของเด็กที่แสดงออกมาก็เพื่อต้องการจะตอบสนองและปรับตนเองให้เหมาะสมด้วยวิธีการต่าง ๆ แต่การจัดกิจกรรมเพื่อการสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นประถมนั้นจะแตกต่างไปจากการจัดกิจกรรมที่จะสอนในสาขาวิชาอื่น ๆ เพราะการจัดกิจกรรมที่ดีย่อมจะมีเหตุผลเฉพาะในเรื่องของวิทยาศาสตร์ที่จะช่วยให้ขอบข่ายการเรียนรู้ดำเนินไปด้วยดี ทั้งนี้เพื่อต้องการให้เด็กมีศักยภาพแห่งตนและการเจริญเข้าสู่วัยแห่งการบรรลุนิติภาวะ มีพลังอย่างสมบูรณ์แบบให้มากที่สุด และคงที่ไ้กล่าวมาตั้งแต่ในตอนต้นแล้วว่า การแก้ปัญหาเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ เพราะฉะนั้นการจัดกิจกรรมเพื่อให้ได้เนื้อหา ข้อมูลช่องทางของการแก้ปัญหา จึงเป็นเรื่องที่สำคัญที่สุด

3.6.3.1 ควรจัดกิจกรรมให้มีหลายรูปแบบ

ในขณะที่มีการดำเนินการเรียนการสอนนั้น เด็กที่ได้ลงมือกระทำกิจกรรมต่าง ๆ จะบังเกิดความเข้าใจและได้รับประสบการณ์ที่สอดคล้องกับความต้องการ สร้างเสริมความสนใจ และเพิ่มพูนความสามารถยิ่งขึ้น ในสภาวะการเรียนรู้แต่ละอย่างย่อมจะต้องมีกิจกรรมหลาย ๆ แบบ และกิจกรรมแต่ละแบบย่อมจะเหมาะสมกับเด็กที่มีความแตกต่างกันในลักษณะที่ไม่เหมือนกัน เพราะฉะนั้นการจัดกิจกรรมในหลาย ๆ รูปแบบจึงน่าจะเป็นประโยชน์มากกว่าเพราะกิจกรรมเหล่านั้นจะช่วยให้เด็กสามารถบรรลุเป้าหมายในการเรียนได้อย่างกว้างขวางและเป็นการสร้างเสริมการปฏิบัติภารกิจได้ดียิ่งด้วย

3.6.3.2 ควรจัดกิจกรรมที่จะเสริมประสบการณ์ตรงให้แก่เด็ก

ครูผู้สอนจะต้องตระหนักอยู่เสมอว่าตนเองมีภารกิจที่จะต้องจัดกิจกรรมที่สร้างประสบการณ์ตรงให้แก่เด็กอยู่ตลอดเวลา เพราะกิจกรรมเหล่านั้นจะช่วยให้เด็กได้รับความรู้ที่มีคุณค่าและความหมายแก่เด็กอย่างยิ่งเป็นความรู้ที่ตรงกับเป้าหมายสามารถทำความเข้าใจได้อย่างแจ่มแจ้งและสามารถเพิ่มพูนสติปัญญาต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างดี ยิ่งกิจกรรมใด ๆ ที่จัดขึ้นมาแล้วมีลักษณะใกล้เคียง หรือสอดคล้องกับประสบการณ์ในชีวิตประจำวันด้วยแล้วย่อมจะช่วยให้เด็กนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางต่อการดำเนินชีวิต ซึ่งถือว่าเป็น

ปัจจัยที่สำคัญยิ่งของการศึกษาในยุคปัจจุบัน

3.6.4 การวางแผนให้พร้อมเพียง

ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ให้บรรลุตามเป้าหมายนั้น เราอาจจะดำเนินการได้หลายวิธี แต่สิ่งที่จะต้องคำนึงเพื่อเตรียมการสอนนั้น ไม่ว่าจะสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในลักษณะที่เป็นวิชาเฉพาะก็ดี หรือจัดสอนในลักษณะที่เป็นการบูรณาการก็ดี ย่อมมีความสำคัญอยู่ในตัวของมันเองทั้งสิ้น แต่ที่นับว่าสำคัญที่สุดคือภารกิจที่ครูและเด็กจะต้องร่วมกันปฏิบัติทั้งในห้องเรียนและนอกห้องเรียนของแต่ละวัน ลักษณะของการปฏิบัติและการคัดเลือกกิจกรรมควรจะทำในลักษณะกลุ่มหรือทีมของครูที่มีสมรรถภาพในการสอนสูงและให้สอดคล้องกับการเรียนรู้ของเด็กที่ควรจะทำหน้าต่อไป ครูจะต้องพยายามชักจูงให้เด็กมีส่วนร่วมในกิจกรรมเพื่อพิจารณาการตัดสินใจต่าง ๆ การวางแผน ตลอดจนการประเมินผลย่อมจะทำให้ขบวนการเรียนการสอนบังเกิดผลดีและบรรลุเป้าหมายได้มากที่สุด

3.7 ข้อเสนอแนะต่อครูผู้สอน

3.7.1 ครูจะต้องระลึกอยู่เสมอว่า "การสื่อความหมายของเด็กจะเป็นปัญหาที่สำคัญต่อการเรียนรู้และการทำความเข้าใจ" การช่วยเด็กขจัดในปัญหาดังกล่าวจะช่วยให้การสอนดำเนินไปด้วยดี

ผู้แต่งเชื่อว่าในขบวนการเรียนการสอนนั้นครูควรจะต้องระมัดระวังในประเด็นดังต่อไปนี้ ครูผู้สอนจะต้องมีสติที่จะระลึกอยู่ตลอดเวลา "ความยุ่งยากในการสื่อความหมายต่อเด็ก" เป็นปัญหาที่สำคัญที่สุด เพราะถ้าเด็กเกิดปัญหาดังกล่าวแล้วย่อมจะทำความเข้าใจในการเรียนรู้ได้ลำบากมาก Duckworth กล่าวว่า "ครูที่ดีนั้นควรจะใช้เวลาให้เป็นประโยชน์เพื่อป้อนคำถามแก่เด็กให้เหมาะสมกับแต่ละสถานการณ์ ทั้งนี้เพื่อเป็นการที่จะศึกษาดูว่าเด็กจะมีความเข้าใจอย่างไรที่เด็กควรจะเข้าใจอย่างไร และจะมีปัญหามากน้อยเพียงใดที่จะทำให้เด็กมีความเข้าใจในตัวครูหรือบุคคลใดบุคคลหนึ่ง บุคคลที่มีวิญญานแห่งความเป็นครูควรจะได้ริเริ่มศึกษาค้นคว้าเพื่อที่จะได้ทราบว่าคุณมีความคิดเห็นต่อปัญหาที่เขากำลังเผชิญอย่างไร เด็กควรจะดำเนินการแก้ปัญหาพร้อมทั้งใช้สื่อความหมายระหว่างเพื่อน ๆ ด้วยกันอย่างไรบ้าง การเผชิญ

ปัญหาเช่นนี้ ผลการวิจัยรายงานว่าจะช่วยให้ครูผู้สอนประสบความสำเร็จต่อการสอนเด็กทั้งชั้น
ได้ในเวลาเดียวกัน' (Duckworth, 1964 : 172-175)

3.7.2 ครูอาจจะมึวิธีการตามขั้นตอนเพื่อที่จะถ่ายทอดความรู้ และช่วยให้เด็ก
สามารถสร้างคอนเซปต์ได้ และถือว่าจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการสอนและการกำหนด
เป้าหมายได้ แต่ครูควรจะต้องระลึกอยู่เสมอว่าเราจะให้คอนเซปต์อะไรเป็นหลักในการเริ่มต้น
การสอนคอนเซปต์นั้นจะตั้งคั้งอย่างไร และมันจะพัฒนาการไปในลักษณะอย่างไร

3.7.3 ครูจะต้องพิจารณาถึงวิธีการสอนที่จะนำมาใช้เพื่อให้เด็กได้รับความรู้
ประสบการณ์ตรง และมีลักษณะเป็นรูปธรรม ก่อนที่เด็กจะสามารถถ่ายทอดออกมาใน
ลักษณะที่เป็นนามธรรมได้ ในวิธีการสอนที่นำมาใช้นั้นควรที่จะจัดกิจกรรมในลักษณะต่าง ๆ กัน
อย่างไรบ้าง

3.7.4 ครูควรจะกระตุ้นให้เด็กได้มีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมต่าง ๆ ให้มากที่สุด
เพราะจะช่วยให้ขบวนการเรียนการสอนบังเกิดผลดี แต่ครูจะใช้วิธีการหรือยุทธวิธีอย่างไรบ้าง

3.7.5 จากผลการวิจัยรายงานว่า เด็กจะมีความสามารถในการเรียนรู้คอนเซปต์
ที่มีความลึกซึ้งและสลับซับซ้อนยิ่งขึ้นในขณะที่เด็กเพิ่มพูนความเข้าใจตามวัยที่สูงขึ้น ครูจะทำ
อย่างไรจึงจะสามารถนำเนื้อหาสาระและการกระทำภารกิจอื่น ๆ ให้สอดคล้องกับความ
สามารถของเด็กที่กำลังพัฒนาการไปในลักษณะเช่นนั้นได้

ผู้แต่งเชื่อว่าคงจะไม่มีผู้ใดให้คำตอบที่กระจ่างแจ้งได้ในขณะนี้ แต่ทว่าเหตุการณ์ที่ครู
กำลังเผชิญอยู่จะช่วยให้ครูผู้สอนสามารถปรับปรุงให้สอดคล้องกับประเด็นที่นำมาเสนอนี้ได้
อย่างแน่นอน

3.8 บทสรุป

3.8.1 เด็กแต่ละคนย่อมมีความเป็น "เอกกัตบุคคล" (individuality) เฉพาะ
ตนเอง ฉะนั้นจึงมีความเป็นปัจเจกชนที่แตกต่างกันไปคามวัย ภูมิหลัง และสติปัญญา แม้ว่า
เด็กแต่ละคนจะมีการพัฒนาการทั้งในด้านร่างกาย จิตใจ และสติปัญญา ในรูปแบบที่คล้ายคลึง
กัน แต่ทว่าแนวความคิดของเด็กย่อมแตกต่างกัน ครูมีภารกิจที่จะต้องศึกษาและทำความเข้าใจ

รวมทั้งเสาะหาวิธีที่เหมาะสมเพื่อที่จะได้นำมาใช้ในการอบรมสั่งสอนให้เด็กเกิดการเรียนรู้และมีความเข้าใจ พร้อมทั้งเกิดความสนใจที่จะศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมต่อไปอีก

3.8.2 การพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างเด็กกับรายวิชาที่นำมาสอนนั้นว่าเป็นเรื่องที่มีความสำคัญ การที่ครูจะเป็นแต่เพียงนำความรู้มาถ่ายทอดให้เด็กแต่เพียงอย่างเดียวนั้นไม่สู้จะเป็นการถูกต้องนัก เพราะความรู้ในเชิงวิทยาศาสตร์นั้นมีการพัฒนาการอยู่ตลอดเวลา การเปิดโอกาสให้เด็กได้มีส่วนในการจัดกิจกรรมต่าง ๆ อย่างที่นักวิทยาศาสตร์กระทำอยู่ และการถ่ายทอดวิทยาการใหม่ ๆ ของครูควรจะได้กระทำอย่างต่อเนื่องนั้นควรจะเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งต่อขบวนการเรียนการสอน

3.8.3 ครูจะต้องระลึกอยู่เสมอว่ามีองค์ประกอบอยู่มากมายที่จำเป็นต่อการเจริญงอกงามในการสร้างพลังของการมีเหตุที่จะพึงบังเกิดในตัวเด็ก ๆ การอบรมสั่งสอนเด็กในวัยต่างๆ จึงเป็นเรื่องที่จะต้องดำเนินการอย่างระมัดระวังและรอบคอบ ทั้งนี้เพื่อปลูกฝังให้เยาวชนมีความเจริญเติบโตเป็นคนหนุ่มสาวที่มีความเป็นผู้ใหญ่ที่บรรลุนเป้าหมายอย่างสมบูรณ์ที่สุด

3.8.4 ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์นั้น ครูผู้สอนมักจะประสบปัญหาเกี่ยวกับการนำคอนเซปมาสอน รวมทั้งการใช้ภาษาระหว่างครูกับเด็กอีกด้วย ดังนั้นการใช้ภาษาจึงเป็นเรื่องที่ครูจะต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ ซึ่งจะช่วยให้การเรียนการสอนดำเนินไปด้วยดี

3.8.5 มีผลงานที่น่าสนใจเกี่ยวกับจิตวิทยาทางการศึกษาของเด็กในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา จะช่วยให้การเรียนรู้ของเด็กมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น การทำความเข้าใจในผลการค้นคว้าจะช่วยให้ครูมีการเตรียมแผนการสอน การจัดกิจกรรมต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับสภาวะการพัฒนากายภาพ อารมณ์ และสังคม จิตใจ และระดับความสามารถของเด็กได้อย่างเหมาะสม สิ่งที่น่าสนใจได้แก่การพัฒนาการแห่งสติปัญญา การสร้างประสบการณ์ให้แก่เด็กโดยการกระทำด้วยตนเอง การใช้ภาษาเพื่อสื่อความหมายและถ่ายทอดแนวความคิด รวมทั้งศึกษาพฤติกรรมของเด็กประกอบด้วย

3.8.6 ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์นั้น สิ่งทีครูจะต้องให้ความสนใจเป็นพิเศษได้แก่ขบวนการสอนที่จะต้องเตรียม สภาวะการณ์ที่ครูลงมือสอน พร้อมทั้งมีแผนที่เตรียมไว้อย่างรอบคอบนั้นจะช่วยให้ขบวนการเรียนการสอนดำเนินไปด้วยดีและมีผลมากที่สุด

3.9 คำถามท้ายบท

3.9.1 ถ้าท่านต้องการจะศึกษาว่าเด็กในชั้นเรียนของท่านมีแนวความคิดอย่างไรนั้นท่านจะมีข้อพิจารณาอย่างไรบ้าง จงให้เหตุผลประกอบ

3.9.2 การพัฒนาการในด้านสติปัญญาของเด็กจะต้องมีองค์ประกอบอะไรบ้าง

3.9.3 ท่านคิดว่าคอนเซปต์และภาษามีความสำคัญต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์อย่างไรบ้าง

3.9.4 ในลำดับขั้นตอนของการพัฒนาการแห่งสติปัญญาที่ เสนอมานั้นขั้นตอนใดบ้างที่จำเป็นต่อการเรียนของเด็กในระดับประถมศึกษา และครูผู้สอนจะนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างไร จงอธิบาย

3.9.5 การสอนวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษาที่ดี ท่านคิดว่าจะต้องมีปัจจัยที่สำคัญ ๆ ใดบ้าง จงอธิบายพร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ

สาระสำคัญ

ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์นั้นมุ่งที่จะให้เด็กได้ทำความเข้าใจในความเร่งรีบของธรรมชาติ โดยพยายามศึกษาค้นคว้าวิทยาการใหม่ ๆ อยู่เสมอ และถือว่าเป็นการสร้างเสริมสติปัญญา ฝึกฝนให้เด็กรู้จักใช้ความคิดและหาเหตุผลมาสนับสนุน ครูผู้สอนจะทราบว่าเด็กที่ตนสอนนั้นจะมีความเข้าใจในเรื่องราวที่กำลังศึกษาได้ก็โดยอาศัยภาษาและการสื่อความหมายเป็นเครื่องมือที่จำเป็น ฉะนั้นการศึกษาในเรื่องภาษาและการสื่อความหมาย จึงเป็นเรื่องราวที่ครู นักเรียน ตลอดจนสังคมจะต้องร่วมกันศึกษาในอันที่จะช่วยให้การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ และบรรลุเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้

วัตถุประสงค์ที่คาดหวัง

เมื่อผู้อ่านได้ศึกษาเนื้อหาและรายละเอียดต่าง ๆ จากบทเรียนบทนี้แล้ว จะสามารถให้คำตอบต่อปัญหาเหล่านี้ได้ : -

1. ภาษามีความจำเป็นต่อการเรียนรู้ การถ่ายทอด แนวความคิด การสร้างสรรค์และวัฒนธรรมได้อย่างไร
2. แนวความนึกคิดของเด็กจะเป็นอย่างไรนั้น จะต้องอาศัยสื่อความหมายอย่างไรบ้าง
3. พื้นฐานของการฝึกอบรมและเลี้ยงดูของพ่อแม่มีอิทธิพลต่อการใช้ภาษาและการเรียนรู้ของเด็กมากน้อยเพียงใด
4. ครูจะมีวิธีการฝึกทักษะให้แก่เด็กเกี่ยวกับสื่อความหมายอย่างไร
5. มีอุปสรรคมากน้อยเพียงใดที่ครูจะต้อง
 - 5.1 หลีกเลี่ยงต่อการปฏิบัติ
 - 5.2 เร่งส่งเสริมให้เด็กลงมือปฏิบัติร่วมกับครูและสังคม
6. ครูจะใช้ภาษาและสื่อความหมายเพื่อพัฒนาหลักสูตรได้อย่างไรบ้าง
7. การใช้คำถามมีประโยชน์ต่อการเรียนการสอนมากน้อยเพียงใด
8. ภาษาท้องถิ่นจะช่วยสร้างเสริมการเรียนรู้ได้ดีหรือไม่ เพราะเหตุใด

บทที่ 4

ภาษาและสื่อความหมายในการเรียนวิทยาศาสตร์ (language and communication in science lessons)

4.1 ภาษาและการศึกษาวิทยาศาสตร์ (language and science education)

ภาษาและการสื่อความหมายนั้นถือว่าเป็นเครื่องมือที่สำคัญต่อขบวนการเรียนรู้ แต่เดิมยังไม่ค่อยจะมีผู้ใครสนใจในความสำคัญของภาษาที่ใช้กันระหว่างครูกับเด็กนักเรียนมากนัก จะพอมืออยู่บ้างมักจะได้อีกครูสอนภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ส่วนครูที่สอนวิชาอื่น ๆ เช่น คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์นั้นดูเหมือนจะไม่มีกรรายงานใด ๆ มากมายนัก ครูมักจะพบอยู่เสมอว่าเด็กบางคนอาจจะพูดจาหรือซักถามโดยใช้ภาษาที่บางครั้งฟังดูแล้วไม่ถูกต้อง แต่เด็กต้องการที่จะทราบเพื่อเรียนรู้และพยายามทำความเข้าใจ บางทีภาษาที่เด็กนำมาใช้จะไม่แสดงผลต่อการสะท้อนแนวความคิดอย่างที่ครูต้องการเลยก็มี

ภาษาที่นำมาใช้ในห้องเรียนนั้น ไม่ว่าจะเป็นคำพูด ตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ใด ๆ ก็ตาม ย่อมจะถูกนำไปใช้ได้ในหลาย ๆ ลักษณะ ภาษาแต่ละรูปแบบย่อมจะมีการจัดประเภท มีคอนเซ็ปต์และมีบทบาทต่อการนำไปใช้เพื่อสื่อความหมาย เพราะฉะนั้นจึงเป็นภารกิจของครูที่จะต้องศึกษาเสียก่อนว่า ภาษาเหล่านั้นมีคุณลักษณะอย่างไร และจะนำไปใช้ในขบวนการเรียนการสอนอย่างไร จึงจะเหมาะสมกับเด็ก โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาษาที่ใช้ในวิชาวิทยาศาสตร์นั้นมักจะมีคำเฉพาะ คำจำกัดความอยู่ในตัวของมันเอง บางทีเราเรียกว่าศัพท์วิทยาศาสตร์ คำศัพท์เหล่านี้ย่อมมีความสำคัญที่ผู้นำไปใช้จะต้องศึกษาและทำความเข้าใจเช่นเดียวกันกับการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์อื่น ๆ นั้นเอง

ผู้แต่งคิดว่าปัญหาเกี่ยวกับภาษาไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่ง การพูด การเขียน การอ่าน และศัพท์ทางวิทยาศาสตร์นั้นยังไม่มีผู้ใดในประเทศไทยทำการค้นคว้าวิจัยกันอย่างจริงจัง จะพอมือบ้างมักจะได้อีกครูที่ทำการสอนมานานและได้ประสบปัญหาเหล่านี้กับเด็กในชั้นเรียนที่ได้ทำการ

สอนนั่นเองจะเน้นการที่จะนำผลการศึกษาที่ผ่านการค้นคว้าและวิจัยมาใช้จึงมักจะได้จากผลงานในต่างประเทศ ซึ่งใช้ภาษาอังกฤษเป็นหลัก แต่ก็ยังมั่นใจว่าผลการค้นคว้าเหล่านั้นยังจะพอเอื้อประโยชน์ต่อขบวนการเรียนการสอนได้บ้าง เช่น Sutton รายงานว่า "ภาษาพูดที่เด็กนักเรียนนำมาใช้นั้นมักจะคลุมเครือไม่ชัดเจนและไม่เป็นภาษาที่นิยม. นอกจากนี้ภาษาเขียนที่นำมารายงานก็ไม่แสดงถึงความเจริญงอกงามทางด้านสติปัญญาแต่อย่างใด" (Sutton, 1974 : 41) เกี่ยวกับการใช้ภาษานี้ นั้น ผู้แต่งคาดว่าภาษาที่ใช้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในห้องปฏิบัติการนั้นครูมักจะเน้นแต่ศัพท์ คำเฉพาะที่ใช้เรียกเครื่องมือ การรายงานตามแบบฉบับที่กำหนดไว้ สิ่งเหล่านี้ล้วนแต่เป็นเรื่องใหม่ๆ ที่เด็กไม่เคยประสบมาก่อน เด็กจึงไม่มีเวลาคิดเพราะครูมักแต่เน้นและอธิบายเสียเป็นส่วนใหญ่ จึงทำให้เด็กเกิดความสับสน บางทีก็เกิดความกลัวและในที่สุดเด็กอาจจะเกลียดไม่มีความสนใจที่จะเรียนวิทยาศาสตร์เลยก็ได้

Amidon และ Flanders ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการใช้ภาษาในโรงเรียนมัธยมศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า "โดยเฉลี่ยแล้วประมาณ 2 ใน 3 ของเวลาเรียนนั้นครูจะเป็นผู้พูดเพื่ออธิบาย บอกกล่าว ชี้นำ ฯลฯ มากกว่าที่จะใช้เพื่อกระตุ้นให้เด็กได้แสดงความคิดเห็นและความรู้สึก" (Amidon and Flanders, 1967) ทั้งนี้จะสอดคล้องกับผลการค้นคว้าของ Hudgins และ Ahlbrand ที่รายงานว่ในห้องเรียนทุกๆ ไปนั้นเด็กแต่ละคนจะมีโอกาสได้พูดโดยเฉลี่ยแล้ววันละ 2 ครั้งและการพูดแต่ละครั้งจะใช้คำพูดได้ราวๆ 8.4 คำ" (Hudgins and Ahlbrand, 1970 : 265-8)

จากการวิจัยเรื่องการใช้ภาษากับการศึกษาวิทยาศาสตร์ ในประเทศอังกฤษนั้น Barnes และ Britton ได้รายงานว่ "เด็กนักเรียนมีโอกาสใช้ภาษาและการสื่อความหมายในลักษณะอื่น ๆ น้อยมาก ยิ่งกว่านั้นโอกาสที่เด็กจะซักถาม แสดงความคิดแบบริเริ่ม เกือบจะไม่มีเลย ครูจะแสดงบทบาทเป็นนักพูด นักแสดงที่เชี่ยวชาญเสียทั้งหมด ในการใช้คำถามเพื่อซักถามข้อปัญหาต่าง ๆ ก็มักจะซักถามแต่เฉพาะข้อเท็จจริงเป็นเพียงบางส่วน บางทีก็ซักถามเพื่อทบทวนความหลังมากกว่าที่จะซักถามเพื่อชักจูงให้เด็กรู้จักคิดค้นหาเหตุผลหรือใช้ความคิดเพื่อพิจารณาตัดสินในประเด็นที่มีความสำคัญ" (Barnes and Britton, 1969 :28-29)

ผู้แต่งคิดว่าปัญหาเรื่องการใช้ภาษาและการสื่อความหมายนั้นเกิดจากความไม่เข้าใจระหว่างครู เด็ก และสังคมที่ต่างก็มีภาษาของตนเองได้มีผู้เชี่ยวชาญทางภาษาพยายามค้นคว้า

หาแนวทางแก้ไขอยู่ตลอดเวลาผู้แต่งมั่นใจว่าบุคคลที่จะมีบทบาทสำคัญต่อการใช้ภาษา และ สื่อความหมายนั้นย่อมจะได้แก่ครูนั้นเองครูอาจจะรู้ว่าเด็กบางคนไม่ชอบหรือเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ได้ดีไม่เท่าที่ควร มีสาเหตุจากเด็กมีสติปัญญาไม่ดี แต่ทว่ามีปัญหาเนื่องมาจากการใช้ภาษาและการสื่อความหมายระหว่างครูกับเด็กนั้นเอง เด็กบางคนอาจจะท้อถอยที่ไม่เข้าใจในภาษาพูด-เขียนของครู ครูบางคนไม่พยายามทำความเข้าใจ เห็นใจ และให้ความสนใจต่อภาษาที่เด็กนำมาใช้ในบางครั้งครูมั่นใจจนเกินไปว่าภาษาที่นำมาใช้นั้นถูกต้องทั้งในทางหลักภาษา ส่วนวน แต่ทว่าเกินความสามารถของเด็กที่จะทำความเข้าใจและนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ก็มี

ปัญหาที่ผู้แต่งสังเกตเห็นว่าจะต้องเร่งแก้ไขเป็นการด่วน น่าจะได้แก่การหาช่องทางช่วยเหลือเด็กให้บังเกิดความกล้าหาญที่จะเอาชนะอุปสรรคต่าง ๆ พร้อมทั้งเกิดความเชื่อมั่นที่จะเรียนรู้ในเรื่องภาษา เพื่อส่งเสริมให้การเรียนการสอนมีคุณภาพและสามารถเพิ่มพูนพลังในด้านการคิดค้นหาเหตุผลให้มากยิ่งขึ้น

สิ่งที่จะช่วยพัฒนาการในเรื่องการใช้ภาษานั้น จะต้องพยายามเน้นในเรื่องความต้องการของบุคคลที่จะช่วยกันเพื่อสร้างสรรคภาษาที่น่าสนใจ และสร้างความเข้าใจในภาษาของแต่ละบุคคล ครูและสังคมจะต้องเข้าใจว่าไม่ควรที่จะเร่งรัดให้เยาวชนมีความรู้ความเข้าใจในภาษาของผู้ใหญ่ตลอดจนภาษาทางวิชาการของแต่ละวิชาที่สอนอย่างรวดเร็วจนเกินไป เพราะการเรียนรู้ที่แท้จริงนั้นหมายถึงขบวนการที่ทำให้บุคคลมีความรู้ มีประสบการณ์ ที่บุคคลนั้นจะสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างแท้จริง การเรียนรู้เช่นนี้ย่อมจะมองเห็นได้แต่เพียงว่า บุคคลนั้นสามารถแสดงหรือถ่ายทอดประสบการณ์ด้วยภาษาของตนเองเพื่อให้บุคคลอื่นเห็นว่า ภาษาที่เขานำมาใช้นั้นถูกต้องกับเนื้อหาสาระในวิชานั้น ๆ ได้มากน้อยเพียงใดเท่านั้น จากประสบการณ์ของผู้แต่งมักจะพบว่า ภาษา การสื่อความหมายในห้องเรียนวิทยาศาสตร์นั้น ทั้งครูและเด็กมักจะไม่เข้าใจตรงกันเพราะเนื้อหาสาระที่ครูนำมาสอนมักจะไม่สอดคล้องกับประสบการณ์ของเด็ก เช่น :-

อากาศ ตามความหมายของครู อาจจะหมายถึงของผสมที่มีอยู่ทั่วไป ซึ่งประกอบด้วยก๊าซไนโตรเจน ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และสิ่งเจือปนอื่น ๆ แต่เด็กเข้าใจว่าอากาศคือลมที่จะสัมผัสได้โดยใช้พัดลม พัดใบก ลมพัด

นม ตามความหมายในเชิงวิชาการของครุ มักจะหมายถึงสารผสมที่ประกอบด้วย โปรตีน เคซีน และอนุภาคต่าง ๆ ที่ผสมกันอยู่ในน้ำ ส่วนเด็กมักจะเข้าใจแต่เพียงว่านมที่เขา คุตจากถันของแม่ นมขวด นมชั้น นมสด นมเปรี้ยว เนย ฯลฯ

สิ่งเหล่านี้ครุผู้สอนจะต้องพยายามสร้างความเข้าใจในการใช้ภาษาและการสื่อความหมายอย่างระมัดระวังและรอบคอบเป็นกรณีพิเศษ เพราะถ้าเด็กไม่เข้าใจแล้วย่อมจะทำให้เกิด ปัญหาต่อการเรียนรู้ สร้างความไม่พึงพอใจ และทำให้เกิดความเกลียดกลัวต่อวิชาวิทยาศาสตร์

4.2 ภาษาและความคิด (language and thought)

ในขณะที่เด็กเจริญเติบโตขึ้นนั้น เด็กจะค่อย ๆ เริ่มมีพัฒนาการในด้านความคิด ทั้งในลักษณะที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งความคิดแบบนามธรรมนั้นเป็นเรื่อง สำคัญที่จะต้องศึกษาค้นคว้ากันอย่างระมัดระวัง ความคิดแบบนามธรรมจะมีผลต่อการสังสม สัญลักษณ์ของสิ่งต่าง ๆ ซึ่งจะต้องนำมาผสมผสานให้เกิดเป็นโครงสร้างทางค่านสติปัญญา ยิ่งผลของการผสมผสานสัญลักษณ์เหล่านั้นทำให้เด็กมีความสามารถในการสรุปเพื่อลงความ เห็นและมีความหมายในการพยากรณ์ได้มากเพียงใดก็ย่อมจะเพิ่มพูนพลังในการสร้างสติปัญญา ได้มากขึ้นเพียงนั้น โดยเหตุที่สติปัญญาที่เพิ่มพูนขึ้นมานั้นย่อมมีส่วนสัมพันธ์ต่อวิชาความรู้ที่ได้ ศึกษา ค้นคว้าจึงเป็นเรื่องที่จะหลีกเลี่ยงต่อการใช้ภาษา ศัพท์ สื่อความหมายต่าง ๆ ไม่ได้ เพราะฉะนั้นจึงกล่าวได้ว่าเมื่อเด็กมีทักษะในการใช้ภาษาอย่างถูกต้อง สามารถสื่อความหมาย ได้อย่างดีมีประสิทธิภาพ การแถลงข้อปัญหาต่าง ๆ ตลอดจนการใช้ความสัมพันธ์ระหว่าง จำนวนเลข วลี ส่วนวน เป็นไปอย่างเหมาะสมแล้ว ก็ย่อมกล่าวได้ว่าเด็กมีพัฒนาการใน ด้านความคิดเพิ่มขึ้น ยิ่งเด็กได้มีการฝึกฝนการใช้ภาษาสื่อความหมายให้เป็นผลดีต่อชบวนการ เรียนรู้มากเท่าใด เด็กย่อมจะสามารถจำแนกได้ว่าสิ่งใดมีลักษณะเป็นรูปธรรมและนามธรรมได้ มากขึ้นเพียงนั้น (Ausubel, 1964 : 4)

Piaget เป็นนักจิตวิทยาทางการศึกษาคนหนึ่งที่ทำการศึกษาว่าเรื่องภาษากับความ คิดของเด็ก โดยเห็นว่า การที่จะทำความเข้าใจในเรื่องความคิดของเด็กนั้น ครุผู้สอนจะต้องให้

ความสนใจในการใช้ภาษาและการถ่ายทอดสื่อความหมายของเด็กอย่างรอบคอบเพราะทุกสิ่งทุกอย่างที่เด็กจะกล่าวถึงสิ่งแวดล้อมย่อมจะถ่ายทอดมาทางภาษาที่เขาใช้ ภาษาที่เด็กถ่ายทอดออกมาจะสะท้อนถึงแนวความคิดของเด็กที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา piaget กล่าวว่าเด็กจะอาศัยการถ่ายทอดวัฒนธรรมของสังคมเป็นเครื่องช่วยในการพัฒนาการของการใช้ภาษาและสร้างเสริมประสบการณ์ให้เพิ่มพูนยิ่งขึ้น (Phillips, 1969 : 180)

ในเรื่องการเปลี่ยนแปลงหรือถ่ายโยงแนวความคิดจากแบบรูปธรรมให้เป็น แนวคิดแบบนามธรรมนั้น เด็กอาจจะกระทำได้อย่างยากเพราะความไม่เข้าใจในการใช้ภาษาเพื่อที่จะแสดงให้เห็นว่าเขาเกิดความเข้าใจในเรื่องราวต่างๆ Holt พบว่า "เมื่อเด็กได้รับคำสั่งของครูให้ลงมือกระทำกิจกรรมบางอย่างเด็กไม่รู้ว่าจะเริ่มต้นอย่างไรและไม่รู้ว่าจะทำอย่างไรเด็กไม่มีความสามารถวิเคราะห์คำเสนอแนะหรือคำสั่งใดเมื่อเด็กไม่มีความคิดที่จะทำอย่างไรแล้ว ความไม่รู้ (หรือความโง่เขลา) ความไม่เอาใจใส่ บางทีความเกลียดทั้งตัวครูและวิชาที่เรียนย่อมจะเกิดขึ้น ปัญหาต่างๆ ที่จะตามได้แก่การรอยคำสั่งจากครูว่าจะให้เด็กทำอย่างไร โดยครูทำเป็นตัวอย่างหรือสาธิตขึ้นนำก่อนบ้าง หรือคอยดูจากเพื่อนๆ บ้าง ทั้งนี้เพื่อที่จะได้เริ่มลงมือกระทำอย่างคนอื่นๆ ลักษณะเช่นนี้เด็กย่อมจะไม่ได้รับประโยชน์จากการใช้ภาษามากนักผลที่บังเกิดขึ้นย่อมจะทำให้เด็กไม่สามารถคาดคะเนจุดหมายของการกระทำรวมทั้งวิธีการต่างๆ จากภาษาได้เลยซึ่งจะทำให้กิจกรรมทางการศึกษาไม่มีความหมายต่อขบวนการเรียนรู้จึงนับว่าเป็นอันตรายต่อขบวนการคิดการเพิ่มพูนพลังทางความคิดในรูปแบบนามธรรมอย่างมากมาย (Holt, 1964 : 113)

จากการศึกษาค้นคว้าของ Sutton พบว่า ได้มีนักการศึกษาหลายคน เช่น Piaget, Vygotsky พยายามที่จะทำความเข้าใจว่าเด็กมีการเรียนรู้ที่จะรู้จักคิดอย่างไร piaget พบว่า "ประสบการณ์ที่เด็กได้รับนั้นจะช่วยให้การคิดของเด็กเจริญก้าวหน้าและเพิ่มพูนพลังความคิดได้เป็นอย่างดีและ Vygotsky ยอมรับว่าทั้งภาษาและประสบการณ์ต่างก็เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของขบวนการคิดของเด็กนอกจากนั้นทั้ง Piaget และ Vygotsky ต่างก็เห็นพ้องต้องกันว่าภาษาที่เด็กใช้เพื่อแสดงออกมานั้นจะสะท้อนแนวความคิดของเด็กได้เป็นอย่างดีทั้งนี้เป็นเพราะว่าเมื่อเด็กเริ่มพูดเด็กจะพูดไปพร้อมกับกระทำและการกระทำเหล่านั้นจะเป็นสิ่งที่เด็กได้สัมผัสด้วยตัวของเขาเองคำพูดเหล่านั้นจะทำหน้าที่เสมือนแทนภาพวัตถุสิ่งของที่เด็กลงมือกระทำและเมื่อพูดถึงเสมอๆ คำพูดเหล่านั้นจะค่อยๆ ทำให้เด็กเกิดความรับรู้ได้โดยไม่ต้องสัมผัสสิ่งของเหล่านั้น จากประเด็น

ที่กล่าวมานี้เองเด็กจะค่อยๆ พัฒนาการในการวางแผนการทำ การคิด การพูด ไว้ในโอกาสต่อไปซึ่งถือเสมือนประหนึ่งว่าเด็กมีความเป็นอิสระที่จะคิดหรือจินตนาการโดยอาศัยภาษาเป็นอุปกรณ์ประกอบที่สำคัญเพื่อเพิ่มพูนพลังในการคิดให้แก่เด็กนั่นเอง (Sutton, 1974 : 43)

ผู้แต่งมีความคิดว่า ผลการศึกษาค้นคว้าของนักการศึกษาตามที่ได้นำมาเสนอนั้น ย่อมจะทำให้ผู้อ่านเกิดความเชื่อมั่นได้ว่า ครู สถาบันการศึกษา ตลอดจนสังคม จะต้องให้ความสำคัญทางด้านภาษาให้แก่เด็กเพื่อจะได้ใช้เป็นเครื่องมือต่อกระบวนการเรียนรู้และทำความเข้าใจในสิ่งต่าง ๆ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าเด็ก ๆ ทุกคนย่อมรู้ว่าตนเองจะต้องศึกษาการใช้ภาษาโดยเริ่มจากเรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยเฉพาะแล้วค่อย ๆ ขยายความให้กว้างขวางออกไป หรืออาจจะเริ่มต้นจากเรื่องเล็ก ๆ น้อย ๆ จนกระทั่งมีความสามารถเสนอแนะแนวทางที่เป็นไปได้ สามารถตั้งสมมติฐาน กฎเกณฑ์ หาข้อสรุปและหาข้อยุติโดยการพิจารณาตัดสินอย่างใดอย่างหนึ่ง ขบวนการเหล่านี้แม้เด็กจะใช้ภาษาที่ตนเองรู้มาแล้วก็ตาม แต่ทว่าขบวนการคิด การเรียนรู้ ย่อมเป็นประโยชน์โดยตรงต่อเด็ก เพราะฉะนั้นจึงกล่าวได้ว่าการใช้ภาษาของแต่ละบุคคลย่อมจะเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้ หรืออาจจะกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่าการเรียนรู้นั้นไม่จำเป็นจะต้องเกิดจากการกระทำเท่านั้น แต่ย่อมจะเกิดขึ้นจากการใช้ภาษาที่พรรณนาถึงประสบการณ์ของเราด้วย

4.3 ภาษาและภูมิหลังของเด็ก (language and child's background)

มีนักการศึกษาในต่างประเทศ เป็นจำนวนไม่น้อย ได้พยายามศึกษาปัญหาการใช้ภาษาของเด็กที่มีส่วนสัมพันธ์กับสภาพความเป็นอยู่ของครอบครัวของเด็ก ๆ โดยมีความเชื่อหรือสมมติฐานเบื้องต้นว่า ลักษณะการอยู่อาศัยของเด็กที่แตกต่างกันย่อมจะทำให้เด็กใช้ภาษาที่แตกต่างกันด้วย ผลของการรายงานทราบว่าภาษาของเด็กในครอบครัวที่มีรายได้น้อยจะมีวงจำกัดมากกว่าเด็กที่มาจากครอบครัวที่มีรายได้สูงกว่า และยังพบต่อไปอีกว่าเด็กที่มีผู้ปกครองซึ่งเน้นในเรื่องการใช้ภาษาจนเกินไป จะมีผลทำให้เด็กมีการพัฒนาในเรื่องคอนเซปทางภาษาล่าช้า แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานการค้นคว้าที่ยืนยันว่ามีทฤษฎีทางภาษาศาสตร์เกี่ยวกับภูมิหลังของเด็ก ผู้แต่งจึงขอเสนอแนะผู้ปกครอง พ่อแม่ และสังคมจะต้องพยายามช่วยกันหาหนทางเพื่อพัฒนาการใช้ภาษาของเด็กดังต่อไปนี้

4.3.1 พ่อแม่ ผู้ปกครองควรเสียสละเวลาเพื่อรับฟังและพูดคุยกับเด็กอย่างสม่ำเสมอ

4.3.2 ครอบครัวบางครอบครัวไม่มีญาติผู้ใหญ่จะดูแลเอาใจใส่แทนพ่อแม่ได้ จึงทำให้การพัฒนาทางภาษาของเด็กอยู่ในขอบเขตอันจำกัด

4.3.3 พ่อแม่ ผู้ปกครอง ขาดความสนใจที่จะเอาใจใส่ต่อคำถามของเด็ก และพยายามจะตอบหรืออธิบายข้อสงสัยของเด็กได้อย่างกระฉับกระฉวย

4.3.4 พ่อแม่ ผู้ปกครอง ขาดแรงจูงใจที่จะคิดหาหนทางช่วยสร้างความเข้าใจให้แก่เด็ก ต่อเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เด็กได้ประสบพบเห็น

ผู้แต่งมีความเห็นว่า ไม่ว่าเด็กจะมีภูมิหลังมาอย่างไรก็ตาม ถ้าหากว่าเด็กเหล่านั้น ยังไม่สามารถจะใช้ภาษาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมแล้ว เด็กแต่ละคนย่อมมีทักษะต่อโลกในลักษณะที่แตกต่างกัน ปัญหาทางภาษาคงกล่าวย่อมจะทำให้เด็กเกิดปมค้อยในการปรับตัวต่อสังคม ต่อเพื่อนฝูงในโรงเรียน และจะมีผลต่อการพัฒนาในด้านสติปัญญาอีกด้วย ทั้งนี้เป็นเพราะเหตุที่ว่าเด็กเหล่านั้นไม่สามารถจะเล่าเรียนได้เต็มที่เท่าที่โรงเรียนมุ่งหวัง เด็กที่มีปัญหาเกี่ยวกับการใช้ภาษาย่อมทำให้การพูดคุยกับเพื่อนฝูงหรือการซักถามข้อปัญหาจากครูมีโอกาสน้อยลง ผลเสียที่จะเกิดขึ้นอีก ย่อมจะทำให้เด็กเบื่อบ่นต่อวิชาที่ครูสอน เด็กไม่มีความต้องการที่จะไปโรงเรียน สิ่งเหล่านี้ย่อมสร้างสถานการณ์ที่เลวร้ายให้แก่เด็กและสังคมมากขึ้น เพราะเราทราบคืออยู่แล้วว่า อิทธิพลของโรงเรียนนั้นย่อมเหนือกว่าอิทธิพลของครอบครัว เพราะฉะนั้นการใช้ภาษาจึงเป็นเรื่องสำคัญต่อขบวนการเรียนการสอน ภาษาจะเป็นเครื่องที่จะชี้ให้เห็นว่าเด็กมีความคิดเห็น มีความเข้าใจในประเด็นปัญหาอย่างไร และมีพลังความคิดในรูปแบบนามธรรมอย่างไรบ้าง

4.4 การฝึกทักษะทางภาษาและสื่อความหมาย(language and communication skills)

การฝึกให้เด็กมีทักษะทางภาษาและการสื่อความหมายนั้นอาจจะทำได้หลายวิธีดังนี้

4.1.1 การอ่านหนังสือ (reading skills) เพื่อต้องการให้เด็กค้นหาข้อเท็จจริง หลักเกณฑ์ รวมทั้งข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ในอันที่จะช่วยให้เกิดความคิดเพิ่มพูน

สติปัญญาหรือสร้างความประทับใจ ครูควรจะต้องเลือกสรรเรื่องราวที่เด็กควรรู้ และควรจะมีแรงใจให้เด็กทราบถึงจุดประสงค์ของการอ่านแต่ละเรื่องหรือแต่ละครั้งว่าจะมีประโยชน์อย่างไรบ้าง เพราะการอ่านเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์นั้นจะมีเป้าหมายของการอ่านที่แตกต่างไปจากการอ่านหนังสือประเภทอื่นๆ ในห้องสมุดก็คือนอกห้องเรียนก็ควรมีการเสาะหาหนังสือเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ประเภทต่าง ๆ เช่น คำรา วารสาร เอกสาร บทความ ให้มีจำนวนมากพอแก่ความต้องการ

4.4.2 การพัฒนาการศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ (science vocabulary development) ศัพท์วิทยาศาสตร์คือคำที่บัญญัติขึ้นเพื่ออธิบายความหมายในเนื้อหาของวิชาการ มักเป็นคำเฉพาะที่นักเรียนจะได้พบเห็นและต้องศึกษาอยู่เสมอ การทำความเข้าใจในศัพท์จะช่วยให้การเรียนวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น แต่มีศัพท์วิทยาศาสตร์อยู่เป็นจำนวนมากที่มักจะใช้ปนอยู่กับภาษาประจำวัน ซึ่งนักเรียนอาจจะเข้าใจผิด เช่นคำว่า หน้าหนัก เซล ฤดูหนาว อะตอม และหิน คำเหล่านี้นักเรียนมักจะเข้าใจเอาเองว่าตนเองเข้าใจคืออยู่แล้ว สิ่งเหล่านี้จะทำให้การเรียนการสอนมีปัญหาเกิดขึ้น

การพัฒนาเรื่องศัพท์วิทยาศาสตร์ให้แก่เด็กอาจจะทำได้ 2 ทางคือครูสอนหรืออธิบายให้เด็กทราบโดยตรงก่อนที่จะเริ่มบทเรียน ส่วนอีกวิธีหนึ่งครูอาจจะสอนศัพท์ให้เด็กในขณะที่การเรียนกำลังดำเนินอยู่ ซึ่งเป็นวิธีนิยมกันอยู่ทั่วไปและอาจจะกระทำได้หลายวิธี เช่น

- 1) ให้เด็กรู้ศัพท์ใหม่ในขณะที่ทำการทดลอง เช่น มีการต่อเซลล์แบบต่าง ๆ คือ ต่อแบบอนุกรม ต่อแบบขนาน เราเรียกกลุ่มเซลล์หลาย ๆ เซลล์ว่า แบตเตอรี่ เป็นต้น
- 2) ให้เด็กรู้ศัพท์ทางโสตทัศนูปกรณ์ เช่นสอนให้เด็กรู้จักการจัดป้ายนิทรรศการ การแสดงอุปกรณ์
- 3) ให้เด็กรู้ศัพท์จากการรายงาน เช่น การพูดและการฟัง
- 4) ให้เด็กรู้ศัพท์จากอุปกรณ์ที่เด็กทำขึ้นเองเช่นการทำแผนภูมิ กราฟ เป็นต้น
- 5) ให้เด็กรู้ศัพท์โดยการสร้างความคิดรวบยอดหรือสิ่งกัป
- 6) ให้เด็กรู้ศัพท์จากอ่านหนังสือ
- 7) ให้เด็กรู้ศัพท์จากการใช้พจนานุกรม
- 8) ให้เด็กรู้ศัพท์จากการนำคำพูดมาประกอบกัน โดยอาศัยรากฐานของคำบางคำ

เช่นคำว่า graph, synthesis, photo, tele เราอาจจะได้ศัพท์ใหม่ เช่น telephoto photosynthesis หรือ telegraph เป็นต้น

4.4.3 ฝึกให้เด็กมีทักษะทางการพูดและการอภิปราย (speaking and discussion skills) ในการสอนวิทยาศาสตร์ เราอาจจะฝึกเด็กให้มีทักษะเกี่ยวกับการถ่ายทอดความรู้โดยระบบการสื่อสารอยู่ 2 วิธี การรายงานโดยปากเปล่ากับการอภิปราย ซึ่งเป็นสิ่งที่ช่วยสร้างทักษะทางสังคมให้แก่เด็กอีกด้วย

ในการรายงานปากเปล่านั้น เด็กจะต้องพยายามถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจของตนให้แก่เพื่อนอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด ฉะนั้นการใช้ภาษาพูดอย่างถูกต้องจึงเป็นสิ่งสำคัญที่สุด ส่วนการอภิปรายนั้นเป็นเรื่องที่เด็กนักเรียนจะต้องแสดงความคิดเห็นของตนเกี่ยวกับปัญหา เพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด ครูจะต้องพยายามอธิบายให้เด็กทราบว่ากรการอภิปรายนั้น

- 1) ไม่ใช้การรายงาน (report)
- 2) ไม่ใช่เป็นการโต้เถียง (argument)
- 3) ไม่ใช่การท่องจำให้ขึ้นใจ (conversation)
- 4) ไม่ใช่เป็นการสนทนา (conversation)

แต่การอภิปราย หมายถึงความพยายามร่วมกันที่จะแก้ปัญหาเพื่อต้องการทดสอบข้อเท็จจริงหรือเสนอข้อคิดเห็น

ครูจะต้องเป็นบุคคลสำคัญของการเป็นผู้นำเพื่อให้เกิดความร่วมมือระหว่างครู กับนักเรียนครูจะต้องเป็นผู้วางแผนให้เด็กได้ทราบว่าเขาจะต้องกระทำอย่างไรบ้าง เช่น เด็กจะต้องรู้จักอำนาจหน้าที่ (authority) ของตนเอง และรู้ว่าตนเองจะต้องมีความรับผิดชอบ (responsibility) อย่างไร

4.4.4 ฝึกให้เด็กมีทักษะในการฟัง(listening skills)ในการเรียนของนักเรียนย่อมจะต้องอาศัยการฟังเป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่ง เด็กที่มีทักษะในการฟังย่อม ทำให้การเรียนมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และทักษะในการฟังนั้นเป็นสิ่งที่สามารถจะปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้นได้ทั้งการฟังและการอ่านมีลักษณะที่คล้ายกันอยู่มากมาย และมีวัตถุประสงค์อยู่หลายประการ เช่น

1) ฝึกให้เด็กมีทักษะในการฟังเพื่อความถูกต้อง (accuracy) เช่น ฝึกให้เด็กฟังเกี่ยวกับคำชี้แจง ฟังเพื่อตอบปัญหา ฟังเพื่อติดตามเรื่องราว ฟังเพื่อให้ระลึกถึงสิ่ง

ที่ผ่านมาแล้ว เป็นต้น

2) ฝึกให้มีทักษะในการฟังเพื่อพินิจพิจารณาและวิจารณ์ (criticize) เช่นฝึกให้เด็กฟังเกี่ยวกับคุณค่า ให้รู้จักข้อแตกต่างระหว่างข้อเท็จจริงกับความคิดเห็น เพื่อสรุปความหรือแสดงความคิด

3) ฝึกให้มีทักษะในการฟังเพื่อให้เกิดความซาบซึ้ง (appreciation) เช่นฟังเรื่องราวเกี่ยวกับประวัติศาสตร์ คำประพันธ์หรือบทละคร

4) ฝึกให้มีทักษะในการฟังเพื่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ (creativity) เช่นช่วยให้เด็กเกิดความคิดใหม่ ๆ แปลก ๆ ภายหลังจากที่ได้ฟังเกี่ยวกับการทดลอง การสาธิต การวิจัยเรื่องราวทางวิทยาศาสตร์ หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ เป็นต้น

แม้ว่าการฟังจะเป็นสิ่งที่สามารถแก้ไขปรับปรุงได้ก็ตาม แต่ก็ยังมีอุปสรรคอยู่หลายประการ ที่มีผลทำให้การฝึกการฟังในเด็กไม่สัมฤทธิ์ผล กล่าวคือ

- ผู้ฟังไม่มีความรู้เกี่ยวกับเรื่องราวที่กำลังฟังนั้นมาก่อน
- เรื่องราวนั้นเป็นสิ่งที่ไม่น่าสนใจ ทำให้ผู้ฟังเกิดความอารมณ์ไม่พอใจ
- ผู้บรรยายไม่สร้างหรือเร้าความสนใจให้แก่ผู้ฟัง
- ผู้ฟังไม่ทำตนให้เป็นผู้ฟังที่ดี

4.4.5 ฝึกให้มีทักษะในการเขียน (writing skills) นักเรียนมีโอกาสดูที่แสดงความสามารถในการเขียนได้มากมาย เช่น การทำการบ้าน การตอบปัญหา การเขียนรายงานเรา อาจจะแบ่งออกได้ เช่น

1) การทำรายการ (list) เพื่อแสดงตัวเลขประกอบคำอธิบาย ตัวเลข (data) เหล่านี้ อาจจะได้แก่ความจริง (facts) ต่าง ๆ

2) การแสดงความคิด (ideas) เพื่อแสดงข้อคิดเห็นของตน

3) การรวบรวมความคิดสำคัญ (grouping of main ideas) เป็นการเขียนเกี่ยวกับข้อคิด การวิจารณ์ นักเรียนจะต้องรู้จักการเลือก การตัดสินใจ มากกว่าการใช้ความจำ

4) การเขียนเพื่อแสดงการจำแนกแจกแจง แบ่งชั้น (classifying information) ในการนี้ นักเรียนจะต้องใช้ความพยายาม การสังเกต และการค้นคว้าประกอบ

5) การสรุป (summary) เป็นการเขียนเพื่อตอบปัญหา การแสดงผล การทดลอง การรายงาน เป็นต้น

การฝึกให้เด็กมีทักษะในการเขียน จะเป็นสิ่งที่ช่วยให้เด็กรู้จักการรวบรวมความรู้ต่าง ๆ เข้ามาเป็นหมวดหมู่ สร้างกฎเกณฑ์ และนำเอาไปใช้ได้ ครูควรจะต้องคำนึงว่าการให้งานเด็กเพื่อฝึกฝนการเขียนนั้น

- ครูจะต้องคำนึงถึงความสามารถของเด็กและช่วยให้เด็กเกิดประสบการณ์มากขึ้น
- ครูจะต้องช่วยให้เด็กสามารถนำความรู้ไปใช้ได้ในชีวิตประจำวัน
- ควรหลีกเลี่ยงการคัดลอกจากตำราให้มากที่สุด

4.4.6 ฝึกให้มีทักษะในการใช้ห้องสมุด (library skills) ห้องสมุดแหล่งความรู้ที่สำคัญอย่างหนึ่งของโรงเรียน ครูควรจะหาทางช่วยหรือกระตุ้นให้เด็กเข้าห้องสมุดเพื่อศึกษาค้นคว้าหาข้อเท็จจริงและสะสมความรู้ให้กว้างขวางอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้นครูควรแนะนำให้เด็กรู้จักการใช้ห้องสมุดโดยแนะนำให้รู้จักเลือกหาหนังสือ วารสาร เอกสาร หนังสืออ้างอิงประกอบการค้นคว้าด้วย

4.5 ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับ "สิ่งที่ไม่ควรปฏิบัติ"

ผู้แต่งขอเสนอแนะ "สิ่งที่ไม่ควรปฏิบัติ" ในขบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ดังต่อไปนี้

4.5.1 อย่าเร่งเร้าให้เด็กใช้ภาษาเป็นทางการจนเกินไป ดังที่กล่าวมาแล้วในตอนต้น ๆ ของบทนี้ว่า ภาษาเป็นสื่อความหมายที่จะแสดงให้เห็นว่าเด็ก ผู้พูด ผู้เขียน หรือผู้ใช้ภาษาเหล่านั้น มีความเข้าใจในสิ่งที่เขาพูด เขาเขียน มากน้อยเพียงใด เด็ก ๆ มักจะใช้ภาษาพูดหรือภาษาเขียนของเขาเองมากกว่าที่จะใช้พูดหรือเขียนตามแบบฟอร์มที่กำหนดให้ the Nuffield physics project กล่าวว่า "การฝึกให้เด็กรู้จักบันทึกประจำวัน (diary) จะเป็นการดีที่มีประโยชน์ต่อตัวเด็กเอง การรายงานผลการทดลองเพียง 2-3 บรรทัด และมีภาพประกอบด้วย ย่อมจะมีคุณค่าต่อการเรียนรู้และเกิดความเข้าใจได้มากกว่าจะมีครูหรือผู้อื่น

มาบอกให้เด็กกระทำอย่างนั้นอย่างนี้ หลังจากนั้นครูจึงค่อย ๆ เร่งเร้าหรือกระตุ้นให้เด็กรู้จักการจับบันทึกในลักษณะที่เป็นแบบฉบับ เพราะนอกจากจะช่วยให้เด็กเกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้งยิ่งขึ้นแล้ว เด็กจะยังรักที่จะเก็บรักษาคำบันทึกเหล่านั้นไว้อีกด้วย'(Sutton, 1974 :47-48) นอกจากนั้น the Nuffield chemistry project ยังเสริมต่อไปอีกว่า "การเสนอแนะให้เด็กรู้จักทำสมุดบันทึกข้อความ (notebook) นอกจากจะกระตุ้นให้เด็กบันทึกข้อความที่เขาได้ทำความเข้าใจอย่างลึกซึ้งแล้วยังเป็นการส่งเสริมให้เด็กได้รับการสนุกเพลิดเพลินเป็นการส่วนตัวอีกด้วย" (Sutton, 1974 : 48)

อย่างไรก็ตาม เรายังคงให้เด็กรู้จักฝึกฝนในการเขียนถึงเรื่องเฉพาะบางอย่าง เช่น การกำหนดหัวข้อเรื่อง การทำรายชื่อเครื่องมือเครื่องใช้ในการทดลอง วิธีการดำเนินงานการสังเกตและการสรุปผลเพราะสิ่งเหล่านี้เป็นเรื่องที่จำเป็นต่อขบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เป็นอย่างดี

4.5.2 อย่างเร่งให้เด็กใช้คำจำกัดความเร็วเกินไป ในการเรียนและการสอนวิชาวิทยาศาสตร์นั้น ทั้งเด็กและครูผู้สอนจะพบว่ามีคำใหม่ ๆ ที่จะต้องศึกษาค้นคว้ามากมาย ครูผู้สอนบางท่านอาจจะสังเกตเห็นว่าคำใหม่ ๆ เหล่านี้มีความสำคัญต่อการสร้างความเข้าใจให้แก่เด็กอย่างยิ่ง เพราะถ้าเด็กไม่มีความเข้าใจแล้วเด็กอาจจะไม่สามารถสอบไล่หรือผ่านการทดสอบได้ ครูผู้สอนจึงจำเป็นต้องหาวิธีการบอกให้เด็กจดจำทั้งทางตรงหรือไม่ก็โดยทางอ้อม การกระทำดังกล่าวถ้าจะพิจารณาให้ลึกซึ้งแล้วคุณจะไม่เกิดประโยชน์แก่เด็กเท่าที่ควร เพราะการเรียนรู้ที่เหมาะสมนั้นควรจะเป็นเรื่องราวที่เด็กจะต้องทำความเข้าใจด้วยตนเองคำจำกัดความ (definitions) ของคำใหม่ ๆ นั้น ถ้าครูพิจารณาถี่ถ้วนแล้วจะพบว่าตลอดเวลาที่เด็กศึกษาค้นคว้าเด็กจะต้องศึกษาอยู่เสมอ สิ่งที่ดีและเหมาะสมที่สุดครูควรจะได้กำหนดวิธีการให้เด็กทำความเข้าใจด้วยตัวของเขาเอง ในระยะแรกครูจะต้องคอยดูแลเอาใจใส่ เพราะเด็กอาจจะเข้าใจในคำจำกัดความของคำใหม่ ๆ เหล่านี้เพียงบางส่วนเท่านั้น แต่ถ้าครูพยายามยกตัวอย่างหรือหาทางให้เด็กได้มีการสนทนา ศึกษาเพิ่มเติมจากห้องสมุด จากการจัดกิจกรรมอื่น ๆ ประกอบย่อมจะทำให้เด็กรู้จักปรับปรุงแนวความคิด และรู้จักการเลือกสรรคำพูดเพื่อนำมาอธิบายในแนวทางต่าง ๆ ย่อมจะช่วยให้ความเข้าใจในความหมายหรือคำจำกัดความของคำใหม่ ๆ เหล่านี้ได้ดียิ่งขึ้น

4.5.3 อย่างเร่งให้เด็กอ่านตำราที่มีแต่รายละเอียดมากจนเกินไป แม้ว่าตำราจะเป็นเอกสารที่สำคัญอย่างหนึ่งของขบวนการเรียนการสอนก็ตาม ครูผู้สอนจะต้องรู้จักเลือกหาตำราที่มีทั้งเนื้อหาสาระและสำนวน ตลอดจนความยากง่ายให้พอเหมาะและสอดคล้องกับวัยของเด็กในชั้นเรียนด้วย ทั้งนี้อาจจะทำให้เด็กเกิดความเบื่อหน่ายเพราะตำราเหล่านั้นใช้ภาษาที่มีสำนวนยากจนเกินไป มีรายละเอียดมากและยากเกินที่เด็กจะทำความเข้าใจได้ รายละเอียดในการใช้ตำรานั้นจะได้กล่าวในบทต่อ ๆ ไป

4.5.4 อย่างพยายามใช้คำถามที่ไม่มีความมุ่งหมาย ในขบวนการเรียนการสอนนั้น ผู้แต่งมันใจว่าการใช้คำถามของครูถือว่าเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่สุด เพราะคำถามจะช่วยให้ครูได้ทราบถึงแนวความคิด ความเข้าใจ คำถามจะทำหน้าที่เสมือนเครื่องกระตุ้นให้เด็กรู้จักคิดค้น Blosser ได้จัดระบบคำถามทางวิทยาศาสตร์ หรือ question category system for sciences (QCSS) เพื่อช่วยให้ครูวิทยาศาสตร์นำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ยิ่งขึ้นดังตาราง

ประเภทของคำถาม	หน้าที่ของคำถาม
1. เพื่อคำเนิการ	ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นแรงเร้าให้เด็กสามารถคำเนิกิจกรรมต่างๆ ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด
2. เพื่อทบทวน	ใช้คำถามเพื่อเน้น ย้ำ ในประเด็นสำคัญๆ ที่เด็กควรรู้ ควรจดจำ และทำความเข้าใจ
3. แบบปิด	ใช้คำถามเพื่อซักซ้อม ทบทวนในสิ่งที่เด็กได้ศึกษาเล่าเรียนไปแล้วหรือใช้คำถามเพื่อจูงใจให้เด็กสนใจในสิ่งที่ครูต้องการจะสอน
4. แบบเปิด	ใช้คำถามเพื่อช่วย เร่งเร้า กระตุ้น ให้เด็กได้แสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนทัศนะหรือร่วมกันเพื่อแก้ปัญหา ตลอดจนแนวทางในการจัดกิจกรรมต่าง ๆ

ภาพที่ 4.1 : ระบบคำถามทางวิทยาศาสตร์

Blosser ยังได้ย้ำอีกว่า คำถามแบบเพื่อให้เกิดการดำเนินการนั้นมักจะถือว่าเป็นคำถามที่เกี่ยวข้องกับการใช้สติปัญญาในระดับคำ ส่วนคำถามแบบปิดนั้นแม้ว่าจะเน้นในเรื่องสติปัญญาหนักก็ตาม แต่อาจจะใช้เป็นเครื่องกระตุ้นให้เกิดรู้จักกฎจลลาคับ การแยกประเภท การเปรียบเทียบเพื่อนำเป็นข้อคิดค้นหรือใช้เน้นในเรื่องที่ครูเห็นว่าจะเป็นประโยชน์ก็ได้ แต่คำถามประเภทเปิดนั้นนับว่าเป็นคำถามที่นิยมใช้กันมาก เพราะผู้ตอบจะต้องอาศัยเหตุผลมาช่วยในการพิจารณาและเป็นคำถามที่อาจจะมีคำตอบที่ถูกต้องอยู่มากมาย (มังกร ทองสุขตี, 2523 : 20-21)

Mcglathery ได้สรุปผลการวิจัยที่เกี่ยวกับการปรับปรุงวิธีการใช้คำถามไว้ดังต่อไปนี้

4.5.4.1 พยายามใช้คำถามไม่มากนัก (เมื่อตั้งคำถามแล้วควรตั้งข้อสังเกตว่าตนเองทิ้งระยะเวลาพอเหมาะหรือไม่ ถ้าสังเกตว่าครูดามเร็วเกินไปควรพยายามลดระยะเวลาให้เหมาะสม)

4.5.4.2 พยายามใช้คำถามที่มีระดับยากและง่ายให้พอเหมาะ ซึ่งจะต้องวิเคราะห์คำถามเหล่านั้นเสียก่อน การวิเคราะห์ข้อคำถามจะช่วยให้ครูดามว่าเมื่อใดจึงควรนำมาถาม เพราะคำถามแต่ละประเภทและแต่ละระดับความยาก-ง่ายจะมีผลต่อการเรียนรู้ต่อพฤติกรรมของเด็กและครูไม่เหมือนกัน ข้อควรระวังคือการใช้คำถามแบบง่ายเกินไป คำถามที่ไม่มีคุณค่าเท่าที่ควรจะเป็นผลเสียแก่ครูดาม ทำให้เกิดความสับสนวุ่นวายใจให้แก่เด็กโดยเฉพาะอย่างยิ่งจะไม่มีผลต่อขบวนการเรียนแบบสืบสวนสอบสวน

4.5.4.3 คำถามที่นำมาใช้ควรเป็นคำถามแบบเปิด หรือถามเพื่อให้เด็กมีความคิดสร้างสรรค์ ถ้าครูใช้แต่คำถามแบบปิดจะทำให้เด็กแสดงพฤติกรรมตอบแบบสั้น ๆ ซึ่งจะทำให้เกิดความจำกัดแนวความคิดสร้างสรรค์ของเด็กด้วย

4.5.4.4 พยายามสร้างสรรค์บรรยากาศการสืบสวนสอบสวนให้เกิดขึ้นเสมอโดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเด็กเริ่มสนใจซักถามครูหรือเพื่อนร่วมชั้นแล้ว จะเป็นข้อแสดงให้เห็นว่าบรรยากาศของการสืบสวนบังเกิดขึ้นแล้ว และย่อมจะทำให้เด็กมีความกระตือรือร้นซึ่งอาจจะสร้างสิ่งที่ไม่คาดหวังในทางที่จะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนด้วย

4.5.4.5 ครูจะต้องหลีกเลี่ยงการใช้อำนาจหน้าที่มากเกินไป แต่จะต้องแสดง

บทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกช่วยให้บรรยากาศการเรียนเกิดขึ้นแก่เด็กให้มากที่สุด

4.5.4.6 ครูจะต้องมองเห็นคุณค่า ยกย่อง ยอมรับคำถามที่เด็กซักถาม เพื่อให้เด็กมองเห็นความสำคัญและจะเป็นการกระตุ้นยั่วยุให้เด็กสนใจยิ่งขึ้น

4.5.4.7 พยายามทิ้งระยะเวลาให้เด็กคิดอย่างน้อยคำถามละ 4-5 วินาที เพื่อให้เด็กมีเวลาพร้อมที่จะตอบสนองได้อย่างเหมาะสม

4.5.4.8 ครูจะต้องยอมรับว่า "เทคนิคการใช้คำถาม" เป็นสิ่งเชิษฐความเป็นครูให้มีคุณค่าสูงยิ่ง (มังกร ทองสุคติ, 2523 : 32-33)

4.6 ภารกิจที่ครูควรกระทำ (the teacher's role)

ปัญหาต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับภาษาและการสื่อความหมาย ซึ่งได้นำมาเสนอแนะตั้งแต่ตอนต้น ๆ นั้น พอจะสรุปประเด็นสำคัญไว้ 2 ประการคือ

ประการแรก สาเหตุของปัญหาเกิดจากครูผู้สอนมิได้เอาใจใส่ในความสำคัญของภาษาที่นำมาใช้ระหว่างครูและเด็กนักเรียน ครูมักจะเน้นในเรื่องภาษาที่ผู้ใหญ่นิยมใช้ซึ่งภาษาเหล่านั้นมีความยากเกินความสามารถของเด็กที่จะเข้าใจและนำไปใช้ได้ และในขณะเดียวกันครูมิได้เอาใจใส่ที่จะศึกษาและทำความเข้าใจในภาษา ตลอดจนสื่อความหมายอื่น ๆ ที่เด็กนำมาใช้จึงทำให้เกิดช่องว่างแห่งความเข้าใจระหว่างครูผู้สอนกับเด็กนักเรียน ผลที่สุดจะทำให้ขบวนการเรียนการสอนที่ทั้งเด็ก ครู ตลอดจนสังคมคาดหวังไว้นั้นมิได้บรรลุผลตามที่ต้องการ

ประการที่สอง ข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่นำมาชี้แจงนั้น ผู้แต่งเชื่อมั่นว่าพอจะเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้ครูได้มีสติที่จะต้องระลึกลักษณะว่า เราจะต้องมีความระมัดระวังและรอบคอบต่อการที่จะนำภาษามาใช้กันอย่างไร เด็กจึงจะเกิดการเรียนรู้และสามารถเข้าใจในการถ่ายทอดสื่อความหมายอื่น ๆ ได้ผลตามที่ต้องการ

Barnes ได้เสนอแนะในสิ่งที่ครูควรจะต้องระลึกลักษณะดังต่อไปนี้

4.6.1 ครูควรใช้วิจารณ์เฉพาะที่คนต่อการใช้ภาษาและการสื่อความหมายต่าง ๆ ไปใช้กับเด็กโดยให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนการสอนให้มากที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสื่อความหมายและภาษาที่เด็กควรจะต้องเรียนรู้และสามารถทำความเข้าใจได้

4.6.2 ครูจะต้องศึกษา "ช่องว่าง" ในเรื่องภาษาระหว่างตัวครูและเด็กที่ตนเองสอน และพยายามลดช่องว่างนั้นให้มันน้อยที่สุด

4.6.3 ครูจะต้องรู้จักย้ำหรือเน้นในความสำคัญของการใช้ภาษาในบางประเด็น ที่จำเป็นต้องการสร้างคอนเซ็ปใหม่ ๆ โดยเฉพาะคำบางคำหรือศัพท์เฉพาะ (terminology) ที่เด็กจะต้องทำความเข้าใจ

4.6.4 ครูจะต้องทำความเข้าใจในการใช้คำถามแบบต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคำถามแบบเปิด-ปิด ที่จะช่วยสร้างเสริมในการทำความเข้าใจตลอดจนการป้องกันการเข้าใจผิดในเรื่องคอนเซ็ปและการมองเห็นคุณค่าของการแก้ปัญหา การใช้คำถามอย่างถูกต้อง

4.6.5 ครูจะต้องระมัดระวังพฤติกรรมของครูอยู่ตลอดเวลาว่า ครูควรจะแสดงพฤติกรรมอย่างไรจึงจะทำให้ขบวนการสอนบรรลุเป้าหมาย มีรายงานจากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมบางอย่างที่ผู้แสดงออกไปโดยปราศจากความระมัดระวังนั้น ได้สร้างเจตคติที่ไม่ดีให้แก่เด็ก ครูจะต้องระลึกอยู่เสมอว่าครูจะต้องเป็นผู้อบรม ชี้นำ ให้เด็กเป็นผู้เรียนที่ดีที่สุดอยู่เสมอ

4.6.6 ครูควรจะต้องระมัดระวังในการ "สรุป" คือ "ลงความเห็น" ให้สอดคล้องและตรงประเด็นกับเนื้อเรื่องที่เด็กกำลังศึกษาเล่าเรียน และพยายามศึกษาว่าประเด็นสำคัญที่ครูนำมาสรุปนั้น เด็กแสดงพฤติกรรมที่เห็นคล้อยตาม ยอมรับ หรือแสดงอาการไม่แน่ใจ หรือแสดงอาการปฏิเสธโต้แย้ง (Barnes, 1969 : 53-5)

4.7 หลักสูตรและการพัฒนาภาษา (curriculum and language development)

บทบาทของครูผู้สอนในแต่ละสาขาวิชา ย่อมจะประสบปัญหาาร่วมกันอยู่ปัญหาหนึ่งปัญหาดังกล่าวได้แก่ปัญหาเกี่ยวกับการใช้ภาษา ข้อยุ่งยากที่ทำให้เกิดปัญหานั้นมีสาเหตุอยู่หลายประการ เช่น การสะกดการันต์ผิด การสร้างประโยคที่ไม่ถูกต้อง การใช้เครื่องหมายไม่ถูกต้องและเหมาะสม ขาดทักษะและประสบการณ์ในการจดบันทึก การใช้ภาษาพูดและภาษาเขียนไม่ดีเท่าที่ควรอ่านหนังสือไม่คล่องแคล่ว ไม่มีความรู้ความสามารถในการใช้ตำรา เอกสารประกอบการสอนและไม่ยอมที่จะมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหา ได้ตอบ หรือปฏิบัติกิจกรรม

ต่าง ๆ เมื่อมีสาเหตุมากมายเช่นนี้ย่อมจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการเรียนการสอน ทั้งนี้เป็นเพราะว่าภาษาจะทำหน้าที่เสมือนสื่อกลางของกระบวนการดังกล่าว ถ้าเด็กคนใดมีปัญหาเกี่ยวกับภาษาคงที่ได้กล่าวมาแล้วย่อมจะทำให้การเรียนรู้ การทำความเข้าใจ การสร้างสื่อสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนนักเรียน ครู และสังคมต่าง ๆ ย่อมไม่บรรลุผลตามที่คาดหวัง ฉะนั้นจึงพอจะสรุปได้ว่าการพัฒนาการในทางภาษาเป็นภารกิจโดยตรงต่อครูผู้สอนทุกคน

อาจจะกล่าวได้อย่างทั่ว ๆ ไปว่า เราทุกคนทราบว่าเด็กจะมีการพัฒนาการในทางภาษาอย่างต่อเนื่องอยู่ตลอดเวลา การเจริญงอกงามทางด้านภาษาของเด็กจะค่อย ๆ พัฒนาจากเรื่องราวเฉพาะแล้วขยายไปสู่เรื่องราวทั่ว ๆ ไป เด็กจะรู้จักใช้ภาษาเฉพาะตนก่อนแล้วจึงค่อย ๆ หัดไปเรียนรู้ภาษาที่ควรจะทำให้ความเข้าใจกับบุคคลอื่น ๆ และถ้าครูผู้สอนสังเกตจะพบว่าการพัฒนาการเช่นนี้จะค่อย ๆ เริ่มจากเรื่องเล็ก ๆ น้อย ๆ ไปสู่การสร้างความสามารถในการพิจารณาเพื่อความเป็นไปได้ของการใช้ภาษา เด็กจะเริ่มรู้จักการตั้งสมมติฐาน รู้จักการสรุปและพิจารณาเพื่อตัดสินใจว่าสิ่งใดดีมีค่าน้อยเพียงใด ถึงแม้ว่าเด็กนักเรียนเข้ามาเรียนในโรงเรียนแล้วเด็กเหล่านั้นจะต้องใช้ภาษาที่สร้างขึ้นมาใช้โดยมีวัตถุประสงค์นานาประการก็ตามแต่ในกระบวนการเรียนการสอนนั้นผู้เรียนย่อมจะต้องมีภาษาเฉพาะตนที่จะใช้ทำความเข้าใจในเรื่องราวต่าง ๆ ได้ เพราะฉะนั้นจึงกล่าวได้ว่าภาษาของแต่ละบุคคลจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญของกระบวนการเรียน การสอน เราอาจจะสรุปได้ว่าเด็กแต่ละคนที่กำลังอยู่ในวัยศึกษาจึงจำเป็นต้องหาโอกาสที่จะต้องพูดคุย (talk) เขียน (write) ในแนวทางที่ตนคิดว่าจะสามารถเรียนรู้และถ่ายทอดสื่อความหมายได้ดีที่สุด

Barnes ได้เสนอข้อคิดที่น่าสนใจเกี่ยวกับภาษาไว้ดังนี้ "ครูส่วนมากมักจะนำภาษาที่ใช้กันอยู่ทั่ว ๆ ไปมาใช้กับเด็ก ๆ โดยพยายามปรุงแต่งให้สอดคล้องกับเนื้อหาสาระของวิชาที่กำลังสอน เพราะมีความเชื่อว่าการกระทำดังกล่าวจะทำให้เด็กรู้จักปรับตัวให้เหมาะสมกับประสบการณ์ของเด็กแต่ละคน แต่การมีข้อสมมติฐานเช่นนั้นไม่เป็นการถูกต้อง เพราะการสั่งสมประสบการณ์โดยตรงในแต่ละบุคคลนั้น เด็ก ๆ จะต้องสามารถสรุปลงความเห็นและหาเหตุผลในเชิงนามธรรมให้ได้แน่ชัดเสียก่อน ความสามารถในการหาเหตุผลในเชิงนามธรรมในสาขาวิชาใด ๆ ก็ตามเด็กจะต้องอาศัยพลังในการสร้างประสบการณ์ในเชิงรูปธรรมในสาขานั้น ๆ เสียก่อน และการสร้างเสริมพลังในการสร้างประสบการณ์เหล่านั้นไม่สามารถจะทำได้

โดยการซักเย็บหรือโดยการบอกกล่าว' (Barnes, 1969 : 125-8)

ผู้แต่งเชื่อมั่นว่าในการเรียนรู้นั้นเราจะถือหลักการที่ว่า learning by doing เท่านั้น คงจะไม่เหมาะนัก เพราะในขบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนจะต้องเรียนรู้โดยอาศัยการพูดคุยเกี่ยวกับประสบการณ์อย่างมากมาย เรามักจะประสบอยู่เสมอว่าในการสอนของครูนั้นมักจะเน้นหนักในเนื้อหาสาระของวิชาที่สอนโดยปล่อยปละละเลยที่จะให้เด็กมีโอกาสพูดคุย ถกปัญหา และหาคำตอบต่อปัญหาที่ครูซักถาม ครูควรจะอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้โดยการสนับสนุนให้เด็กได้อ่าน ชิคเขียน พูดคุย ถกปัญหา และหาประสบการณ์จากเนื้อหาสาระของวิชานั้นด้วยตัวของเด็กเอง เพราะการกระทำดังกล่าวจะเป็นการสร้างเจตคติและความเป็นธรรมชาติของวิชานั้น ๆ ให้แก่เด็กได้เป็นอย่างดี

ผู้แต่งขอเสนอแนะการพัฒนาหลักสูตรในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการใช้ภาษาและการสื่อความหมายดังต่อไปนี้

4.7.1 การพูดจาปราศรัย (talking)

4.7.1.1 เด็กจะสามารถเรียนรู้ได้จากการพูดคุย และรับฟังความคิดเห็นจากเพื่อน ๆ ได้เป็นอย่างดี ครูควรพยายามเปิดโอกาสให้เด็กได้พูดจาปรึกษาในหมู่เพื่อนฝูงหรือโดยการแบ่งกลุ่มย่อย ๆ ให้มากที่สุด โดยเฉพาะเด็กในกลุ่มย่อยนั้นจะมีโอกาสในการให้ความร่วมมือ ตลอดจนมีความกระรือร้นให้ความสนใจในกิจกรรมได้มากที่สุด กิจกรรมของกลุ่มย่อยจะช่วยสร้างความสัมพันธ์ให้เด็กๆ เกิดความเข้าใจและมีความเชื่อมั่นในข้อความและประเด็นที่สำคัญ ๆ ได้เป็นอย่างดี มีผู้กล่าวว่า "การพูดจาปราศรัยในปัจจุบันกาลจะบันทึลความคิดในอนาคค"

4.7.1.2 ครูจะต้องให้ความสำคัญในการใช้ภาษาในรูปแบบต่าง ๆ อย่างครบถ้วนมากกว่าที่จะเน้นเฉพาะแต่เรื่องศัพท์หรือคำจำกัดความเท่านั้น ครูที่มุ่งสอนแต่เรื่องศัพท์อยู่เสมอ ๆ นั้น มักจะทำให้เกิดความไขว้เขวในเรื่องที่ควรจะเข้าใจได้ ยิ่งกว่านั้นอาจจะชักนำให้เด็กเกิดความลังเลหันเหไปสนใจในเรื่องเหลวไหลอย่างอื่นเสีย

4.7.3 การเขียน (writing)

การเขียนเป็นวิธีการที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในขบวนการเรียนการสอน ทั้งนี้เพื่อจับบันทึกข้อมูล การตอบปัญหา การรายงาน การอธิบาย ฯลฯ แต่การฝึกฝนให้นักเรียน

เขียนนั้น ครูผู้สอนจะต้องมีความมุ่งหมายและพยายามให้เด็กได้แสดงความสามารถของตนเองให้มากที่สุด ผู้เขียนขอเสนอแนะดังต่อไปนี้

4.7.2.1 ควรเปิดโอกาสให้เด็กรู้จักการเขียนเพื่อการจำแนกแจกแจงการวิเคราะห์ การประเมินผลและเพื่อการสังเคราะห์ในเรื่องที่กำลังศึกษาค้นคว้าให้มากที่สุดภาษาที่ใช้เขียนควรจะเป็นภาษาที่เด็กนึกคิดขึ้นเองเพื่อแสดงออกให้ทราบถึงแนวความคิด ข้อสังเกต ข้อสรุป และรวมทั้งการจินตนาการของเด็ก Hedges เสนอแนะว่า 'ครูควรจะให้เด็กรู้จักเขียนในสิ่งที่จะสังเกตได้ สามารถวัดหรือตรวจสอบได้ ตลอดจนสามารถเขียนในเชิงพฤติกรรมของมนุษย์ได้อีกด้วย' (Hedge, 1968 : 4)

4.7.2.2 ครูควรจะมีบทบาทหรือเสนอแนะให้เด็กรู้จักการนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบ การรับรองแล้ว มาวิเคราะห์และสามารถนำไปใช้ได้

4.7.2.3 เด็กจะต้องรู้จักการเขียนในเชิงสรุปความเห็น ความเข้าใจและข้อพิจารณาเพื่อตัดสินใจ

4.7.2.4 งานเขียนของเด็กควรจะเป็นสิ่งที่นำไปสู่การศึกษาค้นคว้าในสิ่งใหม่ ๆ อยู่เสมอ

4.7.2.5 งานเขียนของเด็กควรจะต้องเกี่ยวข้องกับการแปลความหมายหรือการจินตนาการในสิ่งต่าง ๆ ที่เด็กให้ความสนใจ

4.7.2.6 ครูควรจะมีงานเขียนให้เหมาะสมกับวัยและความสนใจของเด็กแต่ละคน

4.7.2.7 ครูควรให้ความสนใจในงานเขียนของเด็กโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องความเข้าใจ การสื่อความหมาย มากกว่าการที่จะคอยแก้ไขเรื่องการใช้ภาษา การสะกดการันต์ การใช้เครื่องหมายวรรคตอน หรือเรื่องไวยากรณ์ให้มากเกินไป

4.7.2.8 ครูควรระมัดระวังในการจดบันทึก (note making) ที่เด็กมักจะชอบลอกเลียนจากครูหรือเพื่อน ๆ เพราะการจดบันทึกเช่นนั้นจะเป็นการสะกิดกันแนวความคิดของเด็ก

4.7.3 การอ่าน (reading)

ดังที่ได้กล่าวมาตั้งแต่บทก่อน ๆ แล้วว่า การอ่านเป็นขบวนการที่สำคัญต่อการศึกษาค้นคว้า เพราะการอ่านเป็นการเพิ่มพูนประสบการณ์ให้แก่ผู้เรียนได้อย่างกว้างขวาง

Thurber และ Collette (Thurber and Collette, 1964 : 482-501) ได้เสนอบทบาทของการอ่านไว้ดังนี้

4.7.3.1 หน้าที่ของเอกสารเกี่ยวกับการอ่านในโครงการการศึกษาวิทยาศาสตร์มีดังนี้

- 1) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการพรรณนา ขยายข้อความ
- 2) เป็นการอธิบายเพื่อสร้างเสริมความเข้าใจ
- 3) เพื่อระลึกหรือบททวนประสบการณ์ในอดีต
- 4) เพื่อสรุปและจัดระบบเสียใหม่
- 5) เพื่อชี้แนะและบันทึกลงใจในประสบการณ์ใหม่ ๆ
- 6) เพื่อกำหนดข้อปัญหา
- 7) เพื่อติดตามหรือสืบเสาะหาในเรื่องที่น่าสนใจ
- 8) เพื่อปลูกฝังให้เกิดความซาบซึ้งในสัมฤทธิ์ผลของความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์
- 9) เพื่อสร้างเสริมความเข้าใจในขอบข่ายทางวิทยาศาสตร์
- 10) เพื่อสร้างเสริมเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์

ผู้แต่งมีความเห็นว่าครูผู้สอนควรจะได้ส่งเสริมให้เด็กมีใจรักในการอ่าน โดยการหาเอกสาร ตำรา สิ่งพิมพ์ สัญลักษณ์ต่าง ๆ ให้มีจำนวนมากพอแก่ความต้องการ วัตถุประสงค์การอ่านเหล่านี้จะเป็นสื่อกลางที่จะสร้างความเข้าใจระหว่างผู้ผลิตหรือผู้เขียนกับผู้อ่านให้สอดคล้องกัน ผู้ผลิตและผู้อ่าน จะต้องมีการปฏิสัมพันธ์ในการแปลความหมายของคำพูด ข้อความต่าง ๆ ได้ดี เพราะคำพูด ข้อความเหล่านั้นจะเป็นเพียงสัญลักษณ์ที่มนุษย์เจ้าของภาษาได้ประดิษฐ์ขึ้นมาเพื่อใช้ป็นสื่อสร้างความหมายและความเข้าใจเท่านั้น ปัญหาอีกประการหนึ่งที่ครูพึงระมัดระวังได้แก่เด็กนักเรียนที่จะต้องส่งเสริมให้มีความสามารถในการอ่าน ครูจะต้องดูแลเอาใจใส่อย่างใกล้ชิดว่า เด็กนักเรียนทุกคน (รวมทั้งเด็กอ่านเก่ง คล่องแคล่ว และเด็กที่ย่านไม่คล่องแคล่ว) นั้นมีความเข้าใจในเนื้อหาสาระที่อ่านได้มากน้อยเพียงใด

4.7.3.2 การสร้างโปรแกรมเพื่อส่งเสริมการอ่านควรดำเนินการดังนี้

- 1) ควรชี้แจงให้เด็กเข้าใจว่าการอ่านเป็นแหล่งเบื้องต้นของการเสาะหาข้อมูล

- 2) การอ่านเป็นการสร้างเสริมประสบการณ์โดยตรง
- 3) การอ่านช่วยเพิ่มพูนความสามารถในการแก้ปัญหา
- 4) การอ่านช่วยการกำหนดข้อปัญหาได้สะดวกยิ่งขึ้น
- 5) การอ่านช่วยซึ่งนำไปสู่การจัดกิจกรรมมีความหมายยิ่งขึ้น
- 6) การอ่านช่วยให้เด็กรู้จักเลือกใช้ตำรา เอกสาร เพื่อหาข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการตอบปัญหา
- 7) ครูอาจจะใช้ตำรา เอกสาร เป็นอุปกรณ์ในการอ่านให้สอดคล้องกับความสามารถของเด็ก

4.7.3.3 เทคนิคในการสร้างสรรค้ให้เด็กรักการอ่าน ในการศึกษาวิทยาศาสตร์ ควรจะได้กระทำดังนี้

- 1) ครูควรเตรียมรูปแบบการอ่านที่เหมาะสมให้แก่เด็กอยู่เสมอ สิ่งทีครูจะกำหนดให้เด็กอ่านนั้นควรจะได้มีเนื้อหาสาระที่น่าสนใจ เป็นเนื้อหาที่จะช่วยสร้างเสริมความรู้ ความเข้าใจให้แก่เด็ก มีครูเป็นจำนวนไม่น้อยที่ไม่สนใจในประเด็นดังกล่าว มักจะกำหนดหรือบอกให้เด็กอ่านตำรา เอกสารประกอบการเรียน สิ่งพิมพ์ วารสาร โดยไม่มีเป้าหมายที่แน่นอน
- 2) ครูควรหาทางชี้แนะเพื่อเสาะหาเด็กที่สนใจจะเป็นอาสาสมัคร เพื่ออ่านค้นคว้า และนำมารายงานให้เพื่อนร่วมชั้น สิ่งที่จะให้เด็กอ่านควรเป็นเรื่องที่น่าสนใจเหมาะที่จะสร้างเสริมความเข้าใจในเรื่องที่เด็กควรจะรู้
- 3) บางครั้งครูควรสร้างทีมหรือคณะเด็กที่จะช่วยกันอ่านในเอกสาร วารสาร หรือตำราในเนื้อหาที่น่าสนใจเป็นกรณีพิเศษ
- 4) ครูควรจะได้เปิดโอกาสให้เด็กอ่านเนื้อหา เรื่องราวจากวารสารเพื่อกระตุ้นให้เด็กสนใจในการอ่านอย่างกว้างขวาง
- 5) ครูควรชี้แนะให้เด็กได้ศึกษาการอ่าน การใช้ การค้นคว้าจากห้องสมุด
- 6) ครูควรกระตุ้นชี้แนะให้เด็กอ่านคำโฆษณา ข้อแนะนำ คำเตือน คำประกาศ จากวารสาร สิ่งพิมพ์ ฉลากที่ปิดไว้ตามเครื่องมือเครื่องใช้ เครื่องปรุงอาหาร ฯลฯ อยู่เสมอ
- 7) การปลูกฝังนิสัยให้รักการอ่านอาจจะเกิดจากการกระทำของครู ที่จะช่วยให้

เด็กจะต้องแก้ปัญหา ตอบข้อซักถาม โดยให้เด็กค้นหาคำตอบจากตำรา เอกสาร สิ่งตีพิมพ์ และครูจะต้องพยายามติดตามผลอยู่ตลอดเวลา การยอมรับ การชมเชย การเสนอแนะของครู จะเป็นแรงผลักดันให้เด็กเกิดความสนใจและในที่สุดจะมีนิสัยรักการอ่านจนติดเป็นนิสัยตลอดไป

4.7.4 บทบาทของครู

ข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่นำมาเสนอจะบังเกิดผลดีได้มากน้อยเพียงใดจะขึ้นอยู่กับ การปฏิบัติอย่างจริงจังของครูผู้สอน โครงสร้างในการปฏิบัติของครูจะเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อขบวนการ เรียนรู้ของเด็ก Barnes กล่าวว่า "โครงสร้างดังกล่าวจะต้องเป็นสิ่งที่ยืดหยุ่นอยู่เสมอ แต่ทว่าจะต้องมีเป้าหมายที่กำหนดไว้ค่อนข้างแน่นอน ครูจะต้องเปิดโอกาสให้เด็กได้เริ่มต้นที่จะ เรียนรู้ได้ในลักษณะต่าง ๆ ครูจะต้องให้คำปรึกษาและพร้อมที่จะลงมือกระทำกิจกรรมร่วมกับ เด็กครูควรจะต้องเป็นทั้งผู้นำและผู้ชี้แนะแนวทางในการจัดกิจกรรม มากกว่าที่จะแสดงตน เป็นผู้สั่งการหรือผู้ควบคุมกิจกรรมเหล่านั้น และสิ่งที่สำคัญที่สุดซึ่งครูจะต้องระวังและรำลึกอยู่ ตลอดเวลาว่าภาษาและการสื่อความหมายที่ครูใช้นั้นจะเป็นสิ่งที่ผ่านการกลั่นกรองของผู้ใหญ่ ซึ่งอาจจะเป็นสิ่งยากต่อการทำความเข้าใจสำหรับเด็ก เพราะฉะนั้นการเลือกใช้ภาษาและการ สื่อความหมายต่อเด็ก จึงควรมีขั้นตอนที่จะช่วยสร้างความเข้าใจให้แก่เด็กอยู่ตลอดเวลา" (Barnes, 1969 : 125-128)

Renner และ Stafford ยังได้เสนอแนะอีกว่าครูควรจะได้แสดงพฤติกรรมให้เด็ก ได้ประจักษ์อยู่ตลอดเวลาว่า พฤติกรรมเหล่านั้นจะต้องเป็นสิ่งที่จะช่วยสร้างเสริมให้ขบวนการ เรียนการสอนได้บรรลุเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ สิ่งที่ครูควรกระทำได้แก่

4.7.4.1 ครูจะต้องพยายามเป็นผู้รับฟังอยู่ตลอดเวลา

4.7.4.2 ยอมรับในสิ่งที่เด็กศึกษาค้นคว้ามาด้วยตนเอง สิ่งที่ถูกต้องครูควรยกย่องชมเชย สิ่งใดที่ควรชี้แนะแก้ไขก็ให้กระทำในลักษณะที่ละมุนละม่อม

4.7.4.3 การใช้คำถามเพื่อยั่วยุให้เด็กตอบ ทั้งทางวาจาและการใช้ภาษาเขียน ข้อซักถามจะต้องกระตุ้นให้เด็กค้นคว้าที่จะต้องโต้ตอบอยู่ตลอดเวลา

4.7.4.4 ครูจะต้องกระทำตนเป็นผู้นำให้เด็กใฝ่ใจที่จะศึกษาค้นคว้าอยู่เสมอ โดย อาจจะเป็นการซักถาม การอ่านและการค้นคว้าก็ได้

4.7.4.5 ขบวนการสืบสวนสอบสวนที่เน้นในเรื่องการสำรวจตรวจสอบการ -

ประดิษฐ์คิดค้น และการค้นคว้าในวิทยาการใหม่ ๆ ย่อมจะช่วยสร้างเสริมให้การเรียนรู้การสื่อความหมายมีสัมฤทธิ์ผล (Renner and Stafford, 1972 : 275-277)

4.8 บทสรุป

4.8.1 ภาษาและการสื่อความหมายคือสิ่งที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อขบวนการเรียนรู้ ครูจะต้องพยายามปลูกฝังการใช้ภาษาที่เหมาะสมให้แก่เด็ก ทั้งนี้เพื่อจะได้ส่งเสริมการเรียนรู้ของเด็กให้ได้ผลดียิ่งขึ้น

4.8.2 ภาษาและการสื่อความหมายจะทำหน้าที่เสมือนนครรชนี่ที่จะชี้ให้ทราบว่าเด็กมีพัฒนาการในด้านความนึกคิดอย่างไรบ้าง ยิ่งเด็กมีประสบการณ์ในการใช้ภาษาอย่างถูกต้องและเหมาะสม เด็กย่อมจะแสดงพลังในด้านความนึกคิดทั้งในด้านรูปธรรมและนามธรรมอย่างเด่นชัดและจะมีผลต่อการเพิ่มพูนสติปัญญาให้มากขึ้นอีกด้วย

4.8.3 การพัฒนาการทางภาษาและการสื่อความหมายจะมีผลต่อเนื่องมาจากสภาพการเลี้ยงดู ฐานะทางครอบครัว และสภาพของสังคมที่เด็กอยู่อาศัย บางครั้งการเร่งรัดให้เด็กเรียนรู้ในการใช้ภาษาของผู้ใหญ่อย่างรวดเร็วเกินไป ย่อมมีผลเสียต่อการเรียนรู้ของเด็ก

4.8.4 ครูควรสร้างเสริมทักษะในการใช้ภาษา และการสื่อความหมายในรูปแบบต่าง ๆ กัน เช่น การอ่าน การเขียน การฟัง การพูด การถกปัญหา ศัพท์และความหมายของคำใหม่ ๆ การใช้ห้องสมุด และการจัดบันทึก ตลอดจนการทำรายงาน

4.8.5 การเร่งรัดให้เด็กเรียนรู้ภาษาที่ใช้เป็นทางการ การให้เด็กอ่านหนังสือที่มีรายละเอียดมาก การใช้คำถามที่ไม่มีความมุ่งหมายแน่ชัด อาจสร้างปัญหาการใช้ภาษา และการสื่อความหมายให้แก่เด็กได้เสมอ จึงเป็นสิ่งที่ครูจะต้องระมัดระวังอยู่ตลอดเวลา

4.8.6 การศึกษาค้นคว้าถึงสาเหตุที่เด็กมีปัญหาต่อการใช้ภาษาและการสื่อความหมายย่อมจะเป็นข้อเตือนใจให้ครูผู้สอนหาช่องทางที่จะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้ของเด็กได้ เช่น การแก้ปัญหาความไม่เข้าใจในการใช้ภาษาของเด็กกับครู การแสดงพฤติกรรมที่เหมาะสม การรู้จักเลือกใช้ภาษาที่เหมาะสม การใช้คำถามเพื่อยุ่ให้เด็กและแสดงการโต้ตอบ ย่อมจะ

ช่วยให้การใช้ภาษาของเด็ก ตลอดจนสัมฤทธิ์ผลการเรียนรู้เพิ่มพูนยิ่งขึ้น

4.8.7 การพัฒนาหลักสูตรในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่จะต้องเกี่ยวข้องกับการใช้ภาษาและสื่อความหมายนั้น ควรจะได้มีการเน้นในเรื่องการพูด การเขียน การอ่าน ตลอดจนการแสดงออกหรือพฤติกรรมของครูอยู่ตลอดเวลา

4.9 คำถามท้ายบท

4.9.1 จงอ้างเหตุผลเพื่อสนับสนุนว่า ภาษาและสื่อความหมายมีบทบาทสำคัญต่อขบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

4.9.2 ครูจะมีวิธีการสำรวจตรวจสอบได้อย่างไรบ้างเพื่อที่จะทราบว่าเด็กมีความสามารถในเรื่อง

1) การใช้ภาษาและสื่อความหมาย

2) การคิดและการหาเหตุผล

4.9.3 ครูควรจะดำเนินการอย่างไรบ้าง เพื่อฝึกฝนการใช้ภาษาและการสื่อความหมายให้แก่เด็ก ๆ ที่มีความแตกต่างในภูมิหลัง

4.9.4 การสร้างเสริมทักษะในการใช้ภาษา เพื่อส่งเสริมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้มีผลดีนั้น ครูและนักเรียนควรทำอย่างไร

4.9.5 ครูควรจะแสดงพฤติกรรมอย่างไรบ้างจึงจะเหมาะสมต่อการสร้างเสริมให้เด็กมีทักษะในการใช้ภาษา

4.9.6 ท่านคิดว่าการสอนภาษาและการสื่อความหมายให้แก่เด็กในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา มีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด

4.9.7 ครูควรจะมีการใช้คำถามเพื่อส่งเสริมให้เด็กมีพัฒนาการในด้านภาษาและการสื่อความหมายอย่างไรบ้าง

บทที่ 5

ความสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน

สาระสำคัญ

ในขบวนการเรียนการสอนที่ดำเนินการอยู่ในแต่ละห้องเรียนนั้น จะต้องอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างครูกับเด็กเป็นสื่อประสานเพื่อสร้างบรรยากาศที่มีความหมายต่อการเรียนรู้ของเด็กให้มากที่สุด แต่เดิมมักจะเน้นเฉพาะแค่เนื้อหาสาระที่สอนและวิธีการสอนเท่านั้น แต่ในปัจจุบันมีผลการวิจัยยืนยันว่าความสัมพันธ์ระหว่างครูกับศิษย์ ซึ่งประกอบด้วยปัจจัยที่จำเป็นนั้นมีอยู่มากมาย เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ธรรมชาติของเด็ก บทบาทของครูคุณสมบัตินางประการที่จำเป็นต่อการสร้างสรรค์ ความสัมพันธ์ และการแก้ไขปัญหาเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างครูกับศิษย์เริ่มเสื่อมคลาย

วัตถุประสงค์ที่คาดหวัง

เมื่ออ่านเนื้อหาสาระของบทที่ 5 จบแล้ว นักเรียนนักศึกษาและผู้สนใจจะสามารถ
ตอบปัญหาต่อไปนี้ได้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างครูกับเด็ก หมายถึงอะไร และมีความจำเป็นต่อขบวนการเรียนการสอนอย่างไรบ้าง
2. องค์ประกอบที่สำคัญของความสัมพันธ์ระหว่างครูกับเด็กประกอบด้วยอะไรบ้าง
3. ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลคืออะไร และมีอะไรเป็นองค์ประกอบที่สำคัญบ้าง
4. ธรรมชาติของกลุ่มนักเรียนหมายถึงอะไร เราจะสามารถแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มได้อย่างไร
5. ครูจะสามารถสร้างความสัมพันธ์กับเด็กได้อย่างไร
6. เมื่อเกิดปัญหาระหว่างครูกับเด็ก ครูจะมีวิธีการแก้ไขปัญหาได้อย่างไร

บทที่ 5

การปะทะระหว่างครูกับนักเรียน (teacher - pupil interaction)

ในขอบวนการเรียนการสอนนั้นถ้าจะพิจารณากันอย่างกว้างขวางแล้ว จะต้องประกอบด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ ที่นอกเหนือไปจากเนื้อหาสาระที่จะนำมาถ่ายทอดให้แก่เด็ก และวิธีการสอนอื่นๆ แล้ว ยังจะต้องอาศัยสิ่งที่จำเป็นอีกมากมายนานัปการ ประเด็นสำคัญที่จะนำมาพิจารณากันในบทนี้จะเน้นในเรื่อง การปะทะสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน (teacher-pupil interaction) เป็นหลัก การปะทะสัมพันธ์ดังกล่าวอาจจะหมายถึง อากัปกริยาของครู การแต่งตัว การใช้ทรงผม การแต่งหน้า เสื้อผ้าที่ใช้ การพูดจา อายุ การเดิน และพฤติกรรมต่าง ๆ และในทำนองกลับกัน ครูก็อาจจะต้องพิจารณาลักษณะอาการดังกล่าวของเด็ก ตลอดจนต้องวิเคราะห์เพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงให้ความสัมพันธ์ระหว่างเด็กและครูผู้สอนให้สมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น

เพื่อให้ผู้อ่านได้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจระหว่างบุคคล (interpersonal perception) ซึ่ง Cook หมายถึง "อาการที่บุคคลจะแสดงอาการโต้ตอบหรือตอบรับต่อแนวความคิด อารมณ์ หรืออากัปกริยาของบุคคลอื่นในลักษณะอาการอย่างไรบ้าง" (Whittle, 1974 : 54) นั้น ผู้แต่งมีความเชื่อมั่นว่า อากัปกริยาเหล่านั้นจะมีอิทธิพลต่อการปรับตัวในสังคมอยู่ตลอดเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปรับตัวของครูและนักเรียนในทุกระดับชั้น จะมีคุณค่ามากกว่าโสศกทัศน์อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลองด้วยซ้ำไป ในบางครั้งเราจะพบว่าบุคคลบางคนแสดงตนในลักษณะที่ตรงกันข้ามกับการใช้ชีวิตอย่างแท้จริง พฤติกรรมของครู นักเรียน และผู้ปกครองบางคนมีลักษณะเด่นที่น่าศึกษา เพื่อฝึกฝนทำตามแบบอย่างที่ดีและพยายามหลีกเลี่ยงในสิ่งที่เห็นว่าไม่เหมาะสม

ผู้แต่งขอเสนอองค์ประกอบที่สำคัญ เพื่อประกอบการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน ดังต่อไปนี้

5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล (personal relationships)

เมื่อกล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลโดยทั่วไป มักจะหมายถึง "อาการที่แสดงออกจากการสัมผัสเข้าไป อาจจะเป็นความรู้สึกในเชิงพึงพอใจ หรือในเชิงไม่พึงประสงค์ก็ได้ บางครั้งความรู้สึกของคนบางคนอาจอยู่ในลักษณะของการวางเฉยหรือการเป็นกลางก็ได้เช่นกัน พฤติกรรมเหล่านี้จะส่งคุณสมบัติของบุคคลในเชิงจริยพิสัยหรือจริยศึกษา (affective domain) ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับทัศนคติ (attitude) แรงกระตุ้น (motivation) ความสนใจ (interest) ค่านิยม (value) และอื่นๆ Hardin ได้ยืนยันผลการวิจัยไว้ว่า "ความสัมพันธ์อันอบอุ่นระหว่างครูกับเด็กจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่จะช่วยให้ขบวนการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากที่สุด" (Hardin, 1964) และรายงานดังต่อไปนี้จะช่วยให้อ่านได้ทำความเข้าใจได้มากขึ้น

5.1.1 **ทัศนคติ** เป็นพฤติกรรมในเชิงจริยพิสัยที่มีผลกระทบต่อการเรียนการสอนซึ่งมักจะเกิดขึ้นระหว่างครูและเด็ก Bloom รายงานว่า "ทัศนคติจะมีค่าสหสัมพันธ์ของความสัมฤทธิ์ผลในวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่าวิชาอื่น (Bloom, 1976) นั่นหมายความว่า การเรียนรู้ที่บังเกิดขึ้นจากการเรียนวิทยาศาสตร์ จะมีความสัมพันธ์ในเชิงปฏิฐานต่อทัศนคติและความสนใจของเด็กที่ครูผู้สอนได้ปลูกฝังขึ้นในห้องเรียน และจะค่อย ๆ เพิ่มพูนต่อความสัมฤทธิ์ผลในขณะที่เด็กเจริญเติบโตขึ้นทุกขณะ นอกจากนี้ Rentz ยังเสริมต่อไปอีกว่า "เด็กที่มีความสนใจอย่างจริงจังต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ มักจะมีทัศนคติที่ดีต่อโรงเรียนและวิชาอื่น ๆ อีกด้วย (Rentz : 1975)

Shymansky (มังกร ทองสุคติ, 2523 : 43-49) กล่าวว่า "พฤติกรรมของครูจะมีผลต่อการศึกษาลำเรียนของเด็กอย่างมากมาย เพราะฉะนั้นครูจะต้องพยายามทุกวิถีทางที่จะหายุทธวิธีการสอนที่เหมาะสมมาใช้เพื่อเปิดโอกาสให้เด็กได้ประสบความสำเร็จจากการลำเรียนให้มากที่สุด"

5.1.2 **แรงกระตุ้น (motivation)** แรงกระตุ้นจะเป็นองค์ประกอบของพฤติกรรมในเชิงจริยพิสัยเพราะถือว่าเป็น "แรงขับภายใน" และเป็นความต้องการขั้นพื้นฐานของมนุษย์ กล่าวโดยทั่วไปแล้ว บุคคลที่มีแรงกระตุ้นอยู่ภายในตัวเองมักจะเสาะแสวงหาเป้าหมายในการทำงานให้สำเร็จตามวัตถุประสงค์อยู่เสมอมีรายงานเกี่ยวกับเรื่องการใช้แรงกระตุ้นทั้งภายในและ

ภายนอกเป็นจำนวนมาก และจะพบอยู่เสมอ ๆ ว่า การกระตุ้นจากภายนอกจะมีผลสืบเนื่องมาจากการให้รางวัล หรือการให้สิ่งชดเชยที่บุคคลอื่น ๆ มอบให้ เช่นการยกย่องชมเชยของครู ผู้ปกครองพ่อแม่ ที่เด็กสามารถทำอะไรได้สำเร็จ หรือปฏิบัติภารกิจในการศึกษาเล่าเรียนได้ผลดี ส่วนแรงกระตุ้นภายในนั้นมักจะเกิดจากความรู้สึกแห่งตน เช่น เด็กบังเกิดความพึงพอใจและภาคภูมิใจในความพากเพียรพยายามที่จะทำอะไรได้โดยตนเอง แรงกระตุ้นภายในมักจะบังเกิดแก่เด็กที่มีวุฒิภาวะสมบูรณ์แล้ว และส่วนใหญ่จะเป็นผู้ที่มีความสามารถที่ปกครองหรือควบคุมตนเองได้ ตลอดจนสามารถกำหนดเป้าหมายในการทำงานของตนได้แน่นอน

แม้ว่าแรงกระตุ้นจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อความรู้สึกของเด็กก็ตาม นักจิตวิทยาส่วนใหญ่ยังมีความเห็นไม่สอดคล้องกันในกรณีที่ว่า ครูจะต้องเป็นบุคคลที่สำคัญอย่างยิ่งที่จะช่วยเปลี่ยนแปลงสภาพแรงกระตุ้นภายนอกของเด็กให้แปรสภาพเป็นแรงกระตุ้นภายในให้จงได้ Reed ทำการวิจัยเกี่ยวกับการใช้อิทธิพลของครู โดยอาศัยการออกคำสั่ง การให้ความอบอุ่น และการใช้แรงขับภายในเป็นอุปกรณ์ เพื่อให้เด็กสามารถเรียนรู้ได้ผลดี และทำการตรวจสอบโดย the Reed science interest inventory นั้น พบว่าจะมีค่าสหสัมพันธ์ในเชิงปฏิฐานระหว่างการใช้แรงกระตุ้นภายในกับความสนใจของเด็ก Reed ยังเสนอแนะต่อไปอีกว่า ควรจะให้มีการหาวิธีฝึกอบรมให้นักเรียนฝึกหัดครูที่จะออกไปเป็นครูวิทยาศาสตร์ รู้จักการใช้แรงกระตุ้นภายในให้แก่เด็กนักเรียนอีกด้วย (Reed, 1962)

การเพิ่มพูนแรงกระตุ้นภายในนั้นอาจจะกระทำได้มากมายหลายวิธี เช่น Rowe รายงานว่า เมื่อครูเว้นช่วงระยะเวลาหลังจากการตั้งคำถามให้มากขึ้นแล้ว พฤติกรรมของเด็กที่จะตอบคำถามนั้นไม่เพียงแต่จะมีผลดีมากขึ้นเท่านั้น แต่ทว่าความต้องการที่จะอาศัยความร่วมมือและการได้รับความสนับสนุนจากเพื่อน ๆ และจากครูจะลดลงอีกด้วย Rowe สรุปว่า พฤติกรรมของครูที่ลดการกระตุ้นจากภายนอก จะสามารถส่งเสริมให้เกิดแรงกระตุ้นภายในให้แก่เด็ก (Rowe, 1974) และยังมีผลการวิจัยรายงานที่สอดคล้องกันว่า แรงกระตุ้นจะเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อความสัมฤทธิ์ผลในการเรียนรู้มากกว่าความสามารถในเชิงสติปัญญาของเด็กเอง เช่น Kukle พบว่า เด็กนักเรียนที่มีผลของความสำเร็จในการเรียนรู้ที่อยู่ในระดับสูง ๆ นั้น จะได้แรงกระตุ้นมากกว่าเด็กที่มีผลการเรียนที่อยู่ในระดับปานกลางและระดับต่ำ ๆ (Kukle, 1972) Weiner และคณะได้ทำการสำรวจพบว่าบุคคลที่จะประสบความสำเร็จและความล้มเหลวนั้นจะต้องอาศัย

ปัจจัยที่สำคัญ 4 ประการได้แก่ ความสามารถ (ability) ความพยายาม (effort) ความยากลำบากของภารกิจที่จะต้องปฏิบัติ (task difficulty) และโชค (luck) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อการใช้แรงกระตุ้นเพื่อเอาชนะอุปสรรคและหลีกเลี่ยงต่อความล้มเหลวที่จะบังเกิดขึ้น (Weiner, 1974)

ปัญหาที่ครูวิทยาศาสตร์จะต้องเร่งแก้ไข คือการหาวิธีการอย่างไรจึงจะช่วยให้นักที่ได้รับการกระตุ้นไม่มากนัก ได้ประสบความสำเร็จในการเรียนรู้ให้ได้ผลดีมากขึ้น Steers ได้เสนอแนะว่า การกระตุ้นให้เด็กได้มีโอกาสเข้าร่วมกิจกรรมที่มีเป้าหมายที่แน่นอน จะเป็นการช่วยให้เด็กเกิดความสนใจที่อยากจะเรียนรู้และเพิ่มพูนความสัมฤทธิ์ผลได้ดี Steers ยังเสริมต่อไปอีกว่า เด็กที่มีผลการเรียนไม่สู้จะดีนักนั้นควรจะได้รับแรงกระตุ้นจากภายนอกให้มากขึ้นเสียก่อน ครูผู้สอนจะต้องใช้เวลาเพื่อให้เด็กเกิดความเข้าใจพยายามชี้แจงในวัตถุประสงค์ของแต่ละรายวิชา เปิดโอกาสให้เด็กมีส่วนร่วมในกิจกรรมให้มากที่สุด รวมทั้งการอธิบายในเรื่องราวของรูปธรรมความเป็นจริง และเป้าหมายที่คาดหวัง และสิ่งที่สำคัญที่สุดอีกประการหนึ่ง เด็กจะต้องมีส่วนร่วมในการประเมินผลของการเรียนรู้ของตนเองด้วย (Steers, 1955)

5.1.3 ความยุติธรรม(fairness)เป็นคุณธรรมในสังคมที่บุคคลทั้งหลายพึงปรารถนา ความยุติธรรมที่จะพึงบังเกิดขึ้นภายในห้องเรียนเป็นสิ่งที่เด็กต้องการโดยเผด็จพฤติกรรมของครูที่จะพิจารณาการกระทำของเด็กเป็นหลักเด็กจะคอยติดตามอยู่เสมอว่า ทุกสิ่งทุกอย่างที่ได้ปฏิบัติไปนั้นได้รับการประเมินผลจากครูอย่างเสมอภาค และเท่าเทียมกันหรือไม่ถ้าหากว่าครูได้พยายามให้ความเป็นธรรมแก่เด็กอย่างทั่วถึงและเท่าเทียมกันแล้ว ย่อมจะช่วยให้ความสัมพันธ์ระหว่างครูกับเด็ก และในมวลหมู่นักเรียนด้วยกันเอง มีความกำชับอย่างแนบแน่นอีกด้วย

5.1.4 การยอมรับ(permissiveness) พฤติกรรมของครูที่จะแสดงอาการยอมรับหรือโต้ตอบต่อผลการกระทำของนักเรียนนั้นเป็นสิ่งที่ครูจะต้องพึงระมัดระวัง เพราะเด็กยอมที่จะคอยเผด็จผลการเรียนและการกระทำกิจกรรมเพื่อประเมินผลอยู่เสมอ ในบางครั้งครูอาจจะไม่ตีเท่าที่ควร สิ่งที่ครูจะพึงระมัดระวังได้แก่การแสดงความเป็นผู้มีจิตใจกว้างขวาง (open minded) และยอมรับฟังข้อเสนอแนะของเด็ก บางครั้งเด็กอาจจะเสนอแนวความคิดใหม่ ๆ แปลก ๆ ซึ่งครูไม่เคยคาดคิดมาก่อนก็ได้ ครูจะต้องระลึกละยมอยู่เสมอว่าความคิดของมนุษย์ทุกคนล้วนแต่เป็นสิ่งที่ดีและมีคุณค่า บางครั้งเด็กอาจจะคิดหรือกระทำในสิ่งที่ครูเห็นว่าไม่เหมาะสม ครูควรจะต้อง

สอบถามในลักษณะที่เป็นการแนะนำมากกว่าจะแสดงอาการโต้ตอบในทันทีทันใด ทั้งนี้อาจจะ เป็นเพราะขาดประสบการณ์ จึงได้แสดงออกมาในลักษณะที่ไม่เหมาะสมก็ได้ ถ้าหากว่าครูได้ แสดงอาการยอมรับเสียก่อน ครูอาจจะพบว่า การกระทำและแนวความคิดของเด็กมีข้อมูลที่ขาด ตกบกพร่องครูอาจจะเสนอให้เด็กนำไปพิจารณาทบทวนแก้ไขเสียใหม่ สิ่งเหล่านี้นอกจากครูจะ แสดงบทบาทของความเป็นครูอย่างสมบูรณ์แล้ว การยอมรับนับถือที่เด็กจะพึงตอบสนองย่อม เพิ่มพูนมากขึ้น และในขบวนการเรียนการสอนที่จะดำเนินต่อไปย่อมจะเพิ่มประสิทธิภาพพร้อม ทั้งเป็นการส่งเสริมให้ความสัมพันธ์ระหว่างครูกับเด็กแน่นแฟ้นยิ่งขึ้น (BSCS, 1970:375-386)

ผู้แต่งมีความเชื่อมั่นว่า ถ้าเด็กมีความรู้สึกที่ตนเองได้รับการยอมรับนับถือจากครู ผู้สอนแล้ว ย่อมจะทำให้เด็กเกิดความเชื่อมั่นในตนเองมากขึ้น และจะเป็นการลดภาวะความกระวน กระวายใจให้น้อยลง Gaudry และ Spielberg ได้รายงานผลการวิจัยว่า เด็กที่มีความกระวน กระวายใจมากจะมีผลการเรียนต่ำ และพฤติกรรมที่แสดงออกจะอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่น่าพอใจ เพราะความกระวนกระวายใจจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เด็กไม่มีความเชื่อมั่นในตนเอง ไม่มี ความกระตือรือร้น และขาดความรักที่จะเผชิญโชค คุณลักษณะเหล่านี้จะเป็นอุปสรรคต่อการ เรียนรู้ในทุก ๆ วิชา และโดยเฉพาะอย่างยิ่งจะเป็นปัญหาที่สำคัญที่สุดของการเรียนวิทยาศาสตร์ เพราะการศึกษาเล่าเรียนวิทยาศาสตร์นั้นเป็นขบวนการที่จะต้องสำรวจและค้นคว้า เพื่อค้นหา ความจริงอยู่ตลอดเวลา วิทยาศาสตร์จะเจริญรุ่งเรืองได้จะต้องอาศัยความร่วมมือจากผู้ศึกษา เล่าเรียนโดยทุ่มเทกำลังทั้งด้านร่างกายและจิตใจ วิชาวิทยาศาสตร์จะเป็นศาสตร์ที่แตกต่างไป จากวิชาอื่น ๆ ตรงประเด็นที่ว่าในการศึกษาเล่าเรียนวิชาอื่น ๆ นั้น ผู้ศึกษาเล่าเรียนอาจจะ เป็นแค่เพียงผู้เฝ้าดู เป็นผู้รับฟัง และคงจะไม่มีส่วนร่วมในกิจกรรมมากนัก แต่วิชาวิทยาศาสตร์ ที่เด็กจะต้องเล่าเรียนในชั้นประถมศึกษา ก็ หรือมัธยมศึกษา ก็ ถือว่าเป็นช่วงระยะเวลาที่มีความ สำคัญมากที่สุด เพราะครูจะต้องเน้นให้เด็กเข้าใจในเรื่องคอนเซ็ปต์ เปิดโอกาสให้เด็กได้ สัมผัสกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ด้วยตนเอง โดยการลงมือกระทำอย่างจริงจัง เด็กที่ขาดความ เชื่อมั่นในตนเองจะไม่มี ความกระตือรือร้นและเสียโอกาสที่จะได้เผชิญโชค จึงหมดโอกาสที่จะค้น คว้าหาความรู้ได้อย่างเต็มที่ (Gandry and Spielberg, 1971)

5.1.5 ความรับผิดชอบ (responsiveness) ความรับผิดชอบเป็นคุณสมบัติ เฉพาะคนต่อการสำนึกในหน้าที่ภารกิจที่ตนได้รับมอบหมายและได้พยายามปฏิบัติให้บรรลุสำเร็จ

คามที่ได้กำหนดไว้ การกระทำใด ๆ ที่ก่อให้เกิดเห็นว่าครูได้พยายามกระทำทุกสิ่งทุกอย่าง ไม่ว่าจะเป็นการเตรียมการสอน การจัดกิจกรรม การดูแลเอาใจใส่ต่อเด็กทั้งในค่านส่วนตัวและ การศึกษาเล่าเรียน ย่อมถือได้ว่าเป็นภารกิจที่ครูจะต้องรับผิดชอบ สิ่งเหล่านี้ย่อมจะ สร้างความประทับใจให้แก่เด็ก และจะเป็นสิ่งที่ผูกพันให้ครูและเด็กมีความใกล้ชิดสนิทสนมกัน มากขึ้น มีนักการศึกษาหลายท่านลงความเห็น ว่า ความรับผิดชอบถือว่าเป็นพฤติกรรมที่สำคัญ ที่สุดของความเป็นครู มีพฤติกรรมหลายอย่างที่ครูควรแสดงออก เช่น การสนใจในตัวเด็ก การดูแลเอาใจใส่ การยอมรับฟังความคิดเห็น และการสร้างความเห็นอกเห็นใจ ตลอดจน การสร้างความอบอุ่นใจ (warmth) ให้แก่เด็กและในบทเรียนก่อน ๆ ก็ได้แสดงให้เห็นถึง การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างครูกับเด็กมาแล้ว Simpson ได้กล่าวไว้ว่า "สัมพันธ์ภาพระหว่าง ครูกับเด็กที่จะบังเกิดขึ้นอย่างแน่นแฟ้นนั้น ครูจะต้องได้สัมผัสหรือรับรู้ในความรู้สึกของเด็ก อย่างแท้จริง และครูจะต้องไม่แสดงอาการปฏิกิริยาจนเด็กเกิดความรู้สึก ครูไม่เต็มใจที่จะช่วยหรือ อำนวยความสะดวก" (มังกร ทองสุคติ, 2523 : 70)

5.1.6 สมรรถภาพของความเป็นครูวิทยาศาสตร์ (competence) กล่าวทั่วไป เด็กนักเรียนจะมีความมั่นใจ เชื่อใจ และยอมรับนับถือในความสามารถของครูที่มีสมรรถภาพ อยู่เสมอยิ่งครูคนใดมีความรู้กว้างขวาง มีวิธีการสอนที่ทันสมัย ส่งเสริมและสนับสนุนในความ ริเริ่มของเด็ก สามารถตอบปัญหาได้กว้างขวาง (โดยไม่จำเป็นที่จะต้องตอบได้ถูกต้องทุกๆ ข้อ เสมอไป) และพยายามเรียนรู้ไปพร้อม ๆ กับเด็ก สิ่งเหล่านี้จะสร้างความเป็นกันเองกับเด็ก (แต่ทว่าจะต้องอยู่ในขอบเขตที่เหมาะสม) ตลอดจนสามารถสร้างความสามัคคีในหมวดหมู่ ของนักเรียนด้วยกันเอง สิ่งเหล่านี้จะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อการสร้างเสริมสมรรถภาพ ของความเป็นครูวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี และจะเป็นแรงผลักดันที่ช่วยให้ความสัมพันธ์ ระหว่างครูกับเด็กกำชับแน่นแฟ้นยิ่งขึ้นมีรายงานเกี่ยวกับสมรรถภาพของความเป็นครูวิทยาศาสตร์ อยู่มากมายและพอจะสรุปเป็นหลักการที่สำคัญ ๆ ได้ว่า ครูวิทยาศาสตร์จะต้องเป็นผู้ที่จะ สามารถประเมินผลในสิ่งที่ต้องการได้ดีมีความเข้าใจในปรัชญาของการศึกษาวิทยาศาสตร์ สามารถ กำหนดเป้าหมายในขอบข่ายการเรียนการสอนได้ดี และสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ได้ดีที่สุด ผู้แต่ง ขอเสนอแนะว่าครูวิทยาศาสตร์ที่จะมีสมรรถภาพได้ดีนั้นจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

5.1.6.1 มีสมรรถภาพในด้านทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

สามารถใช้ทักษะและความรู้ต่าง ๆ ได้ดี

5.1.6.2 มีสมรรถภาพในวิชาความรู้พื้นฐานเป็นอย่างดี

5.1.6.3 มีสมรรถภาพในการสอนและสามารถใช้เทคนิคต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

5.1.6.4 มีสมรรถภาพในด้านการศึกษาวิชาชีพเป็นอย่างดี(มังกร ทองสุขดี, 2521: 122-127)

5.2 คุณลักษณะหรือธรรมชาติของกลุ่มนักเรียน (nature of the student group)

คุณสมบัติที่ดีประการหนึ่งของการเป็นครูวิทยาศาสตร์นั้นครูควรจะต้องเรียนรู้ในตัวของเด็กแต่ละคน เช่น ความสนใจ คุณลักษณะเฉพาะตัว ความสามารถ ภูมิหลัง และความต้องการพิเศษ เพราะองค์ประกอบเหล่านี้จะช่วยให้ครูสามารถอบรมสั่งสอนเด็กในชั้นของตนได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตามนักเรียนในแต่ละชั้นย่อมมีความแตกต่างกัน การเรียนรู้ความแตกต่างดังกล่าว ย่อมจะช่วยให้ครูสามารถแบ่งเด็กในชั้นของตนออกตามคุณลักษณะที่มีความใกล้เคียงกันได้ สิ่งที่จะช่วยครูสามารถแบ่งกลุ่มนักเรียนได้ดีก็คือ การศึกษาจากรายงานของอาจารย์ที่ปรึกษา การสอบถามเป็นการส่วนตัว การกระทำกิจกรรมร่วมกับเด็ก และการสอบถามจากครูและผู้ปกครอง คุณลักษณะเฉพาะตัวของเด็กแต่ละคนจะหล่อหลอมรวมกันเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของนักเรียนในชั้นเรียน

ในการแบ่งกลุ่มนักเรียนนั้นอาจจะกระทำหลายรูปแบบ เช่น แบ่งโดยอาศัยลักษณะนิสัยของเด็ก แบ่งตามสภาพของสังคมและสิ่งแวดล้อม หรืออาจจะแบ่งตามระดับสติปัญญาและความสามารถของเด็ก ตลอดจนความสนใจของเด็กแต่ละครั้งก็ย่อมทำได้ในวงการศึกษาปัจจุบัน ถือว่าการแบ่งกลุ่มเด็กในชั้นเรียนนั้นเป็นนวัตกรรมทางการศึกษาอย่างหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขอบข่ายการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในชั้นต่าง ๆ มักนิยมแบ่งเด็กออกเป็น 3 กลุ่ม คือ (1) กลุ่มนักเรียนที่มีความสามารถระดับปานกลาง (2) กลุ่มเด็กที่เรียนช้า และ (3) กลุ่มเด็กที่มีความสามารถพิเศษ มีนักการศึกษาวิทยาศาสตร์เป็นจำนวนมากได้พยายามทำการศึกษาและวิจัยเพื่อหาวิธีการสอนแบบต่าง ๆ ที่เหมาะสม เพื่อจะนำมาใช้กับเด็ก 2 กลุ่มหลังเพราะมีสิ่งที่น่าสนใจอยู่ไม่น้อย อนึ่งการที่ครูผู้สอนจะสามารถแบ่งเด็กออกเป็นกลุ่มได้คิมน้อยเพียง

โค่นั้น ครูจะต้องมีความสัมพันธ์กับเด็กเป็นอย่างดี เพราะการจัดกลุ่มของเด็กในชั้นเรียนจะมีคุณประโยชน์ต่อกระบวนการเรียนการสอนดังนี้

- 1) เปิดโอกาสให้เด็กแต่ละคนในกลุ่มสามารถร่วมกิจกรรมได้เต็มที่
- 2) เพิ่มพูนประสบการณ์ตรงต่อการใช้วัสดุอุปกรณ์ให้มากที่สุด
- 3) ขยายขอบเขตของความสนใจให้แก่เด็กได้อย่างกว้างขวาง
- 4) สร้างเสริมคุณลักษณะพิเศษให้แก่เด็กได้อย่างกว้างขวาง
- 5) สามารถมอบหมายภารกิจให้ได้ตามความสามารถของเด็กแต่ละคน
- 6) สร้างเสริมบรรยากาศในการทำงานร่วมกันให้ดียิ่งขึ้น
- 7) ปลุกฝังความมั่นใจให้แก่เด็กที่มีความอาย และช่วยเหลือเด็กที่มีความอาย และความเหน้อยหน้าให้มีความมั่นใจยิ่งขึ้น
- 8) ช่วยให้การปฏิบัติภารกิจเป็นไปตามครรลองของความเป็นประชาธิปไตย
- 9) เป็นการปลุกฝังความเป็นผู้นำให้แก่เด็ก
- 10) เป็นการเปลี่ยนแปลงบรรยากาศในชั้นเรียนให้ดีขึ้น
- 11) ช่วยเพิ่มพูนความสัมพันธ์ระหว่างครูกับเด็กและระหว่างเด็กด้วยกันเอง
- 12) ช่วยให้ครูมีเวลาช่วยเหลือเด็กให้มากขึ้น (Collette, 1973 : 521 - 2)

เพื่อเป็นการช่วยให้ผู้อ่านได้ข้อมูลต่าง ๆ ที่จะเอื้ออำนวยต่อการแบ่งกลุ่มเด็กในชั้นเรียนได้สะดวกยิ่งขึ้น ผู้แต่งขอเสนอแนะข้อมูลบางประการเกี่ยวกับกลุ่มเด็กไว้ดังต่อไปนี้

5.2.1 กลุ่มเด็กที่มีความรู้ความสามารถพิเศษ (gifted students) จากการศึกษาค้นคว้าของ Hildreth พบว่า เด็กที่มีความรู้ความสามารถพิเศษนั้น จะมีผลการเรียนและแสดงความสามารถสูงกว่าเพื่อนนักเรียนด้วยกัน และจะมีจำนวนอยู่ประมาณร้อยละ 5 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด (Hildreth, 1966 : 25) และเด็กเหล่านี้จะมีระดับสติปัญญา (IQ) สูงมากกว่า 130 (Rice : 1970) คุณลักษณะอื่น ๆ ที่พอจะสังเกตได้จากกลุ่มเด็กเหล่านี้ มักจะพบว่าเด็กแต่ละคนมีความสามารถในการอ่าน มีเหตุผล มีความสามารถในการใช้ภาษา แปรความหมายจากข้อความและแผนภูมิได้ดี Collette (Collette, 1973 : 556-7) ได้เสนอคุณลักษณะของเด็กกลุ่มเรียนดีเป็นกรณีพิเศษไว้ดังนี้

5.2.1.1 มีความจำได้ดีเป็นกรณีพิเศษ

- 5.2.1.2 มีความอยากรู้อยากเห็น ชอบซักถาม ค้นคว้า และชอบเผชิญต่อสิ่งท้าทายอยู่เสมอ
- 5.2.1.3 มีความสามารถในการให้เหตุผล รู้จักการใช้วิจารณ์จากข้อมูลต่าง ๆ โดยปราศจากข้อโต้แย้งและสามารถตั้งสมมุติฐานได้ดี
- 5.2.1.4 มีความสามารถนำความรู้ไปใช้กับสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ดี เช่น มีความชำนาญชำนาญ ทฤษฎี และสูตรไปใช้แก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง
- 5.2.1.5 มีความพากเพียรและพยายามสูง สามารถทำงานได้อย่างสม่ำเสมอ จากการศึกษาชีวประวัติของเอคิสันพบว่า เขาสามารถทำงานติดต่อกันนานถึง 72 ชั่วโมง เพื่อค้นหาวิธีการทำแผ่นเสียงและเมื่อมีอายุครบ 80 ปีแล้ว ยังทำการค้นคว้าในสาขาชีววิทยาเพื่อค้นหาสายจากพืชอีกมากมายหลายชนิด และจะพบว่านักวิทยาศาสตร์ที่มีชื่อเสียงนั้นจะไม่ยอมเลิกล้มการกระทำที่ตั้งใจได้ง่าย ๆ
- 5.2.1.6 มีความสามารถในการใช้ภาษาได้เป็นอย่างดี เช่น รู้จักใช้ภาษาได้อย่างคล่องแคล่ว รู้ศัพท์และนำมาใช้ได้อย่างเหมาะสม

นอกจากนี้ Brandwein (Brandwein, 1962)ยังได้เสนอคุณลักษณะพิเศษของเด็กที่มีความสามารถเป็นกรณีพิเศษไว้ดังนี้

- 1) ให้ความร่วมมือต่อกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์
- 2) ใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์ต่องานอดิเรกในเชิงวิทยาศาสตร์
- 3) ชอบศึกษาค้นคว้าจากตำรา เอกสาร วารสารที่นอกเหนือไปจากที่ครูกำหนดให้
- 4) อาสาที่จะปฏิบัติภารกิจต่าง ๆ อยู่เสมอ
- 5) เข้าร่วมประชุมในเชิงวิทยาการอยู่ตลอดเวลา
- 6) ชอบทัศนศึกษาในสถานที่ต่าง ๆ เช่น สวนสัตว์ พิพิธภัณฑ์ โรงงาน ฯลฯ
- 7) รู้จักใช้เงินให้เป็นประโยชน์ต่อการซื้อตำรา ของเล่น ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
- 8) ศึกษาและรวบรวมวัสดุที่เกี่ยวกับชื่อวิทยาศาสตร์ ธรณีวิทยา และสถานะ-

สิ่งแวดล้อม

9) มีความสนใจและเป้าหมายในวิชาชีพที่เกี่ยวข้องกับวิชาวิทยาศาสตร์

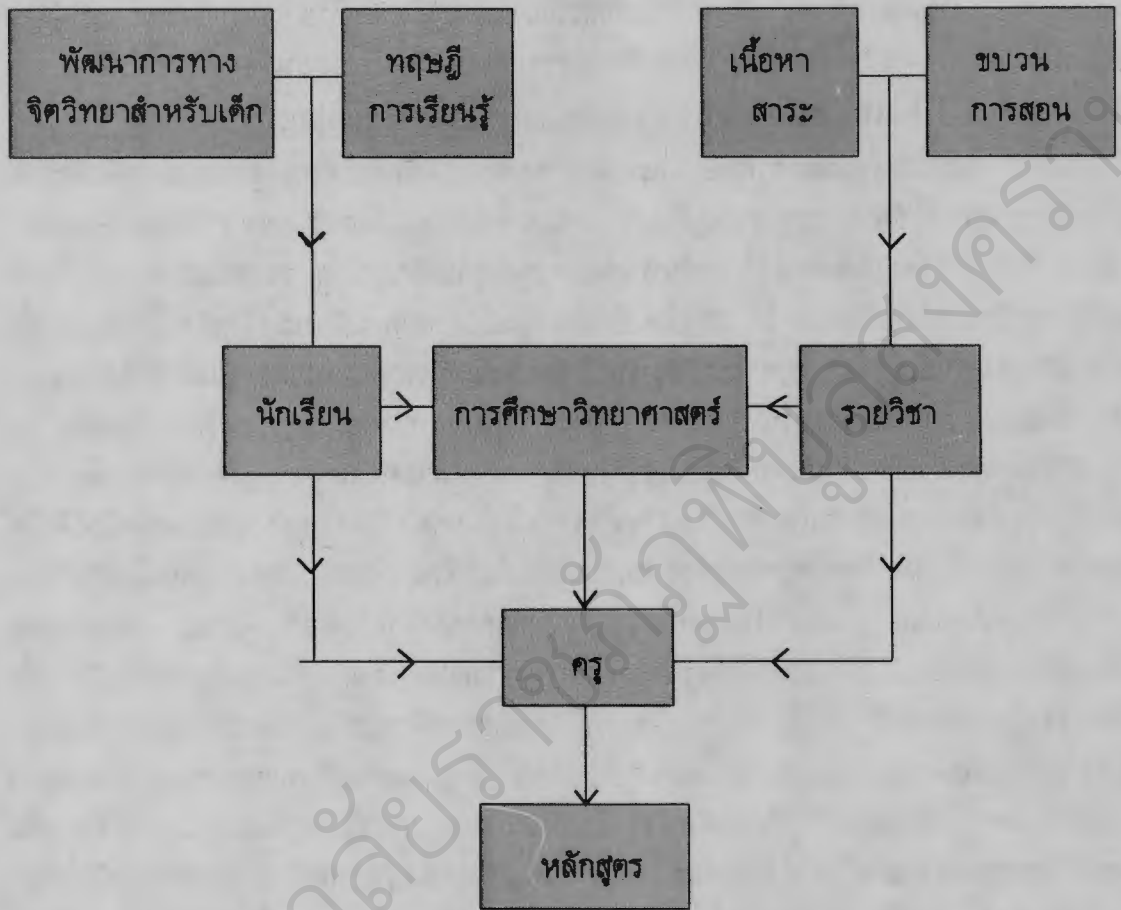
5.2.2 กลุ่มเด็กที่มีปัญหา (the culturally deprived) บางทีก็เรียกว่ากลุ่มเด็กที่เรียนด้าหลังในประเทศสหรัฐอเมริกา Webster รายงานว่า กลุ่มเด็กที่มีปัญหาจะมีจำนวนอยู่ร้อยละ 20 ส่วนใหญ่จะมาจากครอบครัวที่ยากจน อยู่ในชนบท มีปัญหาทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม มักจะเป็นพวกผิวดำและเป็นผู้อพยพไปจากประเทศอื่น ๆ และจะกระจัดกระจายอยู่ตามแหล่งเสื่อมโทรมของนครใหญ่ๆ เด็กกลุ่มนี้มักจะแสดงคุณลักษณะให้ตรวจสอบได้ดังนี้

- 5.2.2.1 มีทักษะการฟังไม่ดี ชอบส่งเสียงดัง
- 5.2.2.2 ไม่รู้จักใช้เวลาให้เกิดประโยชน์
- 5.2.2.3 ขาดทักษะในด้านต่าง ๆ
- 5.2.2.4 มีความสามารถในการอ่านอยู่ในวงจำกัด
- 5.2.2.5 ขาดความรักและแรงจูงใจจากพ่อแม่
- 5.2.2.6 ขาดสถานที่เพื่อการศึกษา
- 5.2.2.7 มีทัศนคติไม่ดีต่อการใช้สติปัญญา
- 5.2.2.8 ขาดการเรียนรู้ ไม่เอาใจใส่ต่อการดำรงชีพให้ดีขึ้น
- 5.2.2.9 ยากจน
- 5.2.2.10 พ่อแม่มีปัญหา มักหย่าร้าง ไม่มีความอบอุ่นในครอบครัว
- 5.2.2.11 สภาพภายในบ้านไม่สนใจให้เด็กรับการศึกษา
- 5.2.2.12 ชอบใช้กำลังก้าวร้าวซึ่งกันและกัน
- 5.2.2.13 มีความล่าช้าในทางเพศ
- 5.2.2.14 ได้รับการเลี้ยงดูที่ไม่เหมาะสม (Webster, 1970 : 51)

ผู้แต่งคาดว่าข้อเสนอแนะต่าง ๆ ตลอดจนคุณลักษณะของเด็กแต่ละกลุ่มที่เสนอนานั้นคงจะเป็นแนวทางที่จะช่วยให้ผู้อ่านได้ศึกษาเพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างครูและเด็ก ตลอดจนหาแนวทางเพื่อจัดการเรียนการสอนให้ได้ผลดีมากที่สุดสมควร

5.3 บทบาทของครูต่อการสร้างเสริมมนุษยสัมพันธ์ในชั้นเรียน

ผู้แต่งได้เคยกล่าวเอาไว้ในบทก่อน ๆ แล้วว่าครูจะเป็นบุคคลที่สำคัญที่สุดต่อขบวนการเรียนการสอน ซึ่งอาจจะแสดงให้เห็นได้ดังภาพ 5.1



ภาพที่ 5.1 : บทบาทของครูต่อขบวนการเรียนการสอน

จากภาพที่ 5.1 ผู้อ่านจะสังเกตเห็นว่าภารกิจของครูที่มีต่อขบวนการเรียนการสอนนั้น

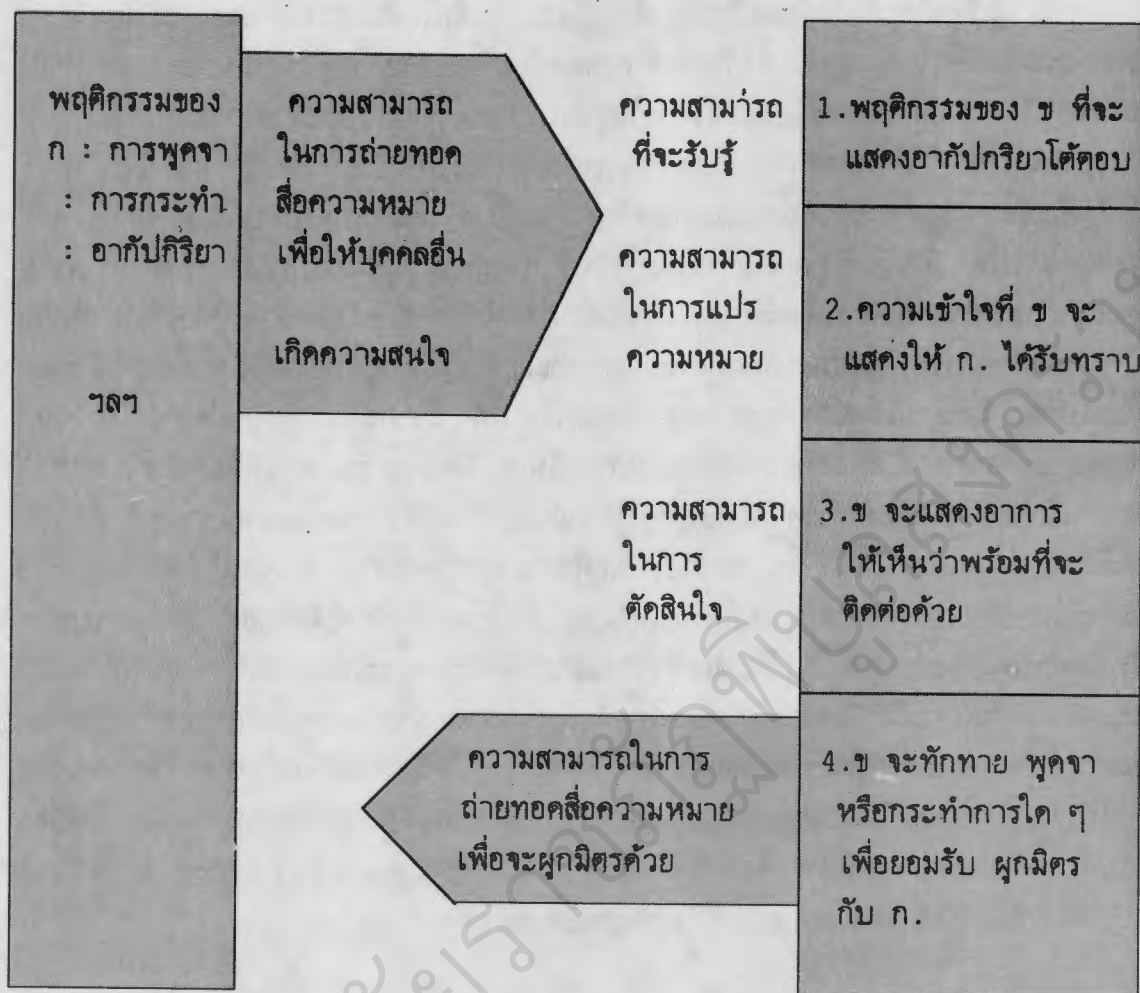
มีขอบข่ายกว้างขวาง แต่ประเด็นที่จะศึกษากันในตอนนี้ต้องการจะเน้นเฉพาะความสัมพันธ์ระหว่างครูกับเด็กเท่านั้น ผู้อ่านจะต้องระลึกอยู่เสมอว่า วิชาจิตวิทยาและทฤษฎีทางการศึกษาที่นักการศึกษาได้ค้นคว้าและวิจัยจะเป็นแม่บทสำคัญยิ่ง อาทิเช่น ผลงานของ Piaget, Gagne', Bruner และ Bloom (ซึ่งจะได้ศึกษาในรายละเอียดในบทเรียนต่อไป) บทบาทของครูที่ผู้แต่งใคร่เสนอแนะในการสร้างสัมพันธภาพต่อเด็กและขบวนการเรียนการสอนนั้นมีดังต่อไปนี้

5.3.1 แบบฉบับการสอนของครู (styles of teaching)

จากรายงานผลการศึกษาและค้นคว้าจะพบว่า มีนักการศึกษาจำนวนมากที่ให้ความสนใจเกี่ยวกับการใช้ภาษาระหว่างครูกับเด็ก โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลงานของ Flander (Flander, 1970) ที่ทำการจัดบันทึกการปะทะสัมพันธ์ระหว่างครูกับเด็กทุก ๆ ระยะเวลา 2-3 วินาที และนำมาจำแนกประเภทออกได้ 10 ชนิด ซึ่งสามารถแบ่งออกตามลักษณะใหญ่ ๆ ได้ 4 แบบคือการปะทะสัมพันธ์โดยตรง การปะทะสัมพันธ์โดยทางอ้อม พฤติกรรมของครูและพฤติกรรมของเด็ก Flander สรุปผลว่า "ในห้องเรียนที่เด็กจะประสบผลทางด้านการเรียนรู้มากที่สุดนั้น จะต้องอาศัยการปะทะสัมพันธ์โดยทางอ้อมเป็นหลัก นั้นหมายความว่าครูผู้สอนจะต้องพยายามพูดให้น้อยที่สุดลดการชี้แนะและการวิเคราะห์วิจารณ์ให้น้อยลง แต่พยายามสนับสนุนให้เด็กได้แสดงความคิดเห็นมากที่สุด โดยครูจะต้องยอมรับและนำไปใช้ในขบวนการเรียนการสอนให้มากที่สุด"

Amidon และ Hunter (1967) ทำการวิจัยที่เรียกว่า verbal interaction category system และได้ผลสอดคล้องกับผลงานของ Flander เช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในชั้นเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เด็กจะถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยเพื่อช่วยกันทำการทดลองนำข้อมูลมาวิเคราะห์ให้เกิดความเข้าใจและนำไปใช้แก้ปัญหาอื่น ๆ ผลที่ได้รับนอกจากจะเป็นการสร้างบรรยากาศการเรียนรู้ให้บังเกิดผลดีแล้ว ยังช่วยแบ่งเบาภาระให้ครูและเป็นการสร้างเสริมพฤติกรรมทางสังคมให้แก่เด็กอีกด้วย สิ่งที่สำคัญที่สุดซึ่งผู้อ่านควรจะต้องตระหนักได้แก่การสร้างสรรคจริยพิสัยที่มีคุณค่าให้แก่เด็ก เพราะเด็กจะพึงพอใจ ซาบซึ้ง และจดจำได้ดีว่าการเรียนตามแบบเดิม บางทีอาจจะมีผู้คัดค้านได้ว่า พฤติกรรมต่าง ๆ ที่กล่าวมานั้นน่าจะเป็นเรื่องจริยศึกษาและสังคมศึกษามากกว่าจะเป็นขบวนการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ และ May ยืนยันว่าเรื่องศีลธรรมจรรยา มารยาทในทางสังคมนั้นเป็นเรื่องที่สำคัญและจำเป็นที่สุดสำหรับเด็กทุกคน (May, 1971)

ผู้เขียนใคร่ตั้งข้อสังเกตอีกประเด็นหนึ่งว่า เด็กในชั้นประถมปลายและมีธยมศึกษา นั้นกำลังอยู่ในวัยรุ่นหนุ่มสาว ซึ่งเป็นวัยที่เตรียมพร้อมที่จะเป็นผู้ใหญ่ เด็กในวัยดังกล่าวกำลังเสาะหาหรือควรจะได้รับการศึกษาแบบใดให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม จึงขอเสนอรูปแบบที่ Mcphail (Mcphail, 1972) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างครู-นักเรียน ดังภาพ 5.2 ซึ่งเป็นรูปแบบที่เกี่ยวกับการถ่ายทอดสื่อความหมาย และจะประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ประการ คือ ความสามารถในการรับรู้ ความสามารถในการแปรความหมาย ความสามารถในการตัดสินใจที่จะได้ตอบ และความสามารถในการสื่อความหมาย Mcphail ยืนยันว่ารูปแบบนี้สามารถนำไปอบรมสั่งสอนได้เป็นอย่างดีและจะช่วยให้นักเรียนมีความสามารถในการแปรความหมายในความต้องการของเด็กนักเรียนได้ เขากล่าวว่าบุคคลโดยทั่วไปนั้นมักคอยแต่จะเผด็จความรู้สึกและความต้องการของบุคคลอื่น ๆ โดยเฉพาะพวกที่เห็นแต่ประโยชน์ส่วนตัว และในขณะที่เดียวกันก็มีความต้องการให้คนอื่นปฏิบัติต่อตนอย่างนุ่มนวลเขาย้ำว่าวิธีการที่นำมาเสนอดังภาพที่ 5.2 นั้น จะช่วยให้พฤติกรรมของบุคคลต่าง ๆ จะปฏิบัติเข้าหากันในลักษณะถ้อยที่ถ้อยอาศัยกัน ผู้แต่งใคร่จะเสริมว่า ตัวเราเองนั้นมักจะไม่ค่อยสำนึกในการปะทะสัมพันธ์กับคนอื่นมากนัก แต่โดยข้อเท็จจริงแล้วถ้าหากว่าครูจะได้มีการตรวจสอบพฤติกรรมของตนเองอยู่เสมอแล้วก็นับว่าจะเกิดประโยชน์อย่างมาก เพราะเหตุว่าพฤติกรรมของครูจะต้องแสดงสู่สายตาของสาธารณะชนอยู่ตลอดเวลา ครูจึงควรจะได้มีการปรับปรุงพฤติกรรมในทางสังคมให้เหมาะสมและเป็นแบบอย่างที่ดีอยู่เสมอผู้แต่งยังมีความเห็นสอดคล้องกับ May ในเรื่องจริยศึกษาที่ต้องการจะเน้นในเรื่องทัศนคติและค่านิยมในทางสังคมที่ครูควรจะต้องประพฤติและปฏิบัติให้เด็กได้ยึดถือเป็นแบบฉบับที่พึงงามอยู่ตลอดเวลา



ภาพที่ 5.2 : ความสามารถในการสื่อความหมาย 4 ขั้นตอน

แหล่งที่มา: the art of the science teacher, 1977, pp.55

เพื่อให้ผู้อ่านได้บังเกิดความเข้าใจในอิทธิพล หรือบทบาทของครูที่จะทำให้บรรยากาศการเรียนการสอนเป็นที่ดึงดูดความสนใจแก่เด็กเป็นอย่างดีนั้น เราจำเป็นต้องศึกษาในธรรมชาติและกลไกต่างๆ ของการปะทะสัมพันธ์ระหว่างบุคคลเสียก่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งองค์ประกอบที่สำคัญที่ครูควรจะรู้ว่าเด็กในห้องเรียนนั้นมีความรู้สึกหรือคาดหวังว่า ครูของเขาควรจะเป็นบุคคลอย่างไร Evans ได้สรุปข้อเสนอแนะไว้ว่า "เด็กจะชอบครูที่มีใจเมตตา แสดงความเป็นกันเอง สดใสร่าเริง มีความอดทน มีน้ำใจให้ความช่วยเหลือเกื้อกูล มีความยุติธรรมเป็นผู้มีอารมณ์ขัน แสดงอาการรับรู้ในปัญหาของเด็ก เปิดโอกาสให้เด็กจัดกิจกรรม และรักษาระเบียบแบบแผนอยู่เสมอ แต่เด็กจะไม่ชอบครูที่พูดจาถากถางเยาะเย้ยหรือแสดงอาการเหยียดหยัน ครูที่ชอบขู่เข็ญ ชอบใช้วิธีการลงโทษเพื่อรักษาระเบียบวินัย ชอบสร้างค่านิยมทางส่วนตัว และไม่เปิดโอกาสให้เด็กแสดงความคิดเห็นหรือความต้องการใด ๆ" (Evans, 1962)

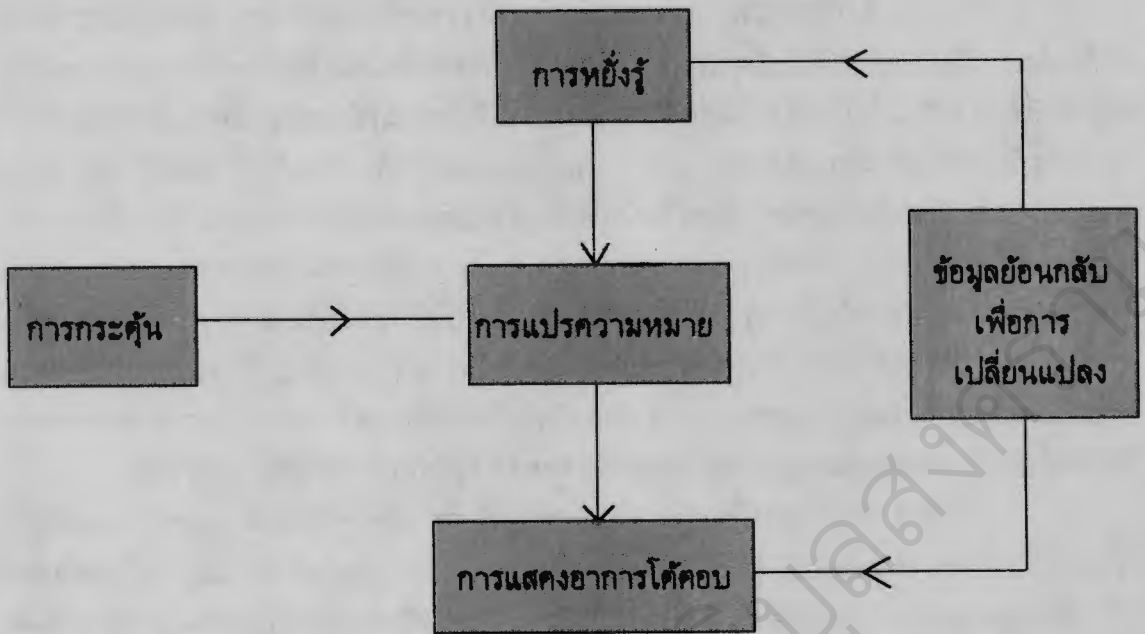
นอกจากนั้น Whittle ยังนำผลการค้นคว้าของ Hamanech และ Gagvey มาเสนอเพื่อสนับสนุนข้ออ้างของ Evans โดยชี้ให้เห็นว่า "ประสิทธิภาพของความเป็นครูนั้นจะต้องมีส่วนสัมพันธ์กับคุณลักษณะเฉพาะตนเช่นเดียวกับคุณสมบัติของบุคคลทั่ว ๆ ไปอีกด้วย โดยสรุปว่า คุณสมบัติของบุคคลที่จะเป็นครูที่ดีนั้น จะต้องประกอบด้วย การมีอารมณ์ขัน มีความยุติธรรมแสดงพฤติกรรมที่เห็นอกเห็นใจ มีจิตใจเป็นประชาธิปไตยมากกว่าเอกราชิปไตย มีคุณลักษณะที่สื่อให้เด็กเห็นว่าเป็นบุคคลที่น่าคบ น่าขอคำปรึกษาทั้งในลักษณะเฉพาะตนและการรวมกลุ่ม มีน้ำใจกว้างขวางและเปิดเผย มีความสม่ำเสมอหรือที่เรียกว่าเสมอต้นเสมอปลาย ตลอดจนมีความฉับไวต่อการเปลี่ยนแปลงที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังชี้ให้เห็นอีกว่าครูที่ขาดสมรรถภาพนั้นมักจะเป็นบุคคลที่ขาดอารมณ์ขัน ไม่มีความอดทนอดกลั้น ชอบใช้ระบบการตัดคะแนนเป็นมาตรการควบคุมชั้น ชอบแสดงการใช้อำนาจและไม่มีน้ำใจต่อเด็ก" (Whittle, 1974 : 56)

ผู้แต่งใคร่จะสรุปว่า พฤติกรรมของครูนั้นจะเป็นปัจจัยสำคัญต่อบทบาทที่ครูจะต้องสอนหรือแสดงต่อเด็กอยู่ตลอดเวลา แต่เดิมนั้นเราอาจจะอาศัยวิธีการทดลองแบบถูกผิด เป็นมาตรการที่จะแสดงออกในเชิงสังคม แต่ต่อมาวิธีการและขั้นตอนในการผลิตครูมีการพัฒนาอย่างมากมาโดยอาศัยวิธีการในหลายรูปแบบ เช่น อาศัยเทคนิคของการแสดงแบบบทบาท

สมมติ การละครการถกปัญหา และขบวนการกลุ่มสัมพันธ์ ซึ่งวิธีการเหล่านี้สามารถนำไปใช้
ได้ดีทั้งในวงการธุรกิจ สังคม การจัดการ ฯลฯ และยังมีการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมในเรื่องการกระตุ้น
การใช้แรงจูงใจ-แรงขับ และส่งเสริมในเรื่องที่น่าสนใจ ทั้งนี้เพื่อเพิ่มพูนประสิทธิภาพการปะ
ทะสัมพันธ์ระหว่างบุคคลให้เกิดประโยชน์มากขึ้นนั่นเอง

5.3.2 พฤติกรรมของเด็กที่แสดงออกมาให้ปรากฏ พฤติกรรมต่างๆ ที่เด็กแสดง
ออกมานั้น ถ้าหากว่าครูจะได้พิจารณาอย่างต้องแท้ จะพบว่ามิลักษณะและอากัปกริยาอยู่หลาย
รูปแบบที่จะสะท้อนให้เห็นถึงความเข้าใจ ความพึงพอใจ ความสนใจ ความไม่เข้าใจ ความ
ฉงนสนเท่ห์ และความกระวนกระวายใจของเด็กที่จะระบายออกมาให้ครูสังเกตเห็นได้ เราถือว่า
พฤติกรรมเหล่านี้เป็นข้อมูลป้อนกลับเพื่อการสร้างสรรค์ความสัมพันธ์ระหว่างครูและนักเรียนได้
เป็นอย่างดี พฤติกรรมต่าง ๆ ของเด็กที่มักจะพบอยู่เสมออันจะ ได้แก่ คำพูดโต้ตอบ การใช้
สำนวน ความคั่งของระดับเสียง การสั่นศีรษะ การเคลื่อนไหวของนัยน์ตา การเคลื่อนไหว
ของอวัยวะต่างๆ การขยับ-เคลื่อนย้ายที่นั่ง อากัปกริยาเหล่านี้จะบอกอาการให้ครูทราบว่าเด็ก
มีความรู้สึกและเข้าใจในบทเรียนที่กำลังศึกษาเล่าเรียน เป็นที่น่าพึงพอใจหรือไม่ ผู้แต่งมีประ
สพการณ์จากการสังเกตจะพบว่า เด็กที่มีปัญหาเกี่ยวกับการใช้ภาษา การพูดจาไม่คล่อง
แคล่วมักจะแสดงท่าทางอาการต่าง ๆ โดยอาศัยมือบ่งบอกเพื่อจะอธิบาย แต่ถ้าเด็กคนใดไม่
เข้าใจในเรื่องที่เรียนหรือไม่มีความสนใจ มักจะไม่กล้าสบสายตากับครูผู้สอน บางครั้งจะพยายาม
กรอกนัยน์ตาไปมา บางทีอาจจะแสดงออกมาทางใบหน้าทีพอจะสังเกตเห็นได้ อากัปกริยา
ดังกล่าวเราจะพบอยู่เสมอในทางสังคมที่เรามีการพบปะสังสรรค์กัน ครูผู้สอนควรจะได้ตั้ง
เป็นข้อสังเกตและหาทางแก้ไขปรับปรุงอยู่เสมอ

ในขณะที่ครูกำเนินการสอนอยู่นั้น ครูอาจจะศึกษาพฤติกรรมของเด็กได้โดยอาศัย
วงจรพฤติกรรมทางค่านสังคม ดังภาพที่ 5.3



ภาพที่ 5.3 วงจรพฤติกรรมของเด็ก

จากแผนภาพที่ 5.3 ผู้อ่านจะพบว่าเมื่อครูเริ่มกระตุ้นให้เด็กเกิดความสนใจที่จะเรียนรู้และเริ่มลงมือสอนถ้าหากว่า ครูจะสังเกตพฤติกรรมของเด็กให้ดีแล้ว จะเห็นว่าเด็กจะแสดงพฤติกรรมออกมาในลักษณะที่แตกต่างกัน บางครั้งครูอาจจะพบว่าการสูญเสียทางการศึกษาเกิดขึ้นซึ่งอาจจะเป็นผลที่เกิดจากการไม่ได้เตรียมการสอนที่ดีของครู หรืออาจจะเนื่องมาจากปัญหาสื่อความหมายระหว่างครูกับเด็กก็ได้ บางครั้งครูอาจจะให้ความสนใจแก่เด็กคนใดคนหนึ่งเป็นพิเศษจนทำให้เด็กที่เหลือในชั้นเกิดความรู้สึกว่าคุณเองไม่มีความหมายต่อการเรียนแล้วเรียนจึงพากันละเลยต่อการเรียนรู้ที่ครูกำลังสอนเสียก็ได้ ฉะนั้นครูผู้สอนจำเป็นจะต้องศึกษาพฤติกรรมต่างๆ ของเด็ก และพยายามทำการแก้ไขจนกว่าเด็กจะเข้าใจ ซึ่งจะช่วยให้ความสัมพันธ์ระหว่างครูกับเด็กมีการพัฒนาการมากขึ้น

5.3.3 สิ่งที่ควรริเริ่ม-สร้างสรรค์ เพื่อเป็นการสร้างสรรค์ให้ความสัมพันธ์ระหว่างครูกับเด็กดำเนินไปอย่างดีและมีคุณภาพ ผู้แต่งมีความคิดเห็นและเชื่อมั่นจากประสบการณ์ว่า สิ่งแรกที่ควรริเริ่มได้แก่การสร้างสื่อความหมายให้เกิดความเข้าใจและมีความปรองดองระหว่างครูกับเด็กในชั้นเรียนเสียก่อน และครูจะต้องเป็นผู้เริ่มต้นก่อนเด็ก การสร้างสื่อความหมายอาจจะกระทำได้หลายทางโดยไม่จำเป็นต้องแสดงพฤติกรรมออกมาด้วยวาจาหรือลายลักษณ์อักษรใด ๆ พฤติกรรมที่ควรแสดงออกเช่น อากาเรียมแยมแจ่มใส การสบสายตาคาในขณะทีครูกำลังสอน หรือทำการซักถาม หรือการมองไปที่หัวห้องเรียน การแสดงความคิดเห็น ออกเห็นใจ หรือการตั้งใจฟังปัญหาของเด็กอย่างเอาใจใส่ หรือการที่ครูเข้าไปช่วยแก้ปัญหาในขณะที่เด็กกำลังดำเนินการทดลอง สิ่งเหล่านี้จะเป็นการช่วยสร้างเสริมบรรยากาศของความสัมพันธ์ระหว่างครูกับเด็กตลอดจนการปลูกฝังเจตคติที่ดีให้แก่เด็กได้ผลดีเป็นอย่างยิ่ง

5.3.4 การกระตุ้นให้เกิดการอยากเรียนรู้ กล่าวโดยทั่วไปแล้วเราจะพบว่าเด็ก ๆ นั้นมีธรรมชาติของความอยากรู้อยากเห็นอยู่ตลอดเวลา และโอกาสที่เด็กจะเรียนรู้ได้จากบทเรียนก็มีอยู่มากมาย เพราะฉะนั้นถ้าครูจะมีวิธีการกระตุ้นที่เหมาะสมแล้วย่อมจะปลูกฝังนิสัยการรักเรียนหรือการใฝ่รู้ให้แก่เด็กได้เป็นอย่างดี การกระตุ้นเพื่อให้เด็กเกิดมีแรงจูงใจใฝ่รู้นั้นอาจจะกระทำได้หลายรูปแบบ เช่น การปลูกฝังให้เด็กเกิดความสนใจ การตั้งประเด็นปัญหาที่ท้าทายหรืออาจจะสาธิตกิจกรรมบางอย่างที่เด็กมองเห็นแล้วเกิดอาการสนเท่ห์และพร้อมที่จะศึกษาค้นคว้าหาข้อเท็จจริง ผลของการกระตุ้นจนเด็กเกิดความสนใจย่อมจะเป็นต้นเหตุให้เกิดแรงจูงใจระหว่างเด็กด้วยกันเอง หรือระหว่างครูกับเด็กที่จะร่วมมือ ร่วมแรง ตลอดจนร่วมความคิดที่จะทำการศึกษาค้นคว้าร่วมกัน พฤติกรรมของการร่วมมือจะช่วยให้มีการพัฒนาพฤติกรรมในค่านิยมที่พึงปรารถนา ซึ่งเป็นสิ่งที่ครูจะต้องพิจารณาแก้ไขปรับปรุงอยู่ตลอดเวลา ครูที่มีประสบการณ์นั้นย่อมจะศึกษาหาแนวทางที่จะยกย่อง ส่งเสริม และสนับสนุน เพื่อให้เด็กมีความรักที่จะทำการศึกษาค้นคว้าให้บรรลุผลสำเร็จอยู่เสมอ ครูที่มีประสบการณ์ดังกล่าวจะต้องมีคุณสมบัติพิเศษโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่อง ความมานะอดทน ความยืนหยัดที่จะเอาชนะอุปสรรค การให้ความคุ้มครองป้องกัน ตลอดจนบางครั้งก็อาจจะยอมพ่ายแพ้-ผิดหวังในบางเรื่อง แต่ก็เพื่อให้เด็กหรือศิษย์ของตนได้บรรลุความสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนดไว้

5.4 คุณสมบัติบางประการที่ควรปลูกฝัง

ผู้แต่งมีความคิดเห็นว่าการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างครูกับเด็กนั้น ครูผู้สอนควรจะได้มีการพิจารณาในคุณสมบัติบางประการที่ทั้งครูและเด็กควรจะได้มีการปลูกฝัง ทั้งนี้เพื่อจะได้ช่วยให้บรรยากาศของการเรียนรู้มีความหมายต่อเด็กยิ่งขึ้นคุณสมบัติบางประการที่ผู้แต่งใคร่จะเสนอแนะนั้น มีดังต่อไปนี้

5.4.1 การตัดสินใจที่จะสร้างความสัมพันธ์ ผู้แต่งคิดว่าเป็นประเด็นสำคัญประเด็นแรกที่ครูจะต้องพิจารณา เพราะความสัมพันธ์ระหว่างเด็กกับครู เด็กกับโรงเรียน จะเป็นเรื่องราวที่จะต้องมีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา มีนักการศึกษาผู้มีชื่อเสียงหลายคนได้กล่าวไว้ว่า "ความสัมพันธ์ระหว่างครูกับเด็กนั้นเป็นเรื่องที่มีความสำคัญและมีปัญหามากที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะเหตุผลที่ว่าครูจะต้องตัดสินใจในเรื่องราวของมนุษย์ในสังคมที่จะต้องมีความเกี่ยวข้องกันนั่นเอง" (Vishop and Whitfield, 1972 : 12-14) ความสัมพันธ์ระหว่างครูกับเด็กนั้นอาจจะมีผลกระทบต่อขบวนการเรียนการสอนและอาจจะจำแนกแจกแจงได้ในหลายรูปแบบอีกด้วย

5.4.2 การจำชื่อเด็กนักเรียน การจำชื่อเด็กนักเรียนได้นั้นถือว่าเป็นหลักจิตวิทยาอย่างหนึ่งที่ครูจะสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการสร้างความสัมพันธ์และความประทับใจให้แก่เด็กได้เป็นอย่างดี และผู้แต่งคิดว่าการเรียกชื่อเด็กได้ในขณะที่เด็กคนใดคนหนึ่งได้แสดงความคิดเห็นหรือเสนอแนวความคิดริเริ่มขึ้นนั้น จะเป็นการสร้างประสบการณ์ให้แก่ตัวครูเองและสร้างความภาคภูมิใจให้แก่เด็กได้อย่างยาวนาน เมื่อเด็กเกิดความภาคภูมิใจที่ทราบว่าครูให้ความสนใจแก่ตนก็ย่อมจะเป็นการดีสำหรับครูที่จะ กระตุ้น ชักนำ หรือทำการอบรมสั่งสอนได้อย่างสะดวกและบังเกิดประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

5.4.3 ลักษณะของการสื่อความหมาย แม้ว่าพฤติกรรมการสื่อความหมายของครูในลักษณะของการพูดจา และเขียนเป็นลายลักษณ์อักษรนั้นจะมีความสำคัญยิ่งยวดต่อขบวนการเรียนการสอนก็ตาม แต่ก็ยังมีลักษณะอาการอื่น ๆ เมื่อครูแสดงออกมาแล้วจะบังเกิดผลต่ออารมณ์การยอมรับนับถือ การพึงพอใจของเด็กที่จะแสดงโต้ตอบอีกด้วย ลักษณะของการสื่อความหมายที่มีใช้การพูดจาหรือเขียนเป็นลายลักษณ์อักษรนั้น อาจเกิดขึ้นได้หลายแบบ เช่น

กิริยาท่าทางของครู รูปร่างลักษณะความใกล้ชิดระหว่างครูกับเด็ก การแสดงออกของอาการบนใบหน้า การใช้ท่าทางประกอบการศึกษา ลักษณะอาการเหล่านี้ย่อมมีความสำคัญเฉพาะตัวมันเองทั้งสิ้น Morrison และ McIntyre กล่าวว่า "การให้ความสนิทสนม การใช้สายตาสื่อความหมาย การยิ้มแย้มแจ่มใส และการมีความเห็นสอดคล้องกันอยู่เสมอ นั้น ย่อมเป็นการสร้างความสัมพันธ์ต่อกันได้เป็นอย่างดี ในบางครั้งการใช้สายตาย่อมแสดงอิทธิพลต่อการใช้คำพูด การลงความเห็น และแสดงอาการเอาใจใส่ต่อการที่จะรับฟัง" (Morrison and McIntyre, 1969 : 162-4)

5.4.4 ทักษะในทางสังคม มีผลรายงานจากการวิจัยพบว่า การไร้สมรรถภาพในเชิงสังคมนั้น ทำให้เกิดปัญหาต่อการสร้างสัมพันธ์อันดีระหว่างสมาชิกในสังคมด้วยกันเอง เรามักจะพหุจหาในเชิงคำหิติดิเียนต่อผู้ไร่มารยาทในการสมาคมอยู่เสมอ บุคคลเหล่านั้นมักจะประสบปัญหาต่อการไว้เพื่อนฝูง ไม่สามารถให้ความร่วมมือหรือเอาชนะจิตใจผู้อื่นได้ บุคคลเหล่านี้มักจะแสดงพฤติกรรมออกมาในหลายลักษณะ เช่น การพหุจหา การใช้สายตาที่ไม่สุภาพ แสดงอาการทางใบหน้าที่ไม่เหมาะสม การแสดงอากัปกิริยาที่ไม่สุภาพ การแสดงความใกล้ชิดจนเกินไป และการแสดงน้ำเสียงที่ไม่ไพเราะ กระแทกแคะคัน คำทอ และก้าวร้าว เป็นต้น บุคคลใดที่ไร่มารยาทในทางสังคมย่อมจะเกิดปัญหาที่สังคมรังเกียจ ไม่ยอมคบค้าสมาคม ไม่สามารถทำงานทำไม่สามารณมีคู่ครอง และมีปัญหาอื่น ๆ ที่จะคามมาอีกนานปีการ

จากผลการวิจัยดังที่กล่าวมาข้อมจะเป็นเหตุผลที่จะสรุปได้ว่า ครูควรจะมีวิธีการปลูกฝังให้เด็กมี "ทักษะหรือมารยาทในทางสังคม" ที่เหมาะสม ผู้แต่งคิดว่ "มารยาทในทางสังคม" นี้ จะเป็นสื่อสัมพันธ์ที่ดีระหว่างครูกับเด็ก เด็กกับครอบครัว และสังคมภายนอกอีกด้วย และวัยของเด็กที่ควรจะปลูกฝังมารยาททางสังคมมากที่สุดคือ เด็กวัยหนุ่มสาวที่มีอายุระหว่าง 13-17 ปี ทั้งนี้เป็นเพราะเหตุผลที่ว่าเด็กในวัยดังกล่าวกำลังจะเริ่มเป็นผู้ใหญ่ ต้องการความเป็นอิสระที่จะออกไปเผชิญชีวิตแห่งความเป็นจริง เป็นวัยที่จะต้องเผชิญปัญหาในลักษณะของการลองผิด-ลองถูก จึงน่าจะได้มีการอบรมสั่งสอนให้เด็กทราบล่วงหน้าเสียก่อนเพื่อเป็นการเตรียมตัวที่ออกไปประสบเหตุการณ์จริง ๆ

5.4.5 แนวโน้มของเด็กและการคาดหวังของเด็กต่อพฤติกรรมของครู ครูยอมรับว่ เด็กนักเรียนในแต่ละชั้นนั้นย่อมมีความคิดแผกแตกต่างกัน ไม่ว่าจะป็นปัญหาทาง

สติปัญญา ปัญหาการเลี้ยงดูและสิ่งแวดล้อม เด็กเหล่านี้ย่อมจะมีเจตคติต่อครูไม่เหมือนกัน เด็กบางกลุ่มอาจจะพึงพอใจ และเด็กบางกลุ่มอาจจะไม่มีความพึงพอใจในครูคนเดียวกันก็ได้ Morrison และ McIntyre ยืนยันผลการวิจัยที่เริ่มทำการศึกษาค้นคว้ากันมาตั้งแต่ต้นศตวรรษนี้ และมีผลสอดคล้องต้องกันว่า เด็ก ๆ มักจะชื่นชอบต่อครูที่มีคุณลักษณะดังนี้คือ "จะต้องเป็นคนที่มีความเมตตาากรุณา มีน้ำใจไมตรี สดชื่นแจ่มใส มีความอดทน ชอบให้ความช่วยเหลือ มีความสุจริต มีอารมณ์ขัน พยายามทำความเข้าใจในปัญหาของเด็ก เปิดโอกาสให้เด็กทำกิจกรรมและพยายามรักษาระเบียบวินัย ส่วนครูที่เด็กไม่ชอบนั้นมักจะเป็นบุคคลที่ชอบเยาะเย้ยถากถาง ชอบทำตัวตลกชอบข่มขู่ ใช้วิธีการลงโทษเพื่อรักษาระเบียบวินัย ไม่มีเวลาให้เด็กแต่ละคนได้ปรึกษา และมีบุคลิกภาพที่ไม่น่าคบค้า" (Morrison and McIntyre, 1969 : 108)

5.4.6 ฐานะทางสังคมของเด็ก เด็กนักเรียนบางโรงเรียนจะมีฐานะทางครอบครัวที่แตกต่างกันมาก ความแตกต่างกันในทางสังคมอาจจะเป็นสาเหตุของการสร้างสัมพันธระหว่างเด็กด้วยกันเอง หรือแม้แต่ความสัมพันธ์กับครูผู้สอนก็อาจจะเกิดขึ้นได้ ทั้งนี้เพราะพื้นฐานทางสังคมแตกต่างกันมากนั่นเอง เด็กบางคนอาจจะมีนิสัยก้าวร้าวเพื่อนฝูง เด็กบางคนชอบเก็บตัว เด็กบางกลุ่มอาจจะรวมตัวกันเพื่อแสดงการข่มขู่เด็ก ๆ ด้วยกันเอง สิ่งเหล่านี้จะเป็นอุปสรรคที่สำคัญที่ครูจะต้องหาทางแก้ไขอยู่เสมอ

5.4.7 การสร้างความยอมรับนับถือ ผู้แต่งมีความคิดเห็นว่าครูผู้สอนจะต้องพยายามแสดงอาการหรือพฤติกรรมอย่างจริงจังและจริงใจให้เด็กเห็นว่า ครูได้แสดงอาการยอมรับในความเป็นเอกลักษณ์ของเด็กแต่ละคน ซึ่งย่อมจะต้องมีความผิดแผกแตกต่างกันออกมาให้ประจักษ์ เช่น การให้ความเห็นอกเห็นใจที่จะช่วยเด็กแก้ปัญหา การให้ความอบอุ่น การสร้างเสริมกำลังใจ ฯลฯ สิ่งเหล่านี้ย่อมจะสร้างความประทับใจให้แก่เด็กได้เป็นอย่างดี เมื่อเด็กเกิดความรู้สึกที่เห็นว่าครูเป็นบุคคลที่มีความรู้ มีความเป็นผู้ใหญ่ที่น่าเคารพนับถือ เด็กย่อมจะมีทัศนคติที่ดีต่อครูผู้สอน เกิดความรักใคร่โรงเรียนและมีความสนใจที่จะศึกษาเล่าเรียนในเนื้อหาวิชาการต่าง ๆ พฤติกรรมดังกล่าวย่อมจะสร้างความยอมรับนับถือระหว่างครูกับเด็กได้เป็นอย่างดี และย่อมจะทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างครูกับเด็กมีคุณค่ายิ่งขึ้น

5.4.8 การใช้อำนาจ คำว่าอำนาจในโรงเรียนนั้นดูเหมือนหนึ่งว่าเป็นที่น่าเกรงขาม

น่าสพรึงกลัว แต่ถ้าหากว่าได้มีการไตร่ตรองอย่างรอบคอบแล้ว การใช้อำนาจอาจจะมีผลดีต่อการสร้างความสัมพันธ์อันดีระหว่างครูกับเด็กได้ ผู้แต่งมีแนวความคิดว่าการใช้อำนาจของครูนั้นควรจะได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

5.4.8.1 ครูควรใช้อำนาจเพื่อให้เกิดความรู้สึกว่ามีความมั่นคงมีความอบอุ่นและมั่นใจ การใช้อำนาจในลักษณะที่จะทำให้เกิดแรงกระตุ้นต่อเด็ก และพยายามให้เกิดความสำนึกว่าอำนาจที่โรงเรียนใช้อยู่ที่นั่นเด็กมีความเป็นเจ้าของในอำนาจนั้นด้วย

5.4.8.2 ครูควรใช้อำนาจเพื่อกระตุ้นเตือนให้เกิดความยอมรับนับถือระหว่างครูกับเด็ก

5.4.8.3 การใช้อำนาจของครูหรือโรงเรียนควรนำมาใช้เพื่อปลูกฝังในการเป็นผู้นำ การแสดงความร่วมมือในการปฏิบัติภารกิจร่วมกัน

5.4.8.4 การแสดงอำนาจของโรงเรียน ควรจะมีผู้รับผิดชอบต่อการนำมาใช้และไม่ควรจะมีผู้แสดงอำนาจนั้นได้มากนัก เพราะจะเกิดการสับสนและเสียเวลา ผู้ที่มีความรับผิดชอบต่อการใช้อำนาจควรจะได้แสดงให้ครูและนักเรียนเห็นว่าคนเท่านั้นที่บุคคลทั้งหลายพร้อมที่จะเชื่อฟังต่ออำนาจที่ตนจะสามารถนำมาใช้ได้

5.4.9 **ความเป็นอิสระ** ความมีระเบียบวินัย และความรับผิดชอบ ผู้อ่านจะต้องระลึกอยู่เสมอว่า ในขบวนการเรียนการสอนที่ทั้งครูและเด็กได้ดำเนินการร่วมกันอยู่นั้น จะต้องอาศัยคุณสมบัติที่น่าับการมาเป็นเครื่องเชื่อมโยงเพื่อให้บรรยากาศของการเรียนรู้ของเด็กมีทั้งประสิทธิภาพและคุณภาพ คุณลักษณะ 3 ประการที่กำลังกล่าวถึงอยู่จะมีความสัมพันธ์ต่อกันอย่างแนบแน่นที่จะเชื่อมต่อกับขบวนการเรียนการสอนและเสริมสร้างความสัมพันธ์ระหว่างครูกับเด็กได้เป็นอย่างดีคือ Castle (castle, 1970 : 226-7) ได้เสนอแนะประเด็นที่น่าศึกษาและนำไปใช้ได้ดังนี้

5.4.9.1 เมื่อกล่าวถึง "ความเป็นอิสระ" นั้นย่อมจะต้องมีความหมายที่เกี่ยวข้องกับสิ่งอื่นๆ เช่น "ความเป็นอิสระจาก...", "ความเป็นอิสระเพื่อ..." "ความเป็นอิสระที่จะทำ..."

5.4.9.2 ความเป็นอิสระที่จะเกิดขึ้นกับผู้ใดผู้หนึ่งนั้น ย่อมจะหมายถึงความเป็นอิสระจากความกดดันหรือบีบบังคับ ใดๆ ซึ่งจะเป็นแรงจูงใจที่จะทำให้บุคคลนั้น ใดๆ ได้สามารถกระทำการใด ใดๆ ได้อย่างเต็มที่ เรามักจะพบว่าเมื่อเด็กได้รับความเป็นอิสระนั้น เด็กจะเกิด

ความมั่นใจว่าตนเองได้รับการสนับสนุนอย่างเต็มที่ที่จะเอาชนะอุปสรรคเพื่อให้บรรลุความสำเร็จหรือพยายามค้นหาวิธีการใหม่ ๆ เพื่อเพิ่มพูนประสบการณ์และทักษะตามที่ต้องการ

5.4.9.3 ความเป็นอิสระเป็นผลผลิตของการมีระเบียบวินัย

5.4.9.4 ความมีระเบียบวินัยแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ความมีระเบียบวินัยภายนอกและความมีระเบียบวินัยแก่ตนเอง

5.4.9.5 ความมีระเบียบวินัยแก่ตนเองจะเกิดขึ้นกับบุคคลที่คิดและกระทำการใด ๆ อย่างมีอิสระที่อยู่ภายใต้สิ่งที่เรียนรู้และภายใต้ความรู้สึคนึกคิดที่อยู่ในขอบเขตอันจำกัด เช่น ภายในวงสังคมที่พอเหมาะสม ภายในความรู้ที่ตนเองมีความสามารถเฉพาะอย่าง ภายใต้สิทธิและเสรีภาพของบุคคลอื่น ภายใต้ขนบธรรมเนียมประเพณีและศีลธรรมอันดีงาม และภายใต้ข้อบังคับและกฎหมายของสังคม

5.4.9.6 ความมีระเบียบวินัยแก่ตนเองนั้นจะเป็นผลที่เกิดจากการมีระเบียบวินัยจากภายนอก หรือบางครั้งก็เรียกว่าเป็นผลลัพท์ของประสบการณ์ทั้งปวง เพราะจะถูกลดหลอมจากข้อห้าม การเข้มงวดกวดขัน การลงโทษ การกระตุ้นและส่งเสริมการแนะนำและแบบอย่างที่ดีงาม ที่จะทำให้ตนเองจะต้องปรับปรุงตัวให้เหมาะสมกับความสามารถที่ตนเองจะพึงกระทำได้

5.4.9.7 การสร้างวินัยให้แก่ตนเองนั้นจะต้องเกิดจากการฝึกอบรมบ่มนิสัย และสั่งสอนให้แก่เยาวชนอยู่ตลอดเวลา เด็ก ๆ ควรจะได้รับการชี้แนะในสิ่งที่ดีงาม จะต้องเชื่อฟังผู้อื่นและสามารถสั่งสอนตนเองได้ด้วย

5.4.10 เป้าหมายของความมีระเบียบวินัย เราถือว่า 'ระเบียบวินัย' นั้นเป็นวัฒนธรรมสากลที่จะพบเห็นอยู่ทั่วไป และการที่จะต้องมี การฝึกอบรมให้เด็กมีระเบียบวินัยนั้น เพราะมีเหตุผลที่สำคัญอยู่ 4 ประการ

5.4.10.1 เพื่อฝึกฝนให้เด็กมีทักษะและประสบการณ์ในทางสังคม เช่น เด็กจะต้องรู้จักปฏิบัติตนให้เหมาะสมและจะต้องออกทนต่อวัฒนธรรมของสังคมที่แตกต่างออกไป

5.4.10.2 เพื่อเพิ่มพูนคุณภาพแห่งบุคลิกภาพของผู้ที่มีวุฒิภาวะสมบูรณ์แบบการสร้างบุคลิกภาพเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นของคนทุกคนที่ควรจะต้องสร้างเสริมอยู่ตลอดเวลา เช่น ลักษณะความเป็นตัวของตนเอง การควบคุมตนเอง ความเชื่อมั่นในตนเอง ความอดทนต่อ

อุปสรรคทั้งปวง และความสามารถในการเอาชนะต่อปัญหาทั้งหลาย สิ่งเหล่านี้ไม่อาจจะสร้างขึ้นมาได้ในปัจจุบันทันทีทันใดแต่ทำว่าเป็นสิ่งที่บุคคลในสังคมจะต้องปรุงแต่งขึ้นมาให้สอดคล้องกับค่านิยมทางสังคมที่กำหนดขึ้น

5.4.10.3 เพื่อพัฒนาจิตใจของตนเองให้เป็นผู้ที่มีจริยธรรมอันดี หรืออาจจะกล่าวได้ว่า ความมีระเบียบวินัยจะเป็นเครื่องเตือนให้เรามีสติอยู่ตลอดเวลาว่าสิ่งใดที่เราควรคิด ควรพูด และควรกระทำ การเป็นผู้มีระเบียบวินัยในตนเองย่อมได้ชื่อว่าเป็นผู้ที่มีจริยธรรมอันดีงามที่จะเป็นแบบอย่างให้แก่เพื่อน ๆ สมาชิกในสังคม และถือว่าเป็นของสากลที่ควรปฏิบัติ

5.4.10.4 เพื่อเป็นการรักษาอารมณ์ให้มั่นคง การฝึกให้เป็นผู้มีระเบียบวินัย นั้นนับว่าเป็นเรื่องสำคัญในการฝึกอารมณ์ของเด็กอยู่ตลอดเวลา ถ้าหากว่าครูผู้สอนไม่คอยว่ากล่าวอบรมอยู่เสมอแล้ว ย่อมจะทำให้เด็กเกิดอารมณ์เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ และอาจจะทำให้ไม่รู้จักริธีการที่จะบังคับตนเองได้

5.4.11 การใช้ระเบียบวินัยในแบบประชาธิปไตย เป้าหมายทั้ง 4 ประการที่กล่าวไว้ในข้อ 5.4.10 นั้น ถือว่าเป็นข้อกำหนดขั้นต่ำที่จะนำมาใช้กับวิถีทางประชาธิปไตยในห้องเรียนข้อกำหนดเหล่านี้เป็นสิ่งจำเป็นเพื่อการวางแผนให้เด็กเรียนรู้ เพื่อรู้จักการปรับตัวในสังคม การพัฒนาบุคลิกภาพแห่งตนให้สมบูรณ์ การพัฒนาความเป็นตัวของตัวเอง การเรียนรู้ในห้องเรียนและการรักษาอารมณ์ให้มั่นคง ข้อกำหนดดังกล่าวจะช่วยหล่อหลอมให้เด็กเป็นผู้มีระเบียบวินัยและรู้จักการเชื่อฟัง แต่โดยแท้จริงแล้วเรามีได้มีความประสงค์จะให้เด็กต้องถือปฏิบัติอย่างเคร่งครัดจนหลีกเลี่ยงมิได้ ส่วนเป้าหมายที่ต้องการนั้นก็เพื่อจะใช้ข้อกำหนดดังกล่าวเป็นข้อกระตุ้นให้เด็กและครูมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด โดยที่เด็กไม่ต้องกลัวแต่คิดว่าครูคือผู้มีอำนาจที่เด็กจะต้องยอมรับฟังคำสั่งตลอดไป

ระเบียบวินัยในแนวทางของประชาธิปไตยนั้น เราถือว่าเป็นเรื่องราวของการมีเหตุผลการกระทำโดยมีหลักเกณฑ์และมีแนวทางที่จะปฏิบัติได้ เมื่อนำระเบียบวินัยมาใช้ในห้องเรียนที่มีบรรยากาศแห่งความเป็นประชาธิปไตยแล้ว ย่อมมีการถกปัญหา มีการอธิบาย และมีการชักนำให้เด็กได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ภายใต้เงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้เป็นมาตรฐานและป็นมาตรฐานที่เด็กทั้งหลายสามารถปฏิบัติได้ เงื่อนไขทั้งหลายที่ครูควรจะต้องคำนึงควรจะได้แก่การยอมรับนับถือในศักยภาพแห่งความเป็นเอกลักษณ์บุคคล ความพยายามในการควบคุม

ตนเองตลอดจนความแตกต่างระหว่างบุคคลและอุปสรรคของการสื่อความหมาย ฉะนั้นในบรรยากาศของความเป็นประชาธิปไตยจึงไม่มีการแสดงอาการเกรี้ยวกราดหยาบคาย การทำโทษอย่างรุนแรงการข่มขู่ การยับยั้งหรือเยาะเย้ยแต่อย่างใด

ผู้แต่งมั่นใจว่า การใช้ระเบียบวินัยในแนวทางของความเป็นประชาธิปไตยนั้นย่อมจะเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่จะทำให้เด็กในห้องเรียนรวมกันเป็นหมู่คณะที่มีความรู้สึกในความเป็น "พวกเรา" ที่จะค่อย ๆ มีการพัฒนาการไปพร้อม ๆ กับการเจริญเติบโตของเด็ก ที่จะเป็นผู้ใหญ่ในวันข้างหน้า เด็กเหล่านี้จะมีความรับผิดชอบสูงขึ้น มีความสามารถในการควบคุมตนเองดีขึ้นมีการปรับปรุงตัวเองในหมู่คณะได้อย่างเหมาะสม สามารถทำความเข้าใจและสร้างข้อตกลงที่จะสร้างความเสมอภาคที่ทุกคนจะต้องเชื่อฟังและปฏิบัติตามได้เป็นอย่างดี ครูจะต้องระมัดระวังในการให้อิสระและเสรีภาพจนเกินไป เพราะจะทำให้เกิดปัญหาขัดแย้งได้ในภายหลัง

Ausubed และ Robinson (Ausubel and Robinson, 1969 : 467-9) เคยตั้งข้อสังเกตต่อการศึกษาบางท่านเกิดความเข้าใจผิดว่า การนำเอาระเบียบวินัยในแนวทางประชาธิปไตยไปใช้ในห้องเรียนนั้นเป็นการให้อิสระเสรีแก่เด็กมากเกินไป อาจจะเป็นเพราะว่านักการศึกษาเหล่านั้นยึดถือในหลักการมากกว่าการพิจารณาข้อเท็จจริง นักการศึกษาประเภทนี้มักจะเชื่อมั่นว่า เด็กควรจะได้รับการอบรมสั่งสอน ชี้นำโดยรับรองที่ถูกต้องของครูหรือผู้ใหญ่เท่านั้น การคัดค้าน การลงโทษจึงเป็นการใช้อำนาจของครู-ผู้ใหญ่ที่เด็กจะต้องจงจำ แต่สิ่งที่กล่าวมานั้นย่อมเป็นไปได้ทั้งหมด เพราะการเรียนรู้และพฤติกรรมในเชิงจริยศึกษานั้นย่อมเกิดจากการลองทำผิด-ทำถูก และการยอมรับในการถูกลงโทษได้เช่นกัน

อนึ่งอาจจะมีเด็กบางคนที่แสดงพฤติกรรมในเชิงก้าวร้าวหรือไม่เป็นที่พึงประสงค์ - นักการศึกษาหรือผู้อ่านบางคนอาจจะคิดว่าเป็นเพราะครูใช้ระเบียบวินัยในเชิงประชาธิปไตยมากเกินไป ครูจึงไม่สามารถจะควบคุม อบรม คุนดสั่งสอนได้ ประเด็นเหล่านี้เราจะต้องคิดอย่างสุขุมรอบคอบว่า จะมีสาเหตุที่นอกเหนือจากการที่ครูเน้นในเรื่องประชาธิปไตยมากเกินไปหรือไม่ เด็กบางคนอาจจะมีปัญหา เช่น ภาวะทางอารมณ์ไม่สมบูรณ์ เด็กอาจจะมีปัญหาทางด้านสมอง การอบรมเลี้ยงดูจากครอบครัว สิ่งเหล่านี้ล้วนแล้วแต่เป็นปัญหาที่ทำทนายให้ครูต้องแก้ปัญหาทั้งสิ้น

5.4.12 การใช้ระเบียบวินัยในห้องปฏิบัติการ การใช้ระเบียบวินัยในห้องปฏิบัติ-

การเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการทดลอง การให้สารเคมี การใช้เครื่องมือที่มีค่าราคาแพง การป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น การควบคุมการใช้เสียง แสงสว่าง ตลอดจนกลิ่น สิ่งเหล่านี้ครูจะต้องพึงระมัดระวังการใช้ระเบียบวินัย ข้อบังคับบางอย่างเพื่อให้ขบวนการเรียนการสอนดำเนินไปด้วยดี ผู้แต่งมีข้อเสนอแนะบางประการดังนี้

5.4.12.1 ครูควรกำหนดระเบียบวินัยต่าง ๆ ขึ้นมาเพื่อให้เด็กได้ทำกิจกรรมอย่างมีระบบและดำเนินไปอย่างมีระเบียบ ตลอดจนบังเกิดผลดี บางครั้งอาจจะเปิดโอกาสให้บางครั้งอาจจะเปิดโอกาสให้เด็กได้มีการถกเถียง ซักถาม และปรึกษากันได้อย่างเสรี แต่เมื่อถึงเวลาที่ครูจะพูดหรืออธิบายประเด็นปัญหาใด ๆ เด็กนักเรียนควรจะได้หยุดกิจกรรมต่าง ๆ และหันมาให้ความสนใจต่อครูทันที

5.4.12.2 ครูจะต้องใช้ระเบียบวินัยและกฎเกณฑ์ต่าง ๆ เพื่อให้เด็กเกิดความสนใจและให้ความร่วมมือที่จะกระทำกิจกรรมต่าง ๆ ครูแต่ละท่านอาจจะกำหนดระเบียบวินัยแตกต่างกันออกไป เราจะพบว่าเด็กบางชั้นเรียนกันอย่างตั้งอกตั้งใจ กิจกรรมบางชั้นครูจะสับสนวุ่นวาย เด็กบางคนจะมีอิสระที่จะปฏิบัติกรอย่างใดอย่างหนึ่งตามที่ตนต้องการ สิ่งเหล่านี้จะสร้างความสัมพันธ์ระหว่างครูกับเด็กได้เป็นอย่างดี

5.4.12.3 การใช้ระเบียบวินัยของครูควรใช้เพื่อปลูกฝังให้เด็กเกิดความเชื่อมั่นในตนเอง มีความรับผิดชอบ ทำคนเป็นผู้ที่เชื่อถือได้ เป็นนักคิดสร้างสรรค์ มีความกระตือรือร้น และเกิดความเข้าใจดีในมวลหมู่เพื่อนฝูง

5.5 ข้อควรระวังในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างครูกับเด็ก

ข้อเสนอแนะที่ผู้แต่งจะนำมาเสนอต่อไปนี้ ต้องการจะเน้นให้ครูผู้สอนได้พึงตระหนักและหาทางปรับปรุงแก้ไขในเมื่อบรรยากาศแห่งความสัมพันธ์ระหว่างครูกับเด็ก เริ่มจะเสื่อมคลายหรือมีร่องรอยที่จะมีปัญหาเกิดขึ้น

5.5.1 เมื่อเด็กแสดงอาการไม่ให้ความสนใจต่อขบวนการเรียนการสอน หรือละเลยต่อการปฏิบัติกิจกรรมใด ๆ ย่อมสื่อให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างครูกับศิษย์เริ่มหย่อนยาน

ครูจะต้องเริ่มศึกษาว่ามีสาเหตุมาได้อย่างไร พฤติกรรมของเด็กจึงเปลี่ยนแปลงไป อากา
ดังกล่าวถ้าหากพิจารณากันอย่างรอบคอบแล้ว อาจจะมีสาเหตุได้หลายทาง เช่น กึกขึ้นจากตัว
เด็กหรือครูผู้สอนเอง บางครั้งอาจจะเกิดจากสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เช่น การใช้เนื้อหาของโรงเรียน
มากเกินไป หลักสูตรที่นำมาใช้ไม่ได้รับความสนใจจากเด็ก การพิจารณาอย่างรอบคอบของครู
จะช่วยให้ค้นหาสาเหตุและหาทางแก้ไขได้

5.5.2 ครูจะต้องนำระเบียบ แบบแผน กฎ และวินัย มาใช้ให้สอดคล้องกับวิธี
การสอน และเหมาะสมกับเด็กในชั้นเรียนให้มากที่สุด ครูจะต้องศึกษาอยู่เสมอว่า บทเรียนที่
นำมาสอนนั้นยากเกินไปจนเด็กไม่สามารถจะเล่าเรียนหรือไม่สามารถทำความเข้าใจได้หรือไม่
ถ้าหากว่าบทเรียนยากจนเกินไปจะทำให้เด็กเรียนไม่รู้เรื่องและเกิดความเบื่อหน่าย การดู การลงโทษ
การใช้ภาษาที่ไม่เหมาะสมย่อมทำให้เด็กไม่พึงพอใจ สิ่งเหล่านี้ครูจะต้องวิเคราะห์และหาวิธี
การที่เหมาะสมเพื่อสร้างความเข้าใจ ความเห็นอกเห็นใจ และความสัมพันธ์อันดีระหว่างครูกับ
ศิษย์ให้จงได้

5.5.3 ผู้แต่งมีประสบการณ์จากการสอนวิทยาศาสตร์ว่า ถ้าครูใช้วิธีการชักจูงให้
เด็กร่วมกิจกรรมต่าง ๆ อย่างจริงจังและสม่ำเสมอแล้ว ย่อมจะสร้างความสัมพันธ์ที่ดีและ
เจตคติที่ดีระหว่างครูกับเด็กได้เด่นชัดกว่าวิธีการข่มขู่ บังคับ หรือก้าวร้าวกับเด็ก

5.5.4 มีนักการศึกษาบางท่าน เช่น Hargreaves (Hargreaves, 1972) เสนอว่า
ครูที่เริ่มเข้าสอนในระยะแรกควรจะได้ชี้แจง กฎ วินัย และระเบียบ ตลอดจนมาตรการที่พึง
ประสงค์ให้เด็กได้รับทราบและถือปฏิบัติ สิ่งเหล่านี้แม้ว่าจะสร้างปัญหาให้ในระยะต้น ๆ แต่
ทว่าครูผู้สอนจะพยายามใช้สื่อความหมายได้อย่างแจ่มแจ้งรัดกุมแล้ว จะช่วยให้เด็กได้ฝึกฝน
พยายามพัฒนาตนเอง มีความรับผิดชอบเพิ่มขึ้น สิ่งเหล่านี้จะสามารถสร้างความสัมพันธ์และ
ความเข้าใจระหว่างครูกับเด็กได้เป็นอย่างดี

5.5.5 เมื่อเด็กแสดงพฤติกรรมที่ไม่เหมาะสมให้ปรากฏ ครูควรจะเริ่มพิจารณา
ด้วยความรอบคอบให้ทันต่อเหตุการณ์ แต่ไม่ควรจะเพิ่งเล็งเฉพาะผู้กระทำผิดเท่านั้น ครูอาจจะใช้
วิธีการบางอย่างเพื่อผ่อนคลายนัยปัญหาเหล่านั้น เช่น การใช้อารมณ์ขันเพื่อทำให้พฤติกรรมที่ไม่
เหมาะสมเหล่านั้นเป็นเรื่องราวที่น่าขบหัวมากกว่าจะถือว่าเป็นเรื่องที่ต้องจะกระทำต่อไป

5.5.6 ครูใหม่บางคนควรจะได้ศึกษาวิธีการของครูเก่าที่มีประสบการณ์มากกว่า เพื่อป้องกันปัญหาต่อการนำระเบียบวินัยมาใช้ในห้องเรียน เพราะครูเก่าย่อมจะพยากรณ์ได้ล่วงหน้าเสมอว่า เมื่อใดควรจะดำเนินการอย่างไรจึงจะไม่ทำให้เด็กก่อปัญหาขึ้นมาได้

5.5.7 เพื่อป้องกันมิให้ระเบียบ ข้อบังคับ และวินัยของห้องเรียนหรือโรงเรียนเสื่อมลงไป การสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้และการทำงานให้เป็นที่น่าสนใจ ย่อมช่วยแก้ปัญหาได้และสามารถสร้างความสัมพันธ์ระหว่างครูกับศิษย์ได้โดยการเรียกชื่อเด็ก โดยการจัดให้นั่งตามรายชื่อเรียงตามตัวอักษร จัดกลุ่มเด็กที่มีความสนใจร่วมกัน สิ่งเหล่านี้ควรทำในระยะเวลาเริ่มเรียนจะเหมาะกว่าที่ครูจะมากระทำในระยะหลัง

5.5.8 คำแนะนำในห้องปฏิบัติการควรจะเขียนให้ชัดเจน เพื่อให้เด็กทำความเข้าใจและสามารถปฏิบัติตามได้เป็นอย่างดี สิ่งเหล่านี้จะช่วยแก้ปัญหาในเรื่องระเบียบวินัย กฎ และข้อบังคับได้มาก เพราะถ้าหากว่าคำแนะนำไม่กระจ่างชัดแล้ว เด็กย่อมมีปัญหากิจที่จะซักถามถกเถียง ไม่ทราบว่สิ่งที่ได้กระทำไปแล้วถูกต้องหรือไม่ บางครั้งอาจจะเกิดความว้าวุ่น อันจะมีผลต่อขบวนการเรียนการสอนอีกด้วย

5.5.9 แม้ว่าบางทีครูจะไ้ใช้ความพยายามอย่างเต็มที่ เพื่อให้วิธีการเรียนรู้ของเด็กบังเกิดผล แต่ก็อาจมีเด็กบางคนเริ่มใช้เสียงรบกวน หากครูไม่ปรามเสียงตั้งแต่ต้น อาจจะทำให้เกิดการใช้เสียงดังต่อไปอีกก็ได้ เสียงเหล่านี้จะเป็นต้นเหตุของการรบกวน ทำให้เด็กคนอื่น ๆ ขาดความสนใจ วิธีการที่ดีซึ่งครูควรทำได้แก่การส่งสัญญาณบางอย่างเพื่อดึงความสนใจของเด็ก โดยการปรบมือ หรือเคาะโต๊ะ เสียงที่ครูทำขึ้นจะทำให้เด็กหยุดการส่งเสียงและหันมาสนใจในตัวครู วิธีการเช่นนี้เป็นการแสดงให้เห็นว่าครูสามารถควบคุมบรรยากาศในการเรียนการสอนได้ (ครูไม่ควรใช้เสียงตะโกนแข่งกับเด็ก เพื่อทำการชี้แจงหรือแก้ไขข้อผิดพลาด เพราะเสียงตะโกนของครูนอกจากจะเป็นการข่มขู่แล้ว ยังไม่ช่วยให้เกิดการสนใจในเชิงนุ่มนวลแต่อย่างใดเลย)

5.5.10 ในบางโรงเรียนหรือบางห้องเรียน ครูจะพบว่ามิดีเด็กบางคน บางกลุ่ม แสดงพฤติกรรมที่ไม่ดีงามและฝ่าฝืนต่อระเบียบ กฎ วินัย ของสถานบันอยู่ตลอดเวลา ในกรณีนี้ที่เด็กฝ่าฝืนระเบียบอย่างร้ายแรงจนครูผู้สอนไม่สามารถจะว่ากล่าวตักเตือนได้ จำเป็นจะต้องรายงานต่อหัวหน้าภาค หัวหน้าคณะ หรือผู้บริหารในระดับสูงต่อไป ในกรณีเช่นนี้คณะครูและ

ผู้บริหารจะต้องดำเนินการอย่างรอบคอบ โรงเรียนบางแห่งยังใช้วิธีการทำโทษทางร่างกายอย่างรุนแรงบางแห่งก็หาวิธีการอย่างอื่นเพื่อให้เด็กได้เกิดความคิดโดยไม่ทำให้เกิดทัศนคติที่ไม่ดีต่อโรงเรียนและครูผู้สอน Dale รายงานว่า "ในโรงเรียนแบบสหศึกษานั้นทั้งเด็กชายและเด็กหญิงต่างก็ช่วยกันพัฒนาพฤติกรรมของตนให้เหมาะสมยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นหนทางที่จะช่วยให้มีการลงโทษทางร่างกาย เช่น เมียนตี หรือถูกกักขังลดลง" (Dale : 1969) ผู้แต่งยังมีความเห็นสอดคล้องต่อไปอีกว่า การเปิดโอกาสให้เด็กชายและหญิงได้เรียนและทำกิจกรรมต่างๆ ร่วมกันนั้น ไม่เพียงแต่จะช่วยให้บรรยากาศการเรียนการสอนมีผลดีขึ้นเท่านั้น แต่ยังเป็นการพัฒนาตนเองให้เหมาะสมที่จะออกไปใช้ชีวิตในสังคมจริง ๆ อีกด้วย

5.5.11 ผู้แต่งมีความเชื่อมั่นว่า ครูจะต้องเป็นผู้มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาในด้านสติปัญญา การปรับตัวในสังคมและการปรุงแต่งในเรื่องจริยธรรมให้แก่เด็กอยู่ตลอดเวลา สิ่งที่ครูควรจะต้องย้าอยู่เสมอคือการสอนให้เด็กมีเหตุผลที่จะพัฒนาคนให้มีมาตรฐาน ทัศนคติ และคุณค่าแห่งตนเอง การพัฒนาดังกล่าวนอกจากจะเป็นการปรุงแต่งตนเองแล้ว ยังจะต้องเผชิญกับปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ อีกมากมาย เช่น ปัญหาต่อการที่จะสอบผ่านข้อทดสอบ การขัดแย้งกับเพื่อนฝูงและการดำเนินชีวิต สิ่งเหล่านี้จะมีผลกระทบต่อความสัมพันธ์ระหว่างครูกับศิษย์เสมอ แต่ถ้าหากว่าการปะทะสัมพันธ์ระหว่างครูกับเด็กสามารถเอาชนะอุปสรรคต่าง ๆ ได้แล้ว ย่อมจะเป็นผลดีต่อการหล่อหลอมเยาวชนเหล่านั้นเพื่อให้เป็นผู้ใหญ่ที่ดีในวันข้างหน้า อันจะเป็นประโยชน์และแบบอย่างที่ดีต่อเยาวชนในรุ่นต่อ ๆ ไป ผู้แต่งขอเสนอข้อแนะนำเพื่อการสร้างพฤติกรรมสัมพันธ์อันดีระหว่างครูกับศิษย์ไว้ให้ผู้อ่านได้พิจารณาตามประเด็นดังต่อไปนี้

- 1) การพบระหว่างศิษย์กับครูเต็มไปด้วยอัธยาศัยไมตรีอันดีต่อกัน
- 2) ครูเอาใจใส่ศิษย์อย่างจริงใจและสม่ำเสมอ
- 3) ครูกับศิษย์มีการสื่อความหมายกันอย่างมีประสิทธิภาพ
- 4) ครูและศิษย์มีความเข้าใจในบทบาทของคนและปฏิบัติตนเหมาะสมกับบทบาทนั้น
- 5) ครูและศิษย์ร่วมกันทำกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยดี
- 6) ศิษย์กับครูร่วมกันแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นและร่วมกันประเมินผลงาน

- 7) ศึกษ員ให้ความยกย่องนับถือ และครูก็ให้ความช่วยเหลือแนะนำตักเตือนกับศิษย์อย่างสม่ำเสมอ
- 8) ทุกครั้งที่มมีปัญหา อุปสรรค ข้อข้องใจ ครูและศิษย์จะแสดงความร่วมมือเพื่อแก้ปัญหาเหล่านั้น
- 9) เมื่อมีข้อโต้แย้งเกิดขึ้นทั้งครูและศิษย์จะพยายามช่วยกันหาข้อยุติให้ได้โดยเร็ว
- 10) ครูให้โอกาสศิษย์ในการแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ
- 11) ศิษย์และครูร่วมกันหาวิธีป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นจากการทัศนศึกษาและการทดลองในห้องปฏิบัติการ ฯลฯ
- 12) ครูใช้เวลาเพื่อทำการสอนและร่วมในกิจกรรมกับเด็กอยู่เสมอ
- 13) ครูให้ความสนใจในกิจกรรมทุก ๆ ด้านของเด็ก
- 14) ครูเปิดโอกาสให้เด็กเข้ามาขอคำปรึกษา คำแนะนำ และช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ในบางครั้ง
- 15) ครูมีวิธีการใหม่ ๆ ที่จะสร้างความสัมพันธ์ให้กับเด็กอยู่เสมอ

5.6 บทสรุป

5.6.1 ความสัมพันธ์ระหว่างครูกับเด็ก หมายถึง อากาหรือพฤติกรรมของครูและเด็ก จะแสดงออกมาเพื่อตอบรับหรือโต้ตอบต่อแนวความคิด อารมณ์ ระหว่างกันและกัน

5.6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างครูกับเด็ก จะประกอบด้วยความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลธรรมชาติของกลุ่มนักเรียน บทบาทของครูที่จะสร้างมนุษยสัมพันธ์ในชั้นเรียน และคุณสมบัติบางประการที่ควรปลูกฝัง

5.6.3 คุณลักษณะของเด็กนักเรียนอาจจะแตกต่างกันในเรื่องความสนใจความสามารถเฉพาะตัว ภูมิหลัง และความต้องการพิเศษ ซึ่งอาจจะจำแนกออกได้ 3 ประเภท

5.6.3.1 กลุ่มเด็กที่มีระดับสติปัญญาปานกลาง

5.6.3.2 กลุ่มเด็กที่ระดับสติปัญญาฉลาดเป็นกรณีพิเศษ

5.6.3.3 กลุ่มเด็กที่มีปัญหาเรียนช้า

5.6.4 พฤติกรรมที่เป็นองค์ประกอบของความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล จะเป็นเครื่องสะท้อนสมบัติของเอกลักษณ์บุคคลในเชิงจริยพิสัยซึ่งเกี่ยวข้องกับเจตคติ แรงกระตุ้น ความสนใจ และค่านิยม ความยุติธรรม การยอมรับ การรับผิดชอบ ตลอดจนสมรรถภาพของความเป็นครู มีรายงานจากผลการวิจัยพบว่า สิ่งเหล่านี้จะมีผลต่อชบวนการเรียนการสอนอีกด้วย

5.6.5 บทบาทของครูต่อการสร้างสรรค์ความสัมพันธ์กับเด็กนั้นนับว่าเป็นเรื่องที่มีความสำคัญต่อชบวนการเรียนการสอนเป็นอย่างยิ่ง เพราะเป็นเรื่องราวที่เกี่ยวกับวิธีการสอนการสื่อความหมาย พฤติกรรมของครูที่แสดงต่อเด็ก ตลอดจนการริเริ่มในบางสิ่งบางอย่าง และกระตุ้นให้เด็กเกิดความพึงพอใจ มีความสนใจที่จะเรียนรู้และเกิดเจตคติที่ดีต่อวิชาที่จะเรียน

5.6.6 ในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความผูกพันระหว่างครูกับศิษย์นั้นจะต้องประกอบด้วยคุณสมบัติต่าง ๆ นานัปการ ครูที่มีวิญญาณของความเป็นครูย่อมจะต้องศึกษาค้นคว้าและนำไปทดลองใช้ ตลอดจนหาวิธีการแก้ปัญหาอยู่เสมอคุณลักษณะบางอย่างที่น่าจะศึกษาได้แก่ ความตั้งใจจริงของครูที่จะสร้างความสัมพันธ์ให้บังเกิดขึ้นการจำชื่อนักเรียน ลักษณะของการสื่อความหมาย การสร้างทักษะในการสังคม การสร้างความคาดหวังให้แก่เด็กที่จะพึงมีต่อครู การสร้างความยอมรับนับถือ การใช้อำนาจการให้เสรีภาพในเชิงประชาธิปไตย และการสร้างระเบียบวินัย ฯลฯ เหล่านี้ล้วนแล้วแต่เป็นปัจจัยที่มีความจำเป็นและมีคุณค่าอย่างยิ่งต่อชบวนการเรียนการสอน ตลอดจนการสังคมอีกด้วย

5.6.7 เมื่อเกิดปัญหาที่จะทำให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างครูกับศิษย์เสื่อมคลายลง ครูจะต้องเร่งศึกษาค้นคว้าหาต้นเหตุและศึกษาหาแนวทางแก้ไขโดยฉับพลัน การศึกษาจากครูที่มีประสบการณ์มาก่อนย่อมจะช่วยการแก้ไขปัญหาได้เป็นอย่างดี

5.7 คำถามท้ายบท

5.7.1 ท่านคิดว่า ความสัมพันธ์ระหว่างครูกับลูกศิษย์ มีความสำคัญต่อชบวนการเรียนการสอนมากน้อยเพียงใด จงอธิบาย

5.7.2 จงวิเคราะห์องค์ประกอบของความสำคัญระหว่างบุคคลและให้เหตุผลว่า องค์ประกอบประเด็นใดบ้างที่มีความสำคัญและมักจะพบเห็นในขบวนการเรียนการสอนอยู่เสมอ

5.7.3 ในการแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม ตามข้อ 5-2 ท่านคิดว่าเด็กกลุ่มใดที่ครูจะต้องเตรียมการสอนเป็นพิเศษ เพื่อที่จะแก้ปัญหาและทำให้การเรียนการสอนดำเนินไปด้วยดี

5.7.4 การถ่ายทอดสื่อความหมาย มีความสำคัญต่อการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างครูกับเด็กมากน้อยเพียงไร และท่านมีวิธีการอย่างไรบ้างที่คิดว่าจะทำให้การสื่อความหมายบังเกิดผลดีที่สุด

5.7.5 ครูควรจะแสดงบทบาทอย่างไรบ้าง จึงจะทำให้เด็กเกิดการเรียนรู้ได้ผลดี และมีความประทับใจในตัวครูมากที่สุด

5.7.6 ท่านมีความคิดเห็นอย่างไรต่อการให้อิสระเสรีภาพแก่เด็กในการเรียนรู้

5.7.7 ในชั้นเรียนที่ครูนำระบอบประชาธิปไตยมาดำเนินการสอน ท่านคิดว่า ควรจะนำเบี่ยงวินัย กฎ ข้อบังคับ มาใช้หรือไม่ จงให้เหตุผล

5.7.8 เมื่อมีความสัมพันธ์ระหว่างครูกับศิษย์เริ่มเสื่อมคลาย ครูควรจะทำเนิการแก้ไขอย่างไรบ้าง

บทที่ 6

วิธีการสอนและเทคนิคการสอน

สาระสำคัญ

ประเด็นสำคัญของการสอนนั้น ผู้สอนจะต้องมีความมั่นใจว่าเด็กจะเรียนรู้ได้
อย่างไรเสียก่อน แล้วจึงค่อยพิจารณาต่อไปอีกว่า สิ่งที่จะนำมาสอนนั้น มีเนื้อหาสาระและ
กระบวนการอย่างไรบ้าง ต่อจากนั้นจึงจะเลือกสรรวิธีการสอน ตลอดจนเทคนิคต่างๆ มาใช้
เพื่อให้กระบวนการสอนของครูได้บรรลุผลดีและการเรียนรู้ของเด็กสัมฤทธิ์ผลมากที่สุด

วัตถุประสงค์ที่คาดหวัง

เมื่อผู้อ่านได้ศึกษาบทเรียนบทที่ 6 แล้ว จะสามารถตอบปัญหาต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ได้

1. องค์ประกอบในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของเด็ก
2. ระดับต่าง ๆ ของการเปลี่ยนแปลงในเชิงพุทธิพิสัย จริยพิสัย และพลพิสัย
3. ทฤษฎีการเรียนรู้ของ Bloom, Piaget และ Gagne
4. ในการสอนวิทยาศาสตร์นั้น ควรจะเน้นเรื่องสำคัญ ๆ อะไรบ้าง
5. การสอนเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์โดยการสร้างระบอบคอนเซ็ปต์นั้นหมายความว่าอย่างไร
6. ขบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างไร
7. การสอนโดยขบวนการสืบสวนสอบสวนมีผลดีต่อการเรียนการสอนอย่างไรบ้าง และจะดำเนินการได้โดยวิธีการอย่างไร
8. การใช้คำถามมีความสำคัญอย่างไรบ้าง และครูควรแสดงบทบาทอย่างไร
9. เทคนิคในการทดลองมีประเด็นสำคัญ ๆ อย่างไร
10. บทบาทของห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และประเภทของการสร้างห้องปฏิบัติการ
11. ข้อแตกต่างของการสอนโดยการใช้เหตุผล การศึกษาค้นคว้า และการทดลอง
12. การสอนโดยขบวนการสืบสวนสอบสวน มีข้อควรระมัดระวังอย่างไรบ้าง

บทที่ 6

วิธีการสอนและเทคนิคของการสอน

6.1 เด็กจะเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้อย่างไร

เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่า ครูวิทยาศาสตร์คือนักวิชาชีพที่จะเป็นผู้ทำการเลือกสรรวางแผน และดำเนินการเกี่ยวกับการฝึกอบรมประสบการณ์ต่าง ๆ ให้แก่เด็ก ครูผู้สอนย่อมต้องการที่จะทราบว่าประสบการณ์เหล่านั้นจะสอดคล้องกับการเรียนรู้ของเด็กตามที่กำหนดไว้ในเป้าหมายของการสอนหรือไม่ และขอบบวนการเรียนการสอนที่เน้นทั้งในด้านขอบบวนการทางวิทยาศาสตร์ (science process) และผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ (science product) นั้นจะมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากน้อยเพียงใด สิ่งทีกล่าวมานี้ครูผู้สอนจะทราบได้โดยอาศัยหลักการทางจิตวิทยาที่เกี่ยวกับการศึกษาเป็นพื้นฐานเบื้องต้น ทั้งนี้เพื่อที่จะได้ทราบว่า ทฤษฎีการเรียนรู้ (learning theory) และการพัฒนาการทางด้านสติปัญญา (intellectual development) ของมนุษย์นั้นเป็นอย่างไร นอกจากนี้ครูจะต้องมีหลักการหรือปรัชญาในการสอนวิทยาศาสตร์ (philosophy for the teaching of science) ประกอบการฝึกอบรมอีกด้วยจึงจะช่วยให้ขอบบวนการเรียนรู้ของเด็กบรรลุตามเป้าหมายที่พึงประสงค์ได้

6.1.1 การพัฒนาทางด้านสติปัญญา (intellectual development)

ในขอบบวนการศึกษาของทุกสาขาวิชานั้นต่างก็มีเป้าหมายร่วมกันเพื่อที่ต้องการจะให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในตัวผู้ศึกษาเล่าเรียนไปในทิศทางที่เหมาะสม เป้าหมายของการเปลี่ยนแปลงนั้นมักจะเน้นในเรื่องสำคัญ 3 ประการดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 เป็นผลงานของ Bloom ได้ค้นคว้าไว้ (Bloom, 1956) ซึ่งได้แก่ พุทธิพิสัย (cognitive domain) จริยพิสัย (affective domain) และ พลพิสัย (psychomotor domain) เพื่อให้ผู้อ่านหรือครูผู้สอนได้สามารถสำรวจตรวจสอบพฤติกรรมของเด็กที่เปลี่ยนแปลงไปให้สอดคล้องกับการพัฒนาการทั้ง 3 ด้าน

ดั่งที่ได้กล่าวมา Esler Esler (Esler and Esler, 1981 : 18-20) ได้เสนอถึงตัวอย่างของการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของเด็กไว้ดังนี้

<p>พุทธิพิสัย (cognitive domain)</p>	<p>ตัวอย่างของการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม</p>
<p>ระดับ 1 : ความรู้ (knowledge)</p>	<p>นักเรียน - จดจำข้อเท็จจริงได้ - ทบทวนข้อเท็จจริงได้ - เรียงลำดับข้อเท็จจริงได้ - เขียน, บันทึกข้อเท็จจริง (ข้อเท็จจริงอาจจะหมายถึง ชื่อ, กฎ, หลักเกณฑ์ หรือขบวนการก็ได้)</p>
<p>ระดับ 2 : ความเข้าใจ (comprehension)</p>	<p>นักเรียน - แปลข่าวสารได้ - ทำความเข้าใจข่าวสารด้วยภาษาของตนเอง - เรียบเรียงสาระที่ตนเข้าใจได้ - ขยายความหมายหรือข้อมูลที่ตนได้รับให้กว้างขวางได้</p>
<p>ระดับ 3 : การนำไปใช้ (application)</p>	<p>นักเรียนจะ - ใช้กฎ, เกณฑ์ , หลักการต่างๆแก้ปัญหาใหม่ๆได้ - นำความรู้ไปใช้กับเหตุการณ์ใหม่ได้ - รู้จักการนำข้อเสนอแนะไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ - นำทักษะต่าง ๆ ไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ ๆ ได้อย่างเหมาะสม - สร้างรูปแบบใหม่ ๆ เพื่อการแก้ปัญหา</p>

<p>พุทธิพิสัย (cognitive domain)</p>	<p>ตัวอย่างของการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม</p>
<p>ระดับ 4 : การวิเคราะห์ (analysis)</p>	<p>นักเรียนจะ - แสดงความสัมพันธ์ของส่วนประกอบย่อยๆ ของเหตุการณ์, สิ่งของ หรือโครงสร้างทั้งหมดได้</p> <ul style="list-style-type: none"> - จำแนก, แยกแยะสิ่งของ, เหตุการณ์, โครงสร้างใด ๆ ออกเป็นส่วนประกอบย่อยได้ - สามารถหาชิ้นส่วนอื่น ๆ ที่เหมาะสมมาทดแทนส่วนประกอบย่อยบางชิ้นได้ - สามารถแยกแยะเหตุการณ์ต่าง ๆ ด้วยความสุ่มรอบคอบ - สร้างระเบียบ, ระบบ ให้แก่ส่วนประกอบย่อยให้เด่นชัด เรียบร้อยขึ้นกว่าเดิม
<p>ระดับ 5 : การสังเคราะห์ (synthesis)</p>	<p>นักเรียนจะ - รู้จักวิธีการที่เหมาะสมมาใช้กับเหตุการณ์ที่กำหนดให้</p> <ul style="list-style-type: none"> - สามารถตั้งสมมติฐานได้ - สามารถกำหนดแผนการเพื่อนำมาใช้ได้ - ชี้นำวิธีการเฉพาะมาแก้ไขปัญหาต่าง ๆ - รู้จักใช้การวิจัยมาแก้ไขปัญหา
<p>ระดับ 6 : การประเมินผล (evaluation)</p>	<p>นักเรียนจะ - แสดงข้อคิดเห็นที่สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้รับ</p> <ul style="list-style-type: none"> - เสนอข้อคิดเห็นที่สนับสนุนปัญหาเหตุการณ์ที่บังเกิดขึ้น

พุทธิพิสัย (cognitive domain)	ตัวอย่างของการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม
	<ul style="list-style-type: none"> - พิจารณาคุณค่าของวัตถุ เหตุการณ์ต่าง ๆ โดยอาศัยเหตุผลอื่น ๆ มาประกอบ - สนับสนุนให้มีการวิเคราะห์ต่อสถานการณ์ต่างๆ ด้วยความสุ่มรอบคอบ

ภาพที่ 6.1 : ระดับการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในเชิงพุทธิพิสัย

ผู้แต่งมีความเห็นว่า การพัฒนาการทางด้านพุทธิพิสัยตามระดับต่าง ๆ นั้นเราไม่อาจจะกำหนดให้แน่ชัดลงไปได้อย่างแน่นอนว่า เด็กควรจะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมจำเพาะเจาะจงอย่างไร จึงจะสอดคล้องกับระดับใดระดับหนึ่งได้ ระดับของการเปลี่ยนแปลงในเชิงพุทธิพิสัยที่แสดงไว้เป็นขั้นตอนนี้ Bloom ได้เป็นผู้เสนอไว้เพื่อสะดวกต่อการศึกษา ค้นคว้าเท่านั้นเอง (Bloom, 1956) เพราะฉะนั้นจึงเป็นภารกิจของครูผู้สอนที่จะจัดกิจกรรมให้เด็กได้ลงมือกระทำ แล้วคอยตรวจสอบดูว่าพฤติกรรมของเด็กที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นสอดคล้องกับระดับใดของพุทธิพิสัยดังที่ได้กล่าวไว้

จริยพิสัย (affective domain)	ตัวอย่างของการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม
ระดับ 1 : การรับรู้ (receiving)	นักเรียนจะ <ul style="list-style-type: none"> - รับฟังคำสั่งของครู - สังเกตในสิ่งที่ครูกำหนด - ให้ความสนใจโดยการนั่งตัวตรง - เอาใจใส่ต่อภารกิจที่ได้รับมอบ
ระดับ 2 : การโต้ตอบ (responding)	นักเรียนจะ <ul style="list-style-type: none"> - ตอบข้อซักถาม - ลงมือกระทำ - อาสาทำกิจกรรมต่าง ๆ - แสดงผลงานอย่างถูกต้อง
ระดับ 3 : การเห็นคุณค่า (valuing)	นักเรียนจะ <ul style="list-style-type: none"> - กระทำตามกฎเกณฑ์ที่ปลอดภัย - แสดงพฤติกรรมที่เหมาะสม - ริเริ่มกระทำภารกิจ - ปฏิบัติภารกิจให้เสร็จในเวลาที่กำหนดไว้
ระดับ 4 : จัดการรวบรวม (organization)	นักเรียนจะ <ul style="list-style-type: none"> - แก้ปัญหาของการขัดแย้ง - เปลี่ยนแปลงแนวความคิด - แก้ไขความเชื่อถือ - ยึดมั่นต่อตำแหน่งแหล่งที่แน่นอน - คล้อยตามข้อพิพาทพิจารณาที่เหมาะสม

จริยพิสัย (affective domain)	ตัวอย่างของการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม
ระดับ 5 : การกำหนดคุณลักษณะ โดยอาศัยคุณค่า เป็นเกณฑ์ (characterization by a value or value complex)	นักเรียนจะ - แสดงอากัปกิริยาในลักษณะอาการที่คร คาคคะเนไว้ - อาสาในการปฏิบัติภารกิจบางอย่าง ในช่วงเวลาพิเศษ - แสดงพฤติกรรมที่บ่งบอกให้เห็นว่ามี เจตคติทางวิทยาศาสตร์

ภาพที่ 6.2 : ระดับการเปลี่ยนแปลงในเชิงจริยพิสัย

ผู้แต่งใคร่ตั้งข้อสังเกตว่า การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในเชิงจริยพิสัยนั้น เรามักจะเน้นในเรื่อง เจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็นประเด็นหลัก ครูผู้สอนจะต้องใช้ความสุ่มรอบคอบเพื่อตรวจสอบดูว่านักเรียนในชั้นที่กำลังสอนอยู่นั้น เด็กได้แสดงการตื่นตัว มีสติ หรือมีความจริงจังและจริงใจที่จะตอบสนองการกระทำของครูและเพื่อนๆ ในชั้นหรือไม่ เด็กบางคนอาจจะเปลี่ยนแปลงจากการยึดถือในความคิดของตนเองไปเป็นคนที่มีจิตใจเปิดเผย และมีน้ำใจกว้างขวางที่จะยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น พฤติกรรมดังกล่าวย่อมจะสื่อให้เห็นว่าเด็กมีการพัฒนาในเชิงเจตคติหรือจริยพิสัยเพิ่มขึ้น

ผู้อ่านอาจจะลองทดสอบความเข้าใจในเรื่องจริยพิสัย โดยการพิจารณาข้อความแต่ละข้อว่าข้อใดเป็นการเปลี่ยนแปลงจริยพิสัยในระดับใดบ้าง

- ข้อ 1 เด็กนำรายงานที่ทำสำเร็จอย่างประณีตเรียบร้อยมาส่งครูภายในเวลาที่กำหนด

- ข้อ 2 เด็กคนหนึ่งได้บอกแก่ครูว่า เขาได้เปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับประเด็นที่นำมาอภิปรายในชั้นเรียน
- ข้อ 3 เด็กนักเรียนอาสาส่งโครงการเข้าประกวดในงานแสดงทางวิทยาศาสตร์
- ข้อ 4 เด็กคนหนึ่งซึ่งเคยนั่งหลับในขณะที่เรียนวิทยาศาสตร์นั้น ได้แสดงอาการสนใจและกระตือรือร้นที่จะเรียนอย่างจริงจัง
- ข้อ 5 เด็กจะตอบคำถามของครูอย่างสม่ำเสมอ

เมื่อท่านทดลองสำรวจแล้ว ท่านพบว่าการตัดสินใจของท่านเป็นอย่างนี้หรือไม่

- ข้อความในข้อ 1 เป็นการเปลี่ยนแปลงจริยพิสัย ในระดับ 2
- ข้อความในข้อ 2 เป็นการเปลี่ยนแปลงจริยพิสัย ในระดับ 4
- ข้อความในข้อ 3 เป็นการเปลี่ยนแปลงจริยพิสัย ในระดับ 2
- ข้อความในข้อ 4 เป็นการเปลี่ยนแปลงจริยพิสัย ในระดับ 1
- ข้อความในข้อ 5 เป็นการเปลี่ยนแปลงจริยพิสัย ในระดับ 2

<p>พลพิสัย (psychomotor domain)</p>	<p>ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม</p>
<p>ระดับ 1 : การเคลื่อนไหวตาม ธรรมชาติ (reflexive movemwent)</p>	<p>เด็กจะ - เริ่มไขว่คว้าวัตถุ สิ่งของต่าง ๆ - หดมือ เท้า ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายให้พ้น จากอันตราย - กระโดด หนี วิ่ง เมื่อมีเสียงดัง (ข้อสังเกต การเคลื่อนไหวจะไม่ขึ้นกับอำนาจ การสั่งการของจิต)</p>

<p>พลพิสัย (psychomotor domain)</p>	<p>ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม</p>
<p>ระดับ 2 : เกณฑ์เบื้องต้นของการเคลื่อนไหว (basic fundamental movement)</p>	<p>เด็กจะ</p> <ul style="list-style-type: none"> - เคลื่อนไหวอวัยวะตามที่ตนต้องการ - กระโดดโดยใช้ขาข้างเดียวได้ - คลานไปตามลักษณะที่ตนต้องการ
<p>ระดับ 3 : ความสามารถในการรับรู้ (perceptual abilities)</p>	<p>เด็กจะ</p> <ul style="list-style-type: none"> - สามารถเดินได้ตรงทาง - แสดงให้เห็นว่าวัตถุมีลักษณะเหมือนกับในเชิงเรขาคณิต - อธิบายลักษณะของวัตถุได้ - ลอกเลียนภาพต่าง ๆ ได้
<p>ระดับ 4 : ความสามารถทางร่างกาย (physical abilities)</p>	<p>เด็กจะ</p> <ul style="list-style-type: none"> - เดินแบบ 4 ขาได้ - สามารถยกน้ำหนักได้ประมาณกึ่งหนึ่งของน้ำหนักของร่างกายของเขาเอง - กระโดดข้ามเครื่องกีดขวางได้
<p>ระดับ 5 : ทักษะของการเคลื่อนไหว (skilled movement)</p>	<p>เด็กจะ</p> <ul style="list-style-type: none"> - สามารถถ่ายเทของเหลวจากภาชนะอย่างหนึ่งไปสู่ภาชนะอีกอย่างหนึ่งได้ - สามารถใช้เครื่องมือต่าง ๆ ได้ - วาดภาพด้วยมือโดยอิสระ

พลพิสัย (psychomotor domain)	ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม
ระดับ 6 : การสื่อสารโดย ไม่อ้อมค้อม (nondiscursive communication)	เด็กจะ - สามารถใช้ภาษาไป - ทำเสียงล้อเลียนผู้อื่น สัตว์ต่าง ๆ ได้ - เคารตามจังหวะดนตรี

ภาพที่ 6.3 : ระดับการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในเชิงพลพิสัย

ผู้แต่งเชื่อว่า การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในเชิงพลพิสัยนี้เป็นการพัฒนาการร่วมกันระหว่างจิตใจกับร่างกายซึ่งจะมีลักษณะค่อนข้างจะสับสนสำหรับเด็ก ๆ เราจะสังเกตเห็นว่าในระดับการเปลี่ยนแปลงในเชิงพลพิสัยในระดับสูง ๆ เช่น ในระดับ 5 และ 6 เท่านั้นที่มักจะนำมาใช้ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ส่วนระดับต่ำ ๆ จากระดับ 1-4 จะเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของเด็กที่ยังอยู่นอกเกณฑ์การเรียนในห้องเรียน

เมื่อได้วิเคราะห์การพัฒนาการทางด้านสติปัญญาของเด็กแล้ว ผู้แต่งเชื่อมั่นว่าเด็กจะเริ่มเข้ามามีส่วนร่วมมากที่สุดในขณะที่เด็กต้องการจะหาข้อมูลเพื่อแก้ปัญหาซึ่งเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งเท่านั้น การพัฒนาการทางด้านสติปัญญาในระดับสูง ๆ เช่น การตัดสินใจและการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นนับว่าเป็นสิ่งที่ครูควรจะได้ฝึกฝนให้แก่เด็กให้มากที่สุด และวิธีการที่ดีที่สุดซึ่งนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ทั่วไปยอมรับว่าเหมาะสมมากที่สุดนั้นได้แก่

- 6.1.1.1 การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง
- 6.1.1.2 การทำงานร่วมกัน
- 6.1.1.3 เปิดโอกาสให้เด็กสาธิตผลงานของตนเอง

6.1.1.4 ครูสาธิตให้เด็กศึกษา

6.1.1.5 ครูจัดตั้งศูนย์กิจกรรม

6.1.1.6 การสรุปผลงาน

กิจกรรมต่าง ๆ ที่นำมาเสนอแนะนั้นอาจจะมีโครงสร้างเกี่ยวข้องกัน ครูผู้สอนจะต้องมีการวางแผน การกำหนดขั้นตอนให้เหมาะสมต่อเด็กที่จะเข้ามามีส่วนร่วมในการศึกษากันคว่าเพราะขบวนการพัฒนาการจะมีลักษณะความยากง่ายและมีความแตกต่างกันอยู่

6.1.2 การพัฒนาการในขบวนการคิด (the development of the thinking process) หรือระดับแห่งการเรียนรู้ (learning levels)

ขบวนการคิดของมนุษย์นั้นเป็นเรื่องที่มีความละเอียดอ่อน มีความสลับซับซ้อนซึ่งยากต่อการทำความเข้าใจที่นักจิตวิทยา นักวิทยาศาสตร์ทำการค้นคว้าอยู่ตลอดเวลา ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 แล้วว่า Jean Piaget นักจิตวิทยาชาวสวิส ได้เสนอผลงานที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโตของร่างกาย การเรียนรู้และขบวนการคิดของมนุษย์ตั้งแต่เริ่มเกิดจนเป็นผู้ใหญ่ไว้ 4 ขั้นตอน Carin และ Sund (Carin and Sund, 1970 : 27-28) ได้สรุปไว้ดังนี้

ระยะที่ 1 : ระยะเริ่มเคลื่อนไหว (sensory - motor stage) อายุตั้งแต่เริ่มคลอดจนถึง 2 ขวบ

- 1) เด็กจะเรียนรู้โดยอาศัยกล้ามเนื้อและประสาท และจะมีการพัฒนาการในลักษณะนิสัยที่เกี่ยวข้องเฉพาะกับวัตถุหรือเหตุการณ์ภายนอกเท่านั้น
- 2) เด็กจะเริ่มรู้จักการใช้ภาษา
- 3) เด็กเริ่มรับรู้และเข้าใจว่ามีสิ่งของต่าง ๆ เท่าที่เด็กสามารถมองเห็นหรือสัมผัสได้เท่านั้น
- 4) เด็กจะเริ่มถ่ายทอดหรือแสดงให้ทราบว่ามิวัตถุสิ่งของต่าง ๆ ได้โดยคำพูดหรือท่าทางประกอบ
- 5) เด็กจะถูกกระตุ้นหรือเร่งเร้าได้โดยการกระตุ้นจากภายนอกเท่านั้น
- 6) เด็กจะลงมือกระทำโดยไม่มีการเตรียมการหรือคิดมาก่อน
- 7) เด็กจะรู้จักกาลเฉพาะปัจจุบันเท่านั้นจะไม่มีอดีตกาลหรืออนาคตสำหรับเด็ก
- 8) เด็กจะไม่รับรู้เรื่องอวกาศที่นอกเหนือไปจากที่ปรากฏอยู่เฉพาะหน้าเท่านั้น

9) เมื่อเด็กมีอายุจะครบ 2 ขวบ เด็กจะสามารถจำแนกสิ่งของ สัตว์ กิจกรรมต่าง ๆ ได้

ระยะที่ 2 ระยะเริ่มปฏิบัติการ (preoperational or representational stage)
อายุตั้งแต่ 2-6 ขวบ

- 1) ภาษาของเด็กจะมีการพัฒนาการอย่างมาก
- 2) เด็กจะรู้สึกใช้คำพูดและสัญลักษณ์หรือคอนเซ็ปต์ใดก็ตามที่จะอธิบายถึงความรู้สึกและสิ่งต่าง ๆ จากสิ่งแวดล้อมได้
- 3) เด็กจะเริ่มมีจินตนาการต่อสิ่งแวดล้อม เช่น เชื่อว่ามีเทวดา ภูตผี ฯลฯ
- 4) เด็กเริ่มรับรู้ในคุณลักษณะของความแตกต่าง หรือความคล้ายของสิ่งของ
- 5) เด็กเริ่มรู้จักการทดลองแบบฝึก-ถูก
- 6) เด็กจะมีปัญหาต่อการที่จะยอมรับว่าวัตถุหรือสิ่งของต่าง ๆ จะมีคุณสมบัติมากกว่า 1 อย่าง
- 7) เด็ก ๆ เริ่มจะรู้จักการพิจารณาสิ่งต่าง ๆ ตามทัศนียภาพของตนเอง
- 8) เด็กจะเพ่งเล็งตัวแปรที่ตนมองเห็นเพียงอย่างเดียว
- 9) กาลเวลาเริ่มมีขอบเขตสำหรับเด็ก เช่น เด็กยอมรับว่ามีเวลากลางวัน-กลางคืน ชั่วโมง และฤดูกาล
- 10) เด็กเริ่มเข้าใจความหมายของอวกาศที่อยู่รอบ ๆ ตัวเอง
- 11) เด็กยังไม่ยอมรับรู้ในเรื่องโอกาสหรือสิ่งที่ควรจะเป็นไปได้
- 12) เด็กเริ่มรู้จักอธิบายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้
- 13) เด็กเริ่มจะมีปัญหาต่อการนับเวลา การชั่ง ตวง วัด การนับจำนวนประมาณ ต้นเหตุของปัญหา ความเร็ว ฯลฯ

ระยะที่ 3 : ระยะปฏิบัติการในเชิงรูปธรรม (concrete operation) อายุตั้งแต่ 7-11 ขวบ

- 1) เด็กจะสามารถเคลื่อนย้ายสิ่งของได้และนำมาประกอบได้อย่างเหมาะสม
- 2) เด็กเริ่มที่จะมีทักษะในการเคลื่อนไหวอย่างนุ่มนวลและเหมาะสม
- 3) เด็กจะเริ่มจัดระบบความคิดแห่งตนได้

- 4) เด็กเริ่มมีจินตนาการต่อวัตถุและเหตุการณ์
- 5) สามารถนำจินตนาการนั้นแก้ปัญหาทางกายภาพได้
- 6) เด็กรู้จักการจำแนกแจกแจงและจัดระเบียบได้
- 7) เด็กเริ่มรู้จักการจัดวัตถุสิ่งของตามขนาดต่าง ๆ ได้
- 8) เด็กเริ่มรู้จักสภาพทางภูมิศาสตร์
- 9) เด็กเริ่มรู้จักอดีต

ระยะที่ 4 : ระยะปฏิบัติการตามแบบแผน (formal operations) อายุ

ตั้งแต่ 12-14 ขวบ

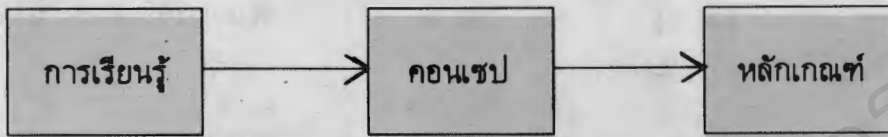
- 1) เด็กจะเริ่มรู้จักคิดในเชิงนามธรรมมากขึ้น
- 2) เด็กรู้จักการเสนอแนะและสามารถดำเนินการตามข้อเสนอเหล่านั้นได้ในรูปแบบต่าง ๆ
- 3) เด็กสามารถสร้างกฎเกณฑ์ (principle) ได้โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการคิดในเชิงนามธรรม
- 4) เด็กเริ่มมีแนวความคิดแบบย้อนหลังหรือที่เรียกว่าการคิดทบทวน ภายหลังจากที่สามารถแก้ปัญหาได้

การพัฒนาการในด้านความคิดหรือการพัฒนาการในเชิงการเรียนรู้นี้ จะมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาการในเชิงสติปัญญาของมนุษย์ Piaget และผู้สนับสนุนได้ค้นพบว่าการพัฒนาการในแต่ละระดับอายุนั้นจะมีความหมายในตัวของมันเอง และจะไม่มีการกระโดดข้ามขั้นตอนเป็นอันขาด นอกจากนี้ยังพบข้อเท็จจริงอีกว่าความสมบูรณ์ของการพัฒนาการในแต่ละระดับจะเป็นพื้นฐานที่มั่นคงต่อการพัฒนาการในระดับที่สูงขึ้น มีนักการศึกษาทั่วโลกได้ทำการศึกษาและวิจัยผลงานของ Piaget อย่างกว้างขวางและยืนยันว่า การพัฒนาการในเชิงสติปัญญาของเด็กจะมีผลต่อ :-

- 6.1.2.1 การพัฒนาในวุฒิภาวะ (maturation) ของเด็ก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องระบบประสาท
- 6.1.2.2 การสร้างเสริมประสบการณ์ (experience) ต่อสิ่งแวดล้อม
- 6.1.2.3 การปรับตัวในสังคม (social transmission)

6.1.2.4 การสมดุลในตัวเอง (equilibration or self-regulation)

ผู้แต่งคิดว่าถ้าครูผู้สอนได้พยายามทำความเข้าใจและศึกษาผลงานของ Piaget อย่างละเอียดถี่ถ้วนแล้วย่อมจะนำไปใช้ต่อขบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้ดีที่สุด เพราะว่าการรู้ของเด็กนั้นจะทำได้เป็นไปตามขั้นตอนดังภาพที่ 6.4



ภาพที่ 6.4 ขั้นตอนการพัฒนาการเรียนรู้ของ piaget

ปัญหาสำคัญที่ผู้แต่งต้องการจะเน้นอยู่ที่ว่า "เด็กจะมีความรู้สึกนึกคิดว่าครูสอนอะไรและครูสอนอย่างไรบ้าง?"

6.1.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ (theory of learning)

"ขบวนการเรียนรู้" นั้นเป็นเรื่องราวที่มนุษย์ได้พยายามศึกษาค้นคว้ากันมานานแล้วบรรพบุรุษผู้บุกเบิกในเรื่องนี้จะอุบัติขึ้นมาในรูปแบบต่าง ๆ กัน เช่น นักประพันธ์ นักโหราศาสตร์ นักเทววิทยา นักวิทยาศาสตร์ และนักจิตวิทยา ตลอดจนนักการศึกษา แต่ทว่ายังหาข้อสรุปให้แน่ชัดลงไม่ได้เพราะขบวนการเรียนรู้เป็นเรื่องราวอันละเอียดอ่อน มีการพัฒนาการที่ผ่านขบวนการอันสลับซับซ้อนและยากต่อการทำความเข้าใจ ในช่วง 2 ศตวรรษที่ผ่านมา มีผลงานของนักการศึกษาและนักจิตวิทยาหลายท่านที่ได้เสนอผลการค้นคว้า และได้ตั้งเป็นทฤษฎี (theory) เพื่อทำการอธิบายหรือพยากรณ์โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การทดลองว่าการเรียนรู้นั้นมีขบวนการอย่างไรบ้าง นักวิทยาศาสตร์ที่มีผลงานเป็นที่ยอมรับนับถือกันอย่างกว้างขวาง และถือว่าเป็นทฤษฎีการเรียนรู้ได้ในการศึกษาวิทยาศาสตร์นั้นได้แก่

- 6.1.3.1 ทฤษฎีการเรียนรู้ของ Bloom ศึกษารายละเอียดในข้อ 6.1.1
- 6.1.3.2 ทฤษฎีการเรียนรู้ของ Piaget ดังรายละเอียดในข้อ 6.1.2
- 6.1.3.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ของ Gagne

Gagne เป็นนักจิตวิทยาที่มีผลงานทางด้านพฤติกรรม (behavior) ของมนุษย์และสัตว์มากมายและนำมาประยุกต์เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายในวงการศึกษาศาสตร์ ทฤษฎีดังกล่าว "เงื่อนไขแห่งการเรียนรู้" (the conditions of learning) ภาพที่ 6.5

<p>ระดับการเรียนรู้ (Gagne's learning levels)</p>	<p>ตัวอย่างของทักษะที่จำเป็น</p>
<p>ระดับ 1 : การเรียนรู้จากสัญญาณที่เกิดจากการกระทำ ซึ่งเชื่อมโยงกับอารมณ์ การตกใจ ตื่นเต้น สนุกสนาน ฯลฯ (signal learning)</p>	<p>เด็กแสดงอาการโต้ตอบในลักษณะการใช้ อารมณ์ และไม่อาจจะกำหนดให้ สอดคล้องกับลำดับการเรียนรู้ได้</p>
<p>ระดับ 2 : การเรียนรู้ที่เกิดจากการกระตุ้น และตอบสนอง (stimulus-response)</p>	<p>เด็กจะพูดทบทวนตามที่ครูสั่ง เด็กจะ นับจำนวนตามที่ครูสั่ง เด็กจะแสดง อาการโต้ตอบในท่าทางต่าง ๆ</p>
<p>ระดับ 3 : การเรียนรู้ที่ต่อเนื่องแบบลูกโซ่ (chaining) ซึ่งจะเป็นผลต่อเนื่องมาจากการ เรียนรู้ในระดับ 2 เช่น พฤติกรรม ในเชิงลงมือทำ</p>	<ul style="list-style-type: none"> - เด็กจะใช้ดินสอลอกภาพ - เด็กจะเขียนเลขจาก 1-2-3.....

<p>ระดับการเรียนรู้ (Gagne's learning levels)</p>	<p>ตัวอย่างของทักษะที่จำเป็น</p>
<p>ระดับ 4 : การเรียนรู้ต่อเนื่องทางภาษา (verbal chaining)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - เด็กจะสามารถบอกชื่อสิ่งของได้ - เด็กจะสามารถเขียนเลขจำนวนต่าง ๆ ได้
<p>ระดับ 5 : การเรียนรู้ที่เกิดจากการจำแนก (discrimination)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - เด็กสามารถจำแนกแจกแวงวัตถุสิ่งของได้ - เด็กจะบอกความแตกต่างของภาพวัตถุ คน สัตว์ได้ - สร้างกราฟแบบง่าย ๆ ได้
<p>ระดับ 6 : การเรียนรู้คอนเซป (concept)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - เด็กสามารถชี้ อธิบายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นแตกต่างไปจากปรากฏการณ์ที่ปกคคืออย่างไร - เด็กรู้จักใช้มาตราส่วนในการสร้างวัด ได้อย่างเหมาะสม
<p>ระดับ 7 : การเรียนรู้หลักเกณฑ์ (principle learning)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - เด็กมีทักษะในการเก็บข้อมูล - เด็กมีทักษะในการอ่านข้อมูล - สามารถแปลความหมายจากกราฟแผนภูมิได้

ระดับการเรียนรู้ (Gagne's learning levels)	ตัวอย่างของทักษะที่จำเป็น
ระดับ 8 : การเรียนรู้โดยการแก้ปัญหา (problem solving) เป็นการนำหลักเกณฑ์ไปใช้ เพื่อแก้ปัญหา	<ul style="list-style-type: none"> - เด็กแปรความหมายจากเส้นกราฟ - นำผลจากการทดสอบไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

ภาพที่ 6.5 : ทฤษฎีการเรียนรู้ของ Gagne

แหล่งที่มา : Robert M.Gagne.the conditions of learning, : chapter 7.

เมื่อพิจารณา "เงื่อนไขแห่งการเรียนรู้" ของ Gagne แล้ว ผู้อ่านจะพบว่า Gagne ได้เรียงลำดับการเรียนรู้จากพื้นฐานที่ง่ายเสียก่อนแล้วจึงค่อยเพิ่มลำดับความยากขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงขั้นสูงสุดคือ "ขบวนการแก้ปัญหา" ซึ่งนับว่ามีความยากและซับซ้อนที่สุด อนึ่งการเรียนรู้ในแต่ละขั้นตอนนั้น Gagne จะเน้นในเรื่อง "ทักษะ" เป็นหัวใจที่มีความสำคัญอย่างยิ่งยวด ทักษะที่ฝึกฝนดีแล้วในขั้นตอนหนึ่ง ๆ จะเป็นพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการฝึกทักษะเพื่อการเรียนรู้ในขั้นที่สูงกว่า ผู้แต่งคิดว่าการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นครูผู้สอนจะต้องเตรียมการวางแผนการฝึกทักษะให้เป็นขั้นตอนอย่างดี และมีระบบ โดยเริ่มจากทักษะง่าย ๆ เสียก่อน แล้วจึงค่อยเพิ่มความยากและความซับซ้อนจนกระทั่งเด็กมีความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดีที่สุด

เพื่อช่วยให้ผู้อ่านได้เข้าใจถึงบทบาทของทฤษฎีการเรียนรู้ ว่ามีบทบาทต่อการนำไปใช้ในขบวนการเรียนการสอนอย่างไรนั้น bruner ได้เสนอแนะไว้ 4 ประการดังนี้

ประการแรก ทฤษฎีการเรียนรู้จะต้องกำหนดประสบการณ์ที่เด่นชัด ที่จะนำไปปลูกฝังให้แก่เด็กแต่ละคนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประสบการณ์ดังกล่าวจะต้องสร้างเสริมให้เด็ก

นำไปใช้ในการปรับตัวเข้ากับเหตุการณ์ สิ่งแวดล้อมและการดำเนินชีวิตได้เป็นอย่างดี

ประการที่ 2 ควรจะได้มีแนวทางเพื่อกำหนดความรู้ที่ผู้เรียนควรจะต้องศึกษาค้นคว้า ได้อย่างเหมาะสม ความรู้ที่กำหนดขึ้นมานั้นจะต้องเป็นส่วนสำคัญของความรู้ทั้งหมดที่ผ่านการทดสอบหรือผ่านการรับรองมาแล้วว่า เป็นความรู้ที่ผู้เรียนจะศึกษาค้นคว้าให้ลึกซึ้งกว้างขวางต่อไปได้ และมีเค้าโครงเฉพาะรายวิชาที่เด่นชัด

ประการที่ 3 ขบวนการเรียนรู้จะต้องมีขั้นตอนหรือกระบวนที่สอดคล้องกับวัยและความสามารถของผู้เรียน ที่จะให้บรรลุผลตามเป้าหมายได้

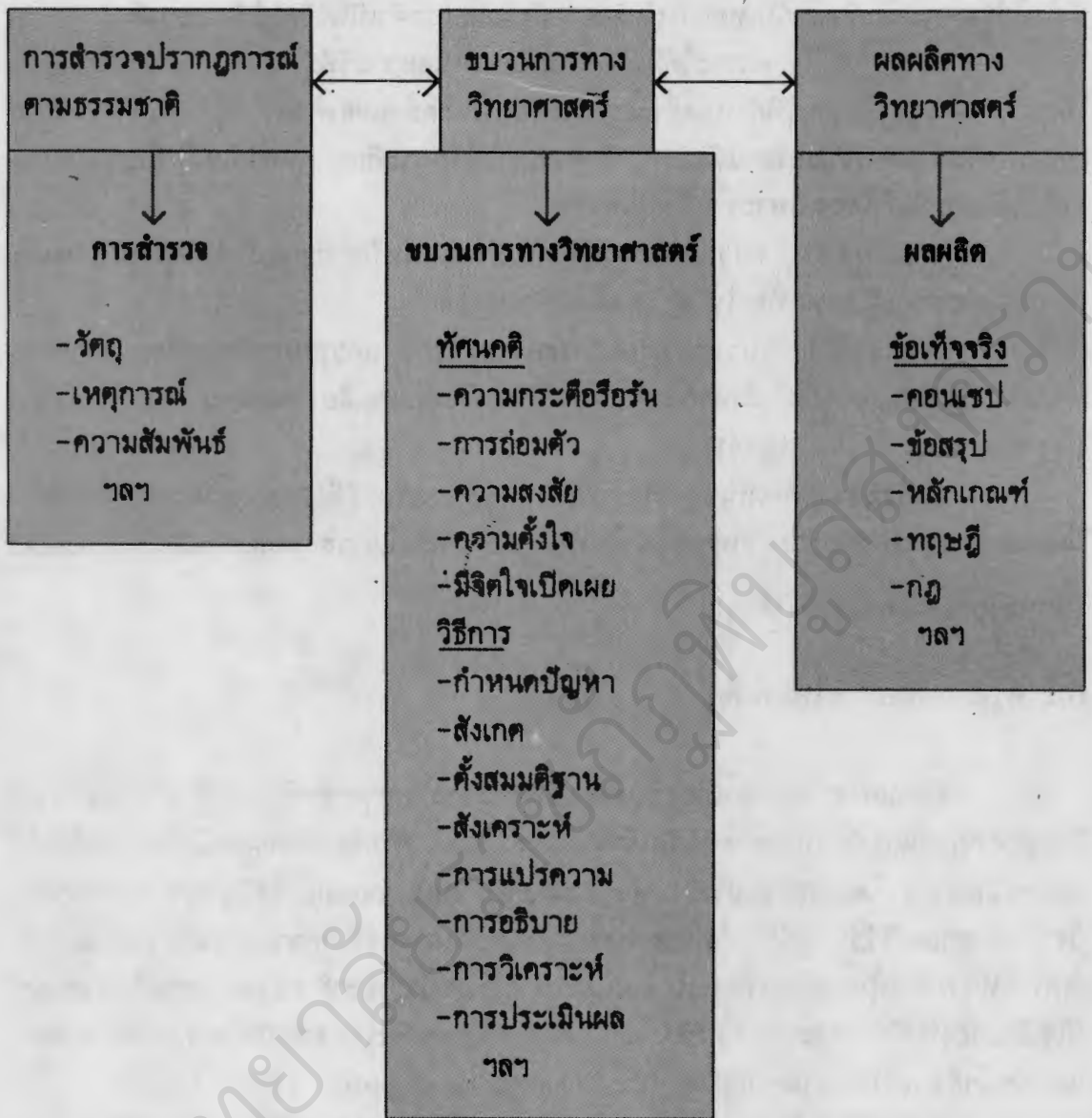
ประการที่ 4 ขบวนการเรียนการสอนจะต้องกำหนดธรรมชาติของเนื้อหาสาระการพัฒนาว่ามีลักษณะอย่างไร ถ้าหากว่าดำเนินไปแล้วจะมีผลดี ผลเสีย ตลอดจนการแก้ไขอย่างไรบ้าง (Bruner, 1966 : 40-41)

ผู้แต่งมีความคิดเห็นว่า บทบาทของทฤษฎีการเรียนรู้ที่ Bruner นำมาเสนอแนะไว้ที่นี่จะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการนำไปพัฒนาวิธีการเรียนการสอน(method of instruction) ในทุกสาขาวิชาได้เป็นอย่างดี

6.2 ครูจะสอนอะไรให้แก่เด็ก

ผู้อ่านคงจะได้ศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์ในบทที่ 2 มาแล้วว่าได้นักการศึกษาและนักวิทยาศาสตร์เป็นจำนวนมากที่ได้พยายามชี้แจงตลอดจนให้รายละเอียดไว้อย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง the Columbia encyclopedia ได้นิยามความหมายของวิชาวิทยาศาสตร์ไว้ว่า "วิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึงศาสตร์ที่เกิดจากการรวบรวมและการวิเคราะห์การเรียนรู้ที่มีระเบียบแบบแผนต่อปรากฏการณ์ธรรมชาติ ขบวนการทางวิทยาศาสตร์มิใช่เป็นเรื่องที่เพียงแต่จะรวบรวมข้อเท็จจริงเท่านั้น แต่ทว่าจะเกิดจากวิธีการทางวิทยาศาสตร์และทัศนคติทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย (the Columbia encyclopedia, 1963 : 1990)

จากคำนิยามดังกล่าว เราจะพบว่าวิทยาศาสตร์จึงประกอบด้วยขบวนการ(process) และผลิตภัณฑ์ (product) ที่มีส่วนสัมพันธ์กันที่จะทำให้วิชาวิทยาศาสตร์มีความหมายยิ่งขึ้นดังภาพที่ 6.6



ภาพที่ 6.6 : ความสัมพันธ์ระหว่างขบวนการและผลผลิตทางวิทยาศาสตร์

ผู้แต่งใครเสนอแนะว่า การเน้นในเรื่องขบวนการเนื้อหาสาระ และผลผลิตทางวิทยาศาสตร์นั้นเป็นเรื่องสำคัญที่สุดที่ครูผู้สอนจะต้องเตรียมให้พร้อมอยู่ตลอดเวลา ผู้แต่งใครขออย่าว่า อะไรที่ครูจะสอนให้แก่เด็กนั้นควรประกอบด้วยสาระสำคัญดังนี้

6.2.1 ขบวนการทางวิทยาศาสตร์ สิ่งที่สำคัญควรแก่การพิจารณาได้แก่

6.2.1.1 ทักษะคิดทางวิทยาศาสตร์ (ดูรายละเอียด ข้อ 2.10)

6.2.1.2 ความใคร่รู้และความถ่อมตน

6.2.1.3 ความไม่ท้อถอยต่อความล้มเหลว

นักวิทยาศาสตร์มีความมุ่งมั่นอยู่ตลอดเวลาที่จะพยายามค้นหาสิ่งเร้นลับซึ่งซ่อนเร้นอยู่ในธรรมชาติให้จงได้ จึงได้พยายามใช้วิธีการในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อเอาชนะอุปสรรคเหล่านั้น Dr. Paul Ehrlich ผู้ได้รับรางวัลโนเบลทางสาขาการแพทย์เมื่อ ค.ศ. 1908 ได้ค้นพบยาซัลฟาซาน ที่ใช้รักษาโรคซิฟิลิส โดยทำการทดลองถึง 606 ครั้งจึงประสบความสำเร็จ และ Howard Rogers นักเคมีแห่งบริษัทโกดักต้องใช้สารประกอบทางเคมีประมาณ 500 ชนิด จึงสามารถผลิตฟิล์มสำหรับกล้องโพลาลอยด์ได้

6.2.1.4 ความไม่แน่นอน (uncertainty) ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ ย่อมมีอยู่เสมอ

6.2.1.5 ขบวนการสืบสวนสอบสวน (ดูรายละเอียดข้อ 2.7)

6.2.1.6 ยุทธวิธีของการสืบสวนสอบสวน เป็นแนวทางของการปฏิบัติที่นักวิทยาศาสตร์แต่ละท่านนำไปใช้ในการแก้ปัญหาและแสวงหาคำความรู้

6.2.1.7 การรู้จักการใช้คำถามให้เหมาะสมกับตัวเด็ก สถานการณ์และสิ่งแวดล้อม นับว่าเป็นวิธีการที่สำคัญยิ่งของขบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยทั่วไปเรามักจะพบคำถามที่ขึ้นต้นด้วยคำว่า อะไร อย่างไร และทำไม อยู่เสมอ แต่ทว่าคำถามที่ผู้ตอบมักจะตอบได้ยากที่สุดนั้นมักจะได้แก่การใช้คำถามที่ขึ้นต้นด้วยคำว่า "ทำไม"

6.2.1.8 ข้อมูลที่ผ่านการทดสอบแล้ว เรื่องนี้เป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งเพราะข้อมูลที่ได้ย่อมจะใช้เป็นเครื่องมือ ยืนยันต่อขบวนการและหาคำความรู้ในธรรมชาติ เพราะเรามักจะถูกซักถามอยู่เสมอว่า

- เรารู้ได้อย่างไรว่าเรารู้ในเรื่องที่เราคิดว่าเรารู้ ทั้งนี้เพื่อจะตรวจสอบดูว่า

สิ่งที่เราสังเกตหรือรับรู้มานั้นมีความเชื่อถือได้

-เรารู้เรื่องราวเหล่านั้นก็มากน้อยเพียงใดทั้งนี้เพื่อต้องการจะยืนยันในเรื่องที่เรารู้

6.2.1.9 การใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (scientific reasoning) เป็นปัจจัยสำคัญของวิชาวิทยาศาสตร์ที่จะช่วยให้ความคิดของมนุษย์มีคุณค่ามีวิธีการใช้เหตุผลอยู่ 2 วิธีที่นิยม คือ การอนุมาน กับ การอุปมาน

6.2.1.10 การค้นหาเหตุและผล (cause and effect) เป็นขบวนการที่นักวิทยาศาสตร์จะให้ความสนใจเป็นเบื้องต้น เพื่อต้องการหาความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลของข้อมูลที่รวบรวมขึ้นมา ซึ่งเป็นผลที่เกิดขึ้นจากการใช้ข้อมูลที่ผ่านการทดสอบแล้วกับการใช้เหตุผลในเชิงวิทยาศาสตร์มาพิจารณารวมกัน นักวิทยาศาสตร์มักจะใช้การทดลองในห้องปฏิบัติการในรูปแบบต่าง ๆ เป็นมาตรการที่จะตรวจสอบว่า ความรู้และข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้มีคุณค่าควรแก่การเชื่อถือมากน้อยเพียงใด

ผู้แต่งเข้าใจว่าข้อมูลที่ผ่านการตรวจสอบตามขั้นตอนต่างๆในขบวนการวิทยาศาสตร์นี้นั้น จะช่วยให้มนุษย์ได้รับความรู้ เนื้อหาสาระที่มีความเชื่อถือได้เป็นอย่างดี และความรู้ดังกล่าวจะเพิ่มพูนอยู่ตลอดเวลา และสิ่งเหล่านี้ก็คือผลผลิตทางวิทยาศาสตร์นั่นเอง

6.2.2 ผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ จากบทแรกผู้แต่งได้บรรยายเรื่องราวทางวิทยาศาสตร์มามากพอจะสรุปได้ว่า นักวิทยาศาสตร์ได้พยายามเสนอผลผลิตออกมาในรูปแบบต่าง ๆ กัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อหาสาระในบทที่ 2 หัวข้อ 2.2 และองค์ประกอบของข้อ 2.4 ทั้งหมด ซึ่งผู้อ่านจะสามารถทบทวนเพื่อทำความเข้าใจให้กระจ่างแจ้งชัดได้

ผู้แต่งใคร่จะขอย้ำว่าในการจะสอนอะไรให้แก่เด็กนั้นครูจะต้องเน้นในเรื่องขบวนการทางวิทยาศาสตร์ (process of science) และผลผลิตของวิทยาศาสตร์ (product of science) เป็นเรื่องสำคัญที่สุด

6.3 การสอนเนื้อหาของวิชาวิทยาศาสตร์

ก่อนที่จะกล่าวถึงเรื่อง "วิธีการสอนอย่างไร" ควรจะต้องพิจารณาเรื่อง "เนื้อหาวิทยาศาสตร์อะไรบ้าง" ที่นำไปสอนให้แน่ชัดเสียก่อน นักการศึกษาและครูวิทยาศาสตร์มักจะมี

ข้อโต้แย้งกันอยู่ 2 ประเด็นในกิจกรรมจะนำไปสอน

ปัญหาประเด็นแรก ได้แก่เนื้อหาในรายวิชาที่สอน

ปัญหาประเด็นที่ 2 ได้แก่การพัฒนาทักษะให้แก่เด็ก

ปัญหาที่ยกขึ้นมาพิจารณานี้มักจะมีข้อโต้แย้งกันในหมู่บ้านนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่สนใจในการเรียนการสอนในโรงเรียนประถมศึกษาอยู่เสมอ ปัญหาดังกล่าวได้กระตุ้นให้สมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งสหรัฐ ทำการศึกษาและวิจัยตลอดจนมีการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์รวมอยู่ด้วยมีรายงานผลของการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์พบว่า วิธีการสร้างระบบคอนเซป (conceptual schemes approach) เป็นขบวนการพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่ได้รับความสนใจและถูกนำไปใช้กันอย่างกว้างขวาง วิธีการดังกล่าวจะครอบคลุมการสอนให้สอดคล้องกับธรรมชาติ และโครงสร้างของวิชาวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดีและมีคุณประโยชน์ดังต่อไปนี้

6.3.1 โครงสร้างของวิทยาศาสตร์นั้นจะมีคุณลักษณะเป็นคอนเซปอยู่แล้วโครงสร้างดังกล่าวจะช่วยให้เกิดพัฒนาการทางด้านสติปัญญาดังที่ Jerome S. Bruner กล่าวว่า การเรียนรู้ในโครงสร้างย่อมทำให้ทราบว่ามีสิ่งต่าง ๆ ในโครงสร้างนั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างไรบ้าง (Bruner, 1960 : 7)

6.3.2 ครูอาจจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคอนเซปต่างๆ ที่มีอยู่ในระบบคอนเซปใหญ่ ๆ ได้

6.3.3 ปรากฏการณ์ในธรรมชาติเป็นสิ่งที่เรียนรู้ได้และสามารถช่วยให้เด็กสร้างคอนเซปใหม่ ๆ ได้ต่อไปอีก

6.3.4 เด็กสามารถมีพัฒนาการในการสร้างคอนเซปอยู่ตลอดเวลา และยังมีเวลาศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมก็ย่อมจะเรียนรู้ถึงความสัมพันธ์และเกิดความเข้าใจในคอนเซปที่มีความสลับซับซ้อนยิ่งขึ้น

6.3.5 ครูจะต้องช่วยให้เด็กแต่ละคนมีการพัฒนาการในการสร้างคอนเซปในลักษณะที่แตกต่างกันเพื่อให้สอดคล้องกับความสามารถของเด็ก

6.3.6 ขบวนการวิทยาศาสตร์นั้นถือว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญยิ่ง ของระบบคอนเซปทั้งระบบ เพราะภายในของขบวนการวิทยาศาสตร์ย่อมมีการปะทะสัมพันธ์ระหว่างคอนเซปเก่าและคอนเซปใหม่ที่เด็กเพิ่งจะได้เรียนรู้ การพัฒนาการในการสร้างคอนเซปจะช่วย

ให้เด็กเรียนรู้ว่าการเรียนรู้คอนเซปทางวิทยาศาสตร์จะมีการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา (Crain and Sund, 1970 : 29)

ผู้อ่านคงจะพอเริ่มเข้าใจว่า ในการสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์นั้นจะยึด "วิธีการสร้างระบบคอนเซป" เป็นแกนนำ เรื่องราวของคอนเซปหรือความคิดรวบยอดนั้นได้กล่าวไว้ย่อๆ ละเอียดในบทที่ 2 ข้อ 2.6 แล้ว และผู้อ่านคงจะพอทราบแล้วว่าระบบคอนเซปนั้นอาจจะสร้างขึ้นได้หลายลักษณะ แต่ระบบคอนเซปที่ได้รับการยอมรับถือกันอย่างกว้างขวางนั้นได้แก่ ขบวนการจัดระบบคอนเซปของสมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งสหรัฐที่กล่าวว่า :

"ระบบคอนเซป หมายถึง ความคิดหรือหลักการสำคัญที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นที่ยอมรับนับถือกันและจะเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการค้นคว้าวิจัยต่อไป ระบบคอนเซปแต่ละระบบจะประกอบด้วยข้อเท็จจริง หลักเกณฑ์ และคอนเซปย่อยๆที่จะสามารถนำไปสอนแก่เด็กได้ตามกระสวนของการเรียนรู้ (เด็กสามารถเรียนรู้จากสิ่งที่ย่าง ๆ ก่อนแล้วจึงค่อยเพิ่มความยากและสลับซับซ้อนยิ่งขึ้น) (the National Science Teachers Association NSTA, 1964 : 17)

ระบบคอนเซปที่สมาคมครูวิทยาศาสตร์ได้กำหนดไว้มีดังนี้ :

ระบบคอนเซป

- I ตสารทั้งหลายประกอบอนุภาคขั้นมูลฐานและภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ อนุภาคเหล่านี้จะแปลสภาพไปเป็นพลังงานและสามารถคืนสภาพไปสู่สภาวะเดิมได้ด้วย
- II ตสารจะดำรงอยู่ได้ตามสภาพที่เป็นของแข็ง ของเหลว และกาซ
- III พฤติกรรมของตสารจะสามารถแสดงออกมาให้ปรากฏตามนิยแห่งสถิติ
- IV องค์ประกอบของตสารย่อมมีการปะทะสัมพันธ์ในรูปของแรงหรืออำนาจในเชิงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงดึงดูดของโลกและแรงนิวเคลียร์
- V ผลของการปะทะสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของตสารย่อมจะมีผลให้เกิดการสมดุลอยู่เสมอ หรืออาจจะกล่าวได้ว่า ตสารและพลังงานย่อมแปรสภาพไปได้อย่าง

สมควรอยู่ตลอดเวลา

VI พลังงานจะเป็นองค์ประกอบของสสารที่กำลังเคลื่อนที่ซึ่งจะทำให้เกิดความร้อนและ
อุณหภูมิเปลี่ยนแปลง อากาศเคลื่อนไหวขององค์ประกอบเหล่านั้นจะแสดงสภาวะ
ของสสารที่จะเป็นของแข็ง ของเหลว หรือก๊าซ

VII การเปลี่ยนแปลงสภาพของสสารจะขึ้นอยู่กับสถานที่และเวลาที่จะมีผลทำให้อัตรา
การแปรสภาพของสสารเปลี่ยนไปในลักษณะและรูปแบบต่าง ๆ กัน (NSTA,
1964 : 20)

เพื่อให้ผู้อ่านได้ทราบว่า การสอนเนื้อหาโดยเน้นในเรื่องคอนเซป มีข้อดี ข้อเสีย
อย่างไรบ้างนั้น ได้มีนักการศึกษาและสมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางการศึกษาวิทยาศาสตร์ทำ
การวิจัยได้ดังนี้

สมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งสหรัฐ (the American
Association for the Advancement of Science - AAAS) วิจัยพบว่าการสอนแบบระบบ
คอนเซปจะช่วยให้เด็กเรียนรู้ทางคอนเซปและขบวนการได้ดีกว่าการสอนแบบเดิม (Carin and
Sund, 1970 : 31)

Suchman แห่งมหาวิทยาลัยอินิออนส์ ทำการวิจัยพบว่าเด็กชั้นประถมศึกษาปีที่ 5
กลุ่มที่เรียนแบบสืบสวนสอบสวนจะมีสัมฤทธิ์ผลการเรียนรู้สูงกว่ากลุ่มเด็กที่เรียนเน้นในเรื่องเนื้อหา
แต่เพียงอย่างเดียว (Suchman, 1964 : 59-77)

Scott ทำการวิจัยในลักษณะที่คล้ายกับผลงานของ Suchman รายงานผลการวิจัย
ว่าเด็กชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ครูสอนแบบสืบสวนสอบสวนจะมีเหตุผลในเชิงอุปมาและมีความ
สามารถในการแยกประเภทได้ดีกว่ากลุ่มเด็กที่เรียนเฉพาะเนื้อหาเท่านั้น (Scott, 1966 143-153)

นั้นแสดงให้เห็นว่า การนำระบบคอนเซปมาสอนนั้นจะช่วยให้เด็กเรียนรู้เกี่ยวกับ
เรื่องคอนเซป การมีเหตุผลและมีทักษะในการแยกประเภทได้ผลดีขึ้น

David Ausubel นักการศึกษาผู้มีชื่อเสียงได้ทำการวิเคราะห์โดยการวิจัยระบบ
การสร้างคอนเซปไว้ดังนี้

1) ในแง่ปรัชญาการศึกษา จะไม่มีระบบคอนเซปหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์
ประเภทใดเพียงอย่างเดียวที่จะนำไปใช้ได้ครบในทุกสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เพราะวิทยาศาสตร์

แต่ละสาขาวิชาย่อมมีคุณลักษณะเฉพาะในตัวของมันเอง

2) ในแง่ของจิตวิทยาทางการศึกษา ระบบคอนเซปจะช่วยให้เกิดการถ่ายโอนในระหว่างสาขาวิชาน้อยมาก และไม่อาจจะนำไปช่วยในการแก้ปัญหาได้มากนัก

3) ในแง่ของการพัฒนาในเชิงสติปัญญา ระบบคอนเซป 7 ประการที่สร้างขึ้นมานั้น ไม่อาจจะนำไปสอนให้แก่เด็กได้ในทุกระดับชั้น แต่ในการจัดกิจกรรมของเด็กในบางระดับนั้น อาจจะเน้นในเรื่องขบวนการเกี่ยวกับรูปธรรมได้เป็นอย่างดี (Ausubel, 1965 : 263-264)

ผู้แต่งใคร่สรุปว่า จากผลของการวิจัยในเรื่องการสร้างระบบคอนเซปนั้น เราจะพบว่า มีข้อขัดแย้งกันอยู่บ้างในประเด็นที่ไม่เน้นในเนื้อหาวิชาที่สอน แต่ทว่าระบบการสร้างคอนเซป จะช่วยให้มีการพัฒนาในเรื่องขบวนการสืบสวนได้เป็นอย่างดี

6.4 การสอนเกี่ยวกับขบวนการทางวิทยาศาสตร์

จากรายละเอียดในข้อ 6.1, 6.2 ผู้อ่านคงจะทราบมาแล้วว่า เด็กจะสามารถเรียนรู้ได้อย่างไร และครูจะสอนอะไรให้แก่เด็ก ทั้ง 2 ประเด็นนี้นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้นำมาเป็นแกนสำคัญในการสร้างหลักสูตร ดังภาพที่ 6.7

ภาพที่ 6.7 แสดงแผนผังการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่เน้นประเด็น 3 ประการ ได้แก่

ประการแรก : การพัฒนาทางสติปัญญา (intellectual development) ในเรื่องผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้กล่าวมาแล้วว่าในการสอนเนื้อหา นั้นมักจะเน้นในเรื่องการสร้างระบบคอนเซปเป็นหลัก

ประการที่ 2 : ขบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (methods or processes of science) ซึ่งจะเน้นในการปลูกฝังวิธีการและทักษะให้แก่เด็ก

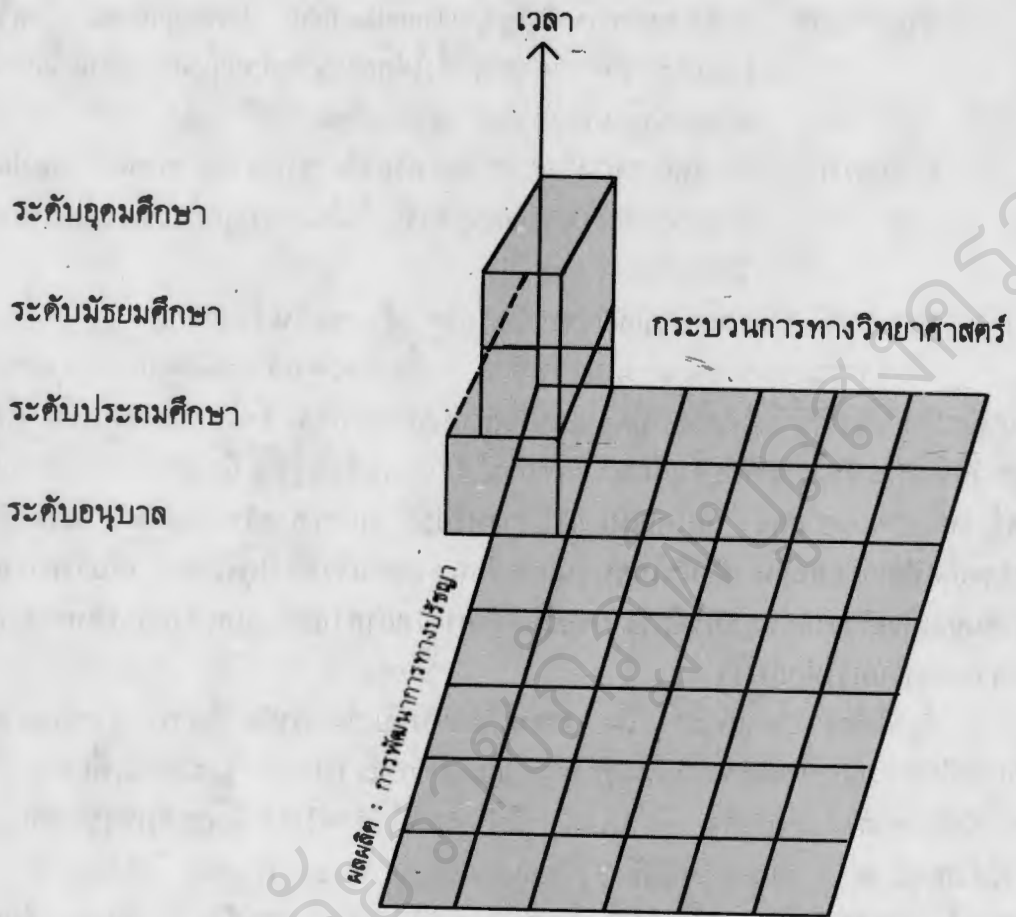
ประการที่ 3 : เวลา (time) จะเน้นเรื่องการสังเกตเป็นเรื่องสำคัญ

เมื่อพิจารณาแกน 3 แกนในภาพที่ 6.7 นั้น จะพบว่าผลผลิตและขบวนการจะเป็นแกนประกอบกันที่ทำให้เกิดระบบคอนเซปที่ผู้เรียนจะต้องพัฒนาขึ้นไปตามระดับชั้น ตั้งแต่ชั้นปฐมวัยจนกระทั่งถึงระดับอุดมศึกษา เด็กจะได้รับการเรียนรู้ทั้งเนื้อหา ขบวนการและโครงสร้างทางวิทยาศาสตร์ แต่โดยเหตุที่วิธีการหรือขบวนการทางวิทยาศาสตร์นั้นจะมีอิทธิพลต่อผลผลิตที่จะบังเกิดขึ้น ดังนั้นในขบวนการเรียนการสอนจึงจำเป็นต้อง เน้นวิธีการสอนโดยอาศัยข้อเท็จจริงจากข้อมูลที่ได้มาจากขบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจากการที่ทราบมาว่าเด็กจะสามารถเรียนรู้ได้อย่างไร

ดังที่ได้ทราบมาแล้วว่า ในการสอนเกี่ยวกับขบวนการหรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์นั้นนักการศึกษาวิทยาศาสตร์จะเน้นในเรื่องการปลูกฝังทักษะ (skills) ซึ่งสมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย - AAAS ได้กำหนดไว้สำหรับเด็กในระดับประถมศึกษา ตั้งแต่ระดับอนุบาล - ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยแบ่งเป็น 8 ทักษะ เรียกว่า "ขบวนการทักษะขั้นมูลฐาน" และจัดทักษะสำหรับเด็กชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 ออกเป็น 5 ทักษะ เรียกว่า "ขบวนการทักษะขั้นบูรณาการ" และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขบวนการทักษะขั้นมูลฐาน (primary process skills) ได้แก่

- 1) การสังเกต
- 2) การจำแนกแจกแจง
- 3) การชั่ง ตวง วัด



ภาพที่ 6.7 : แผนผังการพัฒนาหลักสูตร

แหล่งที่มา : NSTA - in sciencecurriculum 1964; P. 18.

- 4) การสื่อความหมาย
- 5) การวินิจฉัย - การลงความเห็น
- 6) การพยากรณ์
- 7) การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างมิติของอวกาศ - เวลา
- 8) การแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนต่าง ๆ

ขบวนการทักษะขั้นบูรณาการ (integrated process skills) ได้แก่

- 1) การกำหนดคุณสมบัติฐาน
- 2) การกำหนดคำจำกัดความ
- 3) การควบคุมและการดำเนินการตัวแปรต่าง ๆ
- 4) การทดลอง
- 5) การแปรความหมายข้อมูล

(Esler and Esler, 1981 : 57-65)

ในรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (scientific methods) และขบวนการทางวิทยาศาสตร์ (science process) นั้นผู้อ่านจะศึกษาได้ในบทที่ 2 ข้อ 2.5 และข้อ 2.8 วิธีการทั้ง 2 ลักษณะดังกล่าวไว้นั้นมีเนื้อหาสาระใกล้เคียงกันมาก บางครั้งนักการศึกษาทางวิทยาศาสตร์บางท่านถือว่าเป็นเรื่องราวอย่างเดียวกัน ผู้แต่งมีข้อสังเกตว่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์นั้นมักจะเน้นในเรื่องการแก้ปัญหา ส่วนขบวนการทางวิทยาศาสตร์จะเน้นในการสืบสวนข้อเท็จจริงและเป็นเรื่องราวที่เกี่ยวข้องกับวิชาวิทยาศาสตร์ทั้งหมดในทุก ๆ สาขาวิชา ฉะนั้นในการสอนเด็กจึงเป็นภารกิจที่ครูจะต้องพิจารณาว่าควรจะดำเนินการสอนอย่างไรจึงจะสอดคล้องกับคุณลักษณะของเด็กในชั้นของตน

6.5 วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ (teaching science)

ดังได้กล่าวมาแล้วในข้อ 6.4 ที่เกี่ยวกับการสอนนั้น ครูจะต้องศึกษาเค้าโครงของหลักสูตรเสียก่อนว่าการพัฒนาหลักสูตรการศึกษาวิทยาศาสตร์นั้นยึดหลักขบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลผลิตเป็นแกนสำคัญเพื่อให้สอดคล้องกับความสามารถในการเรียนรู้ของเด็กมีนักการศึกษา

วิทยาศาสตร์ นักจิตวิทยา นักวิจัย ตลอดจนสถาบันทางการศึกษาได้พยายามสืบเสาะวิธีการสอน วิทยาศาสตร์ในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อต้องการให้การเรียนรู้ของเด็กมีสัมฤทธิ์ผลมากที่สุด และเพื่อให้ การสอนของครูมีประสิทธิภาพ รวมทั้งให้บรรลุปเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ นักการศึกษาและ สถาบันทางการศึกษาที่สำคัญเช่น Anderson และ Southnik, NSTA, AAAS, Crain และ Sund Esler และ Esler มีความเห็นสอดคล้องกันว่าการสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นประถมศึกษา นั้นควรเน้น "วิธีการสอนโดยขบวนการสืบสวนสอบสวน" (teaching science by inquiry) ซึ่ง หลักการเกี่ยวกับขบวนการสืบสวนนั้นผู้อ่านจะค้นคว้าได้ในข้อ 2.7

วิธีการสอนโดยขบวนการสืบสวนสอบสวน

รายละเอียดของการสอนแบบสืบสวนสอบสวนนี้ ผู้อ่านจะต้องทำความเข้าใจตาม ชั้นตอนด้วยความรอบคอบเพราะขบวนการสืบสวนสอบสวนจะมีความสลับซับซ้อนอยู่ในตัว ของมันเอง ตัวอย่างที่จะยกมาให้ผู้อ่านได้พิจารณาต่อไปนั้นจะเป็นการชี้ประเด็นที่สำคัญ บางประการให้ผู้อ่านได้พิจารณาและตรวจสอบว่า ผู้อ่านมีความเข้าใจอย่างไรบ้าง

สมมุติว่าผู้อ่านมีโอกาสไปเยี่ยมชมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนแห่งหนึ่ง และได้พบว่า

ในห้องเรียนแรก อาจารย์สมศรี กำลังสอนอยู่โดยให้เด็กนักเรียนสำรวจเปลือกหอย ชนิดต่าง ๆ และนำผลการสำรวจมาชี้แจงต่อเพื่อน ๆ

ในห้องเรียนที่ 2 อาจารย์เพิ่มพร กำลังให้เด็กทำการทดลองเพื่อทดสอบสมมุติฐาน เกี่ยวกับอากาศเมื่อได้รับความร้อน

ในห้องเรียนที่ 3 อาจารย์รัชนิกร กำลังทำการสอนโดยการสาธิตพร้อมทั้งตั้งคำถาม ให้เด็กหาคำตอบ

ในห้องเรียนที่ 4 อาจารย์ทองหล่อกำลังทำการสอนโดยวิธีการแก้ปัญหา และให้ เด็กตอบคำถามประเภทที่ตอบว่า ใช่ - ไม่ใช่

ผู้อ่านคงจะได้พบเห็นว่า กิจกรรมการสอนในห้องเรียนทั้ง 4 ห้องนั้นแตกต่างกัน แต่อาจารย์ที่สอนแต่ละคนต่างก็ใช้ "ขบวนการสืบสวนสอบสวน" ด้วยกันทั้งสิ้น ที่นับว่าเป็นสิ่งที่ ผิดแผกแตกต่างกันนั้นถือว่าเป็น "เทคนิค" ของผู้สอนแต่ละท่านเท่านั้นถ้าหากว่าผู้อ่านได้วิเคราะห์ อย่างรอบคอบแล้วจะพบว่าในวิธีการสอนทั้ง 4 วิธีนั้นจะมีกิจกรรมร่วมที่เหมือนกันอยู่อย่างหนึ่ง

กิจกรรมดังกล่าวได้แก่การให้เด็กรู้จักวิธีการแก้ปัญหา การจัดกิจกรรมและการเพิ่มพูนทักษะในเชิงสติปัญญาตามระดับความยากง่าย และขบวนการสอนทั้ง 4 วิธีนั้นก็คือ "การสอนในขบวนการสืบสวนสอบสวน" นั่นเอง

เพื่อให้ผู้อ่านเกิดความมั่นใจว่า ขบวนการสืบสวนสอบสวนมีคุณลักษณะเด่นเป็นพิเศษอย่างไร Esler และ Esler เสนอว่า ผู้อ่านจะตอบปัญหา 2 ข้อต่อไปนี้ได้อย่างไรบ้าง

ปัญหาแรก เมื่อเด็กลงมือจัดกิจกรรมแล้วเด็กมีความกระตือรือร้นที่จะค้นหาข้อมูลเพื่อให้เกิดการเรียนรู้มากกว่าข้อมูลที่ครูเตรียมไว้ให้หรือไม่

ปัญหาที่ 2 เด็กนักเรียนในชั้นที่สอนจะแสดงพฤติกรรมเป็นนักแก้ปัญหาเพื่อค้นหาต้นเหตุหรือเสาะหาข้อสรุปในปัญหาที่เด็กกำลังเผชิญอยู่หรือไม่

ถ้าผู้อ่านหรือครูผู้สอนตอบปัญหาทั้ง 2 ประเด็นว่า ใช่ แสดงให้เห็นว่าวิธีการสอนที่ครูนำมาใช้นับเป็นการสอนโดยขบวนการสืบสวนสอบสวนทั้งสิ้น (Esler and Esler, 1981 :36)

ผู้อ่านคงจะได้ศึกษาบททวนรายละเอียดของขบวนการสืบสวนสอบสวนจากบทที่ 2 ข้อ 2.7 มาบ้างแล้ว ข้อเสนอดังต่อไปนี้ผู้แต่งใคร่นำข้อคิดและข้อขัดข้องเกี่ยวกับขบวนการดังกล่าวดังต่อไปนี้

6.5.1 ทำไมจึงต้องใช้ขบวนการสืบสวนสอบสวน เหตุผลที่นำมาสนับสนุนเรื่องนี้ได้มาจากการค้นคว้าวิจัยของนักศึกษาที่สำคัญ เช่น Moore (Moore, 1963 : 9) Sund และ Trowbridge (Sund and Trowbridge, 1973 : 61-78) Esler และ Esler (Esler and Esler, 1981 : 36-62) และ มังกร ทองสุขดี (มังกร ทองสุขดี, 2525 : 58-62) และมีประเด็นสำคัญ ๆ ดังนี้

6.5.1.1 กระตุ้นให้เด็กมีความกระตือรือร้นอยู่ตลอดเวลา

6.5.1.2 เปิดโอกาสให้เด็กจัดกิจกรรมด้วยตนเองเพื่อให้เกิดการพัฒนาทักษะในด้านต่าง ๆ

6.5.1.3 ปลุกฝังเจตนคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ให้แก่เด็ก

6.5.1.4 สร้างเสริมประสบการณ์ในเชิงรูปธรรมให้แก่เด็กเพื่อให้สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ของ Piaget โดยเฉพาะอย่างยิ่งเด็กที่กำลังจะเจริญเข้าสู่สภาวะการปฏิบัติการตามรูปแบบ

- 6.5.1.5 ปลุกฝังนิสัยให้เด็กมีความเชื่อมั่นในตนเอง
- 6.5.1.6 พัฒนาทักษะในการแก้ปัญหาให้แก่เด็ก
- 6.5.1.7 ขบวนการสืบสวนสอบสวนจะชี้้นำให้เด็กทราบถึงการเรียนรู้ในรูปแบบต่าง ๆ และเพิ่มพูนความจำให้ดีและมีคุณภาพยิ่งขึ้น
- 6.5.1.8 เด็กจะเรียนรู้การหาและการใช้เหตุผล
- 6.5.1.9 ขบวนการสืบสวนสอบสวนจะเน้นให้ลงมือกระทำกิจกรรมด้วยตนเอง ซึ่งถือว่าเป็นทักษะสำคัญที่จะต้องปลุกฝังให้แก่เด็ก

ผู้แต่งคิดว่าประเด็นต่าง ๆ ทั้ง 9 ประการที่นำมาเสนอเพื่อเป็นข้อสนับสนุนว่า เพราะเหตุใดจึงต้องนำขบวนการสืบสวนสอบสวนมาใช้ในการเรียนการสอนในระดับประถมศึกษา น่าจะเป็นเหตุผลที่รับฟังและนำไปปฏิบัติได้ และเพื่อให้เป็นผลดีต่อตัวผู้สอนเอง ผู้สอนอาจจะเสนอข้อคิดเห็นอื่น ๆ เพิ่มเติมอีกก็ย่อมได้

6.5.2 ข้อวิจารณ์เกี่ยวกับขบวนการสืบสวนสอบสวนการวิพากษ์วิจารณ์ในเรื่องราวใด ๆ นั้นอาจจะพิจารณาได้ทั้งในลักษณะที่ดี มีคุณประโยชน์ และในลักษณะที่จะเป็นปัญหา ผู้แต่งมีความตั้งใจว่า เมื่อผู้อ่านได้ศึกษาเกี่ยวกับเหตุผลที่นำมาสนับสนุนขบวนการสืบสวนสอบสวนแล้ว ผู้อ่านน่าจะได้รับความเข้าใจในเชิงปฏิบัติบ้าง เพื่อจะได้ศึกษาทั้งข้อดีและข้อเสียของเรื่องราวที่จะได้นำมาเป็นหลักสำคัญในขบวนการเรียนการสอน Esler และ Esler ได้ศึกษาจากผลงานวิจัย คำรา และโปรแกรมการผลิตครูวิทยาศาสตร์แล้ว ปรากฏว่าขบวนการสืบสวนสอบสวนได้รับการวิจารณ์ในเชิงปฏิบัติดังต่อไปนี้

- 6.5.2.1 การสอนโดยขบวนการสืบสวนสอบสวนนั้น ครูผู้สอนจะต้องเป็นผู้รอบรู้ในสาขาวิชาที่สอนมากกว่าการสอนโดยวิธีการอื่น ๆ
- 6.5.2.2 ครูผู้สอนจะต้องปรับตัวในฐานะเป็นผู้นำทางการศึกษาอยู่ตลอดเวลา การปรับตัวจะต้องให้สอดคล้องกับบรรยากาศ และสิ่งเร้าใหม่ ๆ อยู่เสมอ
- 6.5.2.3 ครูผู้สอนจะต้องพัฒนาการให้เป็นผู้มีทักษะในรูปแบบต่าง ๆ เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้คำถามจะต้องมีความสามารถที่จะกระตุ้นให้เด็กมีปฏิริยาได้ตอบอยู่เสมอ

6.5.2.4 ครูส่วนมากมักจะประสบปัญหาในการนำขบวนการสืบสวนสอบสวนไปใช้สอนในระยะแรกเริ่ม เพราะขาดความเข้าใจทักษะ และประสบการณ์บางอย่าง

6.5.2.5 เด็กนักเรียนมักจะไม่ทราบว่าจะต้องปฏิบัติหรือแสดงออกอย่างไรต่อสถานการณ์ใหม่ ๆ ของขบวนการสืบสวนสอบสวน

ผู้แต่งคิดว่า การวิพากษ์วิจารณ์ในประเด็นที่กล่าวมานั้น จะสร้างปัญหาที่ครู วิทยาศาสตร์ นักเรียน ผู้บริหาร ตลอดจนสังคม ไม่ยอมรับขบวนการสืบสวนสอบสวนว่าเป็นวิธีการสอนที่ดีแต่อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์เหตุผล ผลเสียแล้ว ผู้อ่านย่อมจะตระหนักได้ดีว่า ขบวนการนี้มีข้อดีที่จะนำไปใช้สอนให้บังเกิดสัมฤทธิ์ผลได้ เพราะอย่างน้อยขบวนการสืบสวนสอบสวนก็ผ่านขั้นตอน การทดลอง การวิจัย การวิเคราะห์ จนสถาบันการศึกษาวิทยาศาสตร์ แห่งชาติในหลาย ๆ ประเทศรับรอง และถูกนำไปใช้กันอย่างกว้างขวางอยู่แล้ว

6.6 เทคนิคของการใช้ขบวนการสืบสวนสอบสวน

คำว่า "เทคนิค" (techniques) นั้นเรามักจะพบในวงการธุรกิจ การบริหารและการศึกษาอยู่เสมอ และบางครั้งเราอาจจะนำมาใช้โดยไม่รู้ความหมายที่แท้จริงของมันก็ได้แต่ผู้พูดก็สามารถจะใช้เทคนิคต่างๆ ไปดำเนินการกรรมให้บรรลุเป้าหมายได้เป็นอย่างดี เมื่อพูดถึงเทคนิคก็น่าจะนึกถึงถึง วิธีการ (method) การดำเนินการ (procedure) ยุทธวิธี (strategy) และกลยุทธ์ (tactics) รวมกันเสีย เพราะสิ่งที่กล่าวมานั้นล้วนเป็นองค์ประกอบของความเป็นวิทยาศาสตร์ (scientific) และศิลปศาสตร์ (arts) ในขบวนการเรียนการสอนทั้งสิ้น

จากประสบการณ์ที่ผ่านมา ผู้แต่งมีความเชื่อมั่นว่า ผู้อ่าน นักศึกษาทุกคน ต่างก็คงจะประจักษ์ข้อเท็จจริงว่า ครู - อาจารย์ ที่สอนตามสถาบันการศึกษานั้นต่างก็ทำหน้าที่เป็นผู้สอนด้วยกันทั้งนั้น แต่ทว่าจะมีครู - อาจารย์บางท่านประสบความสำเร็จในการสอนเป็นอย่างดี ได้รับความยอมรับนับถือจากผู้บังคับบัญชา เพื่อนร่วมงาน นักเรียน และสังคม ว่าเป็นผู้มีความสามารถในการสอน ผู้แต่งเชื่อว่าองค์ประกอบสำคัญที่สุดที่ทำให้บุคคลประสบความสำเร็จในภารกิจของตนได้นั้น นอกเหนือไปจากความรู้ความสามารถและประสบการณ์แล้ว ความเป็นผู้มี

"เทคนิค" ยุทธวิธีและกลเม็ด จะเป็นองค์ประกอบสำคัญ เพราะสิ่งเหล่านี้จะเป็นส่วนที่สร้างเสริมความมี "ศิลป์" ให้กับการปฏิบัติการกิจในเชิงวิทยาศาสตร์ให้บรรลุผลสำเร็จได้ และผู้แต่งมีความเชื่อมั่นว่าการสร้างเทคนิค ยุทธวิธี และกลเม็ดนั้นเป็นเรื่องที่สามารถจะเรียนรู้และถ่ายโอนได้ด้วย เทคนิคของการใช้ขบวนการสืบสวนสอบสวนนั้นนิยมใช้กันอยู่ 3 วิธี ได้แก่



6.6.1 การใช้วิธีการหาเหตุผล (the rational approach)

เรื่องการฝึกอบรมและปลูกฝังให้เด็กรู้จักหาและนำเหตุผลไปใช้นั้นนับว่าเป็นปัจจัยสำคัญของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ มีผลการวิจัยที่จะยืนยันในเรื่องนี้อยู่ 2 รายได้แก่ Bybee (Bybee, 1981:21) และ Lunetta (Lunetta, 1981 : 1) ต่างทำการวิจัยในเรื่องบทบาทของห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ พบความจริงที่สอดคล้องกันว่า "การกระตุ้นให้เด็กรู้จักใช้เหตุผลนั้นนับว่าเป็นการปูพื้นฐานทางการศึกษาที่มีคุณค่ามากที่สุด"

การสอนโดยวิธีการใช้เหตุผลนั้น ครูผู้สอนจะต้องเป็นผู้นำให้เด็กสามารถหาข้อสรุปหรือประเด็นสำคัญของเรื่องที่สอนโดยการใช้เหตุผล และกรรมวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุดได้แก่ การใช้คำถามและเพิ่มพูนแรงเสริม (reinforce) ให้แก่เด็กเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องตามความต้องการจากประสบการณ์ที่ผู้แต่งประสบการณ์ เราจะพบว่าถ้าครูใช้คำถามที่เหมาะสมแล้วจะช่วยสร้างแรงเสริมให้แก่เด็กอยู่ตลอดเวลา

6.6.1.1 วิธีการใช้คำถาม

นับตั้งแต่สมัยโสกราตีสเป็นต้นมา เป็นที่ยอมรับกันว่าคุณลักษณะที่ดีเด่นของครูประการหนึ่ง คือการใช้คำถามเพื่อให้เด็กได้ตอบ เพราะคำถามจะช่วยให้เด็กรู้จักการวิพากษ์วิจารณ์ ครูจะใช้คำถามเป็นเครื่องมือตรวจสอบความเข้าใจของเด็ก คำถามที่ครูใช้จะช่วยกระตุ้นให้เด็กคิดค้นในลักษณะริเริ่ม สร้างสรรค์ และลงมือกระทำ นอกจากนั้นครูจะใช้คำถามเป็นเครื่องมือควบคุมการกระทำ การแสดงออกของเด็ก และสามารถใช้เพื่อสนับสนุนกิจกรรม

การเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ บางครั้งครูอาจใช้คำถามมากเกินไปโดยไม่คำนึงว่าทำไมครูจึงต้องใช้คำถามหรือถามโดยปราศจากการไตร่ตรองว่า ครูควรใช้คำถามอย่างไรจึงจะมีผลดีต่อการเรียนรู้ของเด็ก ผลการวิจัยของ Karplus และ Thier พบว่า "คำถามของครูมักจะไม่ช่วยกระตุ้นให้เด็กมีความสามารถในการแก้ปัญหา" (Karplus and Thier, 1967 : 86)

6.6.1.2 การวางแผนใช้คำถาม

โดยเหตุที่คำถามมีความสำคัญต่อกระบวนการเรียนการสอน ผู้แต่งใคร่เสนอขั้นตอนการใช้คำถามดังต่อไปนี้

1) ครูผู้สอนจะต้องรู้ในสิ่งที่ต้องการสอน

การวางแผนการใช้คำถามนั้นถือว่าเป็นเทคนิคที่สำคัญที่สุด เพราะคำถามจะช่วยชี้แนะให้เด็กเกิดการเรียนรู้ในเรื่องราวที่ครูนำมาสอนโดยมีขั้นตอนไปตามเป้าหมายทางการศึกษาที่กำหนดไว้ Krathwahl และคณะ ได้จัดระดับของเป้าหมายทางการศึกษาไว้ 6 ขั้นตอนพร้อมทั้งตัวอย่างของการสร้างคำถามดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ความรู้ (knowledge) จะเน้นในเรื่องความจำและสิ่งต่าง ๆ ที่

พอจะระลึกได้ เช่น

(1) การจำแนกแจกแจง

(2) ข้อเท็จจริง

(3) ข้อสรุป หลักเกณฑ์ คอนเซป

(4) คุณค่า

(5) ขบวนการ - บางครั้งเด็กอาจจะทราบแต่ยังไม่สามารถนำไปใช้ได้

ขั้นตอนที่ 2 ความเข้าใจ (comprehension) รู้ในสิ่งที่สามารถถ่ายทอด

สื่อความหมายได้ เช่น

(1) อธิบายถึงสิ่งที่ตนเรียนรู้มาแล้ว

(2) แปลข้อมูลได้ในลักษณะต่าง ๆ

(3) พยากรณ์ทิศทางของเหตุการณ์ที่น่าจะบังเกิดขึ้นได้

- ขั้นตอนที่ 3 การนำไปใช้ (application) เช่นการนำสิ่งที่เรียนรู้มาแล้ว เช่น หลักเกณฑ์ คอนเซปต์ ไปใช้แก้ปัญหาได้
- ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ (analysis) คือการแยกแยะสิ่งที่ต้องการถ่ายทอด สื่อความหมายออกเป็นส่วนย่อยได้เพื่อ
- (1) ศึกษาหาความสัมพันธ์ของส่วนประกอบเหล่านั้น
 - (2) นำไปใช้เป็นเหตุผลในเชิงอุปมาน - อนุมานได้
 - (3) เปรียบเทียบและค้นหาคุณประโยชน์
 - (4) แยก จำแนกออกเป็นส่วนประกอบย่อย ๆ
- ขั้นตอนที่ 5 การสังเคราะห์ (synthesis) คือการนำส่วนประกอบของสิ่งต่าง ๆ เข้าด้วยกันเพื่อ
- (1) สร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ
 - (2) เพิ่มพูนความคิดอย่างกว้างขวาง
- ขั้นตอนที่ 6 การประเมินผล (evaluation) หมายถึงการพิจารณาในเชิงคุณภาพ และปริมาณของสิ่งต่าง ๆ โดยการใช้
- (1) แดลงข้อความจริง ข้อพิสูจน์ และข้อสังเกต
 - (2) การเปรียบเทียบจากทฤษฎีและข้อสรุป
 - (3) หลักตรรกวิทยา

เมื่อครูได้ทราบถึงระดับของเป้าหมายทางการศึกษาและรายละเอียดตามขั้นตอน แล้วครูจะต้องทราบว่า - ทำไมครูจึงใช้คำถาม

- 2) ครูจะต้องทราบว่า ทำไมจึงต้องใช้คำถาม
- เหตุผลที่นำมาสนับสนุนในเรื่องนี้ได้แก่
- (1) ต้องการที่จะตรวจสอบว่า เด็กเรียนรู้เรื่องที่คุณสอนหรือไม่
 - (2) คำถามจะช่วยให้ครูได้วางแผนและปรับปรุงเรื่องที่จะนำไปสอนให้ สอดคล้องกับความสนใจ ความต้องการของเด็กในชั้นเรียน
 - (3) เพื่อกระตุ้นให้เด็กมีส่วนร่วมในกิจกรรม

- (4) เพื่อประเมินผลงานที่เด็กได้เตรียมมาจัดกิจกรรมและพร้อมที่จะแก้ไขปรับปรุงได้
- (5) เพื่อสำรวจและสรุปเรื่องที่ได้สอนมาแล้ว
- (6) เพื่อส่งเสริมให้เด็กเกิดความต้องการที่จะค้นคว้าในสิ่งใหม่ๆ(discovery)
- (7) เพื่อกระตุ้นให้เด็กเกิดความคิดในเชิงวิเคราะห์และมีเจตคติที่ดี
- (8) กระตุ้นให้เด็กศึกษาเพิ่มเติมด้วยตนเอง
- (9) ประเมินความสัมฤทธิ์ผลของบทเรียน

3) ประเภทของคำถาม

คังได้กล่าวมาตั้งแต่ตอนต้นแล้วว่า เรื่องราวของคำถามมีความเป็นมาตั้งนานแล้ว และมักจะได้ประสบกันอยู่ตลอดเวลา มีรายงานว่านักวิจัยคนแรกที่เริ่มค้นคว้าเกี่ยวกับคำถามนั้น พบว่า Stevens ได้ทำการวิจัยเมื่อ ค.ศ. 1912 เกี่ยวกับการใช้คำถามของครูในโรงเรียนมัธยม พบข้อมูลที่น่าสนใจว่า ครูจะใช้เวลาร้อยละ 64 เพื่ออบรมสั่งสอนและจะใช้คำถามนาทีละ 2-4 คำถาม หรือตกประมาณวันละ 395 คำถาม (Stevens, 1912)

การแบ่งประเภทของคำถามนั้น ได้มีผู้สนใจรวบรวมไว้มากมายดังนี้

Sander (Sander, 1966) และ Moriber (Moriber, 1972) ได้รวบรวมประเภทของคำถามโดยอาศัยหนังสือที่ Bloom และคณะ ได้แบ่งไว้เป็นหลัก และแบ่งออกไว้ดังนี้

ประเภทคำถาม	ลักษณะที่สอบถาม
1. คำถามเกี่ยวกับความจำ	จะสอบถามเพื่อกระตุ้นให้เด็กระลึกถึงข้อมูล เรื่องราวต่าง ๆ ที่เด็กเคยศึกษามาแล้ว
2. คำถามเพื่อแปรความหมาย	จะสอบถามเพื่อให้เด็กแสดงความเข้าใจ ถ่ายทอดแนวความคิดและสื่อความหมาย
3. คำถามเพื่อแสดงความคิดเห็น	จะสอบถามเพื่อให้เด็กบอกความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งของ เหตุการณ์ต่างๆ โดยการสรุปความเห็น ให้คำจำกัดความหรือบอกคุณค่าบางอย่าง
4. คำถามเพื่อนำไปใช้	จะสอบถามให้เด็กแก้ปัญหา
5. คำถามเพื่อวิเคราะห์	จะสอบถามเพื่อให้เด็กแยกข้อมูลต่าง ๆ
6. คำถามเพื่อสังเคราะห์	จะสอบถามเพื่อให้เด็กมีความคิดสร้างสรรค์
7. คำถามเพื่อประเมินผล	จะสอบถามเพื่อให้เด็กแสดงการเปรียบเทียบ หาข้อสรุปและหลักเกณฑ์ต่าง ๆ

ภาพที่ 6.8 ประเภทคำถามของ Sander และ Moriber

ผู้แต่งมีความคิดว่า ประเภทของคำถามที่ Sander และ Moriber นำมาเสนอนี้จะสอดคล้องกับระดับของเป้าหมายทางการศึกษาที่ Bloom และคณะได้กำหนดไว้นั้นเอง

ในขบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้น ถ้าจะให้บทเรียนดำเนินไปอย่างมีความหมายต่อขบวนการเรียนรู้ของเด็กแล้ว ครูควรจะได้มีการวางแผนเพื่อเตรียมคำถามที่จะนำมาใช้สอบถามเด็ก ๆ ด้วย Washon ได้เสนอแผนการเตรียมการสร้างคำถามไว้ดังนี้

ประเภทคำถาม	คุณลักษณะของคำถาม	ตัวอย่าง
1. ข้อเท็จจริง	ระดับต่ำ, ใช้คำตอบโดยมีข้ออ้างอิง	ความเร็วของแสงมีค่าเท่าใด
2. อ่างหลักเกณฑ์กฎทางวิทยาศาสตร์	ใช้กฎ หลักการทางวิทยาศาสตร์	ทำไมจึงมีแรงเสียดหรือผลึกขณะที่องป็น
3. การใช้กฎเกณฑ์แก้ปัญหา	ใช้ความรู้นำไปถ่ายทอดเพื่อแก้ปัญหา	ทำไมยางรถยนต์จึงแข็งมากในเวลากลางวัน
4. คำถามเปิด	กระตุ้น เปิดโอกาสให้ซักถามอยู่ตลอดเวลา	การฟักไข่ เราจะเร่งให้เป็นตัวเร็วขึ้นหรือไม่
5. การแก้ปัญหา	การกำหนดแผนที่จะนำไปใช้แก้ปัญหา	เวลาไปพักผ่อนเราจะแก้ปัญหาต่าง ๆ ใค้อย่างไร

ภาพที่ 6.9 : ประเภทคำถามสำหรับนักเรียน

แหล่งที่มา : Washton, 1967 : 428-431

Blosser นักการศึกษาของสมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งสหรัฐ (NSTA) ได้จัดทำ "ระบบคำถามวิทยาศาสตร์" (Question Category System For Science, QCSS) เพื่อเป็นแนวให้ครูวิทยาศาสตร์นำไปใช้ในการตั้งคำถาม ดังภาพที่ 6.10

ประเภท	ลักษณะของคำถาม
การดำเนินการ การทบทวน คำถามแบบปิด คำถามแบบเปิด	ใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้เด็กกระทำกิจกรรมต่าง ๆ ใช้ถามเพื่อทบทวน ย้ำ เน้น ในประเด็นสำคัญ ๆ ใช้ถามในสิ่งที่เด็กตอบ ใช่ - ไม่ใช่ ทบทวนเรื่องที่เรียนไปแล้ว หรือถามเพื่อสนใจให้เด็กมีความสนใจ กระตือรือร้นที่จะเรียน ใช้ถามเพื่อช่วย กระตุ้นให้เด็กแสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยน ทัศนคติ หรือหาทางร่วมกันจัดกิจกรรมต่าง ๆ

ภาพที่ 6.10 : ประเภทคำถามที่ครูใช้ถามเด็ก

แหล่งที่มา : มังกร ทองสุขดี, ครูวิทยาศาสตร์ หนังสือแปล วิทยาลัยครูพินุลสงคราม
 พิษณุโลก, 2523 : 21

ผู้แต่งมีความเห็นว่า คำถามประเภทดำเนินการในตาราง 6.9 นั้น เป็นคำถามที่ใช้
 สอบถามเกี่ยวกับสติปัญญาในระดับค่าๆคำถามประเภทปิดนั้นแม้ว่าจะไม่เน้นในเรื่องสติปัญญา
 มากนัก แต่ก็อาจจะใช้เป็นเครื่องช่วยให้เด็กรู้จักการจำแนกแยกประเภท การเปรียบเทียบการ
 ตัดสินใจ หรือเน้นในเรื่องที่ครูเห็นว่าเป็นประโยชน์ก็ได้ ส่วนคำถามประเภทเปิดนั้นนิยมใช้กัน
 มาก แม้ว่าจะในคำถามหนึ่ง ๆ จะมีคำตอบที่ถูกต้องอยู่มากมายก็ตาม แต่ผู้ตอบจะต้องใช้ความรู้
 เก่า ๆ รวมทั้งเหตุผลและความคิดริเริ่มมาใช้ตอบด้วย

Taba ได้เสนอรูปแบบการสร้างคำถามเพื่อใช้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษา
 ไว้ดังภาพที่ 6.11

กิจกรรมที่เด่น	ความคิดเห็น ที่ซ่อนเร้นอยู่ภายใน	คำถามที่ใช้สอบ
1. การกระทำ การฟัง 2. การจัดกลุ่ม 3. การกำหนดชื่อ	การสร้างคอนเซป คิดคำนึงในรูปแบบต่างๆ กำหนดคุณลักษณะเด่น กำหนดระดับขั้นตอนของ ความสำคัญ	เธอคิดอย่างไร เธอเห็นอะไรบ้าง - เธอใช้อะไรเป็นเกณฑ์ - แบ่งออกได้เป็นกี่พวก - ทำไมจึงจัดเข้ากลุ่มเช่นนั้น
1. กำหนดประเด็นสำคัญ 2. อธิบายความสำคัญ ของประเด็น 3. การทำความเข้าใจ	การแปรความหมายของข้อมูล ข้อคิดเห็นที่กำหนดไว้ในใจ ศึกษาความสัมพันธ์ในประเด็น ต่าง ๆ ชี้แจงเหตุผลต่าง ๆ	- เธอกำหนดอะไรไว้บ้าง - เธอเสนอประเด็นอะไร - เพราะเหตุใดจึงกำหนดเช่นนั้น - สิ่งเหล่านี้มีความหมายอย่างไร - เธอสรุปผลได้อย่างไร
1. พยากรณ์สิ่งที่เกิดขึ้น	การนำไปใช้ วิเคราะห์สถานภาพหรือสภาวะ ต่าง ๆ โดยอาศัยความรู้ข้อมูล อื่นๆ มาประกอบการพิจารณา	- เธอคิดว่าอะไรจะเกิดขึ้น - ถ้าหากว่า.....

กิจกรรมที่เด่นชัด	ความคิดเห็น ที่ซ่อนเร้นอยู่ภายใน	คำถามที่ใช้สอบ
2. คำอธิบายประกอบการ พยากรณ์และสมมุติฐาน	กำหนดตัวเชื่อมโยงของสิ่งที่ พยากรณ์และสมมุติฐาน	-ทำไมเธอจึงว่ามันจะบังเกิด เช่นนั้น
3. พิสูจน์สิ่งที่พยากรณ์และ สมมุติฐาน	ใช้หลักตรรกศาสตร์ ความรู้ เงื่อนไขต่าง ๆ	-จะมีอะไรบังเกิดต่อไปอีก

ภาพที่ 6.11 : การสร้างคำถามเพื่อใช้วิทยาศาสตร์

Taba ให้เหตุผลการสร้างแนวการเตรียมคำถามดังกล่าวว่า

- (3.1) การสร้างคอนเซปชันจะช่วยเพิ่มพูนทักษะในการนำข้อมูลมาช่วยสร้างคอนเซปให้มีคุณค่ายิ่งขึ้น
 - (3.2) การแปลความหมายข้อมูล จะเพิ่มพูนทักษะในการหาข้อสรุปและแปลความให้ดียิ่งขึ้น
 - (3.3) การนำไปใช้จะช่วยสร้างทักษะในการอธิบาย การพยากรณ์และการสร้างสมมุติฐาน
 - (3.4) กิจกรรมที่แสดงออกมาจะช่วยให้ครูสามารถศึกษาพฤติกรรมของเด็กได้เป็นอย่างดี
 - (3.5) ข้อคิดเห็นที่เด็กคิดคำนึงอยู่ภายในจะช่วยในการสร้างสรรค์ความคิดให้แก่ตนเอง
 - (3.6) คำถามที่ใช้สอบถามจะเป็นเครื่องกระตุ้นยั่วให้สิ่งที่เด็กคิดไว้ถูกนำออกมาปฏิบัติได้ (Taba, 1965 : 21-24)
- 4) การนำคำถามไปใช้ทั่วไป

แนวทางการนำคำถามประเภทต่าง ๆ ไปใช้นั้นจะเป็นการช่วยสร้างบรรยากาศและ
ขบวนการเรียนการสอนให้ดำเนินไปด้วยดี ผู้แต่งมีข้อสังเกตว่า คำถามที่ครูใช้ถามนั้นไม่ควร
จะเน้นคำถามประเภทที่เด็กจะต้องตอบว่า ใช่ - ไม่ใช่ มากนัก เพราะจะไม่เป็นการเปิดโอกาส
ให้เด็กได้แสดงความคิดเห็นหรือมีส่วนร่วมในกิจกรรมมากนัก อนึ่งเมื่อเด็กตอบคำถามแล้วสิ่งที่
ครูจะต้องระวังคืออาการโต้ตอบต่อเด็ก บางครั้งครูจะต้องกล่าวชมเชยเมื่อเด็กตอบคำถามถูก
ต้องหรือแสดงความคิดเห็นที่มีเหตุผล มีความคิดริเริ่ม ส่วนคำถามที่เด็กตอบไม่ถูกหรือไม่สอดคล้อง
กับแนวที่ครูถาม การโต้ตอบของครูจะต้องใช้ภาษาที่ไม่ควรจะไปปิดกั้นความคิดของเด็ก หรือกล่าว
ตำหนิหรือ ลงโทษ มากจนเกินไป ครูควรแสดงความจริงใจที่จะช่วยให้เด็กสามารถตอบปัญหา
ในเรื่องที่เด็กกำลังสนใจ กำลังทำการค้นคว้าและพยายามหาทางช่วยเด็กแก้ปัญหาให้ได้

มีนักวิจัยหลายท่านนำการศึกษาเกี่ยวกับการนำคำถามไปใช้ มีรายละเอียดที่น่าสนใจดังนี้

Buggey (1971) และ Savage (1972) พบความจริงว่า การใช้คำถามที่เน้นในเรื่อง
เรื่องสติปัญญาระดับสูง ๆ ช่วยให้การเรียนของเด็กมีผลดีขึ้น แต่ Soar และ Ruth พบว่า ถ้า
คำถามเหล่านั้นจะจงเจเฉพาะในเรื่องสติปัญญาที่มีระดับสูงเกินไปแล้ว จะทำให้เด็กที่มีผลการเรียน
ต่ำอยู่แล้วยิ่งมีผลการเรียนเลวลงไปอีก ข้อมูลดังกล่าวจะสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Ward และ
Tikanoff (Ward and Tikanoff, 1976 : 48-52)

Kondo (1978) รายงานการวิจัยว่า หลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ๆ นั้น
มักจะเน้นในการใช้ถามของครูให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ที่ผลิตขึ้นมาใช้ประกอบการสอน

Bedwell (1975) วิจัยพบว่า เมื่อทำการฝึกอบรมครูในระดับประถมศึกษาให้รู้จัก
การจำแนกแยกประเภท การเขียนและการใช้คำถามเกี่ยวกับการพัฒนาสติปัญญาแล้ว จะช่วย
ให้เด็กมีความสามารถในการแก้ปัญหาดีขึ้น แต่คำถามเหล่านั้นจะต้องไม่เน้นในเรื่องสติปัญญา
ให้แตกต่างกันมากนัก

Lamb (Lamb, 1976 : 22-23) กล่าวว่า "ถ้าต้องการให้มีความสัมฤทธิ์ผลใน
การเรียนวิทยาศาสตร์อย่างจริงจัง ครูจะต้องใช้คำถามเพื่อให้เด็กตอบสนองในเรื่องการนำไปใช้
การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การประเมินผล การสรุปความ และการขยายความให้มากที่สุด"

5) การใช้คำถามในขบวนการสืบสวนสอบสวน

Victor เป็นนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่ให้ความสนใจในขบวนการเรียนการสอนของครูวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก โดยรายงานผลการค้นคว้าว่า การสอนโดยขบวนการสืบสวนสอบสวนจะเป็นกรรมวิธีที่ช่วยให้เด็กรู้จักการปรับปรุงตัวให้เข้ากับบรรยากาศที่กำลังเรียนรู้โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะช่วยกระตุ้นให้เด็กใช้คำถามสอบถามครูอยู่ตลอดเวลา และได้เห็นว่า

- (5.1) บทเรียนของขบวนการสืบสวนสอบสวนควรจะต้องมีการวางแผนล่วงหน้าอยู่ตลอดเวลา
- (5.2) จะต้องดำเนินการเรียนการสอนไปตามขั้นตอนที่กำหนดไว้
- (5.3) จะต้องเตรียมบทเรียนที่จะช่วยให้เด็กสามารถปรับปรุงตัวให้เข้ากับบรรยากาศการเรียนให้มากที่สุด
- (5.4) ครูต้องเน้นการใช้คำถามระหว่างครูกับเด็กอยู่ตลอดเวลา
- (5.5) ครูจะต้องแสดงบทบาทเป็นผู้นำให้แก่เด็กมากกว่าจะเป็นผู้ลงมือกระทำด้วยตนเอง
- (5.6) จะต้องเน้นการเรียนรู้ด้วยตนเองให้มากที่สุด ทั้งเด็กและครูไม่จำเป็นต้องรู้คำตอบหรือผลสรุปล่วงหน้า
- (5.7) ขบวนการสืบสวนสอบสวนเป็นขบวนการต่อเนื่องโดยไม่ถือระยะเวลาเป็นตัวกำหนด

Victor ย้ำว่าในขบวนการสืบสวนสอบสวนนั้นเด็กจะเป็นผู้ลงมือปฏิบัติการกิจต่างๆ เพื่อจะได้เรียนรู้ด้วยตนเองว่ารู้ในสิ่งที่กำลังเล่าเรียนได้อย่างไร ทั้งนี้จะสอดคล้องกับทฤษฎีการพัฒนาในค่านสติปัญญาของ Piaget และผลการวิจัยของ Bruner อีกด้วย (Victor, 1974:23-26)

6) เทคนิคบางประการต่อการใช้คำถาม
ผู้แต่งขอเสนอแนะการใช้คำถามดังต่อไปนี้

- (6.1) ควรเตรียมคำถามอย่างรอบคอบประมาณ 6-8 คำถาม ในการเตรียมแผนการสอนแต่ละครั้ง
- (6.2) เมื่อเริ่มใช้คำถามควรเป็นคำถามที่ใช้ภาษาง่าย ๆ และถามให้ดูเรื่องราวที่อยากจะทำบให้มากที่สุด
- (6.3) เมื่อครูเริ่มถาม ควรถามเด็กเป็นรายบุคคลมากกว่าจะถามลอย ๆ

เพื่อให้เด็กแย่งกันตอบเพราะเด็กจะส่งเสียงดังทำให้เรื่องที่ควรเรียนรู้
ลดความสำคัญลงไป

- (6.4) ครูควรเว้นระยะเวลาให้เด็กตอบพอสมควรเพราะเด็กจะได้มีเวลาคิด
ใช้ภาษาที่เหมาะสมและยังเป็นการสร้างความมั่นใจให้เด็กกล้าแสดง
ความคิดเห็นและได้ตอบได้มาก
- (6.5) ครูควรใช้คำถามให้มีจำนวนมากๆ เพื่อให้เด็กเลือกตอบได้ตามสภาพ
ของเด็กแต่ละคน
- (6.6) คำถามที่นำมาใช้ควรให้สอดคล้องกับเรื่องราวที่เด็กเรียนมาแล้วหรือ
เป็นคำถามที่ช่วยให้เด็กแสดงความคิดเห็น
- (6.7) การใช้ภาษาที่ช่วยกระตุ้นให้เด็กคิด เช่น
 - (6.7.1) การเปรียบเทียบ
 - (6.7.2) การสรุปข้อคิดเห็น
 - (6.7.3) การสังเกต
 - (6.7.4) การจำแนก การแบ่งกลุ่ม
 - (6.7.5) การแปรความหมาย
 - (6.7.6) การวิจารณ์
 - (6.7.7) การวิเคราะห์
 - (6.7.8) การเก็บและจัดระบบข้อมูล
 - (6.7.9) การประเมินผล
 - (6.7.10) การนำไปใช้
- (6.8) ครูควรใช้คำถามกระตุ้นให้เด็กใช้ขบวนการคิด เช่น
 - (6.8.1) การค้นคว้า - เธอพบข้อมูลเหล่านี้ได้อย่างไร
 - (6.8.2) การพยากรณ์หรือการตั้งสมมุติฐาน เธอคิดว่าจะมีอะไร
เกิดขึ้นบ้าง
 - (6.8.3) การให้คำจำกัดความ - ทำไมเธอจึงกำหนดเช่นนั้น

- (6.8.4) การประเมินผลทางวิทยาศาสตร์ - ถ้าเธอทำการทดลอง เธอคิดว่าจะได้ผลแน่นอนหรือไม่
- (6.9) จงพยายามเลือกใช้คำถามหลายๆ แบบโดยถามให้เด็กตอบเกี่ยวกับ "อะไร" "อย่างไร" "ทำไม"
- (6.10) ครูควรใช้คำถามนำในเรื่องที่เด็กทำการทดลองด้วยตนเอง เพราะ จะช่วยให้สามารถนำข้อมูลต่าง ๆ มาใช้ตอบได้และควรเป็นคำถาม แบบเปิด
- (6.11) คำถามที่นำมาใช้ควรถามในเรื่องเฉพาะมากกว่าคำถามที่กว้างขวาง จนเกินไป
- (6.12) ควรหลีกเลี่ยงการถามที่จะสร้างความอึดอัด กดดันให้มากที่สุด
- (6.13) พยายามเลือกเครื่องใช้ อุปกรณ์และวิธีการบางอย่างมาช่วยสร้าง คำถามเพื่อกระตุ้นให้เด็กมีโอกาสได้ตอบมากขึ้น เช่น
- (6.13.1) การถกปัญหา
- (6.13.2) ข่าวสารทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- (6.13.3) ภาพที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

7) การนำคำถามไปใช้

การนำคำถามไปใช้ในการเรียนการสอนนั้น ผู้แต่งมีความมั่นใจว่าเป็นสิ่งจำเป็น อย่างยิ่งสำหรับครูผู้สอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องยุทธวิธีการใช้คำถาม ครูจะต้องคอยวิเคราะห์ ตนเองอยู่ตลอดเวลาว่า เราจะมีวิธีการปรับปรุงการใช้คำถามโดยการประเมินผลหรือการวิเคราะห์ คำถามที่นำมาใช้อย่างไรบ้าง แนวทางการนำคำถามไปใช้ให้เกิดประโยชน์นั้นควรกระทำ ดังต่อไปนี้

- (7.1) อย่าใช้คำถามให้มากนัก เมื่อตั้งคำถามแล้วควรตั้งข้อสังเกตว่าผู้ถาม ที่ระยะเวลาให้พอเหมาะหรือไม่
- (7.2) จงใช้คำถามที่มีระดับความยาก-ง่ายให้พอเหมาะครูจะต้องพยายาม วิเคราะห์คำถามเหล่านั้นเสียก่อน เพราะจะทำให้ครูทราบว่ามีเมื่อใด จึงควรถามและคำถามเหล่านั้นจะมีผลต่อการเรียนรู้และพฤติกรรม

ของเด็กอย่างไรบ้าง ครูจะต้องหลีกเลี่ยงการใช้คำถามที่ง่ายจนเกินไป หรือคำถามที่ไม่มีคุณค่าต่อขบวนการคิด เพราะนอกจากจะมีผลเสียต่อครูผู้ถามแล้ว ยังจะสร้างความสับสน ความวุ่นวาย และความไม่สนใจให้แก่เด็ก ตลอดจนเป็นการสร้างผลเสียให้แก่ขบวนการสืบสวน สอบสวนอีกด้วย

- (7.3) ควรใช้คำถามแบบเปิดและคำถามที่กระตุ้นให้เด็กเกิดความคิดสร้างสรรค์ให้มากที่สุด
- (7.4) การกระตุ้นให้เด็กซักถามนั้นเป็นการสร้างสรรค์บรรยากาศของขบวนการสืบสวนสอบสวน จึงเป็นภารกิจของครูจะต้องหาแนวทางสร้างสิ่งต่าง ๆ เช่น การสร้างสิ่งทีคาดการณไม่ถึงให้แก่เด็กอยู่เสมอ ๆ
- (7.5) ครูต้องไม่ใช้อ่านาจนหน้าทีให้มากจนเกินไป แต่จะต้องทำตนเสมือนผู้อำนวยการที่สร้างบรรยากาศการเรียนรู้ให้แก่เด็กให้มากที่สุด
- (7.6) การยอมรับ การยกย่อง และการมองเห็นคุณค่าของคำถามที่เด็กสอบถาม จะเป็นเครื่องชี้ให้เด็กเล็งเห็นถึงความสำคัญแห่งตน ซึ่งจะเป็นการกระตุ้นและช่วยให้เด็กสนใจเพิ่มขึ้น
- (7.7) ครูควรเว้นระยะให้เด็กมีเวลาคิดหาคำตอบและเลือกภาษาที่ใช้ให้เหมาะสม
- (7.8) ครูจะต้องใช้ "เทคนิคการใช้คำถาม" ให้มากที่สุด เพราะจะเป็นเครื่องเชิดชูความเป็นครูที่มีคุณภาพและสมรรถภาพมากขึ้น

เพื่อเป็นการเพิ่มพูนความเข้าใจและการนำคำถามไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากขึ้น ผู้แต่งจึงขอเสนอตัวอย่างการตั้งคำถามให้ผู้อ่านได้ศึกษา เปรียบเทียบ และวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

คำถามกลุ่ม 1

- ก. คาวเคราะห์ดวงไหนที่อยู่ใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุด
- ข. ตึกแดนมิชิกาชิ
- ค. กฎของฮาร์ดีเมคิสแสดงว่าอย่างไร

คำถามกลุ่มที่ 2

ก. เธอมีความคิดเห็นอย่างไร

ข. เธอเห็นอะไรบ้าง

ค. เธอเตรียมตัวสอบอย่างไรบ้าง

เมื่อวิเคราะห์คำถามทั้งสองกลุ่มจะพบว่า คำถามในกลุ่ม 1 นั้น ผู้ตอบจะต้องอาศัยความรู้ ข้อเท็จจริง ที่เคยเรียนรู้มาแล้ว และมีลักษณะเป็นคำถามแบบปิด ผู้ตอบจะต้องทบทวนความรู้เก่า ๆ และจะรู้สึกอึดอัด ส่วนคำถามในกลุ่ม 2 จะมีลักษณะแบบเปิด เป็นการชักชวนให้ทำทาย กระตุ้นให้ผู้ตอบทั้งหมดอยากตอบ โดยการใช้ข้อคิดเห็นและสติปัญญามาตอบได้อย่างกว้างขวาง การเลือกใช้คำถามในประเภทกลุ่ม 2 บางครั้งดูเหมือนจะง่ายก็ตาม แต่ถ้าครูผู้ถามจะเลือกยุทธวิธีให้เหมาะสมแล้ว จะเป็นการกระตุ้นช่วยให้นักได้ตอบและหาข้อสรุปได้ดียิ่งกว่า

ผู้แต่งคิดว่า บทบาทที่สำคัญที่สุดของครูผู้ถามอยู่ที่การเลือกใช้แรงขับหรือการช่วยให้นักมีส่วนร่วมในกิจกรรมให้เหมาะสม การปลูกฝังนิสัยให้เกิดการยอมรับนับถือระหว่างครูกับเด็ก การหลีกเลี่ยงการใช้อำนาจหน้าที่ของครูให้มากเกินไป การมองเห็นคุณค่าของคำถามที่เด็กซักถามและการตอบคำถามของครู จะเป็นแรงขับที่ดีและมีคุณค่ามากที่สุดต่อขบวนการใช้คำถามในเชิงใช้เหตุผล ซึ่งถือว่าเป็นขบวนการเรียนการสอนในเชิงสืบสวนสอบสวนตามที่ต้องการ

6.6.2 วิธีการสอนแบบค้นคว้า (the discovery approach)

วิธีการสอนแบบค้นคว้า คือขบวนการที่ต้องการที่จะให้นักได้เรียนรู้หรือศึกษาค้นคว้าสิ่งใหม่ ๆ ได้ด้วยตนเอง

คำว่า ค้นคว้า หรือ ค้นพบสิ่งใหม่ ๆ นั้น มิได้หมายความว่า เป็นเรื่องราวที่ยังไม่มีผู้ใดค้นพบมาก่อน แต่ว่าเป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถรู้, ทำความเข้าใจได้โดยไม่ต้องอาศัยคำแนะนำ หรือคำบอกเล่าจากผู้อื่น (บางครั้งความรู้หรือข้อเท็จจริงตลอดจนกฎเกณฑ์ต่าง ๆ นั้นเป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์หรือผู้อื่นได้ค้นพบมาแล้ว)

เพราะฉะนั้นการเรียนรู้ที่เกิดจากค้นคว้าด้วยตนเองนั้น จึงเป็นเรื่องราวของการจัดระบบ หรือเรียบเรียงข้อมูลต่าง ๆ ด้วยจิตใจของผู้เรียนเอง ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความรอบรู้ในเรื่องความหมาย, ข้อสรุปและโครงสร้างของแนวความคิด

ระบบการเรียนรู้ด้วยตนเองนี้มีรากฐานมาตั้งแต่สมัยกรีกโบราณเรียกว่าheuristics

โดยเริ่มขึ้นจากการตะโกนของอาร์คิมิดีสที่ร้องว่า "eureka" แปลว่า "ข้ามาพบแล้ว" (อาร์คิมิดีสได้พบปริมาณของทองคำที่ใช้สร้างมงกุฎของพระเจ้า Heiro) ต่อมาโซคราตีสได้นำมาปรับปรุงเป็นพื้นฐานของการใช้คำถามเพื่อถามนำศิษย์ของคนที่เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง และนำมาใช้เป็นวิธีการสอนโดยนักศึกษานับตั้งแต่ตอนนั้นเป็นต้นมา

ขบวนการสอนโดยการใช้คำถามของโซคราตีสนั้นจะยึดถือการบรรยาย (lecture) เป็นหลัก ผู้บรรยายจะนำความรู้ที่เรียบเรียงไว้อย่างดีแล้วมาถ่ายทอดให้แก่ศิษย์ โดยถือว่าศิษย์ของคนมีแนวความคิดอยู่พร้อมแล้ว ถ้าผู้บรรยายมีกลเม็ดหรือยุทธวิธีที่เหมาะสมจะสามารถชี้แนะให้ศิษย์สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โซคราตีสมีความเชื่อว่าคำถามจะเป็นสื่อนำหรือแนวทางให้ศิษย์เกิดความคิดในเชิงอุปมาและไม่ใช่เป็นวิธีการที่จะทดสอบข้อเท็จจริงเท่านั้น โดยคุณลักษณะดังกล่าวขบวนการบรรยายโดยการใช้คำถามเป็นแกนนำจะมีผลดี 2 ประการ

ประการแรก : คำถามที่เหมาะสมจะเป็นตัวการทำลาย "ความไม่รู้" หรือ "อาการไม่มีสติ" ในตัวเด็กให้เกิดการตื่นตัวหรือ อาการมีสติที่พร้อมจะรับรู้ได้

ประการที่ 2 : คำถามที่เหมาะสมจะเป็นตัวกระตุ้นให้เด็กเริ่มต้นตัวที่จะค้นหาความจริงโดยการใช้คำถามซักถามจากผู้บรรยายต่อไป

ผู้อ่านคงจะพอทราบประวัติความเป็นมาของวิธีการสอน โดยการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองพอประมาณ โดยได้มีนักการศึกษาและนักวิจัยทางการศึกษาตลอดจนนักจิตวิทยาเป็นจำนวนมากทำการค้นคว้าวิจัยซึ่งพอจะสรุปได้ดังนี้

Peaget กล่าวว่า "โอกาสที่เด็กจะเรียนรู้ด้วยตนเองให้บังเกิดผลดีมากที่สุดนั้นเด็กจะต้องลงมือดำเนินการต่อวัสดุและข้อมูลต่าง ๆ ด้วยตนเอง (Esler and Esler, 1981 : 39)

Karplus และ Thier ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองว่า "เป็นการยอมรับถึงความสัมพันธ์ ระหว่างแนวความคิดกับการสังเกตหรือความสัมพันธ์ระหว่างแนวความคิดด้วยกันเองหรือระหว่างข้อสังเกตตั้งแต่ 2 ประเด็นขึ้นไป" (Karplus and Thier, 1967 : 40)

Davis ทำการสำรวจข้อคิดเห็นของนักการศึกษาเกี่ยวกับการเรียนรู้ด้วยตนเอง นั้น ปรากฏว่า นักการศึกษาเป็นจำนวนมากที่มีความคิดเห็นขัดแย้งกันจนไม่อาจสรุปประเด็นที่เด่นชัดได้ (Davis, 1967 : 54-55)

มีผลงานของ Bruner แห่งมหาวิทยาลัยแคมบริดจ์ ได้ทำการสังเคราะห์ถึงผลดีของขบวนการเรียนรู้ด้วยตนเองไว้ดังต่อไปนี้

(1) การศึกษาค้นคว้าเป็นขบวนการเรียนรู้เพื่อให้ผู้ศึกษามีความรู้อย่างแท้จริง ซึ่งถือว่าเป็นขบวนการเพิ่มพูนสติปัญญาที่มีคุณค่าอย่างยิ่ง เพราะการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองนั้นจะทำให้ผู้เรียนมีสภาพเสมือนนักสร้างสรรค์ที่จะรวบรวมเอาข้อมูลต่าง ๆ มาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยอาศัยเทคนิคต่าง ๆ เพื่อนำมาแก้ปัญหา ถ่ายโอนข้อมูลไปใช้อย่างมีคุณค่าและนำไปใช้เพื่อการเรียนรู้ให้กว้างขวางยิ่งขึ้น

(2) การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองย่อมบังเกิดผลประโยชน์เฉพาะตน เพราะผู้เรียนรู้ด้วยตนเองจะบังเกิดแรงกระตุ้นเฉพาะตนที่จะส่งเสริมให้เด็กมีความสนใจในการเรียนรู้มากขึ้น

(3) การเรียนรู้ด้วยตนเองจะทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้น กระฉับกระเฉงต่อขบวนการเรียนการสอน เด็กมีความพร้อมที่จะร่วมทำกิจกรรมต่าง ๆ อยู่ตลอดเวลา

(4) การเรียนรู้ด้วยตนเองจะช่วยให้ผู้เรียนนำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้นและจะมีความจดจำได้ยาวนาน ทั้งนี้เพราะขบวนการศึกษาค้นคว่านั้นจะค่อย ๆ เพิ่มพูนความรู้อย่างมีระบบ ไม่ใช่เป็นการจดจำแต่เพียงอย่างเดียว และเมื่อนำความรู้เหล่านั้นไปใช้ ผู้เรียนรู้ด้วยตนเองย่อมเกิดความภาคภูมิใจ ในความมีคุณค่าที่มีความหมายของความรู้เหล่านั้น (Bruner, 1961 : 21-32)

6.6.2.1 ประเภทของขบวนการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองแบ่งออกได้ดังนี้

6.6.2.1.1 การศึกษาค้นคว้าแบบไม่มีการชี้นำเป็นการศึกษา

ค้นคว้าด้วยตัวของนักเรียนโดยเฉพาะ เช่น ครูผู้สอนจะจัดวัสดุ สิ่งของ อุปกรณ์ไว้ เช่น สายไฟฟ้า หลอดไฟฟ้าและถ่านไฟฉายโดยมีจำนวนมากพอสมควร แล้วให้เด็กแต่ละคนลองจัดการอย่างไรก็ได้ตามแนวความคิดของตนเอง (ครูอาจจะบอกข้อควรระวังอุบัติเหตุที่จะเป็นอันตรายบางประการเท่านั้น) เมื่อเด็กคนใด หรือกลุ่มใด ทดลองได้ผลอย่างไรให้นำผลมาแสดงต่อเพื่อ ๆ และครูผู้สอน เราจะพบว่า :-

- เด็กบางคนสามารถต่อสายไฟและถ่านไฟฉายให้หลอดไฟติดได้
- เด็กบางคนอาจจะต่อหลอดไฟในลักษณะต่อเนื่องหรือแบบขนานก็ได้

- เด็กบางคนอาจจะต่อต้านไฟฉายในลักษณะต่าง ๆ กัน
- ความสว่างของหลอดไฟที่ต่อกับถ่านไฟฉายในรูปแบบที่ไม่เหมือนกันย่อมแตกต่างกัน

ผู้แต่งใคร่เสนอแนะว่าในการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองแบบไม่มีการชี้นำนี้ ครูผู้สอนจะต้องแสดงบทบาทเป็นเพียงแต่ผู้ให้คำปรึกษาเท่านั้น อาจจะต้องคอยตรวจสอบกิจกรรมของเด็กแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่มอยู่ตลอดเวลา บางครั้งจะต้องคอยช่วยให้เด็กสรุปประเด็นของปัญหา โดยอาศัยข้อมูลที่ได้มาจากกิจกรรมแล้วนำไปรายงานให้เพื่อนๆ ทราบ

อีกหนึ่งครูจะต้องมีความอดทนต่อความโกลาหลความวุ่นวาย การซักถามจากเด็ก ๆ จะต้องคอยหลีกเลี่ยงต่อการตอบคำถามอย่างตรงไปตรงมา แต่อาจจะตอบในลักษณะที่จะทำให้เด็กหาข้อยุติด้วยตัวของเด็กเอง

6.6.2.1.2 การศึกษาค้นคว้าแบบมีการชี้นำ เป็นขบวนการที่เกิดจากการแนะนำของครูผู้สอนในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การใช้คำถามเป็นตัวนำเพื่อให้เด็กค้นหาคำตอบ หรือถามให้เด็กลงมือกระทำในแนวทางที่จะไปสู่ข้อสรุปหรือประเด็นสำคัญ ๆ ได้

6.6.2.2 เทคนิคบางประการที่จะนำมาใช้ประกอบการเรียนการสอนในขบวนการศึกษาค้นคว้า

ผู้แต่งใคร่เสนอแนะเทคนิคบางประการดังต่อไปนี้

6.6.2.2.1 การสร้างสถานการณ์ในเชิงขัดแย้งให้เกิดการช่วยหรือกระตุ้นให้เด็กสนใจ เช่น ครูนำกระดาษที่มีขนาดยาวพอสมควรมาประกบกันแล้วให้เด็กออกความเห็น ถ้าครูเป่าลงไปในช่วงระหว่างกระดาษคู่นี้แล้ว กระดาษจะแยกออกจากกันหรือไม่ แล้วให้เด็กหาข้อสรุปว่า เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

6.6.2.2.2 การให้อิสระอย่างกว้างขวางแก่เด็กที่จะทำการค้นคว้าสิ่งที่ครูควรเสนอแนะได้แก่การกระตุ้นให้เด็กทำการค้นคว้าโดยปราศจากความวิตกว่าการกระทำกิจกรรมนั้นไม่ต้องกลัวว่าจะผิดพลาด จะต้องถูกทำโทษหรือเป็นเรื่องที่น่าละอายและครูจะต้องเข้าใจว่า เด็กที่มีความกล้าต่อการค้นคว่านั้นย่อมเป็นสร้างความเชื่อมั่นในตนเองอีกด้วย

6.6.2.2.3 การมีความรู้กว้างขวางย่อมจะช่วยส่งเสริมให้การค้นคว้าด้วยตนเองมีคุณค่ายิ่งขึ้น เรื่องนี้จะสอดคล้องกับหลักการของ Piaget ในการเรียนการสอน

วิทยาศาสตร์ตามข้อ 6.1

6.6.2.2.4 การลงมือปฏิบัติอย่างจริงจัง เป็นสิ่งที่ครูผู้สอนจะต้องช่วยให้เด็กมีความขยันขันแข็งในการลงมือกระทำกิจกรรมอยู่ตลอดเวลา เพราะการเรียนรู้โดยการกระทำนั้นย่อมมีคุณค่ามากที่สุด ดังสุภชาติจินที่กล่าวว่า

‘เมื่อเราได้ยิน เราจะลืม

เมื่อเราเห็น เราจะจำได้

เมื่อเราลงมือกระทำเราย่อมเข้าใจ’ (Carin and Sund, 1970: 40)

6.6.2.3 บทบาทของครู

ผู้แต่งมีความสนใจว่าในขบวนการสอนนั้นไม่ว่าจะใช้วิธีการสอนแบบใดก็ตาม บุคคลสำคัญที่จะต้องคำนึงถึงคือ ครูผู้สอนนั่นเอง ครูจะต้องระลึกถึงบทบาทและความรับผิดชอบของตนว่าจะอยู่ในฐานะที่สมควรและเหมาะสมอย่างไร ในขบวนการสอนโดยวิธีการค้นคว้าด้วยตนเองนั้นจะต้องถือหลักว่า ‘การสร้างสถานการณ์ให้เด็กแก้ปัญหา’ เป็นหัวใจของกิจกรรมทั้งปวง มีนักการศึกษาวิทยาศาสตร์หลายท่านให้เสนอแนะบทบาทของครูไว้ดังต่อไปนี้

6.6.2.3.1 ครูจะต้องเปิดโอกาสให้เด็กได้ค้นหาวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเองให้มากที่สุด ครูควรจะต้องตอบข้อซักถามแบบถูก-ผิดให้แก่เด็กให้น้อยที่สุด แต่จะต้องพยายามชี้แนะให้เด็กค้นคว้าหาแนวทางด้วยตนเอง

6.6.2.3.2 ครูจะต้องพิจารณาเลือกสรรระบบคอนเซ็ปที่นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นคว้าไว้และเป็นระบบคอนเซ็ปที่เด็กจะสามารถเรียนรู้ได้มาให้เด็กศึกษาค้นคว้า

6.6.2.3.3 ครูจะต้องยอมรับว่า การศึกษาแบบค้นคว้าหาสิ่งใหม่ ๆ นั้นจะต้องสิ้นเปลืองเวลาเป็นจำนวนมาก แต่ทว่าจะมีคุณค่าต่อเด็กอย่างมหาศาลเพราะเด็กจะได้เรียนรู้ในวิธีการหาความจริงด้วยตนเอง

6.6.2.3.4 ขบวนการศึกษาค้นคว้าจะประกอบด้วยวิธีการที่มีรูปแบบต่าง ๆ กัน เช่น การถกปัญหาในหัวข้อที่กำหนดให้ การสังเกต การทดลอง, การแปรความหมายจากข้อมูลที่รวบรวมมาได้จากแหล่งต่าง ๆ การกำหนดปัญหาขึ้นมาเพื่อค้นคว้า ฯลฯ

6.6.2.3.5 ครูจะต้องเตรียมข้อเสนอนแนะให้เด็กอยู่ตลอดเวลา

บางครั้งเด็กอาจเกิดการฉงนสับสนแท้ และไม่สามารที่จะดำเนินการกิจกรรมต่อไปได้ ครูจะต้อง
ชี้แนะหรือช่วยผู้ให้เด็กสามารถค้นคว้าต่อไปได้อีก

6.6.2.3.6 การมีแผนอย่างครบครันเพื่อการศึกษาค้นคว้า
ย่อมเป็นสิ่งสำคัญที่สุด

6.6.2.3.7 การกระตุ้นให้เด็กคิดค้นเพื่อสร้างคำถามจะเป็น
วิธีการที่ดีที่สุดของขบวนการค้นคว้าหาสิ่งใหม่ ๆ และยังเป็น การส่งเสริมให้ขบวนการตั้งคำถาม
ดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง ครูควรใช้คำถามเป็นเชิงเสนอแนะให้เด็กเกิดความสำนึกว่าได้มีส่วนร่วม
ในกิจกรรมต่าง ๆ อยู่ตลอดเวลา

6.6.2.3.8 ครูจะต้องเป็นผู้เสียสละให้แก่ขบวนการค้นคว้าเพื่อ
ปฏิบัติการภารกิจร่วมกับเด็ก (Renner, 1967 : 30-33)

6.6.2.3.9 Soar กล่าวว่า "การใช้วิธีการศึกษาค้นคว้าสอน
เด็กให้บังเกิดผลดีนั้น ถ้าครูใช้วิธีการสอนทางอ้อม (เช่นการใช้คำถามมาก ๆ การยอมรับในตัว
เด็ก, การช่วยให้ความกระจ่างในด้านความคิด, การแนะนำให้เด็กใช้คำถาม, การยกย่อง ฯลฯ)
มากขึ้นเพียงใด ย่อมจะช่วยให้เด็กมีความสัมฤทธิ์ผลในการเรียนรู้ มีเจตคติที่ดีต่อโรงเรียนและ
ตัวครูผู้สอนมากขึ้นเพียงนั้น" (Soar, 1968 : 4)

6.6.3 วิธีการสอนโดยการทดลอง (the experimental approach)

ผู้อ่านได้ศึกษาวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ โดยขบวนการสืบสวนสอบสวน
มาแล้วทั้งสองวิธีซึ่งได้แก่ วิธีการใช้เหตุผลและวิธีการศึกษาค้นคว้า ผู้อ่านคงจะได้พบว่าการใช้
คำถามนั้นเป็นหัวใจหรือยุทธวิธีที่สำคัญของการสอนโดยการให้เหตุผล ครูจะใช้คำถามเป็น
เครื่องมือเพื่อกระตุ้นให้เด็กค้นหาประเด็นสำคัญของตัวปัญหา ส่วนวิธีการสอนโดยวิธีการค้นคว่านั้น
ครูจะใช้วัสดุ อุปกรณ์, ข้อชี้แนะเป็นปัจจัยให้เด็กนำไปจัดกิจกรรมเพื่อจะได้สังเกตข้อมูลทดลองจน
ทำการหาเหตุผลเพื่อหาข้อสรุปที่เป็นประเด็นของตัวปัญหา

ส่วนวิธีการสอนโดยการทดลองนั้น ถือว่าเป็นวิธีการที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง
ของขบวนการสืบสวนสอบสวน ความหมายขบวนการทดลองนั้น ผู้แต่งใคร่เสนอว่า "เป็นวิธีการ
ที่จะตรวจสอบว่าความคิดหรือข้อความใด ๆ ที่เรากำหนดขึ้นมานั้นมีความถูกต้องหรือไม่"
ยกตัวอย่างเช่น :-

- เมื่อปล่อยวัตถุที่มีน้ำหนักต่างกันลงมาจากที่สูงเท่ากัน วัตถุที่มีน้ำหนักมากย่อมตกถึงพื้นก่อนวัตถุที่มีน้ำหนักน้อยกว่า
- กระดาษหนังสือพิมพ์ย่อมคูดรึมน้ำได้ดีกว่าเสื้อยืด

เมื่อผู้อ่านเผชิญปัญหาดังกล่าว จะต้องคิดว่าควรจะทำดำเนินการอย่างไรจึงจะตอบปัญหาเหล่านั้นได้ ถ้าหากว่าเรามุ่งมั่นว่าจะตอบปัญหานั้นๆ โดยวิธีการทดลองจะต้องมีการวางแผน การตั้งปัญหาและกำหนดวัตถุประสงค์ของกิจกรรมการดำเนินการเป็นขั้นตอนโดยวิธีการดังกล่าวผู้อ่านย่อมจะมองเห็นถึงความแตกต่างระหว่างการทดลองกับการใช้เหตุผลและการศึกษาค้นคว้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการสอนโดยศึกษาค้นคว้านั้นอาจจะมีการนำวัตถุประสงค์มาให้เด็กลงมือจัดกิจกรรมโดยไม่มีรูปแบบหรือไม่มีการเตรียมการมาก่อนเลย แต่ในขบวนการทดลองนั้นเราจะต้องมีแผนเพื่อการดำเนินการเกี่ยวกับวัตถุประสงค์และวิธีการการใช้มาก่อนเพื่อให้ผู้อ่าน, นักศึกษา ตลอดจนผู้สนใจในฐานะที่เป็นครู ผู้บริหาร ผู้ตรวจการศึกษาและประชาชนได้เข้าใจในขบวนการสอน โดยเน้นการทดลองเป็นหลัก ผู้แต่งใครเสนอแนะประเด็นต่าง ๆ ที่น่าสนใจดังต่อไปนี้

6.6.3.1 เทคนิคในการเตรียมการสอนโดยการทดลอง

ผู้แต่งมีความเชื่อว่า การกำหนดปัญหาขึ้นมาเพื่อทำการทดสอบโดยการทดลองนั้นเป็นภาระกิจที่ยากลำบากต่อครูในระดับประถมศึกษาเป็นอย่างยิ่ง เพราะเด็กนักเรียนเหล่านั้นยังเยาว์เกินไปที่จะเข้าใจปัญหา เราเตรียมการทดลองจนการดำเนินการให้เป็นไปดังที่ขบวนการทดลองที่ควรจะเป็น แต่ทว่าถ้าครูจะใช้ความพยายามในฐานะที่จะต้องเป็นผู้นำต่อขบวนการเรียนการสอนแล้วก็ย่อมจะกระทำได้โดยอาศัยข้อเสนอแนะเหล่านี้

6.6.3.1.1 การคัดเลือกปัญหา (selecting a problem) ครูผู้สอนอาจจะเลือกหรือกำหนดปัญหาคั้งแต่เริ่มเตรียมการสอนที่ครูคิดว่าจะต้องมีการทดลองตัวปัญหานั้นอาจจะเรื่องที่เคยสอนมาก่อนหรือเรื่องราวที่ครูทราบวัตถุประสงค์มาอย่างชัดเจนแล้วก็ย่อมทำได้ วิธีการที่ผู้แต่งมีประสบการณ์มาก่อนและเชื่อว่าบรรดาครูวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษาเคยพบเห็นและกระทำอยู่เสมอมักจะได้แก่เรื่อง "พืชเจริญงอกงามได้อย่างไร ?" เพราะเป็นเรื่องราวที่เด็ก ๆ มักจะประสบพบเห็นอยู่เสมอ

6.6.3.1.2 การกำหนดปัญหาคั้งแต่เริ่ม (establishing the problem)

เรื่องการกำหนดปัญหาคั้งแต่เริ่ม ถ้าหากว่าเด็กสามารถเลือกปัญหา

ขึ้นได้เองย่อมจะทำให้การทดสอบ หรือการทดลองนั้นมีคุณค่ายิ่งขึ้น ครูควรระวังหลีกเลี่ยงจากการทำตัวเป็นผู้เสนอปัญหาให้มากที่สุดแต่จะต้องกระตุ้นให้เด็กมีความสนใจที่เลือกเสนอตัวปัญหาในรูปแบบต่างๆให้มากที่สุด เช่นครูอาจจะนำเอาต้นไม้ที่ไม่แข็งแรงมาเสนอให้เด็กทั้งชั้นพิจารณาแล้วตั้งคำถามว่า "มีสาเหตุอะไรบ้างที่ทำให้ต้นไม้ไม่แข็งแรง ?"

เด็ก ๆ อาจจะเสนอปัญหาต่าง ๆ เป็นจำนวนมากมาย ปัญหาเหล่านั้น คือ "ตัวแปร" ที่จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ครูอาจจะเสนอว่าเราจะต้องทดลองเพื่อตรวจสอบว่า "ปัญหา" หรือ "ตัวแปร" ตัวใดตัวหนึ่งที่จะมีผลกระทบต่อความงอกงามของพืชเรา นั้น การเลือก "ปัญหา" นั้นควรจะเป็นข้อคิดเห็นของ เด็กและครูจะคอยแนะนำว่าการตรวจสอบโดยการทดลองนั้นควรจะมีปฏิบัติกรอย่างไรต่อไป

6.6.3.1.3 การตั้งสมมติฐาน (formulating hypothesis) จากการเลือกหรือการกำหนดประเด็นปัญหาในข้อ 6.6.3.1.2 นักเรียนอาจจะเสนอ "ตัวแปร" ต่าง ๆ เช่น น้ำ แสงสว่าง ปุ๋ยและอุณหภูมิหรือสิ่งอื่น ๆ อีกครูผู้สอนควรจะยอมรับ "ตัวแปร" ที่จะสร้างปัญหาเหล่านั้น และเสนอแนะให้เด็กร่วมพิจารณาเพื่อให้เกิดการยอมรับร่วมกัน แต่มีสิ่งทีครูจะต้องระมัดระวังซึ่งจะได้แก่ข้อเสนอแนะหรือแนวความคิดของเด็กทั้งหลายนั้น อาจจะนำมาทำการทดสอบหรือทดลองได้ไม่หมด เว้นเสียแต่ว่าการทดสอบเหล่านั้นจะต้องมีเวลาและวัสดุอุปกรณ์อย่างพอเพียงเท่านั้น

สิ่งสำคัญที่ครูจะต้องกระตุ้นเด็กต่อไปควรจะต้องซักถามว่า ตัวแปรแต่ละอย่างที่เด็กนำมาเสนอนั้นจะมีผลกระทบต่อผลการเจริญงอกงามของพืชอย่างไรบ้างสิ่งที่เด็กคิดหรือเสนอมานั้นเราถือว่าเป็น "สมมติฐาน" ที่น่าจะเป็นไปได้ ดังตัวอย่างเช่น

- พืชต้องการแสงอาทิตย์เพื่อการเจริญเติบโต
- พืชต้องการน้ำเพื่อการเจริญเติบโต
- พืชจะงอกงามได้ดีในบริเวณที่อบอุ่น
- พืชจะเจริญงอกงามยิ่งขึ้นเมื่อได้รับปุ๋ย

ผู้แต่งใครเสนอแนะว่า บางครั้งเด็กอาจจะเสนอข้อคิด หรือ สร้างสมมติฐานที่ไม่ถูกต้องอันเนื่องจากการเข้าใจหรือมีคอนเซปผิด ๆ ครูจะต้องรีบแก้ไขโดยเร็ว

6.6.3.1.4 การตรวจสอบสมมติฐาน (structuring tests for hypothesis)

การทดลองที่นักวิทยาศาสตร์ถือปฏิบัติสิ่งเหล่านี้จะเป็นสิ่งที่ครูจะต้องเน้นให้เด็กได้ทราบว่าการปฏิบัติภารกิจของนักวิทยาศาสตร์นั้นเป็นไปในลักษณะอย่างไรบ้าง กิจกรรมเริ่มแรกเด็กๆ จะต้องฝึกการสังเกตอย่างรอบคอบ ระวังและลงมือจับบันทึกอย่างละเอียดละออแล้วนำข้อมูลเหล่านี้ไปแปลความหมาย ข้อมูลบางประเด็นจำเป็นจะต้องนำไปใช้และข้อมูลบางข้ออาจจะถูกคัดออกไปทั้งนี้จะต้องพิจารณาให้สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ได้กำหนดขึ้นมา

ผู้แต่งใครสรุปว่า เทคนิคในการทดลองในขบวนการสืบสวนสอบสวนนั้น ควรกระทำดังนี้

- (1) ทำการเลือกและกำหนดประเด็นปัญหา
- (2) ตั้งสมมุติฐานให้สอดคล้องกับปัญหา
- (3) กำหนดวิธีการทดสอบเพื่อยืนยันโดยการ
 - กำหนดข้อตกลงเพื่อปฏิบัติการ
 - ควบคุมตัวแปร
 - ทำการทดลอง
 - เก็บข้อมูลแล้วนำไปแปลความหมาย

อนึ่ง ในการเปิดโอกาสให้เด็กลงมือทำการทดลองในระยะเริ่มแรกนั้น เป็นความจำเป็นอย่างยิ่งว่าสำหรับครูที่ต้องทำหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะให้มากที่สุด แต่เมื่อเด็กเริ่มมีทักษะและประสบการณ์พอสมควร และครูควรจะต้องลดการชี้แนะในขบวนการต่าง ๆ ให้แก่เด็กให้มากที่สุดเท่าที่จะกระทำได้ เพราะเป้าหมายของการทดลองนั้นเพื่อต้องการให้เด็กรู้จักการกำหนดปัญหาและสามารถจะลงมือแก้ปัญหาเหล่านั้นด้วยตนเองเป็นประการสำคัญ

ปัญหาการสอนเกี่ยวกับการทดลองในระดับประถมศึกษาตอนต้นและเด็กในระดับอนุบาลนั้นเป็นเรื่องที่ยากยิ่งเพราะเด็กเหล่านั้นยังเยาว์วัย สภาวะต่าง ๆ ในตัวเด็กยังไม่พร้อม จึงเป็นเรื่องที่ครูผู้สอนจะต้องเตรียมการด้วยความสุจริตรอบคอบการทดลองจะต้องกระทำในเรื่องง่าย ๆ จึงจะทำให้การเรียนรู้ของเด็กบรรลุผลดี

6.6.3.2 ห้องปฏิบัติการทดลองหรือห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ในการสอนเกี่ยวกับการทดลองนั้น เราถือว่าห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นศูนย์กลางที่มีความสำคัญที่สุด รายละเอียดต่อไปนี้ ผู้แต่งใครเสนอให้ครูและ

ผู้บริหารตลอดจนผู้สนใจทั่วไปได้ศึกษาและทำความเข้าใจความสำคัญของห้องปฏิบัติการให้มากที่สุด คณะกรรมการระดับผู้อำนวยการของสมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย (The National Science Teachers Association - NSTA) ได้ออกแถลงการณ์เกี่ยวกับบทบาทของห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

‘ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ดี และมีคุณภาพต่อขบวนการเรียน การสอนวิทยาศาสตร์นั้น จะต้อง ได้รับการสนับสนุนในด้านวัสดุ อุปกรณ์ งบประมาณ และเวลา ให้แก่ครูอย่างเพียงพอ เพราะ โครงการเรียนการสอนที่ดีและมีคุณภาพนั้นเป็นเรื่องที่มีความจำเป็นและมีความสำคัญ อย่างยิ่งต่อสังคมที่มีวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กำลังเจริญก้าวหน้าไปอย่าง ไม่หยุดยั้ง’ (Klein, Yager and McCurdy : 1982 : 20) 1982 : 20)

ข้อแถลงดังกล่าวนี้เป็นข้อสรุปที่คณะกรรมการระดับผู้อำนวยการได้สรุปมาจาก ข้อมูลซึ่งประธานคณะกรรมการครูวิทยาศาสตร์จากกลุ่มโรงเรียนในระดับต่าง ๆ ได้เสนอแนะ คณะกรรมการครูวิทยาศาสตร์เหล่านี้จะประกอบด้วยครูในโรงเรียนอนุบาล โรงเรียนประถมศึกษา โรงเรียนมัธยมศึกษา วิทยาลัยและมหาวิทยาลัยตลอดจนนักวิจัย ผู้ตรวจราชการทาง ศึกษา วิทยาศาสตร์และผู้สนใจในวิทยาศาสตร์เป็นกรณีพิเศษ นอกจากนั้นถ้อยแถลงดังกล่าวยัง ได้รับการพิจารณาให้สอดคล้องกับการพัฒนาหลักสูตร การวิจัย และพัฒนาการสอนอีกด้วย ในปัจจุบันผู้บริหารสถาบันการศึกษาทุกระดับมักจะเผชิญปัญหาเกี่ยวกับการจัดห้อง ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่เสมอ โดยไม่อาจจะอำนวยความสะดวกต่อขบวนการเรียนการสอนให้ได้

ผลดีเท่าที่ควร และไม่อาจจะจัดห้องปฏิบัติการได้ครบทุกรายวิชาอีกด้วยโดยข้อเท็จจริงแล้ว การสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้ห้องปฏิบัติการนั้นจะเป็นวิธีการที่ดีที่สุดเพราะเด็กสามารถได้รับ ประสบการณ์ที่แท้จริง อาจจะมีข้อโต้แย้งจากนักการศึกษาบางท่านว่า ครูอาจจะเสนอแนะ หรืออบรมสั่งสอนให้เด็กได้รับประสบการณ์จากแหล่งอื่น ๆ เช่น ตำรา เอกสารประกอบการสอน สิ่งพิมพ์ โสตทัศนูปกรณ์ ภาพยนต์ แผ่นสไลด์ การทดสอบ และกิจกรรมอื่น ๆ ก็ได้เช่นกัน เรื่องนี้ได้มีผลการวิจัยยืนยันว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยปราศจากการใช้ห้องปฏิบัติการนั้นจะทำให้การเรียนรู้ของเด็กไม่บรรลุผลเท่าที่ควร เพราะการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นมิใช่จะเกิดขึ้นจากการศึกษาในตำราหรือสิ่งพิมพ์เท่านั้น แต่ทว่าจะต้องมีองค์ประกอบอื่น ๆ อีกมากมายหลายประการ

มีรายงานการค้นคว้าจากนักการศึกษา และนักวิจัยเป็นจำนวนมากที่ยืนยันว่าห้องปฏิบัติการมีความสำคัญต่อขบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ดังต่อไปนี้

(1) บทบาทของห้องปฏิบัติการ

Tafel ซึ่งเป็นผู้อำนวยการโรงเรียนมัธยมศึกษาได้ทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับ บทบาทของห้องปฏิบัติการพบข้อเท็จจริงว่า

(1.1) นักวิทยาศาสตร์ นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ ศาสตราจารย์ทางวิทยาศาสตร์และครูวิทยาศาสตร์ มีความเห็นสอดคล้องกันว่า การสอนโดยใช้ห้องปฏิบัติการและการเปิดโอกาสให้เด็กลงมือจัดกิจกรรมด้วยตนเองนั้นจะเป็นวิธีการสอนที่ยังเกิดผลดีที่สุด

(1.2) ห้องปฏิบัติจะเป็นแหล่งแห่งการเรียนรู้ที่ดีที่สุดที่เด็กจะใช้เป็นสถานที่พัฒนาการใช้เหตุผลในเชิงอุปมา (deductive reasoning)

(1.3) การผลิตนักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ทางด้านเทคนิคนั้นจะต้องเน้น การปฏิบัติมากกว่าการศึกษาจากเอกสารและตำรา (Tafel, 1982 : 20)

(2) การสอนในห้องปฏิบัติการ

Perez ผู้ตรวจราชการโรงเรียนมัธยมศึกษาในมลรัฐเท็กซัส ได้ศึกษาสถานะภาพทางการสอนในห้องปฏิบัติการในโรงเรียนมัธยมต่าง ๆ สรุปผลไว้ว่า

(2.1) ห้องปฏิบัติการคือสถานที่อันแท้จริงของขบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และจะเป็นศูนย์กลางของกิจกรรมในรูปแบบต่างๆที่จะช่วยให้เด็กได้เข้าใจถึงเค้าโครงของวิทยาศาสตร์

ได้อย่างสมบูรณ์ เพราะห้องปฏิบัติการจะช่วยสร้างเสริมประสบการณ์ตรงให้เด็กได้เป็นอย่างดี โดยเปิดโอกาสให้เด็กลงมือกระทำ และทำเป็นกิจกรรมด้วยตนเองมากกว่าที่จะให้เด็กเรียนรู้ อย่างผิวเผินเท่านั้น แม้ว่าเด็กจะมีแนวทางเลือกที่จะเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้หลายวิธีเช่น ศึกษา ค้นคว้าจากตำรา การสนทนา การสาธิตการชมภาพยนตร์และสิ่งอื่น ๆ ก็ตาม แต่การเรียนรู้ในห้องปฏิบัติการจะช่วยให้เด็กมีส่วนร่วมใน "ขบวนการ" ซึ่งถือว่าเป็นคุณลักษณะพิเศษเฉพาะ ของวิชาวิทยาศาสตร์เท่านั้นการที่เด็กได้รับประสบการณ์ตรงจากห้องปฏิบัติการนั้นถือว่าเป็น ขบวนการเรียนการสอนที่มีศักยภาพทางคุณค่าที่สูงยิ่ง

(2.2) การเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการจะส่งเสริมให้เด็กได้รับประสบการณ์ เกี่ยวกับขบวนการสืบสวนสอบสวนเพราะจะช่วยให้เด็กลงมือปฏิบัติการด้วยตนเอง การเรียน การสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนใดที่ขาดห้องปฏิบัติการย่อมจะทำให้คุณภาพของการเรียนรู้ของ เด็กลดลงเพราะสภาพการเรียนการสอนย่อมจะไม่แตกต่างไปจากการเรียนการสอนในสาขาวิชาอื่นๆ

(2.3) ห้องปฏิบัติการจะเป็นแหล่งที่ช่วยสร้างเสริมทักษะในรูปแบบต่าง ๆ ให้ แก่เด็ก ทักษะเหล่านั้นจะเป็นสิ่งที่ช่วยสนับสนุนให้เด็กสามารถดำเนินชีวิตแก้ปัญหาและตัดสินใจ ได้เป็นอย่างดี สถานศึกษาบางแห่งมีครูที่มีความสามารถสูง มีวัสดุอุปกรณ์พร้อมมูล มีเวลา มากพอสำหรับครูและผู้บริหาร แต่ทว่าขาดห้องปฏิบัติการจึงทำให้คุณภาพการเรียนการสอน ขาดคุณภาพไปอย่างน่าเสียดาย (Perez, 1982 : 20-21)

(3) ห้องปฏิบัติการจะช่วยสร้างเสริมพื้นฐานทางการศึกษา

สมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งสหรัฐได้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ในช่วงระยะเวลาต้น ๆ ของ ค.ศ. 1970 พบข้อเท็จจริงว่า ประชาชนอเมริกัน เป็นจำนวนมากมีความเห็นว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนนั้นไม่มีส่วนสร้างเสริม ให้เด็กมีความรู้พื้นฐานทางการศึกษาเท่าที่ควร จึงเป็นเหตุให้นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ตื่นตัว และเร่งดำเนินการเพื่อปรับปรุงกันอย่างกว้างขวางและจะต้องหาวิธีการต่างๆ เพื่อให้คุ้มค่ากับ การลงทุนทางการศึกษา การจัดงบประมาณ การใช้เวลาเพื่อดำเนินการและสนองความต้องการ ของนักเรียนตลอดจนความต้องการของสังคมอีกด้วย ในระยะแรกที่มีการปรับปรุงและ เปลี่ยนแปลงนั้นยังมีประชาชนเป็นจำนวนไม่น้อยที่ยังไม่สู้จะเข้าใจนโยบายเกี่ยวกับการจัดการ ศึกษาวิทยาศาสตร์มากนัก

ประมาณ ค.ศ. 1975 เป็นต้นมา คณะกรรมการประเมินผลทางการศึกษาระดับชาติ โดยเฉพาะกรรมการชุดสาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ เริ่มทำการสำรวจและวิจัยได้พบข้อรายงานว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีส่วนช่วยให้เกิดการเพิ่มพูนพื้นฐานทางการศึกษาในเรื่อง "การอ่าน" ได้เป็นอย่างดี แต่ทว่าเด็กที่มีอายุระหว่าง 13-17 ปีนั้นแม้ว่าจะมีความสามารถในการอ่านได้ดีก็ตามเกณฑ์มาตรฐานแล้วก็ตามแต่ก็ยังคงมีความสามารถในการใช้เหตุผลอยู่ในระดับต่ำ และทำคะแนนในการใช้ความคิดในเชิงอุปมานได้น้อยมาก การแก้ปัญหาในเรื่องดังกล่าวนี้นักการศึกษาวิทยาศาสตร์เสนอแนะว่าจะต้องมีการปรับปรุงการสอนวิทยาศาสตร์โดยเน้นการพัฒนาการให้เด็กรู้จักการคิดในเชิงวิเคราะห์วิจารณ์และหาวิธีอบรมเด็กให้รู้จักการมีเหตุผลให้มากยิ่งขึ้น

Bybee นักการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งวิทยาลัย Carleton ในมลรัฐมินนิโซตา รายงานผลการวิจัยว่า

(3.1) การศึกษาวิทยาศาสตร์ได้ปูพื้นฐานทางการศึกษาให้แก่เด็กอยู่แล้วตามลักษณะวิทยาการในตัวของมันเอง

(3.2) องค์การวิทยาศาสตร์แห่งชาติยืนยันว่าการปฏิบัติการในห้องทดลองและการสืบสวนสอบสวนเป็นการเน้นพื้นฐานทางการศึกษาโดยตรง

(3.3) การทดลองในห้องปฏิบัติจะเพิ่มพูนทักษะในเรื่องการคิดเชิงวิเคราะห์ การอ่าน, การเขียน, การคำนวณ ทักษะเหล่านี้ล้วนเป็นพื้นฐานของการศึกษาทั้งสิ้น

Bybee กล่าวย้าว่าเป็นหน้าที่ของนักการศึกษาวิทยาศาสตร์จะต้องช่วยกันชี้แจงให้ประชาชนเข้าใจ และขอให้บรรดาครูผู้สอนจะต้องดำเนินการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้บังเกิดผลดีที่สุด (Bybee, 1982 : 21)

(4) ห้องปฏิบัติการช่วยสร้างเสริมการพัฒนาหลักสูตร

ห้องปฏิบัติการจะเป็นศูนย์ของกิจกรรมที่จะสร้างเสริมคุณค่าให้แก่ขบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี ซึ่งสมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งสหรัฐได้ยืนยันว่าเด็ก ๆ จะได้รับประสบการณ์ตรงโดยการพัฒนาทักษะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

(4.1) รู้จักรวบรวมข้อปัญหา

(4.2) รู้จักวิธีการที่เหมาะสมในการเก็บข้อมูล

(4.3) รู้จักเลือกใช้เครื่องมือและสามารถสร้างสถานะการณ์ให้สอดคล้องกับ

ข้อสังเกตที่ได้รับมา

- (4.4) รู้จักการอ้างอิง, การใช้ข้อมูลตลอดจนการสรุปคอนเซ็ปจากข้อมูลเหล่านั้น
- (4.5) สามารถอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ได้มากับข้อมูลที่ปรากฏขึ้นตามธรรมชาติ
- (4.6) สามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ได้
- (4.7) มีวิธีการถ่ายทอด, การสื่อความหมายกับเพื่อนร่วมงานเพื่อช่วยกันแก้ปัญหา

ทักษะเหล่านี้นับได้ว่าเป็นผลสืบเนื่องมาจากการพัฒนาหลักสูตรอย่างมีระบบและมีผลดีต่อขบวนการเรียนการสอนมากที่สุด Lunetta แห่งมหาวิทยาลัยไอโอวายืนยันว่าทักษะที่เด็กได้รับจากห้องปฏิบัติการนั้นจะช่วยในการสร้างเสริมปัญหาและนำไปใช้แก้ปัญหาได้เป็นอย่างดีคือนอกจากนั้นยังเป็นการส่งเสริมให้เด็กเพิ่มพูนทักษะในการอ่าน และการคำนวณยิ่งขึ้น ถ้าหากขบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนโคต่าเนินไปโดยปราศจากการจัดกิจกรรมในห้องปฏิบัติการแล้วย่อมจะทำให้เกิดการพัฒนาการในตัวเด็กไม่สมบูรณ์แบบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเด็กจะมีแนวความคิดในเชิงวิทยาศาสตร์ค่อนข้างแคบและมีขอบเขตจำกัด Lunetta แสดงความคิดเห็นว่า ประชาชนมักจะวิพากษ์วิจารณ์การศึกษาวิทยาศาสตร์ในสถานศึกษาในลักษณะที่ไม่ตรงต่อความจริงเพราะขาดความเข้าใจที่ถูกต้อง โดยแท้จริงแล้วการปฏิบัติการในห้องทดลองวิทยาศาสตร์จะมีผลดีต่อเด็กมากมาย เช่น

- ก. เด็กรู้จักวิธีการแก้ปัญหา
- ข. มีวิธีการสังเกตอย่างรอบคอบที่จะเสริมความเข้าใจในการเรียนรู้มากขึ้น
- ค. มีวิธีการคิดในรูปแบบต่าง ๆ
- ง. ฝึกการใช้ข้อมูลอย่างมีระบบ
- จ. ส่งเสริมให้เกิดความสนใจในสิ่งแวดล้อม
- ฉ. กระตุ้นให้เด็กรู้จักการใช้เหตุผลซึ่งนับว่าเป็นพื้นฐานทางการศึกษาที่มีคุณค่า

ที่สุด (Lunetta, 1982 : 21)

- (5) ห้องปฏิบัติการช่วยส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ให้ไปสู่จุดหมาย
สมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งสหรัฐได้แถลงการณ์เกี่ยวกับการเรียนการสอน

วิทยาศาสตร์โดยเน้นการใช้ห้องปฏิบัติการเป็นเรื่องสำคัญและจำเป็นต่อการสอนวิทยาศาสตร์ในทุกสาขาวิชา โดยชี้แจงว่า การสอนวิทยาศาสตร์แผนใหม่ที่มีเป้าหมายอย่างแน่ชัดนั้นได้พัฒนาการมานานมากกว่า 20 ปีแล้ว และการสอนตามแผนใหม่นั้นมิได้เกิดขึ้นจากผลการค้นคว้าวิจัยเฉพาะเรื่องวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีเท่านั้น แต่ทว่าเป็นปัญหาที่มนุษย์จะนำวิทยาการใหม่ ๆ ไปใช้ในการตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพได้อย่างไร ดังนั้นการเปิดโอกาสให้เด็กได้รับประสบการณ์จากห้องปฏิบัติการจึงเป็นการช่วยให้เด็กทราบว่าขอบเขตทางวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์นั้นมีประโยชน์ต่อสวัสดิการของมนุษย์อย่างไรบ้าง

Hurd ศาสตราจารย์ทางการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่มีชื่อเสียงแห่งมหาวิทยาลัยตะวันตกฟอร์ด และเป็นกรรมการของสมาคมครูวิทยาศาสตร์กล่าวว่า ประสบการณ์ในห้องปฏิบัติการนั้นอาจจะจัดทำได้ในรูปแบบต่าง ๆ กัน และรูปแบบซึ่งเป็นที่รู้จักกันเป็นอย่างดีนั้นได้แก่การให้เด็กลงมือปฏิบัติการด้วยตนเอง "ซึ่งจะเป็นกิจกรรมที่เพิ่มพูนทักษะต่าง ๆ ให้แก่เด็ก เช่น

- (5.1) การเก็บข้อมูล
- (5.2) การสังเกต
- (5.3) การใช้ความคิด
- (5.4) การแปลความหมาย
- (5.5) การใช้คำถามอย่างถูกต้องและตีความหมาย
- (5.6) การเผชิญปัญหาและค้นหาคำตอบได้อย่างถูกต้อง
- (5.7) การใช้หลักตรรกวิทยา
- (5.8) เน้นการใช้สติปัญญามากกว่าการกระทำที่แสดงออกมาแต่เพียงอย่างเดียว

Hurd ยังยืนยันต่อไปอีกว่า การเรียนการสอนในเนื้อหาวิชานั้นเป็นการปูพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ได้เป็นอย่างดีและที่เป็นภาระกิจสำคัญของครูเน้นการที่จะต้องช่วยแนะนำให้เด็กมีวิธีการศึกษาค้นคว้าอย่างไรเท่านั้นเอง การศึกษาในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ต่างก็มีเป้าหมายอยู่ที่ความสามารถในการแก้ปัญหาเหมือนกัน การศึกษาค้นคว้าดังกล่าวย่อมจะต้องให้เด็กเข้ามามีส่วนร่วมในการกิจกรรมร่วมกัน เพราะการแก้ปัญหาหนึ่งย่อมจะต้องอาศัยวิทยาการต่าง ๆ ไปใช้เพื่อการตัดสินใจอย่างถูกต้องยิ่งกว่านั้นวิทยาการเหล่านี้ยังจะใช้อำนวยในการดำรงชีวิตได้อย่างสะดวกสบายและร่มรื่นอีกด้วย (Hurd, 1982 :21-22)

ผู้อ่านคงจะสังเกตเห็นว่า ถ้อยแถลงของสมาคมครูวิทยาศาสตร์ได้เน้นในความสำคัญ
ของใช้ห้องปฏิบัติการเพื่อเป็นหลักการในการปลูกฝังประสบการณ์ให้แก่เด็ก เพราะขบวนการ
เรียนการสอนดังกล่าวย่อมดำเนินไปสู่เป้าหมายที่กำหนดไว้และเพื่อต้องการให้สังคมมีความเข้าใจ
อย่างถูกต้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อให้ประชาชนมีความรู้ความสามารถที่จะพัฒนาตนเอง
ให้สอดคล้องกับสภาพแห่งสังคมที่กำลังจะเจริญก้าวหน้าด้วย วิทยากรทางวิทยาศาสตร์ และ
เทคโนโลยีได้เป็นอย่างดี

(6) ห้องปฏิบัติการจะมีความสำคัญต่อการวิจัย

ผลการวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้น เมื่อนำออกมาเผยแพร่แล้ว
ประชาชนที่มีความสนใจมักจะไม่ค่อยเข้าใจในสาระสำคัญ ๆ เนื่องจากการแปรความหมายใน
การวิจัยนั้นเป็นเรื่องที่ประชาชนทั่วไปทำความเข้าใจได้ยากสาเหตุดังกล่าวอาจจะเกิดขึ้นได้ดังต่อไปนี้

ปัญหาแรก อาจจะเกิดขึ้นจากการประเมินผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในสมัย
ก่อนๆ ที่จะเน้นการประเมินผลในเนื้อหาวิชาที่สอนและทำการทดสอบจากข้อเขียนของเด็กเท่านั้น
ในระยะ 20 ปีที่ผ่านมามีการใช้ขบวนการสืบสวนสอบสวนมาใช้กันมากขึ้นเพราะว่า วิธีการ
สืบสวนสอบสวนจะช่วยให้เด็กรู้จักวิธีการแบบเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ใช้ศึกษาและค้นคว้าสิ่งเร้นลับ
ในธรรมชาติ นอกจากนั้นการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้พบว่าวิธีการสืบสวนสอบสวนเป็นเหตุที่จะกระตุ้น
และเร่งเร้าให้เด็กมีความสนใจในสิ่งแวดล้อมเพิ่มพูนทักษะในการแก้ปัญหา การวิเคราะห์ และ
การนำความรู้ไปใช้ให้เกิดผลดีต่อการดำเนินชีวิต แม้ว่าขบวนการสืบสวนจะมีผลดีต่อการเรียน
การสอนดังที่กล่าวแล้วก็ตามนักการศึกษาบางท่าน เช่น Kuhn ได้แย้งว่าทักษะและประสบการณ์
ที่เกิดจากวิธีการสอนตามแผนใหม่เป็นเพียงพื้นฐานเบื้องต้นของการศึกษาวิทยาศาสตร์เท่านั้น
Kuhn ให้เหตุผลว่าเรื่องราวของวิทยาศาสตร์มีใช่จะเป็นเฉพาะเรื่องการประคิษฐ์คิดค้น หรือผล
ผลิตใหม่ ๆ แต่ทว่าจะต้องเน้น "การค้นคว้าหาความจริง" ที่มีความเชื่อถือสูง และจะต้อง
ดำเนินการให้ต่อเนื่องอยู่ตลอดเวลา

ปัญหาที่ 2 สังคมมักจะไม่เข้าใจบทบาทของห้องปฏิบัติการอย่างแท้จริงส่วนมากมัก
จะคิดว่า ห้องปฏิบัติการจะมีสภาพเสมือนห้องเรียนที่พบเห็นอยู่ทั่วไป Bate ได้ทำการวิจัย
เกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่และผลประโยชน์ที่พึงจะได้รับจากห้องปฏิบัติการแล้วรายงานว่าห้อง
ปฏิบัติการจะมีอยู่ 5 แบบดังนี้

(6.1) ห้องปฏิบัติการจะมีลักษณะเป็นแหล่งสำรวจและค้นหา (exploration) สำหรับเด็กที่จะศึกษาเล่าเรียนโดยอาศัยการสังเกตเป็นหลัก

(6.2) ห้องปฏิบัติการจะเป็นศูนย์ปฏิบัติการ (operation) ให้เด็กลงมือกระทำ และเก็บข้อมูล

(6.3) ห้องปฏิบัติการจะเป็นห้องทดลองเพื่อพิสูจน์ในเชิงอนุมาน (deductive verification) โดยให้เด็กใช้เครื่องมือทำการชั่ง ตวง วัด ปริมาณของสิ่งต่าง ๆ และนำข้อมูลที่ได้ออกไปตรวจสอบโดยการใส่สูตร และสมการตามที่ได้รับขอมอบรับนับถือแล้ว

(6.4) ห้องปฏิบัติการจะเป็นศูนย์ของขบวนการสืบสวนสอบสวน (inquiry) เพื่อให้เด็กมีโอกาสศึกษาค้นคว้าอธิบายในปรากฏการณ์ต่าง ๆ อย่างมีอิสระและให้มีความสอดคล้องกับแนวความคิด คอนเซ็ปท์ที่กำลังศึกษากันอยู่

(6.5) ห้องปฏิบัติการจะเป็นแหล่งให้เด็กฝึกฝนเกี่ยวกับขบวนการ (process) เพื่อนำวิธีการทดลองและการประเมินผลไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

Bate ยังรายงานต่อไปอีกว่า บทบาทของห้องปฏิบัติการนั้นมีความสอดคล้องกับ ทฤษฎีการเรียนรู้และการพัฒนาทางด้านสติปัญญาของ Piaget อีกด้วยสิ่งเหล่านี้จึงมีความสลับซับซ้อนที่ประชาชนจะทำความเข้าใจได้ไม่ถนัดนัก เพราะสังคมมักจะไม่ว่ากันว่า เด็กที่เข้าไปเรียนในห้องปฏิบัติการนั้นมีจำนวนมากมาย เด็กแต่ละคนมีภูมิหลังและสติปัญญาแตกต่างกัน การจัดกิจกรรมให้ห้องปฏิบัติการจึงต้องให้มีลักษณะต่าง ๆ เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพของเด็กด้วย อนึ่งการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จะมีลักษณะเฉพาะตัวของมันเองการสอนในสมัยก่อนๆ จึงมักประสบความล้มเหลวในการปลูกฝังทักษะประสบการณ์และการใช้เหตุผล

Bate ได้สรุปผลการวิจัยเกี่ยวกับการใช้ห้องปฏิบัติการไว้ 3 ประการ คือ

ประการแรก การใช้ห้องปฏิบัติจะช่วยให้เด็กเรียนรู้ในเรื่องสำคัญ ๆ มากกว่าจะเน้นให้เด็กรู้เฉพาะเนื้อหาวิชาที่สอนเท่านั้น และยังส่งเสริมให้เด็กมีทัศนคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ทุก ๆ สาขาวิชาอีกด้วย

ประการที่ 2 ประสบการณ์ที่เด็กได้รับจากห้องปฏิบัติการจะมีคุณประโยชน์มากกว่า การสอนโดยการบรรยาย หรือการสาธิต เพราะการทดลองจะช่วยให้เด็กได้รับประสบการณ์ตรง

ประการที่ 3 การสอนโดยการบรรยาย การสาธิตและการทดลอง จะทำให้เด็กได้รับ

ความรู้จากเนื้อหาวิชาเท่าเทียมกันเมื่อทำการทดสอบด้วยการสอบแบบข้อเขียน

ด้วยเหตุดังกล่าว Bate จึงสรุปว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้ห้องปฏิบัติการนั้นจะปูพื้นฐานทางการศึกษาให้แก่เด็กในรูปแบบต่าง ๆ กันและสอดคล้องกับวิธีการและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้จะไม่มีผลกระทบต่อเนื้อหาวิชาแต่อย่างใด

Bate จึงเรียกร้องให้ครูวิทยาศาสตร์ได้เร่งลงมือทำการสอนอย่างจริงจังซึ่งมีความคิดอย่างอิสระที่จะสร้างสรรค์นวัตกรรมได้อย่างกว้างขวาง โดยนำขบวนการสืบสวนสอบสวนมาใช้กับเด็กเพื่อปลูกฝังความเชื่อในตนเองให้เป็นพลเมืองที่มีคุณค่าต่อสังคม และพร้อมที่จะเผชิญปัญหาต่อการดำเนินชีวิตต่อไป (Bate, 1982 : 22-23)

(7) ประเภทของห้องปฏิบัติการ

Shulman และ Tamir ได้รวบรวมผลงานการวิจัยเกี่ยวกับการสอนและธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์ ที่ดำเนินการภายในห้องปฏิบัติการไว้ 5 ประการ ดังนี้

ประการที่ 1 : ทักษะห้องทดลองประเภทนี้จะเน้นเรื่องการสืบสวน สอบสวน การค้นคว้าด้วยตนเอง การจัดกิจกรรมต่าง ๆ และการถ่ายทอดสื่อความหมาย

ประการที่ 2 : คอนเซปต์ จะมีการเน้นในการตั้งสมมุติฐาน การนำทฤษฎีต่าง ๆ มาใช้ และมีการสำรวจเพื่อทำการจำแนกแจกแจง

ประการที่ 3 : สถิติปัญหา กิจกรรมที่ดำเนินการอยู่ในห้องปฏิบัติการประเภทนี้ มักจะเน้นในเรื่องการวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การสังเคราะห์ การประเมินผล การตัดสินใจ และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ประการที่ 4 : ธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์ จะมีการศึกษาค้นคว้าเพื่อหาความหมายของวิชาวิทยาศาสตร์ ควรทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ประโยชน์ของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้วย

ประการที่ 5 : เจตนาคติ จะมีการจัดกิจกรรมเพื่อกระตุ้นให้เกิดความสนใจ กระตือรือร้นที่จะลงมือกระทำกิจกรรมต่าง ๆ ให้ตรงเป้าหมายที่กำหนดไว้ มุ่งจะช่วยให้เด็กมีความมานะบากบั่น มีความแน่ใจ มีความรับผิดชอบสูง สามารถเก็บข้อมูลต่าง ๆ ด้วยความเที่ยงตรงและพึงพอใจในวิชาวิทยาศาสตร์ (Shulman and Tamir, 1973: 1098-1148)

จากผลการค้นคว้าของ Shulman และ Tamir นี้ ผู้แต่งคิดว่าจะมีผลดีต่อการ

พัฒนาหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์แผนใหม่ แต่ในเรื่องขบวนการเรียนการสอนนั้นดูเหมือนว่าจะยังไม่พบประเด็นสำคัญๆ แต่อย่างไรก็จะมีส่วนคือผู้ทรงเห็นว่าสามารถนำไปสนับสนุนแนวความคิดและทฤษฎีของนักวิทยาศาสตร์ ตลอดจนนักจิตวิทยาทางการศึกษาเท่านั้น

6.6.4 การเลือกสรรเทคนิคที่จะใช้ขบวนการสืบสวนสอบสวน

ผู้อ่านได้ศึกษารูปแบบต่างๆ ของขบวนการสืบสวนสอบสวนมาแล้ววิธีที่จะสามารถนำไปใช้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้นได้ผู้แต่งมีประสบการณ์พอที่จะนำมาชี้แจงได้ว่าการนำวิธีการสอนมาผสมผสานกันตั้งแต่ 2 วิธีเพื่อจะช่วยให้ขบวนการเรียนรู้ของเด็กและการสอนของครูประสบความสำเร็จได้ดีกว่าการเน้นในวิธีการสอนแต่เพียงวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่งโดยเฉพาะ ตารางที่ 6.11...เป็นข้อสรุปคุณสมบัติหรือเทคนิคของขบวนการสืบสวนสอบสวนทั้ง 3 วิธีที่กล่าวมา

เทคนิค คุณสมบัติ	เน้นการสื่อความ หมายระหว่าง เด็กนักเรียน	เน้นการจัดการ วัสดุอุปกรณ์ ของนักเรียน	เน้นการ แก้ปัญหา	เน้นการสื่อ ความหมาย กับครู	เน้นการจัด เป็นขั้นตอน
วิธีการใช้ เหตุผล	ระดับปานกลาง	ระดับต่ำ	ระดับสูง	ระดับสูง	ระดับต่ำ
การค้นพบสิ่ง ใหม่ ๆ	ระดับสูง	ระดับสูง	ระดับสูง	ระดับต่ำ	ระดับปานกลาง
วิธีการทดลอง	ระดับสูง	ระดับสูง	ระดับสูง	ระดับ ปานกลาง	ระดับสูง

ตาราง 6.11 การเปรียบเทียบคุณสมบัติการสอนโดยขบวนการสืบสวนสอบสวน

ครูผู้สอนควรจะได้ใช้การพิจารณาเลือกสรรวิธีการสอนแบบต่าง ๆ เพื่อนำไปสอนให้บังเกิดผลดีที่สุด ขบวนการสอนแบบสืบสวนสอบสวนนั้นนับว่าเป็นนวัตกรรมทางการศึกษาแผนใหม่ที่นักพัฒนาหลักสูตรให้ความสนใจเป็นอย่างมาก และในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับนับถือกันว่ารูปแบบของขบวนการสืบสวนสอบสวนทั้ง 3 วิธีที่น่าการเสนอนั้นเป็น "พื้นฐานเบื้องต้นของขบวนการสอน" วิชาวิทยาศาสตร์ซึ่งผู้แต่งมีความเห็นสอดคล้องอย่างเต็มที่ ปัญหาที่ผู้แต่งใคร่จํานำมาเสนออยู่ตรงประเด็นที่ว่า จะมีวิธีการสร้างเสริมทักษะในการสอนโดยขบวนการสืบสวนสอบสวนให้แก่ครูวิทยาศาสตร์อย่างไร ขบวนการเรียนการสอนในโรงเรียนจึงจะสัมฤทธิ์ผลที่สุด

6.6.5 ข้อเสนอแนะการเริ่มต้นสอนโดยขบวนการสืบสวนสอบสวน

ผู้แต่งเชื่อว่า ครูวิทยาศาสตร์ทุกคนต่างก็มีวิธีการสอนที่ตนถนัดและสามารถนำไปใช้ได้ผลดีด้วยกันทุกคนและการสอนโดยขบวนการสืบสวนสอบสวนนั้น ก็อาจจะเริ่มต้นได้โดยวิธีการต่าง ๆ เป็นจำนวนมากมาย แต่ข้อเสนอแนะ 4 ประการต่อไปนี้จะเหมาะสมสำหรับครูวิทยาศาสตร์ใหม่ ๆ หรือนักศึกษาที่จะลงมือไปใช้ทดลองในห้องเรียนของตนได้

6.6.5.1 การสาธิตประกอบด้วยปัญหาที่หน้าชั้นเรียน

6.6.5.2 การสร้างเหตุการณ์ที่ไม่น่าเชื่อหรือปรากฏการณ์ที่น่าสนเท่ห์

ให้แก่นักเรียน

6.6.5.3 การสาธิตพร้อมทั้งการให้ข้อมูลเพียงบางประการให้เห็นการ

ค้นคว้าหาคำตอบเอง

6.6.5.4 การชักชวนให้เด็กลงมือสืบสวนสอบสวนโดยครูไม่สาธิตหรือจัดอุปกรณ์ วัสดุให้เด็กลงมือจัดการเอง แต่ทว่าสร้างสถานการณ์ในรูปแบบต่าง ๆ ให้ เช่น

6.6.5.4.1 ครูเล่าเรื่องราวให้ฟังแล้วกระตุ้นให้เด็กหาคำตอบต่อปัญหาที่ครูนำเสนอ เช่น ครูเล่าเรื่องการบินภูเขาและพิกแรม ในขณะที่ทำการปรุงอาหารโดยการเอาไขมาต้มในน้ำเดือด ปรากฏว่าต้องใช้เวลานานมาก (นานกว่าการต้มไข่ที่บ้าน) ครูอาจจะตั้งคำถามที่เป็นเพราะเหตุใดการต้มไขบนที่สูงจึงสุกช้า

6.6.5.4.2 การแปลความหมายจากข้อมูลที่ครูนำเสนอ

6.6.5.4.3 การนำภาพถ่าย ภาพเขียน ภาพพิมพ์ หรือภาพยนตร์ ฯลฯ มาให้เด็กชม แล้วครูตั้งคำถามสอบถามความคิดเห็นของเด็ก ๆ

6.7 ข้อเสนอแนะบางประการ

เพื่อให้ขบวนการเรียนรู้ของเด็กได้บรรลุผลดีตามที่ครูพึงประสงค์ ผู้แต่งใคร่ขอเสนอแนะข้อคิดบางประการเกี่ยวกับวิธีสอนและเทคนิคในการสอนดังต่อไปนี้

6.7.1 ครูจะต้องระลึกลู่อยู่เสมอว่า "การเรียนรู้นั้นจะต้องเกิดจากการจัดกิจกรรมของเด็ก" การเลือกใช้วิธีการสอนและเทคนิคต่าง ๆ นั้น ครูจะต้องเน้นเรื่อง "เนื้อหาที่เด็กจะเรียนรู้และเด็กจะเรียนรู้เรื่องราวเหล่านั้นได้อย่างไร"

6.7.2 วิธีการสอนและเทคนิคที่นำมาใช้นั้น จะต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียน

วิธีการสอนที่ดีนั้นจะต้องช่วยให้การเรียนรู้ของเด็กบรรลุเป้าหมาย เพราะฉะนั้นสิ่งที่ครูจะต้องพิจารณาเป็นลำดับแรก คือ การกำหนดเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของบทเรียนเสียก่อน เช่น

6.7.2.1 เพื่อต้องการให้เด็กเข้าใจในกฎเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้ง

6.7.2.2 สามารถทำความเข้าใจไปใช้ให้เหมาะสมกับสถานการณ์

6.7.2.3 มีความมั่นใจในความสามารถของตนที่จะเอาชนะอุปสรรคต่าง ๆ ได้

6.7.2.4 เพิ่มพูนทักษะในการใช้เครื่องมือ, อุปกรณ์ต่างๆ ได้เป็นอย่างดี

6.7.2.5 สามารถปฏิบัติงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างดีและมีประสิทธิภาพ

6.7.2.6 สามารถถ่ายทอด, สื่อความหมายได้ดี

6.7.2.7 นำเทคโนโลยีใหม่ ๆ ไปใช้ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

6.7.2.8 สร้างนิยมในการสังเกตอย่างระมัดระวังและรอบคอบ

6.7.3 การลดบทบาทของครูในชั้นเรียน เพื่อให้เด็กได้แสดงพฤติกรรมต่าง ๆ แล้วครูเป็นผู้สังเกตพฤติกรรมของเด็กที่เปลี่ยนแปลงไปว่าพฤติกรรมเหล่านั้นมีผลสืบเนื่องมาจากขบวนการเรียนรู้ การเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง มีผลงานการค้นคว้าในเรื่องการลดบทบาทของครูมากมาย เช่น

Flander พบว่า ประมาณร้อยละ 60-70 ของเวลาในชั้นเรียนที่ครู

จะเป็นผู้พูด และใช้เวลาเพียงร้อยละ 1-2 เท่านั้น เพื่อยกย่อง, ชมเชย, ยอมรับการแสดงออกของเด็ก รวมทั้งกระตุ้นให้เด็กสนใจที่จะเรียนรู้ (Flander, 1965)

Adame และ Biddle พบว่า ครูจะแสดงบทบาทในชั้นเรียนประมาณร้อยละ 85 ของเวลาที่เด็กจะเรียนรู้ (Adams and Biddle, 1970)

Hudgins และ Ablbrand ทำการวิจัยเกี่ยวกับการกระตุ้นให้เด็กได้แสดงออก โดยการพูดอย่างคล่องแคล่วนั้น พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วเด็กคนหนึ่ง ๆ จะพูดได้เพียง 2 ประโยค และในแต่ละประโยคจะมีคำพูดเพียง 8.4 คำเท่านั้น (Hudgins and Ablbrand, 1970 : 265-268)

ผู้แต่งใคร่ย้ำว่า การให้เด็กแสดงออกด้วยตนเอง (self-evident) นั้นเป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่ง

6.7.4 การสอนวิทยาศาสตร์ควรเน้น "การลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง" (practical work) ให้มากที่สุด เพราะจะเป็นการส่งเสริมการทดลองในห้องปฏิบัติการให้มีคุณค่ายิ่งขึ้น Kerr ได้รายงานผลดีของการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองไว้ดังนี้

6.7.4.1 ส่งเสริมให้มีการสังเกตอย่างถูกต้องและมีการจัดบันทึกอย่างรอบคอบ

6.7.4.2 สนับสนุนให้เด็กมีวิธีการคิดในเชิงวิทยาศาสตร์อย่างง่าย ๆ

6.7.4.3 พัฒนาทักษะในการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ

6.7.4.4 ฝึกฝนการแก้ปัญหา

6.7.4.5 เพิ่มพูนความเหมาะสม ความกระฉับกระเฉงในการปฏิบัติงานยิ่งขึ้น

6.7.4.6 เพิ่มพูนความเข้าใจในทฤษฎีโดยผ่านการปฏิบัติการด้วยตนเอง

6.7.4.7 เพื่อตรวจสอบ, พิสูจน์ข้อเท็จจริงและหลักเกณฑ์ที่เรียนมาแล้ว

6.7.4.8 เป็นการบูรณาการระหว่างการหาข้อเท็จจริงและการสรุปกฎเกณฑ์ต่าง ๆ

6.7.4.9 เป็นการกระตุ้นให้เด็กมีความสนใจในเนื้อหาที่สอนอยู่ตลอดเวลา

6.7.4.10 เป็นการสร้างปรากฏการณ์ในทางชีวภาพ, กายภาพและการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ให้เด็กได้ประสบด้วยตนเองอย่างแท้จริง (Kerr, 1963 : 21)

การลงมือปฏิบัติด้วยตนเองนี้ บางทีจะมีลักษณะที่คล้าย ๆ กับ การส่งเสริมให้เด็กรู้จักศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง (discovery) อีกด้วย

6.7.5 การสาธิต (demonstration) ถือว่าเป็นเทคนิคในการสอนอย่างหนึ่ง ซึ่งครูหรือนักเรียนได้เตรียมไว้ล่วงหน้าเรียบร้อยแล้ว โดยมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

6.7.5.1 เพื่อเสนอข้อมูลหรืออธิบายได้อย่างชัดเจน

6.7.5.2 เพื่อเป็นบทนำการเข้าสู่บทเรียน

6.7.5.3 ใช้สรุปประเด็นสำคัญของเรื่องราวที่นำมาสอน

6.7.5.4 การสาธิตจะช่วยแก้ปัญหาเกี่ยวกับงบประมาณที่จะต้องนำไปซื้อวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องราคาแพง

6.7.5.5 ใช้สอนได้ทั้งชั้นขนาดเล็กและขนาดใหญ่

6.7.5.6 การสาธิตของครูจะช่วยลดอันตรายจากอุบัติเหตุ ป้องกัน ความเสียหายของเครื่องมือที่มีค่าราคาแพงและหายาก

6.7.5.7 ในระหว่างการสาธิตทั้งครูและเด็กสามารถใช้คำถามประกอบ ได้เป็นอย่างดี

6.7.5.8 การสาธิตจะช่วยทดแทนการปฏิบัติการในห้องทดลองได้ใน กรณีที่มีเวลาจำกัด วิชาวัสดุ อุปกรณ์ ห้องเรียนมีขนาดใหญ่เกินไป

6.7.5.9 การสาธิตที่ดีและมีประโยชน์นั้น จะต้องมีการเตรียม ล่วงหน้าเป็นอย่างดี มีขั้นตอนตามลำดับความสำคัญ จะต้องใช้คำถามชักถามและมีบทสรุป ประเด็นที่ครูต้องการจะเน้น

6.7.5.10 ครูจะต้องให้เด็กทำการสาธิต เพราะจะมีผลดีและมีคุณค่าต่อ การเรียนรู้ของเด็กมากที่สุด

6.7.6 การสอนเป็นคณะ (team teaching)

การสอนเป็นคณะเริ่มมีขึ้นเป็นครั้งแรกในสหรัฐในราวกลางๆ ค.ศ. 1960 นับว่าเป็นนวัตกรรมทางการศึกษาที่นำมาใช้สอนในห้องเรียนที่มีเด็กเป็นจำนวนมาก โดยใช้ครู ตั้งแต่ 2 คนขึ้นไปร่วมกันรับผิดชอบต่อการสอน ทั้งนี้เพื่อต้องการให้ผลการเรียนการสอนมี คุณค่าโดยการ :

6.7.6.1 ลคยัตราส่วนของครู : นักเรียนให้อยูในัตราที่เหมาะสม

6.7.6.2 การแบ่งกลุ่มเด็กให่เล็กกลงตามสภาพที่เหมาะสมต่อกาการสอน

6.7.6.3 ตองการให่เด็กแสดงพฤติกรรมได่มากขึ้น

6.7.6.4 เป็โอกาสให่ครูรวมกันรับผิชอบล, เลือสรรวิธีกาสอนใน
รูปแบบตาง ๆ มาใช

6.7.6.5 การสอนเป็คณะยอมให่เด็กเรียนรู่ประสบกาผลจากครูได่
มากกว่าการใช่ครูแต่เพียงคนเดียว

6.7.6.6 เป็โอกาสให่ครูในคณะได่มีการศึกษา, วิเคราะห์, วิจารณ์
และเตรียมงานรวมกัน

6.7.6.7 เป็โอกาสให่ครูใหม้ในคณะได่ศึกษาและเรียนรู่จากครูเก่า
ผู้แตงมีความคิดเห็นว่ การสอนเป็คณะนั้นนอกจากจะเป็การ "ใชงานประ
สถานบุคคล" ใหทำงานรวมกันโดยการวางแผนรวมกัน รวมกันรับผิชอบลแล้ว ยังเป็การสร้าง
แบบอยางของความเป็ประชาธิปไตยให่เด็กได่ศึกษาเอาเป็แบบอยางอื่กด้วย สิ่งสำคัญที่ผู้
แตงใคร่เน้นได่แก่ การประสางาน การถายทอดสื่อความหมายและความเขาใจอันตึระหวางคณะนั้น
เป็เรื่องที่ควรระมัดระวังเป็อยางยิ่ง

6.7.7 การทัศนศึกษา (field trips)

การไปทัศนศึกษานั้นนับว่เป็การพาเด็กออกไปหาประสบกาผลตรง
ในหลายรูปแบบ เช่น

เด็กอาจจะได้พบสัตว์ ป่า ภูเขา หิน คอกไม้ ฯลฯ ที่เป็จริงตามสภาพ
ธรรมชาติ ครูอาจจะชี้ให่เห็นว่ โดยธรรมชาติแล้วสิ่งเหล่านี้มีความสัมพันธ์ต่อกันอยางไร

การพาเด็กไปเยี่ยมชมโรงงาน หรือสิ่งก่อสร้างตางๆ ย่อมจะช่วยให้เด็ก
มองเห็นผลของการนำวิทยาศาสตร์ไปใชในลักษณะตาง ๆ ของเทคโนโลยี เช่น การเปลี่ยนแปลง
ทางเคมี การเปลี่ยนแปลงทางพลังงาน ตลอดจนการเปลี่ยนรูปแบบทางชีวภาพ สิ่งเหล่านี้
ย่อมจะให่เด็กเกิดความประทับใจและเรียนรู่ให่ดียิ่งขึ้น

มีผลงานวิจัยเกี่ยวกับการทัศนศึกษามากหลาย เช่น

Carin และ Sund กล่าวว่ "เด็ก ๆ จะได้รับประโยชน์และสนุกสนาน

จากการทัศนศึกษามากที่สุดถ้าหากว่าการไปทัศนศึกษาแต่ละครั้งนั้นควรจะได้มีการตระเตรียมล่วงหน้าเป็นอย่างดี" (Carin and Sund, 1970 : 175)

6.7.8 การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง (independent learning)

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองนั้นเป็นเรื่องที่มีความสำคัญต่อเด็กและสังคมทั่วไป การจัดการสอนในห้องเรียนอาจจะไม่สอดคล้องกับความต้องการของเด็กเพราะเด็กแต่ละคนย่อมมีความแตกต่างกัน จึงได้มีการคิดค้นและหาแนวทางให้เด็ก "มีความเป็นอิสระที่จะศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองโดยการจับเวลาและแหล่งศึกษาค้นคว้าให้อย่างพร้อมเพรียง"

ผู้แต่งมีความเห็นสอดคล้องในเรื่องนี้เป็นอย่างยิ่ง เพราะการปลูกฝังให้เด็กรู้จักการเรียนรู้ด้วยตนเองนั้น จะเป็นการช่วยกันศึกษาหาความรู้ ช่วยกันสร้างผลวิทยาศาสตร์ (young scientist) และเป็นการส่งเสริมให้มีการศึกษาเพื่อชีวิต (life-long education) อีกด้วย

6.7.9 ข้อเสนอแนะประการสุดท้ายที่ผู้แต่งใคร่จะเน้นต่อเพื่อนครูวิทยาศาสตร์คือการพิจารณาหัวข้อ เนื้อหาสาระและวิธีการสอนให้สอดคล้องกับ ความสนใจ, วัย และ ความสามารถ ของเด็กให้มากที่สุด ปัญหาที่ครูควรคำนึงน่าจะ ได้แก่

6.7.9.1 เราจะรู้ได้อย่างไรว่า การรับรู้ของเด็กนั้นมีผลดังครุคาคหมายไว้หรือไม่

6.7.9.2 ครูผู้สอนมีความรู้, ความชำนาญหรือมีความเชี่ยวชาญในการจัดกิจกรรมและการเรียนรู้มากนักน้อยเพียงใด

6.7.9.3 เด็กแต่ละคนรู้จักการคิดการสร้างความเข้าใจในจิตใจของตนเองอย่างไร

6.7.9.4 ครูจะกระตุ้นให้เด็กอย่างไรจึงจะสร้างนิสัยให้เด็กรักการทำงานเพื่อให้เกิดการเรียนรู้มากกว่าที่จะมาแค่เพียงความจำแต่เพียงอย่างเดียว

6.8 บทสรุป

6.8.1 การสอนวิชาวิทยาศาสตร์นั้นจะต้องอาศัยหลักการทางจิตวิทยาที่เกี่ยวข้อง

9.8.1.1 การพัฒนาการในด้านสติปัญญาซึ่ง Bloom ได้ทำการศึกษา ค้นคว้าเกี่ยวกับขบวนการเปลี่ยนแปลงในเชิงพุทธิพิสัย จริยพิสัย และผลพิสัย ของแต่ละบุคคลตาม วัยต่าง ๆ

6.8.1.2 การพัฒนาการในด้านความคิดหรือระดับแห่งการเรียนรู้ซึ่ง piaget ได้ศึกษา-ค้นคว้าไว้ตั้งแต่เด็กเริ่มคลอตออกมาจนกระทั่งเจริญเติบโตเข้าสู่วัยหนุ่มสาว

6.8.1.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ซึ่ง Gagne ได้อาศัยผลการเปลี่ยนแปลงในด้านพฤติกรรมดังทฤษฎีที่เรียกว่า "เงื่อนไขแห่งการเรียนรู้" ขึ้นมา และเป็นที่ยอมรับนับถือ ในวงการศึกษาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน

6.8.2 ปรัชญาในการสอนวิทยาศาสตร์นั้นจะต้องเน้นในเรื่อง

6.8.2.1 ขบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยประเด็นสำคัญๆ มากมายหลายประการ

6.8.2.2 ผลผลิตทางวิทยาศาสตร์

6.8.3 วิธีการสร้างระบบคอนเซปชันนั้นถือว่าเป็นหลักสำคัญในการ "สอนเนื้อหา ของวิชาวิทยาศาสตร์" โดยมีเรื่องราวของผลผลิตทางวิทยาศาสตร์และขบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นองค์ประกอบ และจะเน้นการปลูกฝังทักษะเป็นปัจจัยที่จำเป็นอย่างยิ่ง

6.8.4 ขบวนการสืบสวนสอบสวนได้รับการยอมรับนับถือว่าเป็น "วิธีการสอน วิทยาศาสตร์" ที่จะช่วยให้ขบวนการเรียนการสอนบรรลุผลตามเป้าหมายได้มากที่สุด โดยอาศัย เทคนิคของการสอนในวิธีการ

6.8.4.1 ใช้เหตุผล

6.8.4.2 ศึกษาค้นคว้า

6.8.4.3 ทดลอง

6.8.5 บทบาทของครู จะต้อง

6.8.5.1 รู้จักใช้เทคนิคในการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้เด็กรู้จักหาและ ใช้เหตุผล

6.8.5.2 สร้างสถานการณ์ในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้เด็กรู้จักการศึกษา ค้นคว้าด้วยตนเอง

กันว่าช่วยตนเอง

6.8.5.3 เตรียมการสอนโดยการทดลอง โดยมีขบวนการที่แน่นอนรัดกุม

6.8.5.4 การใช้ห้องปฏิบัติการทดลองนั้นถือว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่าง

ยิ่งของการสอนวิชาวิทยาศาสตร์

คำถามท้ายบท

1. การที่จะทราบว่า เมื่อเด็กเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ไปแล้ว เด็กเกิดการเรียนรู้ได้มากน้อยเพียงใดนั้น จะต้องอาศัยหลักเกณฑ์ในการพิจารณาอย่างไรบ้าง
2. การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของเด็กนั้น จะมีผลต่อขบวนการเรียนรู้หรือไม่บ้าง
3. จงอธิบายถึง "ขบวนการทางวิทยาศาสตร์" ที่จะมีผลดีต่อขบวนการเรียนการสอน
4. คอนเซ็ปคืออะไร และมีความสำคัญต่อการสอนเนื้อหาวิทยาศาสตร์อย่างไร
5. ทักษะขั้นมูลฐาน หมายถึงอะไร และควรจะทำเนิการปลูกฝังให้แก่เด็กอย่างไรบ้าง
6. ขบวนการสืบสวนสอบสวน มีความสำคัญอย่างไรต่อวิธีการสอนวิชาวิทยาศาสตร์
7. เทคนิคของการสอนโดยขบวนการสืบสวนสอบสวนมีกี่รูปแบบ และรูปแบบใดที่ท่านคิดว่าจะสอนได้ดีที่สุด และเพราะเหตุใดจึงเลือกวิธีการสอนดังกล่าว
8. การใช้คำถามในการสอนมีความสำคัญอย่างไรบ้าง

วัตถุประสงค์ที่คาดหวัง

เมื่อนักศึกษาและผู้สนใจศึกษามทเรียนบทที่ 7 จะสามารถตอบปัญหาดังต่อไปนี้

1. ความหมายของคำว่า ศูนย์ศึกษาค้นคว้าเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอน หรือศูนย์เทคโนโลยีทางการศึกษา หรือ ศูนย์การใช้นวัตกรรมทางการศึกษา
2. บทบาทของศูนย์ค้นคว้าเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอน
3. ทำไมการศึกษาวิทยาศาสตร์จึงมีความจำเป็นต่อการศึกษาในระดับประถมศึกษา
4. ศูนย์ศึกษาค้นคว้าเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนแบ่งออกได้กี่ประเภท ศูนย์แต่ละประเภทมีความสำคัญอย่างไร
5. ระบบการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ ควรทำอย่างไร
6. ครูจะมีวิธีการเสาะแสวงหาแนวทางในการจัดตั้งศูนย์ได้มากน้อยเพียงใด
7. ศูนย์ประเภทใดที่ผู้อ่านคิดว่าจะเป็นแหล่งสนับสนุนได้ดี คุ่มค่า และช่วยให้การเรียนรู้ของเด็กมีสัมฤทธิ์ผลมากที่สุด
8. เนื้อหาสาระสำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษา ควรเน้นในเรื่องใดบ้าง
9. ท่านมีวิธีการใช้ศูนย์ให้เหมาะสมกับสถานสภาพที่ท่านกำลังสอนอยู่อย่างไรบ้าง

บทที่ 7

ศูนย์ศึกษาค้นคว้าเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอน

สาระสำคัญ

เมื่อนักศึกษาและผู้สนใจศึกษาบทเรียนบทที่ 7 นี้แล้ว จะสามารถตอบปัญหาดังต่อไปนี้

1. ความหมายของคำว่า ศูนย์ศึกษาค้นคว้าเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอน หรือ ศูนย์เทคโนโลยีทางการศึกษา หรือ ศูนย์การใช้นวัตกรรมทางการศึกษา
2. บทบาทของศูนย์ศึกษาค้นคว้าเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอน
3. ทำไมการศึกษาวิทยาศาสตร์จึงมีความจำเป็นต่อการศึกษาในระดับประถมศึกษา
4. ศูนย์ศึกษาค้นคว้าเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนแบ่งออกได้กี่ประเภท ศูนย์แต่ละประเภทมีความสำคัญอย่างไร
5. ระบบการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ ควรทำอย่างไร
6. ครูจะมีวิธีการเสาะแสวงหาแนวทางในการจัดตั้งศูนย์ได้มากน้อยเพียงใด
7. ศูนย์ประเภทใดที่ผู้อ่านคิดว่าจะเป็นแหล่งสนับสนุนได้ดี กลุ่มค่าและช่วยให้การเรียนรู้ของเด็กมีสัมฤทธิ์ผลมากที่สุด
8. เนื้อหาสาระสำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษา ควรเน้นในเรื่องใดบ้าง
9. ท่านมีวิธีการใช้ศูนย์ให้เหมาะสมกับสถานภาพที่ท่านกำลังสอนอยู่ อย่างไรบ้าง

บทที่ 7

ศูนย์ศึกษาค้นคว้าเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอน (resources for learning)

7.1 ความหมาย

ในบทก่อน ผู้อ่านคงจะได้ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการสอนแบบต่าง ๆ ที่ควรจะนำไปใช้ในโรงเรียนประถมศึกษา และมีธยมศึกษาตอนต้น โดยการเลือกสรรวิธีการ เทคนิค และยุทธวิธีในรูปแบบที่ควรจะสอดคล้องกับบุคลิกภาพของครูผู้สอน ความสามารถในการเรียนรู้ของเด็กรวมทั้งแนวทางที่จะสามารถประเมินผลการเรียนได้ด้วย

สำหรับบทเรียนบทนี้นั้น จะเป็นการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับแหล่งสนับสนุนขบวนการเรียนการสอน เพื่อเสริมเนื้อหาสาระให้แก่บทเรียนที่ 6 ให้มีคุณค่ายิ่งขึ้น ผู้แต่งใคร่เสริมว่า "ศูนย์ศึกษาค้นคว้าเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอน" นี้ จะมีคุณค่าต่อการสอนของครู การศึกษาค้นคว้าของเด็กตลอดจนสังคมอีกด้วย ในปัจจุบันเมื่อกล่าวถึง "ศูนย์ศึกษาค้นคว้าเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอน" นั้น ย่อมจะหมายถึง "ศูนย์เทคโนโลยีทางการศึกษา" (educational technology) หรืออาจจะหมายถึง "ศูนย์การใช้นวัตกรรมทางการศึกษา" (educational innovation) ก็ย่อมได้

เพื่อให้ผู้อ่านได้ทำความเข้าใจตรงกัน the National Council for Educational Technology ได้ให้คำจำกัดความหรือขอบข่ายที่น่าสนใจของคำว่าเทคโนโลยีทางการศึกษา ไว้ดังนี้ "เทคโนโลยีทางการศึกษา หมายถึง ระบบของการพัฒนา, การนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ และการประเมินผล ตลอดจนการใช้เทคนิคและความพยายามที่จะช่วยให้เกิดการปรับปรุงขบวนการเรียนรู้ของมนุษยชาติให้บังเกิดผลดียิ่งขึ้น" เมื่อพิจารณาความหมายแล้ว ผู้อ่านจะพบว่าเทคโนโลยีทางการศึกษานั้นมีขอบข่ายที่กว้างขวางมาก ซึ่งผู้แต่งมีความเห็นว่าจะสามารถครอบคลุมและเกี่ยวข้องกับการจัดการ, การวิจัยในเชิงปฏิบัติการวิเคราะห์ข้อมูลในด้านคุณค่า การนำทฤษฎี

มาใช้ทั้งในห้องเรียน นอกห้องเรียน และชมวนการต่าง ๆ อีกมากมายหลายประการ

ผู้แต่งใคร่ขอทำความเข้าใจและทบทวนเรื่องราวของการศึกษาวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระดับประถมศึกษาอีกครั้งหนึ่งว่า วิทยาศาสตร์นั้นเป็นเรื่องที่สำคัญและจำเป็นที่จะต้องจัดให้มีการเรียนการสอนเพื่อเป็นพื้นฐานทางการศึกษาให้แก่เด็กทุกคน แต่ทว่าสถานศึกษาแต่ละแห่งย่อมจะมีอุปสรรคและปัญหาที่ไม่อาจจะดำเนินการได้อย่างสมบูรณ์ที่สุด เพราะว่าวิชาวิทยาศาสตร์มีขอบเขตและเนื้อหาสาระกว้างขวางมาก ดังเหตุผลต่อไปนี้

7.1.1 วิทยาศาสตร์ หมายถึงความรู้รวมทั้งวิธีการ หรือแนวทางในการแสวงหาความรู้ทั้งหมด

7.1.2 วิทยาศาสตร์ จะต้องเกี่ยวข้องกับ การใช้เครื่องมือเพื่อการศึกษา ค้นคว้า, การปฏิบัติ และการแก้ปัญหา

7.1.3 วิทยาศาสตร์ ย่อมสามารถนำไปใช้ให้บังเกิดประโยชน์และสร้างเสริมทักษะต่าง ๆ

7.1.4 วิทยาศาสตร์จะสามารถให้คำตอบคำถามและปัญหาต่าง ๆ ได้

7.1.5 วิทยาศาสตร์ หมายถึงพื้นฐานเบื้องต้นของเทคโนโลยี

7.1.6 วิทยาศาสตร์สามารถสร้างเจตคติให้แก่เด็กบุคคลและสังคมได้เป็นอย่างดี จากชีวิตประวัติของนักวิทยาศาสตร์ที่สำคัญ ๆ เราจะพบว่า

นิวตัน เป็นผู้ที่สนใจในอิทธิพลของธรรมชาติ จนสามารถค้นพบทฤษฎีแรงดึงดูดของโลกและทฤษฎีการเคลื่อนที่ของเทห์ต่าง ๆ

คาร์วิน มีความกระตือรือร้นที่จะศึกษาความเร่งระดับของธรรมชาติจนสามารถตั้งทฤษฎีของการวิวัฒนาการขึ้นมา

คูรี ผู้มีความมานะพยายาม โดยไม่คำนึงถึงอันตรายต่อชีวิตของตนเองโดยการศึกษาเกี่ยวกับสารกัมมันตภาพรังสี

วัตสัน เป็นนักวิทยาศาสตร์ที่มีความฉลาดหลักแหลมและใช้ไหวพริบเพื่อศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับโครงสร้างของ DNA ที่มีความสลับซับซ้อนมากมาย

ไอน์สไตน์ เป็นผู้ที่มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์จนสามารถตั้งทฤษฎีสัมพัทธ์ได้

พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าอยู่หัว รัชการที่ 4 แห่งราชวงศ์จักรี ทรงเป็นผู้มีความกล้าหาญและเสียสละอย่างสูงที่ทรงปูพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ให้แก่ประเทศไทย

ที่กล่าวมานั้นเป็นข้อปัญหาที่เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ยังมีข้ออุปสรรคต่าง ๆ อีกมากมายหลายประการ เช่นปัญหาที่เกิดจากการบริหารของโรงเรียน การขาดครูวิทยาศาสตร์ที่มีประสบการณ์และจำนวนที่พอเพียง ตลอดจนข้อขัดข้องที่สังคมละทิ้งแวดลอมไม่เชื่ออำนาจอีกด้วย ด้วยเหตุต่าง ๆ ที่อ้างมานั้น ผู้แต่งมีความเห็นว่าการจัดตั้ง ศูนย์ศึกษาค้นคว้าเพื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ จึงเป็นเรื่องที่จำเป็นอย่างยิ่งต่อโรงเรียนประถมศึกษา และใคร่ขอเสนอภาพพจน์ ตลอดจนบทบาทของศูนย์ดังกล่าวให้พอเป็นข้อมูลเบื้องต้นดังต่อไปนี้

7.2 มิติของศูนย์ศึกษาค้นคว้าเพื่อการเรียนการสอน

มิติ (dimension) หมายถึงขอบข่ายและทิศทางที่ศูนย์จะครอบคลุมในการปฏิบัติได้อย่างทั่วถึง

ผู้แต่งมีความคิดเห็นว่า มิติของศูนย์ศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์นั้น ควรจะได้พิจารณาให้เกิดแนวความคิดหรือความเห็นร่วมกัน โดยการวิเคราะห์จากโครงสร้างของระบบการศึกษาและขอบข่ายของการศึกษาวิทยาศาสตร์เสียก่อน

ประเด็นแรก พิจารณาจากระบบการศึกษา (formal education) เราจะต้องทำความเข้าใจหรือยอมรับร่วมกันว่า ศูนย์การศึกษาค้นคว่านั้นถือว่าเป็นรูปแบบของการให้การศึกษาระเภทหนึ่ง ที่จะช่วยส่งเสริมสนับสนุนการเรียนการสอนที่ปรากฏอยู่ในโรงเรียนต่าง ๆ เพราะโดยลำพังบทบาทของสถาบันการศึกษาแต่ละแห่งที่ดำเนินการอยู่นั้นไม่อาจจะปฏิบัติภารกิจได้อย่างสมบูรณ์ดังที่ Illich ได้กล่าวว่า "การให้การศึกษารูปแบบที่ทางราชการกำหนดนั้นจะมีลักษณะคล้ายกับขบวนการยึดเยียดความรู้ที่มีอยู่อย่างจำกัดใส่ไว้ในสมองเด็กนั่นเอง" (Illich, 1974 : XVII)

ประเด็นที่ 2 เมื่อพิจารณาจากขอบข่ายการศึกษาวิทยาศาสตร์ (science education) เราจะพบว่าในขบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนนั้น แม้ว่าหลักสูตรจะพยายามชี้แนะไว้อย่างดีเยี่ยมอย่างไรก็ตาม ย่อมจะมีข้ออุปสรรคนานาประการที่มักจะถูกพบเห็นอยู่เสมอ

เช่น โรงเรียนขาดแคลนครูผู้สอนตามเกณฑ์และมีประสบการณ์น้อย วัสดุ-อุปกรณ์ไม่เพียงพองบประมาณไม่มี และมีเวลาหรือการจัดตารางเรียนไม่สอดคล้องกับการปฏิบัติการในห้องทดลอง จากประเด็นปัญหาที่นำมาเสนอให้ผู้อ่านได้พิจารณาดังกล่าว ย่อมจะมองเห็นได้ว่าในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้น นอกจากจะต้องมีการวางแผนกันอย่างรอบคอบและรัดกุมแล้วการเสาะแสวงหาวิธีการต่าง ๆ เช่น การจัดตั้งศูนย์ศึกษาค้นคว้า เพื่อให้การเรียนรู้ของเด็กได้บรรลุเป้าหมายนั้น จึงเป็นเรื่องที่สมควรอย่างยิ่ง

7.3 ประเภทของศูนย์ศึกษาค้นคว้า

ศูนย์ศึกษาค้นคว้าเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอน (resources center) หมายถึง แหล่งสนับสนุนขบวนการเรียนการสอนให้บรรลุผลดีที่สุด ศูนย์ดังกล่าวจะมีเอกสาร ตำรา ข้อมูล เครื่องมือ เครื่องโสตทัศนูปกรณ์ ก่อตั้งเจ้าหน้าที่ งบประมาณ ตลอดจนวัสดุ-อุปกรณ์ที่จะส่งเสริมให้บรรยากาศการเรียนรู้นี้มีความหมายและคุณค่าเพิ่มขึ้น บทบาทของศูนย์ดังกล่าวจะสอดคล้องกับศูนย์เทคโนโลยีทางการศึกษาที่ได้กล่าวไว้ในข้อ 7.1 และย่อมจะมีภารกิจที่ค้นคว้าความหมายกว้างขวาง จึงทำให้การจัดหรือแยกประเภทได้ยาก โดยปรกติแล้วศูนย์ศึกษาค้นคว้าย่อมจะมีอยู่ตามมหาวิทยาลัยหรือสถาบันทางการศึกษาระดับสูงๆ เพราะในมหาวิทยาลัยหรือสถาบันระดับสูง ๆ นั้น ย่อมมีกำลังทรัพยากรในรูปแบบต่าง ๆ มากพอที่จะจัดตั้งได้สะดวก แต่ผู้แต่งมีความเชื่อว่า ศูนย์ศึกษาค้นคว่านั้นย่อมจะสามารถจัดทำได้ในทุกระดับของสถาบันการศึกษา ทั้งนี้โดยเหตุที่วิชาวิทยาศาสตร์นั้นเป็นการศึกษาค้นคว้าในสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบ ๆ ตัวเราเอง ยิ่งการศึกษาในระดับประถมศึกษาชั้นต้น มิใช่เป็นการศึกษาในเรื่องราวที่ลึกซึ้งจนเกินไป เพียงแต่เป็นการวางพื้นฐานขั้นต้นที่สำคัญต่อการดำเนินชีวิตด้วยแล้ว ศูนย์ศึกษาค้นคว่าจะทำได้สะดวกกว่า และมีผลกระทบต่อขบวนการเรียนการสอนมากกว่าประเด็นสำคัญอยู่ที่ว่า ผู้บริหารสถาบันครู นักเรียน และสังคม จะให้ความสนใจและให้ความร่วมมือมากน้อยเพียงใดเท่านั้น

ในเรื่องการแบ่งประเภทศูนย์ศึกษาค้นคว่านั้น ผู้แต่งใคร่ทำความเข้าใจต่อผู้สนใจเสียก่อนว่า ประเด็นที่ควรนำมาพิจารณานั้น น่าจะอยู่ที่ตรงที่ "ความเป็นไปได้" หรือ "ศักยภาพของศูนย์ที่ตั้งขึ้นมาแล้วจะสามารถให้บริการได้อย่างจริงจัง" มากกว่าการจัดตั้งที่ยึดถือหลักการ

หรือทฤษฎีมีมากเกินไป เพราะผู้แต่งมีประสบการณ์ในการจัดตั้งศูนย์แล้วประสบการณ์ล้มเหลว นั้น
เกิดจากยี่ห้อหลักการเกินไป แต่ทว่าย่อหย่อนในด้านการปฏิบัติอย่างจริงจัง อนึ่งการพิจารณา
จัดประเภทของศูนย์นั้น ใครขอเสนอแนะว่าควรพิจารณาศูนย์หรือแหล่งสนับสนุนที่มีใช้ห้องเรียน
ห้องปฏิบัติการ รวมทั้งวัสดุอุปกรณ์ที่มีอยู่แล้ว แต่ทว่าเป็นการเสาะหาแหล่งสนับสนุนอื่น ๆ
โดยอาศัยข้อมูลในการแบ่งประเภทดังต่อไปนี้

7.3.1 ศูนย์ศึกษาค้นคว้าที่ตั้งอยู่ในโรงเรียนสถาบันการศึกษาส่วนใหญ่จะได้แก่
ห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ ห้องสมุด โรงประกอบอาหาร ห้องโสตทัศนูปกรณ์ แปลงเกษตร
โรงพลศึกษา เรือนเพาะชำ ห้องปฏิบัติการทางภาษา โรงฝึกงาน ศูนย์เหล่านี้มักจะมีให้
ปรากฏอยู่ทั่วไป แต่มักจะไม่ใช้ให้เกิดประโยชน์ได้เท่าที่ควร เพราะเกิดจากระบบการบริหารที่ไม่ดี
ไม่มีการประสานประโยชน์ร่วมกันในระหว่างครู-อาจารย์ ที่อยู่ในสถานศึกษาแห่งเดียวกัน
ศูนย์ดังกล่าวมักจะถูกใช้ประโยชน์เฉพาะสาขาวิชาที่เปิดสอน ยกเว้นห้องสมุดที่เป็นแหล่งศึกษาค้นคว้า
กันโดยส่วนรวมเท่านั้น

เรื่องราวที่เกี่ยวกับศูนย์ศึกษา - ค้นคว้านั้น ผู้แต่งใครจะเสนอแนะเกี่ยวกับวัสดุ -
อุปกรณ์ที่สำคัญ ๆ และควรจะมีไว้เพื่อประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้างต่อไปนี้

7.3.1.1 หนังสือค้นคว้าหรือตำรา (textbooks) ถือว่าเป็นเอกสารทางวิชาการ
ที่ใช้กันอย่างกว้างขวางและใช้กันมานานแล้ว นอกจากนั้นยังเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับนักเรียน
อีกด้วย เราจะพบว่า คนบางคนถือว่าตำราเป็นสิ่งที่ศักดิ์สิทธิ์ที่สมควรต่อการเคารพแต่ทว่าคน
บางคนกลับแสดงอาการรังเกียจ มองเห็นว่าตำราเป็นสิ่งที่ไม่มีคุณค่าควรแก่การยอมรับนับถือ
อย่างไรก็ตามผู้อ่านคงจะยอมรับว่าตำรานั้นมีความสำคัญต่อขบวนการเรียนรู้ไม่น้อยเลยในกรณี
ที่ไม่มีครู-อาจารย์ให้คำแนะนำ เรามักจะใช้ตำราเป็นแหล่งค้นคว้าและนำมาอ้างอิงได้เป็นอย่างดี
ฉะนั้นจึงพอจะสังเกตเห็นได้ว่า ตำรานั้นอาจจะไม่ใช่สิ่งที่ไร้คุณค่าอยู่เสมอ

ผู้แต่งใครเสนอแนะว่า ประเด็นสำคัญที่จะช่วยสร้างตำราให้มีคุณประโยชน์มากขึ้น
นั้นขึ้นอยู่กับข้อควรระมัดระวังในการใช้ภาษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งตำราวิชาวิทยาศาสตร์นั้น
จะต้องถือว่าเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของระบบการเรียนรู้ที่เด็กจะใช้ประกอบการค้นคว้าและ
ช่วยให้สอดคล้องกับการปฏิบัติในห้องทดลอง การใช้ภาษาที่ถูกต้อง สละสลวย อ่านแล้ว
สามารถเข้าใจได้ง่าย ย่อมส่งเสริมให้เด็กสนใจที่จะอ่าน เพื่อเสริมความสนใจได้อย่างทันท่วงที

ทั้งยังเป็นการช่วยให้เด็กเกิดความต้องการที่จะเรียนรู้ถ้าเป็นการสืบสวนสอบสวนโดยการหาข้อมูลเพิ่มเติม และนำไปอ้างอิงได้อีกด้วย นอกจากนี้ผู้แต่งคิดว่า การส่งเสริมให้มีการแข่งคาราราคาถูก โดยการให้ภาษาที่เด็กมีภูมิหลังแตกต่างกัน สามารถทำความเข้าใจได้ก็ ส่งเสริมให้เด็กรู้จักการสังเกตอย่างรอบคอบ และปลูกฝังให้เด็กเกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ย่อมจะช่วยให้การเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์มีความหมายมากขึ้น

7.3.1.2 การจัดโปรแกรมการเรียนรู้ (programmes) เป็นนวัตกรรมในเชิงการเรียนการสอนที่นิยมกันมาก และถือว่าเป็นสื่อการเรียนการสอนที่ต่อเนื่องมาจากการใช้คาราในต่างประเทศนั้นมีความเจริญก้าวหน้าจนถึงขั้นดำเนินการเป็นอุตสาหกรรมทางการศึกษาอีกด้วย การจัดโปรแกรมการเรียนรู้ (linear or Skinnerian programming) นั้นมีขั้นตอนพอสังเขปดังนี้

ขั้นที่ 1 นำเนื้อหาสาระของวิชาที่สอนมาแยกออกเป็นขั้นคั่นย่อย ๆ

ขั้นที่ 2 พิจารณาเนื้อหาย่อย ๆ เหล่านั้นมาจัดลำดับความสำคัญตามกระบวนของเนื้อหา โดยใช้เครื่องช่วยสอน (teaching machine) หรือหนังสือโปรแกรมที่เขียนขึ้นมา

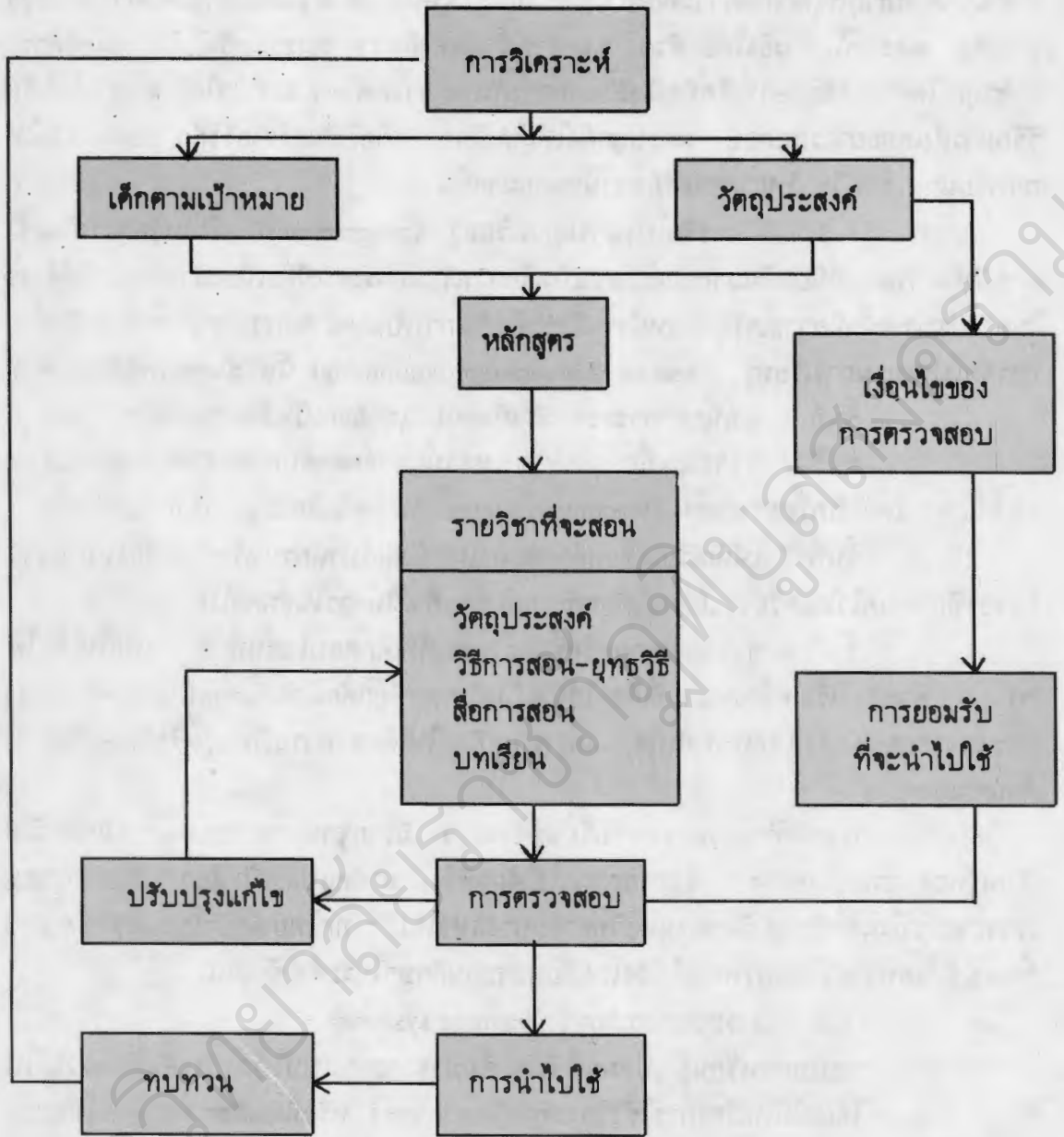
ขั้นที่ 3 ให้นักเรียนเขียนคำตอบลงในหนังสือโปรแกรมหรือทำเครื่องหมายลงในช่องที่กำหนดไว้ในเครื่องช่วยสอนให้ถูกต้องก่อนที่จะดำเนินการในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 4 กำหนดหมายหรือชี้แนะในทันทีที่เด็กตอบในขั้นที่ 3 เพื่อให้เด็กได้ทราบว่า คำตอบหรือเครื่องหมายที่เลือกใช้นั้นเป็นคำตอบที่ถูกต้อง ทั้งนี้เพื่อเป็นการตอบสนองการแสดงออกของเด็กโดยทันทีทันใด และพร้อมที่จะให้เด็กสามารถเรียนรู้หรือศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองต่อไปได้

การจัดทำโปรแกรมการเรียนรู้ดังกล่าว มีรากฐานมาจากขบวนการฝึกสัตว์ให้เรียนรู้พฤติกรรมบางอย่าง ซึ่งปรากฏว่าใช้ได้ผลดีจึงนำมาดัดแปลงเป็นสื่อการเรียนการสอน เราจะพบว่าในโรงเรียนสาธิตของมหาวิทยาลัยบางแห่งในประเทศไทย จัดทำโปรแกรมดังกล่าวขึ้นมาใช้ แต่ทว่ายังไม่แพร่หลายไปยังโรงเรียนประถมศึกษาในระดับท้องถิ่น

7.3.1.3 ระบบการเรียนรู้ (learning systems)

ระบบการเรียนรู้ เป็นผลที่พัฒนาขึ้นมาจากสอนแบบโปรแกรมดังที่กล่าวมาในข้อ 7.3.1.2 โดยเน้นในเรื่องการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ หรือนิยมเรียกว่า "การใช้ระบบเทคโนโลยี" เป็นหลักและมีปรัชญาในการดำเนินการดังภาพที่ 7.1



(ภาพ 7.1 : ระบบการเรียนรู้)

จากภาพ 7.1 ภารกิจแรกเริ่มอยู่ที่การวิเคราะห์เมื่อตรวจสอบถึงภารกิจ หรือ บทบาทในการเตรียมเด็กที่จะออกไปเผชิญชีวิตในอนาคต คุณลักษณะของเด็กที่เตรียมจะต้องเน้นไปที่เรื่อง ทักษะ ความสามารถ รวมทั้งวัตถุประสงค์ของการสอนด้วยปัญหาที่จะต้องเตรียม ในขั้นต่อไปได้แก่การกำหนดเงื่อนไขการตรวจที่จะต้องได้รับการยอมรับก่อนที่จะนำไปใช้ในการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ แล้วจึงจะลงมือร่างหลักสูตร รายวิชาที่จะสอนและการเตรียม บทเรียนต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะต้องมีการประเมินผลรายวิชาที่จะสอนโดยวิเคราะห์จาก ผลการเรียนและการปฏิบัติงานของเด็กในกรณีที่มีการประเมินผลแสดงผลออกมาโดยไม่สอดคล้อง กับเรื่องในที่ได้กำหนดไว้ จะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขจนกว่าจำนวนการเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพ เสียก่อน ครูผู้สอนจะต้องจัดบันทึกการปฏิบัติทุกครั้งไม่ว่าผลงานนั้นจะประสบความสำเร็จหรือ ความล้มเหลวด้วย วิธีการตั้งที่กล่าวมา เราจะพบว่าระบบการเรียนรู้เป็นระบบการใช้ เทคโนโลยีในเชิงปฏิบัติการที่จะช่วยให้วิธีการสอนแบบโปรแกรมมีความหมายมากขึ้น เพราะได้อาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นแนวปฏิบัติ โดยมีการทดลองลงมือกระทำจริง ๆ มีการทดสอบสมมุติฐาน และใช้วิธีการสอนเป็นตัวการในการแก้ปัญหา

ผู้แต่งมีความเห็นว่า การดำเนินการในเรื่อง "ระบบการเรียนรู้" นั้นเป็นเรื่องที่ควร ทำอย่างยิ่ง เพราะใช้หลักของวิธีทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหา ซึ่งจะสอดคล้องกับบรรยากาศ ของการศึกษาวิทยาศาสตร์โดยตรง ประเด็นสำคัญผู้บริหาร ครู-อาจารย์ นักเรียนและผู้ที่มี ส่วนเกี่ยวข้องจะต้องร่วมมือกันอย่างจริงจัง โดยอาศัยระบบการบริหารและการประสานประโยชน์ ร่วมกันเป็นเกณฑ์พิจารณา

7.3.1.4 เครื่องโสตทัศนูปกรณ์ (audio - visual aids)

ในปัจจุบันการใช้เครื่องโสตทัศนูปกรณ์ในสถานศึกษานั้นถือว่าเป็นเรื่องสำคัญทั้ง ในประเทศที่พัฒนาและประเทศด้อยพัฒนาทั้งหลาย แม้ว่าเครื่องมือและอุปกรณ์เหล่านี้จะมี ราคาแพงก็ตาม ได้มีการพยายามปรับปรุงแก้ไขโดยการใช้ทรัพยากรในท้องถิ่นมาดัดแปลงใช้ ให้เกิดประโยชน์อยู่เสมอ อุปกรณ์สำคัญ ๆ และมักจะพบเห็นอยู่เสมอได้แก่ :-

วิทยุ (radio) เราถือว่าวิทยุเป็นสื่อมวลชนที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย กระทรวง ศึกษาธิการได้พยายามปรับปรุงแก้ไขโครงการวิทยุศึกษาอยู่ตลอดเวลา มีการจัดตั้งสถานีวิทยุ เพื่อการศึกษาที่มีเครือข่ายอยู่ทั่วประเทศและปรากฏว่าเกิดผลดีต่อระบบการศึกษาและการสื่อสาร

เป็นอย่างมาก จะมีข้อบกพร่องอยู่บ้างคือครูไม่พยายามใช้รายการวิทยุศึกษาตามโปรแกรมที่จัด หรือไม่ติดตามผลอย่างสม่ำเสมอ

โทรทัศน์ (television) วีดีโอ - เทป (vedeo - tape) และภาพยนตร์ (film) เป็นสื่อการสอนที่ได้รับความนิยมอย่างมากมาย เพราะอุปกรณ์เหล่านี้ทำหน้าที่คล้ายผู้ช่วยครูให้สามารถทำการสอนได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบัน วีดีโอ - เทป มีผู้นำมาใช้ประกอบการสอนในโรงเรียนกันอย่างกว้างขวาง เพราะสามารถซื้อหาได้ง่าย ราคาขอมเยากว่าโทรทัศน์และภาพยนตร์ และสะดวกกว่า

เครื่องบันทึกเสียง(taperecorder) ในปัจจุบันครูวิทยาศาสตร์ใช้เครื่องบันทึกเสียงเป็นอุปกรณ์การสอนกันอย่างแพร่หลาย เพราะเป็นอุปกรณ์ที่หาได้ง่าย ราคาถูกพอสมควรและมีคุณค่าต่อการเรียนการสอนมากพอสมควร

เครื่องฉายภาพนิ่ง (projector) การฉายภาพนิ่งประกอบการสอนจะสร้างประสบการณ์การเรียนรู้แก่นักเรียนยิ่งขึ้น สามารถใช้เป็นอุปกรณ์แก่นักเรียนกลุ่มใหญ่ กลุ่มเล็ก หรือเฉพาะคน เครื่องฉายภาพนิ่งมีอยู่หลายประเภท เช่น เครื่องฉายสไลด์ (slide projector) เครื่องฉายฟิล์มสตริป เครื่องฉายข้ามศีรษะ (over head projector) opaque projector และ microprojector เป็นต้น เราจะพบว่าภาพที่ปรากฏบนจอจะเป็นจุดสร้างความสนใจให้เกิดอยากเรียน อยากรู้ อยากอ่าน อยากค้นคว้า ทั้งยังเป็นเครื่องกระตุ้นให้เด็กไปใช้เตรียมบทเรียนมาเสนอต่อเพื่อน ๆ ร่วมห้องอีกด้วย

คอมพิวเตอร์ (computer) หรือบางครั้งเรียกว่า เครื่องสมองกล ในปัจจุบันวิทยาการทางเทคโนโลยีเจริญก้าวหน้าไปมากทำให้อุตสาหกรรมการผลิตคอมพิวเตอร์ที่ราคาไม่แพงนัก สามารถนำไปใช้ในขบวนการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดีและสามารถใช้ได้กับทุกระดับสถาบัน

แผ่นภาพ (visual symbols) หมายถึงวัสดุหรือสื่อการสอนที่ผลิตโดยแผ่นวัสดุต่าง ๆ เช่น แผ่นที่ กระดานคำ ภาพวาด ภาพถ่าย ภาพการ์ตูน กราฟ กระดานแม่เหล็ก กระดานผ้า (flannelgraphs) และการใช้ผนังห้องประกอบภาพเพื่อทางการเรียนการสอน (ไม่ใช่การตกแต่งผนังห้องเพื่อความสวยงาม เช่น ภายในบ้านเรือน หรือสำนักงาน)

หุ่นจำลอง (model) หมายถึงวัสดุที่จำลองมาจากของจริงที่หาได้ยาก เช่น ของจริงที่มีขนาดใหญ่- เล็กเกินไป ได้แก่หุ่นจำลองโครงสร้างของนัยน์ตา โครงกระดูกเครื่องบิน จรวด เซล เป็นต้น

ของจริง (objects) และ สารตัวอย่าง (specimen) ได้แก่สัตว์เลี้ยงพิช หินแร่ รวมทั้งสิ่งของที่เราสามารถหาได้เอง และบางอย่างอาจจะหาได้ยากหรือมีค่าราคาแพง

เครื่องมือกราฟิก (graphic) หมายถึงวัสดุ - อุปกรณ์ประกอบการวาดเขียน ตัดต่อ ประสาน สี ฯลฯ ซึ่งจะเอื้ออำนวยต่อการจัดกิจกรรมในขบวนการเรียนการสอน

ผู้แต่งใคร่เสนอข้อคิดเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือทางโสตทัศนูปกรณ์ว่า ครูนั้นจะต้อง แสดงบทบาทของความเป็นผู้อำนวยความสะดวก (facilitator) ให้แก่การเรียนรู้ของเด็กมากกว่า การเป็นผู้สอนข้อเท็จจริง เพราะฉะนั้นการใช้เครื่องมือดังกล่าวจำต้องอาศัยความชำนาญ และเป็นผู้มีประสบการณ์จริง ๆ เท่านั้น จึงจะช่วยให้การเรียนรู้ของเด็กประสบความสำเร็จ อย่างจริงจัง ข้อควรคำนึงของครูจะต้องพยายามเน้นที่ความต้องการที่แท้จริงของครูผู้ใช้โดยให้ สอดคล้องกับความต้องการของเด็กภายในเวลาที่กำหนดให้และสามารถทำงานได้อย่างเหมาะสม อีกด้วย

7.3.1.5 ใบสั่งงาน (worksheet)

ใบสั่งงานอาจมีความหมายกว้างขวางที่ครูจะใช้เป็นเครื่องมือช่วยให้นักเรียน ศึกษา ปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างเต็มความสามารถ ใบสั่งงานไม่เพียงแต่จะเป็นเครื่องมือ ประกอบการเรียนการสอนเท่านั้น แต่ทว่าจะเป็นเครื่องช่วยให้เด็กตอบปัญหาตามแนวความคิด ของเด็กในแง่มุมต่าง ๆ ได้อย่างมากมาย

ใบสั่งงานย่อมจะต้องมีรายละเอียดพอสมควรที่ครูผู้สอนจะต้องตระเตรียมตามที่ คาดว่าจะเป็นประโยชน์ต่อการสอนของตนและจะส่งเสริมการเรียนรู้ของเด็กให้รอบรู้ และมี ประสิทธิภาพมากขึ้น เพราะสาระต่าง ๆ ที่เด็กปฏิบัติตามใบสั่งงานนั้นย่อมจะช่วยให้ครูทราบว่า เด็กมีความรู้ ความสามารถ และเรียนรู้ไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้หรือไม่ หรือมีสิ่งใดบ้างที่ จะต้องแก้ไข ซ่อมเสริม ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้แต่งมีความคิดเห็นว่าใบสั่งงานที่ควรนำมาใช้ ครู ควรเตรียมเป็นระยะ ๆ ให้สมกับเนื้อหาและเวลาที่กำหนดให้ ใบสั่งงานไม่จำเป็นที่จะต้อง เตรียมอย่างสมบูรณ์และเตรียมไว้ล่วงหน้าเป็นระยะเวลาที่เนิ่นนานเกินไป

การเตรียมและการใช้ใบสั่งงาน ผู้แต่งใครเสนอแนะไว้ดังนี้
ครูควรเตรียมใบสั่งงาน เพื่อช่วยเริ่มต้นในการอธิบายขยายความ เพื่อแก้ปัญหา
รวมทั้งการถาม การตอบปัญหาต่าง ๆ

ใบสั่งงาน อาจจะเป็นคำชี้แจงให้เด็กกระทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การเตรียมการ
ทดลอง การใช้เครื่องมืออุปกรณ์ รวมทั้งข้อเสนอให้ระมัดระวังการใช้สารเคมีหรือข้อผิดพลาดที่
จะเกิดขึ้น

ใบสั่งงาน อาจใช้เป็นเครื่องกระตุ้นหรือแรงเสริมให้เด็กดำเนินการศึกษาค้นคว้า
เพิ่มเติมรายการสิ่งที่ได้กระทำกิจกรรมสำเร็จแล้ว

ข้อความในใบสั่งงาน ควรใช้ภาษาที่เด็กสามารถเข้าใจได้ง่าย
เด็กควรมีโอกาสใช้ใบสั่งงานของครูแสดงความคิดเห็น รายงานผลการทดลอง
หรือสรุปประเด็นสำคัญจากการศึกษาค้นคว้าที่ค้นคว้าหาได้โดยกลุ่มของเด็ก หรือโดยส่วนตัว
ของเด็กเอง

ใบสั่งงาน อาจจะเป็นเครื่องมือให้เด็กและครูในรายวิชาต่าง ๆ สามารถใช้ร่วมกันได้
เช่น ภาควิชาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาภาษาอังกฤษ ฯลฯ

ใบสั่งงาน ควรมีแผนภูมิ ไคอะแกรม ภาพวาดประกอบคำชี้แจงอย่างคร่าว ๆ
ไคอะแกรมหรือภาพประกอบที่สมบูรณ์นั้นจะไม่เปิดโอกาสให้เด็กมีส่วนร่วมในกิจกรรมนั้น ๆ
มากเท่าที่ควร

ใบสั่งงาน ที่ใช้ในห้องทดลองวิทยาศาสตร์ ควรมีข้อความที่เด็กควรระมัดระวัง หรือ
เป็นข้อเตือนในอันตรรายต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้น

การใช้ใบสั่งงาน อาจจะใช้ได้กับเด็กเป็นกลุ่ม ๆ หรือเป็นรายบุคคลก็ย่อมได้ ครูจะ
ต้องพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสม

ข้อควรระวัง ในการใช้ใบสั่งงานได้แก่การใช้ภาษาของครูที่ยากต่อการทำความเข้าใจ
ไม่ครอบคลุมภารกิจที่ต้องการให้เด็กปฏิบัติ และประเด็นที่ครูจะต้องระมัดระวังอยู่เสมอ ได้แก่
การที่จะทำให้เด็กบางคนเมื่อได้ใบสั่งงานไปแล้วจะแยกตัวออกไปทำกิจกรรมอย่างโดดเดี่ยว
โดยไม่คำนึงถึงการทำงานร่วมกับเพื่อนฝูง และรวมทั้งภาษาที่เด็กใช้ตอบรายงานกลับมานั้น
ครูจะต้องให้ความสนใจเป็นพิเศษ

ประโยชน์ของการใช้ใบสั่งงาน พอสรุปได้ดังต่อไปนี้

7.3.1.5.1 เป็นการกระตุ้นให้เด็กลงมือกระทำด้วยตนเองเกี่ยวกับผลการทดลอง การปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ และเพื่อหาข้อสรุปจากการสังเกตในการปฏิบัติภารกิจ

7.3.1.5.2 ช่วยให้เด็กทำงานตามความสามารถของตนเองโดยไม่ต้องกระดากอายเพื่อนฝูงหรือผู้อื่น

7.3.1.5.3 ช่วยให้เด็กที่ช้ากว่าเรียนหรือมีภารกิจอื่น ๆ สามารถศึกษาค้นคว้าได้ทันเพื่อนฝูง

7.3.1.5.4 ช่วยหลีกเลี่ยงการรายงานด้วยปากเปล่าที่จะต้องพูดจาซ้ำซากอยู่เสมอ

7.3.1.5.5 ใ้เป็นเครื่องมือในการสร้างรูปแบบเพื่อเก็บข้อมูลสมรรถภาพ-โคอะแกรม ประกอบและเพิ่มพูนความมั่นใจในการเรียนรู้ให้แก่เด็ก

7.3.1.5.6 ใช้จัดบันทึกย่อหรือเตรียมรายงานขั้นสุดท้ายที่สมบูรณ์และเป็นระเบียบเรียบร้อย

7.3.1.5.7 ใบสั่งงานจะมีสภาพเหมือนอุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียนแบบโปรแกรมที่จะบันทึกข้อมูล และสร้างเสริมความมั่นใจให้กับเด็ก

7.3.1.5.8 ช่วยให้ครูสามารถบันทึกผลการปฏิบัติงานของเด็กได้อย่างละเอียดถี่ถ้วนและสามารถตรวจสอบการเรียนรู้ของเด็กได้ด้วย

7.3.2 ศูนย์ศึกษาค้นคว้าที่มีแหล่งอยู่นอกโรงเรียน เรื่องการจัดตั้งหรือหาแหล่งสนับสนุนการเรียนการสอนนอกโรงเรียนนี้มีความสำคัญอย่างยิ่ง ผู้สนใจจะศึกษาค้นคว้าได้จากเอกสารของ UNESCO ที่จัดพิมพ์ขึ้นเป็นกรณีพิเศษคือ bulletin of the unesco regional office for education in asia and the pacific special issue, december 1982 เอกสารฉบับนี้จะสรุปเรื่องของศูนย์การศึกษาวิทยาศาสตร์นอกโรงเรียน (out-of-school science education) ที่ประเทศต่าง ๆ ในทวีปเอเชียและฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิกจัดตั้งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งบทความ Peter J. Fensham นั้น มีเนื้อหาสาระที่น่าสนใจและให้ประโยชน์อย่างมากมาย

Fensham ได้เสนอความเห็นเรื่องศูนย์ศึกษาค้นคว้านอกโรงเรียน โดยสรุปไว้ดังนี้ (Fensham, 1982 : 1-52)

7.3.2.1 บริเวณรอบโรงเรียน (out - of - school space) ถ้าผู้อ่านสังเกตให้รอบคอบแล้ว เราจะพบว่านอกรั้วโรงเรียนออกไปในทุกด้านทุกทางนั้นจะมีแหล่งทรัพยากรทางการศึกษาที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนได้ ดังที่ Dewey เสนอแนะว่า "โรงเรียนคืออาคารหรือพิภพเล็กๆ ที่อุบัติขึ้นมาในสังคมที่มีสภาพแตกต่างไปจากสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบด้าน สิ่งแวดล้อมเหล่านั้นจะประกอบด้วยโรงงานอุตสาหกรรม ร้านค้า อาคารบ้านเรือน ถนนหนทาง เส้นทางสัญจร ป่าเขาลำเนาไพร ลำธาร คลอง แม่น้ำ สระ หนอง บึง นา ไร่ ทะเลทราย ชายหาด ทะเล-มหาสมุทร และสิ่งอื่น ๆ ปรากฏอยู่ สิ่งแวดล้อมนี้ล้วนแต่มีศักยภาพทางด้านการศึกษาทั้งสิ้น ถ้าหากว่า ครู-ผู้ใหญ่อื่นๆ หลายมีความเฉลียวฉลาดมากพอ ก็คงจะใช้ทรัพยากรดังกล่าวให้มีสภาพเสมือนห้องปฏิบัติการให้เด็กได้รับประโยชน์ การสังเกตและการนำไปใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ (Dewey, 1980 : vii)

7.3.2.2 การใช้เวลานอก (out - of - school time) หมายถึงเวลาที่นอกเหนือไปจากเวลาทางราชการกำหนด หรือเวลาที่เด็กใช้ศึกษาเล่าเรียนตามตารางเรียนรู้อันที่ครูและโรงเรียนกำหนดขึ้น ตามสถิติที่ทราบ เราจะพบว่าประมาณ 1 ใน 3 ของ 1 วันเป็นเวลาที่เด็กตื่น ทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น เล่น พักผ่อน เล่าเรียน เป็นต้น (เวลาเด็กเรียนประมาณ 5-6 วันต่อสัปดาห์ หรือร้อยละ 80 ใน 1 ปี) การใช้เวลาอย่างมีระบบโดยคำนึงถึงคุณค่าอย่างแท้จริงของมัน ครูอาจจะสอนได้เนื้อหาสาระมากขึ้น เด็กอาจจะใช้เวลาศึกษาค้นคว้าทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ อ่านหนังสือประกอบหรือออกไปศึกษานอกสถานที่ รวมทั้งจัดทำกิจกรรมเสริมหลักสูตรได้อย่างมากมาย ผู้แต่งมีความคิดเห็นว่า การใช้เวลาหรือการบริโภคเวลา (time consuming) เป็นเรื่องที่น่าศึกษาค้นคว้าต่อมนุษย์ทุกคนซึ่งจะไม่เกิดประโยชน์ต่อการเรียนการสอนเหล่านั้น แต่ทว่าจะมีคุณค่ามหาศาลต่อการดำรงชีพในอนาคตอีกด้วย

7.3.2.3 การสอนนอกห้องเรียน (out - of - school teaching potential) หมายถึงการใช้ทรัพยากรมนุษย์ (human resources) หรือวิทยากรจากภายนอกโรงเรียนมาช่วยสนับสนุนการเรียนการสอน วิทยากรดังกล่าวหมายถึงนักวิทยาศาสตร์ นักเทคโนโลยี และผู้เชี่ยวชาญในด้านสาขาวิทยาการอื่น ๆ จากประสบการณ์ของผู้แต่งพบว่าบรรดาวิทยากรที่เชิญ

มาสอนก็ดี หรือการพาเด็กไปทัศนศึกษาก็ดีล้วนแต่มีคุณประโยชน์ โดยการส่งเสริมประสบการณ์ตรงให้แก่เด็กได้เป็นอย่างดีและมีคุณค่าต่อการศึกษา ต่อการเลือกวิชาชีพให้แก่เด็กที่จะออกไปดำเนินชีวิตในอนาคตได้อย่างกว้างขวางอีกด้วย

7.3.2.4 การสื่อความหมายนอกโรงเรียน (out - of - school modes of communication) ครูคงจะตระหนักได้ดีว่า การถ่ายทอดความรู้โดยผ่านขบวนการสื่อความหมายในโรงเรียนนั้นจะมีรูปแบบเฉพาะของตัวเอง และมีลักษณะที่ผิดแผกแตกต่างไปจากการสื่อความหมายในสังคมภายนอกโรงเรียน ประสบการณ์ของเด็กที่ประสบพบเห็นภายในบ้านก็มีการใช้สื่ออื่น ๆ เช่น หนังสือพิมพ์ รายการวิทยุ โทรทัศน์ก็ดี ย่อมไม่เหมือนกับที่เด็กได้รับจากห้องเรียนและโรงเรียน ถ้าหากว่าครูพยายามใช้วิธีการสื่อความหมายเหล่านี้อย่างระมัดระวังและรอบคอบแล้ว ย่อมจะช่วยเสริมประสบการณ์ตรงให้แก่เด็กได้มากยิ่งขึ้น

7.3.2.5 การศึกษานอกระบบ หรือการศึกษานอกโรงเรียน (out-of-school learners) หมายถึงการให้ศึกษาวิทยาศาสตร์แก่นักเรียน ผู้สนใจทั่วไป จัดว่าเป็นกิจกรรมที่น่าสนใจอย่างหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศด้อยพัฒนา เพราะจะพบความจริงว่าในบางท้องถิ่นนั้นมีเด็กต้องออกจากโรงเรียนโดยเรียนไม่จบตามเกณฑ์ โรงเรียนไม่สามารถให้การศึกษาได้อย่างทั่วถึง หรือโรงเรียนบางแห่งขาดแคลนครูที่จะสอนวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเด็ก ประชาชน อาจจะสนใจในการศึกษาวิทยาศาสตร์มากขึ้น เพราะฉะนั้นการให้การศึกษาวิทยาศาสตร์ในเชิงนอกระบบจึงเป็นสิ่งที่ดีและคุณประโยชน์ต่อสังคม วิธีการให้การฝึกอบรมอาจจะมีรูปแบบที่แตกต่างไปจากวิธีการสอนที่พบเห็นอยู่ในโรงเรียน แต่จะเน้นตามความสนใจของผู้เรียน เพื่อเป็นการเสริมความรู้ ฝึกฝนเพื่อประกอบอาชีพ ฝึกให้รู้จักบริบทเทคโนโลยีสมัยใหม่และเพื่อการดำรงชีพ

Fensham (Fensham, 1982 : 8-11) ยังได้เสนอแนวความคิดเกี่ยวกับการตั้ง
 ศูนย์ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการศึกษาวิทยาศาสตร์นอกโรงเรียนไว้ ดังตาราง 7.2 ดังนี้

องค์ประกอบของวิทยาศาสตร์	มิติของศูนย์ฯ นอกโรงเรียน				
	สถานที่	เวลา	วิทยาการ ท้องถิ่น	การสื่อ ความหมาย	ศักยภาพของ นักเรียน
ความรู้ — { — ข้อเท็จจริง — ความคิดรวบยอด — ทฤษฎี					
ทักษะ — { — การปฏิบัติ — ขบวนการคิด — การใช้อุปกรณ์					
การนำไปใช้ — { — สิ่งที่มีอยู่ — ความเป็นไปได้ — เทคโนโลยี					
คำตอบ — { — คำถาม — ปัญหา					
เจตคติ — { — ส่วนบุคคล — สังคม					

ตาราง 7.2 การศึกษาวิทยาศาสตร์โดยศูนย์ศึกษาค้นคว้านอกโรงเรียน

ในการประชุมที่ประเทศไซปรัส เมื่อ ค.ศ. 1982 จัดโดย an International Workshop on Science Education and the World of Work ได้พิจารณาเกี่ยวกับเนื้อเรื่องและประเด็นสำคัญๆ ที่การศึกษาวิทยาศาสตร์ควรจะต้องดำเนินการให้การศึกษาแก่เด็กที่ไม่ได้ศึกษาในโรงเรียน หรือโรงเรียนไม่สามารถจะดำเนินการฝึกอบรมได้อย่างครบครัน รวมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้สนใจมีโอกาสศึกษาค้นคว้าด้วย โดยสรุปหัวข้อที่สำคัญ ๆ ไว้ 11 ประการ ดังตารางที่ 7.3

เรื่องที่เกี่ยวข้อง	ข้อควรพิจารณา
1. การสัมผัสและการชั่ง ตวง วัด (senses and measurements)	<ul style="list-style-type: none"> - การสำรวจ ค้นคว้าเกี่ยวกับสิ่งที่อยู่รอบ ๆ ตัวเรา โดยการใช้ประสาทสัมผัส และเครื่องมือเทคโนโลยีที่จะช่วยให้สามารถจด เก็บข้อมูลต่าง ๆ ได้ - การชั่ง ตวง วัด ต่อวัตถุ สิ่งของ ปรากฏการณ์ต่างๆ แล้วนำข้อมูลมาศึกษาเปรียบเทียบ รวมทั้งเวลาที่เหตุการณ์บังเกิดขึ้น - พยายามตรวจสอบ สำรวจ สังเกต โดยอาศัยเครื่องมือที่นอกเหนือประสาทสัมผัสของมนุษย์จะตรวจสอบได้
2. จักรวาล (universe)	<ul style="list-style-type: none"> - ความกระตือรือร้น ความสนใจของเด็กที่มีต่อสิ่งรอบๆ ตัว ครูอาจจะนำขบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องส่งเสริม กระตุ้นให้ทำการสำรวจ ตรวจสอบ เพื่อส่งเสริมขบวนการเรียนรู้ในห้องเรียน การเรียนรู้เพื่อชีวิตและอนาคตของเด็กโดยเน้นเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นหลัก

เรื่องที่เกี่ยวข้อง	ข้อควรพิจารณา
3. ร่างกาย (the human body)	<ul style="list-style-type: none"> - เด็กควรจะต้องมีความเข้าใจในพื้นฐานเบื้องต้นของการพัฒนาทางร่างกาย - เด็กมีความสนใจในการทำงานของอวัยวะหรือส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย - ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสรีรวิทยาและโครงสร้างของร่างกายเป็นสิ่งจำเป็นที่เด็กควรทราบเพื่อการบำรุงรักษาสุขภาพของตน
4. สุขภาพ การอาหารและการสุขาภิบาล (health nutrition and sanitation)	<ul style="list-style-type: none"> - การพัฒนาคุณภาพของชีวิตเป็นพื้นฐานเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อส่วนบุคคล และระดับของสังคม - สุขภาพเป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อการปรับปรุงคุณภาพชีวิตและถือว่าเป็นขบวนการที่จำเป็นต่อมนุษย์ - การอาหารเป็นขบวนการสร้างเสริม บำรุงร่างกายให้เจริญเติบโต มีความแข็งแรงและป้องกันรักษาสุขภาพ - คอนเซ็ปทางวิทยาศาสตร์ จะเป็นตัวเชื่อมระหว่างสุขภาพและการอาหาร
5. อิทธิพลของสิ่งแวดล้อม (ecology)	<ul style="list-style-type: none"> - อาหาร (food) คือปัจจัยพื้นฐานของชีวิต - สิ่งแวดล้อมจะมีอิทธิพลต่อขบวนการศึกษาในแง่มุมต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นปัจจัยที่จะมีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตและมีผลกระทบต่อกรนำเทคโนโลยีมาใช้ในอดีต ปัจจุบันและอนาคต

เรื่องที่เกี่ยวข้อง	ข้อควรพิจารณา
6. ทรัพยากร (resources)	<ul style="list-style-type: none"> - การใช้ทรัพยากรจะมีผลต่อการพัฒนาเศรษฐกิจแห่งชาติ - ทรัพยากรบางอย่างอาจจะสูญสิ้น หากไม่มีวิธีการใช้ที่ฉลาดให้คุ้มค่า - ทรัพยากรบางชนิดมีมากใช้ได้โดยไม่จำกัด แต่ควรมีวิธีการปรุงแต่งให้ใช้ประโยชน์ให้มากขึ้น
7. ประชากร (population)	<ul style="list-style-type: none"> - ประชากรชาวโลกจะเป็นองค์ประกอบในเชิงชีวภาพของการดำรงชีพของครอบครัวของเด็กแต่ละคน - อัตราการเกิดของประชากรแต่ละชาติจะมีผลต่อความมั่นคงในเชิงเศรษฐกิจสังคมและด้านป้องกันประเทศ - อัตราการผลิตอาหารจะมีผลต่อจำนวนประชากรที่เกิดและคุณภาพของชีวิต
8. มลภาวะ (pollution)	<ul style="list-style-type: none"> - มลภาวะที่เกิดจากดิน น้ำ อากาศ จะมีผลกระทบต่อ การดำรงชีพในสังคม - เด็ก ประชาชนทุกคนต้องมีส่วนร่วมในการป้องกัน กำจัด มลภาวะทั้งหลาย - มลภาวะเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิต
9. พลังงาน (energies)	<ul style="list-style-type: none"> - ประชาชนทุกคนจะต้องใช้พลังงานให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด - การบริโภคพลังงานเป็นสิ่งจำเป็นต่อการพัฒนาประเทศ - ความเข้าใจอย่างถูกต้องต่อการใช้พลังงานจะมีผลต่อการสร้างชีวิตที่มีคุณภาพ

เรื่องที่เกี่ยวข้อง	ข้อควรพิจารณา
10. เทคโนโลยี (technology)	<ul style="list-style-type: none"> - การพัฒนาการค้าขายของประชากรในทุกประเทศ มีผลกระทบต่อการใช้เทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพ - ยังมีการสอนความรู้พื้นฐานทางด้านเทคโนโลยี น้อยมากในประเทศด้อยพัฒนา - การใช้เทคโนโลยีเหมาะสมกับสภาพท้องถิ่นจึงเป็นเรื่องจำเป็นต่อการพัฒนาชีวิตและสังคม
11. คุณภาพชีวิต (quality of life)	<ul style="list-style-type: none"> - คุณภาพชีวิตจะมีอิทธิพลต่อการสร้างเจตคติที่ดีของบุคคล ต่อสังคม ต่อการทำงานและสิ่งแวดล้อมที่มนุษย์แต่ละคนดำเนินชีวิตอยู่

7.3.3 ศูนย์ศึกษาค้นคว้าที่ภาครัฐบาลและเอกชนจัดตั้ง

เพื่อให้ผู้อ่าน นักศึกษา และผู้สนใจ ได้ทราบเกี่ยวกับศูนย์ศึกษาค้นคว้าวิทยาศาสตร์ที่ทั้งภาครัฐบาล ภาคเอกชน และหน่วยงานต่าง ๆ จัดทำขึ้น พอดีสรุปได้ดังนี้

7.3.3.1 โปรแกรมการศึกษาผู้ใหญ่ เช่น การจัดให้มีการเรียนอบรมต่อกลุ่มสนใจวิชาชีพ หน่วยฝึกฝนอาชีพ ศูนย์อ่านหนังสือพิมพ์ประจำหมู่บ้าน การศึกษาทางวิทยุและไปรษณีย์ โทรทัศน์ ศูนย์กิจกรรมการเกษตรที่กรมอาชีวศึกษา กรมการศึกษานอกโรงเรียน กรมการฝึกหัดครู จัดตั้งขึ้น

7.3.3.2 ศูนย์ฝึกอบรมของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7.3.3.๖ ศูนย์เทคโนโลยีเพื่อพัฒนาชนบทของกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และการพลังงานแห่ง ชาติ

7.3.3.4 สมาคมประชาศึกษาและการพัฒนาชนบท (Population and Community Development Association) เป็นสมาคมของเอกชนที่จัดตั้งเมื่อ ค.ศ.1978 ที่เน้นการศึกษาเกี่ยวกับประชากรศาสตร์และการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมแก่สภาพท้องถิ่นที่ห่างไกลจากแหล่งชุมชนที่เจริญแล้ว

7.3.3.5 ห้องฟ้าจำลอง

7.3.3.6 ศูนย์บริรักษ์วิทยาศาสตร์

7.3.3.7 พิพิธภัณฑ์ทางทะเลของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วิทยาลัยเขตก-
บางแสน

7.3.3.8 สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยซึ่งประกอบด้วยชมรมครูวิทยาศาสตร์
ในสาขาวิชาต่าง ๆ รวมทั้งชุมนุมวิทยาศาสตร์อีกด้วย

7.3.3.9 สวนสัตว์ที่สวนดุสิตหรือที่เชียงใหม่และลพบุรี เป็นต้น

7.3.3.10หนังสือรายวัน วารสารต่าง ๆ เช่นหนังสือพิมพ์เดลินิวส์ มีเนื้อหา
เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปรึกษาแพทย์ สัตว์ที่น่ารัก หนังสือพิมพ์ไทยรัฐ มีเนื้อหา
เกี่ยวกับการแพทย์ สัตว์แสนสวย เกมส์เกี่ยวกับสัตว์และโลกของเด็ก ๆ หนังสือพิมพ์เดลินิวส์ มี
เนื้อหาเกี่ยวกับชัยพฤกษ์วิทยาศาสตร์ วารสารมติที่ 4 นักวิทยาศาสตร์ไทย แพทย์ประจำบ้าน
วารสารของสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ฯลฯ ล้วนแต่มีประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้า
ทั้งสิ้น

อนึ่ง อาจารย์สมบัติ พรหมเสน อาจารย์ในคณะวิชาวิทยาศาสตร์ของวิทยาลัยครู
พิบูลสงคราม ได้ทำการสำรวจแหล่งวิทยาการชุมชนในจังหวัดพิษณุโลก เพื่อประกอบการสอน
วิชาวิทยาศาสตร์ไว้ได้ประมาณ 41 แห่ง ดังนี้

แหล่งวิชาการชุมชนในจังหวัดพิษณุโลก

1. สถานีตรวจและรักษาโรคสัตว์
2. สถานีผสมเทียมปศุสัตว์
3. ฟาร์มอรัญญิก (ศูนย์คัดเลือกพันธุ์สุกร)
4. ฟาร์มเลี้ยงปลาสวยงาม (สุเทพควาเรียม)
5. ฟาร์มปลา ป.ปลาสยาม (แควน้อย)
6. ศูนย์เพราะซากลำไม้ วังทอง
7. ศูนย์ขยายพันธุ์พืช ที่ 1
8. หน่วยป้องกันและกำจัดศัตรูพืช ที่ 3
9. สถานีตรวจอากาศ
10. สถานีทดลองข้าว
11. โรงพยาบาลพระพุทธชินราช
12. สำนักงานส่งเสริมวิชาการและบริการสาธารณสุข
13. ศูนย์วัดโรค เขต 6
14. ศูนย์โรคเรื้อน เขต 6
15. สถานีจ่ายไฟย่อย
16. ชุมสายโทรศัพท์
17. สถานีโทรคมนาคม
18. ที่ทำการไปรษณีย์โทรเลข
19. โรงงานทอผ้า (ปั่นเส้นใย ทอ ฟอก ย้อมผ้า)
20. สถานีวิทยุกระจายเสียงแห่งประเทศไทย
21. เขื่อนนเรศวร
22. วนอุทยานและน้ำตกต่าง ๆ
23. ศูนย์นกนายตัว บางระกำ
24. โรงงานทึบและอัดฝ้าย

25. โรงงานไม้ บด ปั่น ย่อยหิน
26. โรงงานทำลูกชิ้นเนื้อวัว
27. โรงงานทำห้องเย็นเก็บปลาทุ
28. โรงสีข้าว
29. โรงงานทำมันเส้น มันเม็ค
30. โรงงานทำเส้นหมี่
31. โรงงานทำเส้นก๋วยเตี๋ยว
32. โรงงานทำน้ำปลา
33. การประปาเทศบาล
34. โรงงานทำน้ำแข็ง
35. โรงงานทำน้ำดื่ม (สุวรรณน้ำทิพย์)
36. โรงงานสุรา
37. โรงงานทำไม้ปาร์เก้และปาร์เก้ไม้ไผ่
38. โรงงานอัดเศษกระดาษเศษเหล็ก
39. โรงงานผลิตยาแผนโบราณ
40. โรงงานผลิตภัณฑ์คอนกรีต
41. โรงงานบรรจุกาชออกซิเจน

7.3.4 ศูนย์ศึกษาค้นคว้าภายในครอบครัว

ผู้แต่งใคร่เสนอแนะว่า ภายในครอบครัวของเรานั้น ถ้าหากว่าได้พิจารณาหาให้ดีและรอบคอบแล้ว จะมีแหล่งความรู้ที่จะช่วยให้การเรียนการสอนของโรงเรียนมีคุณค่ามากขึ้นประเด็นสำคัญขึ้นอยู่กับว่า ครู-ผู้ปกครอง จะต้องร่วมมือกันที่จะช่วยชี้แนะและมอบหมายให้เด็กรู้จักศึกษาค้นคว้าโดยขบวนการให้เด็กช่วยตนเองให้มากที่สุด แหล่งค้นคว้าที่น่าสนใจภายในครอบครัวได้แก่

7.3.4.1 ห้องครัว หมายถึงแหล่งประกอบอาหารอันเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิต จะมีเครื่องครัว เครื่องประกอบอาหาร วัสดุต่างๆ ที่เด็กจะศึกษาค้นคว้าประกอบการเรียน และเป็นการชี้ให้เด็กมองเห็นการนำทฤษฎี กฎต่าง ๆ ในวิชาวิทยาศาสตร์มาใช้ได้

ได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะกลุ่มวิชาสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต และกลุ่มทักษะในหลักสูตร
ประถมศึกษาชั้นนั้นจะเกี่ยวข้องกันมากที่สุด

7.3.4.2 ห้องน้ำ - ห้องสุขภัณฑ์ภายในบ้าน

7.3.4.3 เครื่องใช้ภายในบ้าน เช่น อุปกรณ์ไฟฟ้า ตะเกียงแก๊ส ตะเกียงน้ำมัน
เครื่องสูบน้ำ รถจักรยาน รถไถนา รถอีแต๋น รถยนต์ บ่อน้ำ

7.3.4.4 บริเวณสวนครัว สวน ไร่-นา คอกสัตว์เลี้ยง

7.3.4.5 อุตสาหกรรมภายในครอบครัว เช่น เครื่องเขิน เครื่องจักสาน
การทอผ้า ปั่นอิฐ แกะสลัก ทำขนมชนิดต่างๆ เสริมสวย และตัด-เย็บเสื้อผ้าปรุงอาหารจำหน่าย
(ภัตตาคาร) คลินิก ห้องถ่ายภาพ และอื่น ๆ อีกมากมาย

7.4 ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปใช้

ผู้แต่งใคร่เสนอแนะการใช้ศูนย์ศึกษาค้นคว้าเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนว่า บุคคล
สำคัญที่สุดนั้นได้แก่ครูสอนจะพิจารณาบทบาทของตนเองอย่างไร จึงจะทำให้การเรียนรู้อันได้
ได้สัมฤทธิ์ผลมากที่สุด ถ้าหากจะวิเคราะห์จากขอบข่ายการเรียนการสอนแล้ว เราจะพบว่า
พฤติกรรมของเด็กที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นจะเริ่มไปจากรูปแบบที่แตกต่างกันอยู่ 2 แบบ ซึ่งได้แก่

7.4.1 ระบบที่ยึดครูเป็นแม่บท (teacher based system) ห้องเรียนจะถูกจัดไว้
เพื่ออบรมสั่งสอนให้เด็กเกิดความรอบรู้ เฉลียวฉลาด แม้ว่าจะมีวัสดุ-อุปกรณ์พร้อมเพรียงก็
ตามแต่ขอบข่ายการเรียนการสอนมักจะดำเนินไปไม่ต่อเนื่อง มีการจัดกิจกรรมเป็นระยะ บทบาท
ของครูถ้าหากว่าได้พิจารณาอย่างลึกซึ้งแล้ว จะเห็นว่าเป็นแต่เพียงส่วนประกอบส่วนหนึ่ง
ของขอบข่ายการเรียนรู้ของเด็กเท่านั้น

7.4.2 ระบบที่ยึดศูนย์ศึกษาหรือชุดสื่อการสอนเป็นแม่บท (resource or package
based system) เด็กแต่ละคนจะศึกษาค้นคว้าในวิธีการที่แตกต่างกันตามแต่เรื่องที่เด็กแต่ละคน
ให้ความสนใจโดยอาศัยสื่อและวัสดุต่าง ๆ เป็นหลัก การสอนในระบบดังกล่าวบทบาทของครู
จะลดลงไป แต่ทว่าพฤติกรรมของเด็กที่แสดงให้ปรากฏนั้น ครูผู้สอนจะสามารถวิเคราะห์ได้
ยากกว่าแบบแรก

ผู้แต่งมีความคิดเห็นว่า การใช้ศูนย์ศึกษาค้นคว้าเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนนั้น น่าจะเป็นประโยชน์ต่อระบบการศึกษาเป็นอย่างยิ่ง โดยขอยกเหตุผลมาประกอบการพิจารณาดังนี้

ประการแรก การสอนโดยยึดครูเป็นแม่แบบนั้น เราไม่สามารถจะพยากรณ์ได้อย่างเด่นชัดและมักจะได้พบเห็นอยู่ตามห้องเรียนโดยทั่วไป ส่วนการสอนโดยใช้ศูนย์หรือสื่อการสอนเป็นหลักนั้น เป็นการใช้ทรัพยากรในทุกรูปแบบเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาให้มากที่สุด

ประการที่ 2 การสอนโดยใช้สื่อการสอน หรือการใช้ศูนย์ศึกษาค้นคว่านั้นเป็นการเปิดโอกาสให้เด็กมีอิสระที่จะศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองให้สอดคล้องกับความสนใจ ครูมีโอกาสจะศึกษาพฤติกรรมของเด็กที่เปลี่ยนไปได้อย่างกว้างขวางและสามารถจะพยากรณ์ได้ว่าการเรียนรู้ของเด็กที่พิจารณาพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไปนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และเป้าหมายซึ่งกำหนดไว้หรือไม่

ประการที่ 3 ระบบการเรียนการสอนโดยการใช้ศูนย์ศึกษาค้นคว้าหรือชุดสื่อการสอน จะเน้นเรื่องกิจกรรมของเด็กเป็นสำคัญและจะเป็นการลดบทบาทของเด็กจากการเป็นผู้รับ (passive) ให้มีบทบาทเป็นผู้ปฏิบัติหรือลงมือกระทำ (active) มากขึ้น หรืออาจจะกล่าวได้ว่า ขบวนการดังกล่าวจะช่วยทำให้เด็กเกิดความรู้สึกว่า "ฉันเป็นผู้ถูกสอน" แต่เพียงฝ่ายเดียวนั้น กลับกลายเป็น "ฉันเป็นผู้เรียนรู้ด้วยตัวของฉันเอง" ได้

ประการที่ 4 ระบบการเรียนการสอนดังกล่าวจะสอดคล้องกับแผน Dalton ซึ่ง Helen Parkhurst แห่งเมือง Dalton มลรัฐ Massachusetts ประเทศสหรัฐ ได้ทดลองใช้ตั้งแต่ ค.ศ. 1920 โดยการใช้ "ระบบการให้เด็กลงมือกระทำ ปฏิบัติด้วยตนเอง" เป็นหลัก วิธีการนี้มุ่งให้เด็กสำนึกในความรับผิดชอบในการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยเปิดโอกาสให้เด็กมีความเป็นอิสระ และเวลาเป็นของตัวเองมากขึ้น

ประการสุดท้าย ผู้แต่งมีความเห็นว่า การเลือกใช้วัสดุ สิ่งของ รวมทั้งทรัพยากรต่าง ๆ อย่างถูกต้องนั้น จะเป็นการปฏิบัติภารกิจอย่างมีประสิทธิภาพ (efficiency) แต่ในการทำงานใด ๆ เราต้องคำนึงถึงผลประโยชน์อย่างแท้จริงอีกด้วย เพราะฉะนั้นประสิทธิผล (effectiveness) ของการเรียนการสอนจึงจำเป็นต้องใช้ศูนย์ศึกษาค้นคว้าและชุดการเรียนการสอน- สื่อการสอนอย่างระมัดระวังและรอบคอบอย่างที่สุด

7.5 ข้อสรุป

เมื่อผู้อ่านได้ศึกษาบทเรียนบทที่ 7 แล้ว จะให้สาระสำคัญดังต่อไปนี้

7.5.1 ความหมายของคำว่า "ศูนย์ศึกษาค้นคว้าเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอน" นั้นหมายถึงระบบการพัฒนาการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์และการประเมินผล รวมทั้งการใช้เทคนิคตลอดจนความพยายามที่จะช่วยให้เกิดการปรับปรุงขบวนการเรียนรู้ของมนุษย์ชาติให้บังเกิดผลดียิ่งขึ้น" โดยนัยดังกล่าวเราอาจจะเรียกศูนย์ศึกษาค้นคว้าฯ นี้ว่า ศูนย์เทคโนโลยีทางการศึกษาหรือศูนย์การใช้นวัตกรรมทางการศึกษาก็อ้อมได้

7.5.2 การจัดตั้งศูนย์ศึกษาค้นคว้าเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้น มีความสำคัญและจำเป็นต่อการศึกษาวissenschaft เป็นอย่างมาก ดังเหตุผลที่นำมาเสนอในข้อ 7.1.1 -7.1.6

7.5.3 มิตินของศูนย์ศึกษาค้นคว้าเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนนั้น หมายถึง ขอบข่ายและทิศทางที่บทบาทของศูนย์จะครอบคลุมในการปฏิบัติการกิจไค้อย่างทั่วถึงโดยผ่านขบวนการวางแผนอย่างรอบคอบและรัดกุม รวมทั้งการเสาะแสวงหาวิธีการต่าง ๆ ที่จะส่งเสริมการเรียนรู้ของเด็กให้บรรลุเป้าหมายให้มากที่สุด

7.5.4 ประเภทของศูนย์ศึกษาค้นคว้าเพื่อสนับสนุนการเรียนการสอนแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท คือ ศูนย์ที่ตั้งอยู่ภายในโรงเรียน ศูนย์ที่ตั้งอยู่นอกโรงเรียน ศูนย์จัดตั้งโดยภาครัฐบาลและเอกชน และศูนย์ที่อยู่ภายในครอบครัว ศูนย์แต่ละแห่งยังมีเนื้อหาสาระที่น่าสนใจอีกมากมาย

7.5.5 ศูนย์ศึกษาค้นคว้าที่อยู่นอกโรงเรียนนั้น ในปัจจุบันได้รับความสนใจจากนักวิทยาศาสตร์ นักการศึกษาและนักการศึกษาวissenschaft เป็นอย่างมาก และได้รับการสนับสนุนให้มีการศึกษาค้นคว้า รวมทั้งการวิจัยโดย UNESCO และบรรดาประเทศต่าง ๆ ในเครือสมาชิก

7.5.6 ศูนย์ศึกษาค้นคว้าที่อยู่ใกล้ตัวเด็กมากที่สุดและน่าจะเป็นแหล่งส่งเสริมการเรียนรู้ได้ดีที่สุด คือแหล่งทรัพยากรต่าง ๆ ที่อยู่ภายในครอบครัวของเด็กเอง ศูนย์แห่งนี้ถ้าครู ผู้ปกครอง พ่อแม่ และตัวเด็กให้ความสนใจร่วมกันอย่างดีและมีระบบแล้ว น่าจะเป็นศูนย์ที่เชื่อถือต่อการเรียนรู้ของเด็ก ตลอดจนการส่งเสริมให้เด็กมีทักษะและประสบการณ์ในการดำเนินชีวิตได้ดีที่สุด

7.5.7 ข้อเสนอแนะการใช้ศูนย์ประเภทต่าง ๆ รวมทั้งชุดการเรียนรู้ (package) ที่จัดทำขึ้นมาเป็นสื่อการเรียนการสอนนั้น ถ้าหากว่าครูผู้สอนจะนำไปพิจารณาอย่างรอบคอบ และลงมือปฏิบัติอย่างจริงจังแล้ว ย่อมจะช่วยทำให้การเรียนการสอนมีทั้งประสิทธิภาพและ ประสิทธิภาพมากที่สุด

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

คำถามท้ายบท

1. ท่านคิดว่า การจัดตั้งศูนย์ศึกษาค้นคว้าเพื่อการเรียนการสอนนั้นมีความสำคัญและความจำเป็นอย่างไร
2. ถ้าท่านเป็นผู้บริหารสถานศึกษาหรือเป็นครูสอนวิทยาศาสตร์ประสบปัญหาในการจัดตั้งศูนย์ศึกษาค้นคว้าเพื่อสนับสนุนการสอนภายในโรงเรียนของท่าน ท่านมีวิธีการอย่างไรที่จะหาแหล่งทรัพยากรต่าง ๆ มาใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนรู้ของเด็ก
3. ถ้าท่านเป็นครูสอนในโรงเรียนประถมศึกษาที่อยู่ในชนบทและห่างไกลจากแหล่งความเจริญมาก ๆ ท่านคิดว่าการใช้ทรัพยากรในครอบครัวของเด็กเพื่อสนับสนุนการเรียนรู้จะมีอุปสรรคมากเพียงใด และท่านจะสามารถหาวิธีการแก้ไขอย่างไรบ้าง
4. ในการสอนให้เด็กมีประสบการณ์ในด้านทักษะและสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตนั้นท่านคิดว่า
 - 4.1 การใช้ตำรา
 - 4.2 การใช้เครื่องโสตทัศนูปกรณ์
 - 4.3 การใช้ทรัพยากรในห้องอื่น
 - 4.4 ใบสั่งงานจะมีผลดีแตกต่างกันอย่างไร จงอธิบายและให้เหตุผลประกอบ
5. จงให้เหตุผลประกอบการพิจารณาว่า ศูนย์ศึกษาค้นคว้าเพื่อสนับสนุนการเรียนประเภทใดที่เด็กจะได้รับประโยชน์และประหยัคมากที่สุด

วัตถุประสงค์ที่คาดหวัง

เมื่อผู้อ่านได้ศึกษาเนื้อหาสาระของบทที่ 8 แล้วจะสามารถให้คำอธิบายต่อปัญหาเหล่านี้ได้

1. ชีวิตที่มีการบูรณาการนั้นเป็นอย่างไร
2. ทำไมจึงต้องเน้นการเรียนการสอนเชิงบูรณาการ
3. เป้าหมาย ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์มีความสำคัญและสัมพันธ์กันอย่างไร
4. การเลือกความมุ่งหมายและการเขียนวัตถุประสงค์ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการควรทำอย่างไร
5. ทำไมจึงต้องสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการ
6. วิชาวิทยาศาสตร์มีผลกระทบต่อการพัฒนาตนเองและสังคมอย่างไรบ้าง
7. เราควรให้ความสำคัญอะไรบ้าง จึงจะทำให้ขบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการได้รับผลดี
8. เราจะสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการด้วยวิธีการสอนอย่างไร
9. ยุทธวิธีและเทคนิคในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์นั้น สำคัญและจำเป็นอย่างไร

บทที่ 8

การสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการ

สาระสำคัญ

เมื่อผู้อ่านได้ศึกษาเนื้อหาสาระของบทที่ 8 แล้วจะสามารถให้คำอธิบายต่อปัญหาเหล่านี้ได้

1. ชีวิตที่มีการบูรณาการนั้นเป็นอย่างไร
2. ทำไมจึงต้องเน้นการเรียนการสอนในเชิงบูรณาการ
3. เป้าหมาย ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์มีความสำคัญและสัมพันธ์กันอย่างไร
4. การเลือกความมุ่งหมายและการเขียนวัตถุประสงค์ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการควรทำอย่างไร
5. ทำไมจึงต้องสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการ
6. วิชาวิทยาศาสตร์มีผลกระทบต่อการพัฒนาตนเองและสังคมอย่างไรบ้าง
7. เราควรให้ความสำคัญอะไรบ้างจึงจะทำให้กระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการได้รับผลดี
8. เราจะสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการด้วยวิธีการสอนอย่างไร
9. ยุทธวิธีและเทคนิคในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์นั้น สำคัญและจำเป็นอย่างไร

บทที่ 8

การสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการ (integrated science teaching)

8.1 ความหมายและการพัฒนาการของ "บูรณาการ" ในวงการศึกษา

เรื่องของคำว่า "บูรณาการ" นั้น บรรดานักการศึกษาเริ่มให้ความสนใจและนำมาใช้กันเมื่อประมาณ 15-20 ปีที่ผ่านมา และมีการเน้นกันมากในเรื่องการพัฒนาหลักสูตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลักสูตรประถมศึกษาพุทธศักราช 2521 ที่กำลังใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ผู้แต่งคิดว่าเรื่องความเป็นมาของคำว่า "บูรณาการ" (integration) นั้น ศาสตราจารย์ ดร.สาโรช บัวศรี นักการศึกษาคนสำคัญของประเทศไทยได้เสนอไว้อย่างน่าสนใจมากที่สุด ซึ่งมีเนื้อหาสาระสำคัญดังต่อไปนี้

8.1.1 ความหมายของคำว่า "บูรณาการ"

โดยทั่ว ๆ ไป ชีวิตของมนุษย์แต่ละคนย่อมจะเต็มไปด้วยปัญหา ถ้าไม่สามารถจะแก้ปัญหาเหล่านั้นให้ตกไปเสียโดยเร็ว มนุษย์ก็จำเป็นต้องทนทรมานไปก่อน ก็ต้องเป็นทุกข์นั่นเอง

ปัญหาต่าง ๆ ของมนุษย์นั้นย่อมมีหลายระดับและหลายประเภท ยกตัวอย่าง มนุษย์ต้องประสบปัญหาหรือเกิดความทุกข์ เนื่องจาก

- ไม่มีอาหารการกินพอเพียง ออก ๆ อด ๆ
- ไม่มีเครื่องนุ่งห่มพอเพียง เสื้อผ้าขาดวิน มีชุดเดียว
- ไม่มีบ้านช่องอาศัย ต้องอาศัยผู้อื่นหรือต้องไปเช่าบ้านของผู้อื่นด้วยความลำบากยากเย็น และอยู่ไกลจากที่ทำงานมาก
- ไม่มียารักษาโรคที่ตีพอบ เจ็บ ๆ ป่วย ๆ ไม่ได้รับการรักษาจากแพทย์

หรือ

- ไม่ปฏิบัติตามกฎหมายของบ้านเมือง
- ถูกหลอกลวงไปในทางที่ผิด เช่น ถูกหลอกให้เนรคุณบิดามารดาของตนเอง ถูกหลอกให้เสพยาเสพติด เป็นต้น
- ไม่มีอาชีพเป็นหลักแหล่งแน่นอน ไม่มีรายได้ เกิดความยากจน
- ไม่เข้าใจเรื่องคุณธรรม ศีลธรรม ประพฤติคนในทางเลวร้ายอยู่เรื่อยๆ จะต้องเข้าถึงคุกเข้าตาราง
- ไม่ได้รับการศึกษาอบรมตามที่เหมาะสม ทำให้เกิดปัญหาในการดำรงชีพ
- ตกไปอยู่ในตำบลบ้านที่ไม่มีถนน ไม่มีน้ำประปา ไม่มีไฟฟ้า ไม่มีโรงพยาบาล ไม่มีโรงเรียน ฯลฯ ทำให้ชีวิตแร้นแค้น
- ตกอยู่ในห้วงแห่งอบายมุข ในใจเต็มไปด้วยความโลภ ความโกรธ และความหลงผิดนานาประการ
- ไม่ได้รับความยุติธรรม
- ฯลฯ

ถ้ามนุษย์สามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ในการดำรงชีวิตของตนตกไปพอสมควร หรือตกไปเป็นส่วนมาก เช่น ในเรื่องปัจจัยสี่ (อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัย และยารักษาโรค) ในเรื่องการทำงานหาเลี้ยงชีพ ในเรื่องการมีคุณธรรม ศีลธรรมประจำใจ เป็นต้นแล้ว ชีวิตของบุคคลผู้นั้นก็พอจะดำรงไปได้ เรียกว่าชีวิตมีสมดุลย์ (equilibrium) พอสมควร มีความสุขพอสมควร หรือมีความสมบูรณ์ พอสมควร

ตรงกันข้าม ถ้ามนุษย์ไม่สามารถจะแก้ปัญหาพื้นฐานในชีวิตของตนให้หลุดพ้นไปได้ เช่น ยังลำบากในเรื่องที่อยู่ ยังลำบากในเรื่องอาหารการกิน มีโรคภัยไข้เจ็บมาก งานก็ไม่มีจะทำ ซ้ำยังคิดยาเสพติดอีกด้วย ชีวิตของบุคคลผู้นั้นย่อมจะเต็มไปด้วยความกังวล ทุกข์ทรมาน ไร้ความสุข เรียกว่าชีวิตไม่มีสมดุลย์ ไม่มีความสมบูรณ์ เป็นทุกข์มาก

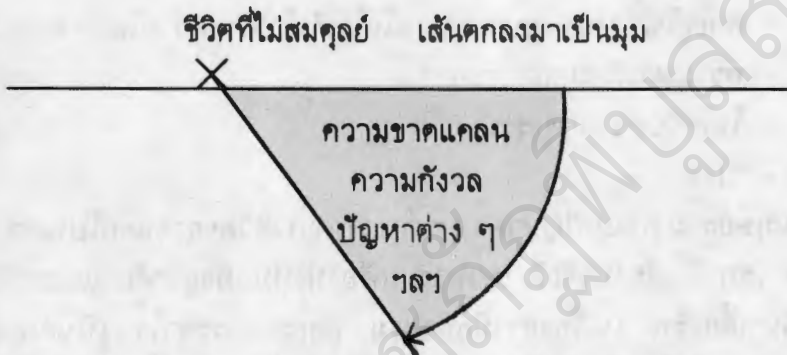
ชีวิตของบุคคลผู้ที่แก้ปัญหาในชีวิตได้เป็นส่วนมาก ไม่มีความทุกข์มากมายนัก หรือที่เรียกว่าชีวิตมีความสมดุลย์ หรือมีความสมบูรณ์พอสมควรนั้น ชีวิตเปรียบได้กับ เส้นตรง ดังในรูปต่อไปนี้

ชีวิตที่มีสมดุล (equilibrium)



ในกรณีเช่นนี้ บุคคลผู้นั้นก็จะต้องพยายามรักษาสถานการณหรือปรับปรุงชีวิตให้มีสมดุลหรือให้เป็นเส้นตรงอยู่เสมอ

ส่วนชีวิตของบุคคลที่แก้ปัญหาในชีวิตไม่ได้ มีแต่ความขาดแคลน ความกังวล และความทุกข์หรือที่เรียกว่า ชีวิตไม่มีความสมดุล มีแต่ปัญหามากมายนั้น ชีวิตเปรียบได้กับ เส้นที่ตกลงมาเป็นมุมภายในมุมก็คือปัญหาต่าง ๆ ความขาดแคลน ความทุกข์ ฯลฯ ดังในรูปข้างล่างนี้



ในกรณีเช่นนี้ บุคคลผู้นี้จะต้องพยายามอย่างยิ่งที่จะแก้ปัญหาของตนตามแนวทางของคุณธรรมและศีลธรรม เพื่อจะยกเส้นที่ตกลงมานั้น กลับขึ้นไปตามเดิม คือพยายามให้เกิดความสมดุลตามสมควรให้จงได้

ดังนั้น การมี สมดุล หรือการมี ความสมบูรณ์ จึงเป็นสิ่งจำเป็น และพึงประสงค์ยิ่งในชีวิตของมนุษย์ทุกคน

คำว่า สมดุล (equilibrium) นี้ใช้กันมากในวิชาวิทยาศาสตร์ แต่ในวิชาการศึกษาใช้คำว่า บูรณาการ (integration) ทั้งสองคำนี้ มีความหมายทำนองเดียวกัน

ตอนที่บัญญัติศัพท์คำว่า "integration" นั้น ก็คิดกันว่า คำนี้หมายถึง ความสมบูรณ์ (คือความปราศจากความกังวล ปราศจากความทรมานใจและทรมานกาย ปราศจากปัญหา

ที่ร้ายแรงจนแก่ไม่ไหว ปรากฏจากภัย ฯลฯ) ดังนั้นจากคำว่า สมบูรณ์ ที่ใช้กันอยู่แล้ว ก็เอาคำ
บูรณ มากำหนดเสียใหม่เป็น บูรณาการ

ว่าที่จริงแล้ว ความคิดเกี่ยวกับสภาพที่ปรากฏจากภัย ปรากฏจากความปวคร้าว หรือ
ปรากฏจากปัญหาร้ายแรงทั้งปวงนี้ ก็เป็นความคิดเก่าแก่ สภาพเช่นกล่าวนี้ ถ้าเผื่ออยู่ในระดับ
สูงสุด คือถ้าถึงขั้นที่ปรากฏจากโลก โกรธ หลง โดยเด็ดขาดแล้ว ก็คือสภาพที่เรียกว่า นิพพาน
นั่นเอง แต่สำหรับระดับต่ำ ๆ ในฐานะเป็นมนุษย์ธรรมดา สภาพที่เรียกว่า บูรณาการ ก็เป็นสิ่งที่
พึงประสงค์อย่างยิ่งแล้ว

8.1.2 ความพยายามของครูในการที่จะให้นักเรียนได้มี "บูรณาการ"

ตามที่กล่าวแล้วบูรณาการหรือสภาพที่ปรากฏจากความกังวล ปวคร้าว ปรากฏจากภัย
หรือปรากฏจากปัญหาอันร้ายแรง เป็นสิ่งที่มนุษย์ปรารถนา ในทำนองเดียวกันครูก็ต้องการให้
นักเรียนของตนได้มีบูรณาการด้วยนักเรียนจะมีปัญหาเรื่องการเล่าเรียนคือเรียนไม่เข้าใจ ไม่รู้เรื่อง
เลยไม่สนใจในการเล่าเรียน ทำให้เรียนไม่ได้ผล สอบตก มีแต่ความหนักใจ บางครั้งก็ไม่มี
หนังสือเรียน ไม่มีเสื้อผ้าสำหรับแต่งกายไปโรงเรียน ไม่มีเงินจะซื้ออาหารกลางวันรับประทานที่
โรงเรียน ไม่มีพาหนะเดินทางไปโรงเรียน บางครั้งก็ไม่อยากไปโรงเรียน เพราะถูกเพื่อนรังแก
ข่มเหง มีความทุกข์ระทม บางทีไม่มีความอบอุ่นใจเลย รู้สึกไม่เป็นส่วนหนึ่งของชั้น บางทีก็
ขาดความมั่นใจ เพราะไม่เคยมีโอกาส หรือไม่เคยได้รับการสนับสนุนให้กระทำสิ่งอะไรสำเร็จ
สักอย่างเดียว จึงทำให้รู้สึกหวั่นใจเกรงกลัวอยู่เรื่อย ๆ ฯลฯ ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นปัญหาสำคัญ
สำหรับชีวิตของเด็กทั้งสิ้น กล่าวคือเป็นเรื่องที่ทำให้นักเรียน ไม่มีบูรณาการ ทั้งสิ้น

ครูที่ได้ร่ำเรียนวิชาการศึกษามาเป็นอย่างดี ก็คงจะสำนึกในปัญหาต่างๆ ของนักเรียน
อยู่เสมอ แล้วก็พยายามอย่างยิ่งที่จะช่วยนักเรียนของตนให้พ้นจากปัญหาต่าง ๆ เหล่านั้น เพื่อ
ที่จะช่วยนักเรียนแก้ปัญหาดังกล่าว โรงเรียนจึงจัดโครงการแนะแนว โครงการสอนเพิ่มเติม
โครงการใช้วัสดุทัศนอุปกรณ์ โครงการให้รับประทานอาหารกลางวันโดยไม่คิดมูลค่าหรือโดย
ราคาถูกลงมาก โครงการแจกเสื้อผ้าแก่นักเรียนที่ขัดสน โครงการให้มีรถรับ-ส่งนักเรียน โครงการ
จัดตั้งชุมนุมต่างๆเพื่อให้นักเรียนได้รู้สึกเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่ม โครงการให้มีครูประจำตัวนักเรียน
เพื่อคอยรับทราบสุขทุกข์ และช่วยแก้ปัญหทั้งปวง ฯลฯ

สำหรับในเรื่องการเล่าเรียนโดยตรง ปรากฏว่าครูได้พยายามอย่างยิ่งที่จะช่วยนักเรียนเพื่อให้เกิดความเข้าใจและเรียนเป็นผลสำเร็จ และเกิดมีบูรณาการ ทั้งนี้โดยที่ได้ทำการปรับปรุงหลักสูตร ประการหนึ่ง และทำการ ปรับปรุงวิธีสอน อีกประการหนึ่ง

พูดอีกนัยหนึ่ง การปรับปรุงทั้งสองประการนั้น ก็เพื่อว่านักเรียนจะได้เล่าเรียนโดยที่ไม่รู้สึกยากเย็นจนเกินไป เพื่อว่าจะได้เรียน ตรงกับความจำเป็น และความต้องการของนักเรียน และเพื่อว่าจะได้เป็นการช่วยแก้ปัญหาทั้งปวงที่นักเรียนกำลังเผชิญอยู่อีกด้วยเท่าที่จะทำได้

รายละเอียดของการพยายามที่จะปรับปรุงหลักสูตรและปรับปรุงวิธีสอนเพื่อให้นักเรียนจะได้เกิดมีบูรณาการนั้น จะได้กล่าวต่อไป

8.1.3 ความพยายามของครูเกี่ยวกับ "หลักสูตร" เพื่อให้นักเรียนได้มี "บูรณาการ"

ตามที่ทราบกันอยู่ทั่วไปในตอนแรกนั้น การสอนวิชาต่าง ๆ ย่อมจะ แยกสอน เป็นวิชา ๆ ไปไม่เกี่ยวข้องกัน เช่น วิชาอ่านไทย วิชาคำไทย วิชาเลขคณิต วิชาภูมิศาสตร์ วิชาประวัติศาสตร์ วิชาหน้าที่พลเมือง วิชาขับร้อง วิชาการฝีมือ วิชาพลศึกษา เป็นต้น ต่างวิชาต่างก็สอนแยกกันไม่เกี่ยวข้องกัน

ต่อมาครูได้มองเห็นว่า ว่าที่จริงแล้ววิชาเหล่านี้สัมพันธ์กันอยู่มาก ไม่ได้แยกออกจากกันโดยเด็ดขาดอย่างนั้นเลย ถ้านักเรียนได้เรียนให้สัมพันธ์กันเสียบ้างแล้ว ก็คงจะเข้าใจดีขึ้น เกิดความหมายแจ่มชัดขึ้น และอาจทำให้เรียนได้ผลดีขึ้น ไม่ต้องเป็นทุกข์จนเกินไปในการศึกษาเล่าเรียนและดังนั้นจะเป็นการช่วยให้เกิดบูรณาการขึ้นได้บ้าง

เมื่อมองเห็นเช่นนี้แล้ว ครูก็พยายามที่จะสอนให้สัมพันธ์กัน เพื่อให้นักเรียนจะได้มองเห็นภาพทั้งหมดของเนื้อวิชา ซึ่งจะทำความเข้าใจยิ่งขึ้น เท่าที่ทราบตั้งแต่ต้นมาจนถึงบัดนี้ ครูได้พยายามจัดวิชาที่จะสอนให้สัมพันธ์กัน หรืออีกนัยหนึ่งก็คือ ปรับปรุงหลักสูตรได้ 4 วิธี คือ

วิธีที่ 1 พยายามจัดสอนวิชาบางวิชา ที่เห็นว่าเกี่ยวข้องกันอย่างชัดเจนเอาไว้ในสัปดาห์เดียวกัน หรือในเดือนเดียวกัน หรือในภาคเรียนเดียวกันเสีย ยกตัวอย่าง ถ้าในวิชาประวัติศาสตร์กำลังเรียนประวัติศาสตร์ไทยและถ้าในวิชาภูมิศาสตร์ก็มีเรียนภูมิศาสตร์ประเทศไทยด้วย แต่ว่าในหลักสูตรได้กำหนดแยกสอนกันอยู่คนละปีการศึกษา ก็พยายามจัดให้ประวัติศาสตร์ไทยได้มาสอนในภาคเรียนเดียวกันเสีย และพอถึงวิชาเรียงความไทยก็ให้เรียงความเกี่ยวกับปัญหา

ของประวัติศาสตร์ไทยตอนที่กำลังเรียนอยู่นั้นอีกด้วย เป็นต้น ซึ่งทำให้เกิดความเข้าใจแน่นแฟ้นขึ้น และอาจไม่เบื่อหน่าย

การคิดได้ดังกล่าวนี้ ในตอนแรก ๆ ก็เป็นที่ตื่นเต้นกันในหมู่วิชาจารย์ผู้มีใช้น้อย นับได้ว่าเป็นการพยายามจัดวิชาหรือจัดหลักสูตรที่มุ่งให้เกิดบูรณาการในชั้นเริ่มแรก หรือเบื้องต้น อย่างที่สุด

วิธีที่ 2 ต่อมาครูเห็นว่าเพื่อให้เรียนได้สะดวก สัมพันธ์กัน ตรงต่อความต้องการและความจำเป็นของชีวิต และทำให้เข้าใจง่ายยิ่งขึ้นไปอีก ก็ควรจะได้รวมวิชาที่ใกล้เคียงกันมาก ๆ ให้อยู่ในกลุ่มเดียวกันเสีย โดยให้เป็นกลุ่มวิชากว้าง ๆ (broad field)

ยกตัวอย่าง วิชาอ่านไทย วิชาเขียนไทย วิชาเรียงความไทย วิชาไวยากรณ์ไทย วิชาย่อความไทย เหล่านี้ ให้รวมกันเป็นกลุ่มเดียวและให้เฟื่องถึง การพูด การฟัง การเขียน และการอ่าน โดยเรียกเสียใหม่ว่า วิชาภาษาศิลปะ (language art) และอาจแบ่งออกเป็นสองส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. ส่วนที่รับเข้า ได้แก่ การอ่าน และการฟัง
2. ส่วนที่แสดงออก ได้แก่ การเขียน และการพูด

ตัวอย่างอื่นก็มีอีก เช่น การรวมวิชาภูมิศาสตร์ วิชาประวัติศาสตร์ วิชาเศรษฐศาสตร์ วิชาสังคมวิทยาเข้าเป็นวิชาสังคมศึกษา (social studies) หรือ การรวมบางส่วนของวิชาฟิสิกส์ วิชาเคมีและวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป (general science) เป็นต้น ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นวิธีการที่เรียกว่า broad field เป็นต้น

การคิดวิธีการนี้ออกมา ก็ทำให้การเรียนของนักเรียนได้มีความหมายยิ่งขึ้น มีความรู้ติดต่อด้านกันอย่างกว้างขวางและแน่นแฟ้น ช่วยทำให้การเรียนไม่เป็นที่เบื่อหน่าย นับเป็นการพยายามจัดหลักสูตรให้เกิดบูรณาการเป็นขั้นที่สอง

วิธีที่ 3 ต่อมา วิชาการศึกษา หรือ วิชาศึกษาศาสตร์ ได้เจริญก้าวหน้าไปอีกมาก จึงทำให้เกิดความคิดว่า ควรจะได้มุ่งทำให้เกิด บูรณาการ ให้แจ่มชัดยิ่งขึ้นกว่าเดิม ซึ่งอาจจะทำได้โดยคราวนี้เปลี่ยนแปลงให้ถึงโครงสร้างของหลักสูตร ไม่ใช่เปลี่ยนแปลงเพียงจัดกลุ่มวิชานั้น ดังนั้นจึงได้ดำเนินการแบ่งหลักสูตรออกเป็นสองตอนใหญ่ ๆ ดังปรากฏในตารางต่อไปนี้

<p>ตอนที่ 1 วิชาแกนกลาง ซึ่งมุ่งให้เกิดบูรณาการโดยตรง (เรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า วิชา central core)</p>	<p>ตอนที่ 2 วิชาอื่น ๆ แยกสอนเป็นวิชา ๆ ไปตามเดิม มุ่งให้เกิดความรู้และความชำนาญในแต่ละวิชา(เรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า subject mastery)</p>
<p>ลักษณะทั่ว ๆ ไปของวิชาแกนกลางมีดังต่อไปนี้</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. บังคับสำหรับทุกคน เพราะหวังว่าผู้เรียนทุกคนจะได้เกิดมีบูรณาการโดยตรง 2. กำหนดหัวข้อที่จะเรียนไว้กว้างๆเป็นการล่วงหน้า โดยที่ให้ความรู้เหล่านั้นเป็นจุดสนใจร่วมกันของเด็กในวัยนั้น เช่นกำหนดว่าให้เรียนหัวข้อเรื่อง ร่างกายของเรา บ้านของเรา โรงเรียนของเรา เป็นต้น ซึ่งถือเอาว่าเป็นเรื่องที่ทุกคนควรจะสนใจร่วมกันแน่นอน คือเป็น center of interest ร่วมกัน 3. ครูกับนักเรียนมาพิจารณาร่วมกัน คือเรียกว่า teacher-pupil planing เกี่ยวกับหัวข้อกว้าง ๆ นั้น เพื่อกำหนดรายละเอียดที่จะเรียนกัน เพื่อให้ตรงกับเหตุการณ์ และลักษณะของท้องถิ่น รายละเอียดเหล่านี้คงจะรวมถึง ความรู้ ทัศนคติ และทักษะที่จำเป็นและสมควรจะทราบร่วมกัน 	<p>วิชาต่าง ๆ เช่น ภาษาไทย คณิตศาสตร์ วิชาการงานและอาชีพ วิชาพลศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์ ฯลฯ ก็คงเรียนกันไปตามปกติ โดยที่ครูใช้วิธีสอนเฉพาะสำหรับวิชานั้นๆในการสอน ถ้าวิธีสอนเฉพาะที่ใช้เป็นวิธีวิทยาศาสตร์หรือวิธีแก้ปัญหาอยู่ในตัว ก็ยิ่งจะเป็นการช่วยให้เกิดบูรณาการด้วยอีกส่วนหนึ่ง</p>

ที่กล่าวในตารางนั้นหมายความว่า

1. แบ่งโครงสร้างของหลักสูตรออกเป็นสองตอน ตอนแรกเรียกว่า วิชาแกนกลาง ตอนที่สองก็คงเป็นวิชาต่าง ๆ แยกสอนเป็นวิชา ๆ ไป ตามปกติ

2. วิชาแกนกลาง มุ่งจะให้เกิดบูรณาการโดยตรง เพราะจะช่วยให้นักเรียนได้ทราบ หรือได้เรียนสิ่งซึ่งสนใจร่วมกัน หรือสิ่งทีอาจเป็นเรื่องที่หนักใจหรือเป็นปัญหาของนักเรียนอยู่ วิชาแกนกลางนี้จะช่วยบรรเทาความหนักใจลงได้บ้าง ซึ่งเป็นการช่วยทำให้เกิดบูรณาการ ตามสมควร

3. วิชาอื่น ๆ ซึ่งแยกเรียนเป็นวิชา ๆ ไปนั้น ก็มุ่งให้เกิดทักษะที่ต้องการ เช่น ทักษะในการอ่าน การเขียน และการคิดเลข เป็นต้น หรือมุ่งให้เกิดความรู้สำคัญ เช่น วิชาการงาน และอาชีพ หรือมุ่งให้เกิดมีทัศนคติที่ดี เช่น วิชาศีลธรรม เป็นต้น

การคิดวิธีการนี้ออกมา ก็ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญในการพัฒนาหลักสูตร และทำให้มั่นใจยิ่งขึ้นว่า ครูกำลังช่วยให้นักเรียนมีบูรณาการ ทั้งนี้นับเป็นการพยายามจัด หลักสูตรให้เกิดบูรณาการเป็นขั้นที่สาม

วิธีที่ 4 ต่อมาได้คิดการปรับปรุงวิธีที่สามให้ลึกซึ้งลงไปอีกโดยยังคงแบ่งโครงสร้างของหลักสูตรออกเป็น 2 ตอนตามเดิม แต่มีการเปลี่ยนแปลงรายละเอียดตามในตารางดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 พยายามแก้ปัญหาของเด็กร่วมกัน ซึ่งเป็น การมุ่งให้เกิดบูรณาการยิ่งขึ้นไปอีก โดย ถือเอาตัวเด็ก ซึ่งก็คือปัญหาของเด็กนั่นเอง เป็นศูนย์กลาง เรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า child-centered program	ตอนที่ 2 วิชาอื่น ๆ แยกสอนเป็นวิชาๆ ไปตามเดิม มุ่งให้เกิดความรู้ และความชำนาญในแต่ละ วิชาเรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า subject mastery
ลักษณะทั่ว ๆ ไปของหลักสูตรตอนแรกมีดังนี้ 1. บังคับสำหรับทุกคน เพราะจะเป็นการช่วย แก้ปัญหาโดยตรงของเด็ก ซึ่งเมื่อได้แก้ปัญหาคงไป แล้วก็จะช่วยให้เกิดบูรณาการได้อย่างจริงจัง เนื่องจาก	วิชาต่าง ๆ เช่น ภาษาไทย ภาษา- ต่างประเทศ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ วิชาการงานและอาชีพ วิชาคุณธรรม ศีลธรรม ฯลฯ ก็คงเรียนกันไปตามปกติ

คนเรานั้นย่อมเต็มไปด้วยปัญหาถ้าปัญหาเบาบางลง ก็ย่อมจะมีชีวิตที่ดีขึ้น

2. ไม่มีการกำหนดไว้ล่วงหน้าในหลักสูตรว่าจะให้เรียนอะไร หรือจะเรียนตามจุดสนใจอะไรเป็นแต่เพียงกำหนดช่วงเวลาไว้ให้ สุดท้ายจะกำหนดกันเอง

3. ครูและนักเรียนช่วยกันกำหนดกันเองว่าจะอะไรเป็นปัญหาสำคัญที่อยากจะพิจารณาหรือแก้ไขกันซึ่งแปลว่าครูจะต้องมีความชำนาญชำนาญเป็นอย่างดีแล้วก็ตามดำเนินการเรียนการสอนเป็นปัญหา ๆ ไป ทั้งนี้โดยหวังจะให้ นักเรียนรู้จักคิดเป็นตัดสินใจเป็น แก้ปัญหาเป็น รู้จักปรับตัวเอง รู้จักทำงานให้แก่อสังคม แล้วก็เกิดบูรณาการเพราะว่าได้แก้ปัญหาของตนเองสำเร็จลุล่วงไป

โดยที่ครูใช้วิธีสอนเฉพาะสำหรับวิชานั้น ๆ ในการสอน ถ้าวิธีเฉพาะที่ใช้เป็นวิธีวิทยาศาสตร์หรือวิธีแก้ปัญหายุ่งตัวก็ยิ่งจะเป็นการช่วยให้เกิดบูรณาการด้วยอีกส่วนหนึ่ง

การคิดวิธีการนี้ออกมา เป็นการปรับปรุงหลักสูตรแบบที่สาม เพื่อให้เกิดบูรณาการยิ่งขึ้นเพราะมุ่งแก้ปัญหาของนักเรียนโดยตรง ในแบบที่สามนั้นไม่ได้พูดเรื่องปัญหาโดยตรงนัก แต่พูดเรื่องจุดสนใจหรือศูนย์สนใจ (center of interest) ทั้งนี้นับเป็นการพยายามจัดหลักสูตรให้เกิดบูรณาการ เป็นขั้นที่สี่ ปรากฏว่าการศึกษายุ่งตัวแบบเบ็ดเสร็จของประเทศไทย มีลักษณะการจัดตามวิธีนี้อยู่เป็นอันมาก

การพยายามจัดหลักสูตรทั้ง 4 แบบนี้ เป็นการแสดงให้เห็นชัดเจนว่า ครูหรือนักการศึกษาได้พยายามเป็นอย่างยิ่งที่จะให้นักเรียนของตนได้มีบูรณาการ

ความคิดเรื่อง นวัตกรรมนี้ ได้มีประวัติย่อ ๆ มาดังนี้

1. ปี พ.ศ. 2473 (ค.ศ.1930) ในประเทศสหรัฐอเมริกา นักการศึกษาและครู ได้เริ่มคิดเรื่องนวัตกรรมการ แล้วก็ทำการทดลองการศึกษา (รวมทั้งทดลองเรื่องนวัตกรรมการ) กันเป็นเวลา 8 ปี ได้เรียกการทดลองการศึกษากครั้งใหญ่นี้ว่า The 8- Year Study

2. ปี พ.ศ. 2483 (ค.ศ.1940) ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้นำผลการทดลอง 8 ปีนั้นมาใช้กันโดยแพร่หลายในโรงเรียนทั่ว ๆ ไป และเรียกการศึกษาในยุคนี้ว่า "การศึกษาแผนใหม่" (progressive education) นำเอาความรู้เรื่อง "นวัตกรรม" ไปใช้กันโดยแพร่หลาย

3. ปี พ.ศ.2496 (ค.ศ.1953) ได้มีการเรียนการสอนเรื่อง การศึกษาแผนใหม่ และเรื่อง นวัตกรรม เป็นครั้งแรกในประเทศไทย ที่วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร และสมาคมการศึกษาแห่งประเทศไทยก็ได้ช่วยเผยแพร่ความคิดนี้ออกไปอย่างกว้างขวาง

4. ปี พ.ศ.2520 (ค.ศ.1977) กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ จัดทำหลักสูตรประถมศึกษาตามแนวของหลักสูตรบางประการ และได้ทำการทดลองดูก่อนในโรงเรียนประถมศึกษาหลายแห่งเป็นเวลา 1 ปี เมื่อทดลองดูเห็นว่าได้ผลดี กระทรวงศึกษาธิการ จึงประกาศให้ใช้หลักสูตรใหม่นี้ได้ในปีการศึกษา 2521 และเรียนหลักสูตรใหม่นี้ว่า "หลักสูตรประถมศึกษา พุทธศักราช 2521" ทั้งนี้ให้เริ่มเปลี่ยนหลักสูตรได้ปีละชั้น คือ ในปีการศึกษา 2521 ให้ใช้หลักสูตรใหม่นี้เฉพาะในชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ในปีการศึกษา 2522 ให้ใช้เพิ่มขึ้นในชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 และทำเช่นนี้เรื่อย ๆ ไปปีละชั้นจนครบทั้ง 6 ชั้นของประถมศึกษา

8.1.4 ความพยายามของครูที่เกี่ยวกับ"วิธีสอน"เพื่อให้นักเรียนได้มี "นวัตกรรม"

นอกจากการปรับปรุงหลักสูตรที่กล่าวมาแล้ว ครูยังได้ชวนช่วยปรับปรุงวิธีการสอน ด้วยเพื่อจะช่วยให้เด็กได้คิดเป็นแก้ปัญหาเป็นซึ่งจะช่วยก่อให้เกิดนวัตกรรมขึ้นมาให้จงได้

เนื่องจากว่าเด็กต้องประสบปัญหามาก และต้องการจะได้แก้ปัญหาเหล่านั้นให้ตกไปให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ดังนั้นท่าอย่างไรเด็กจึงจะแก้ปัญหาเป็น ท่าอย่างไรเด็กจึงจะคิดเป็น เมื่อคิดเช่นนี้แล้ว ครูก็มองออกทันทีว่าก็ให้เด็กได้รู้จักวิธีแก้ปัญหาเสียซี เมื่อรู้จักแล้วเขาจะได้นำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ทันที และนำติดตัวไปใช้แก้ปัญหาต่อไปข้างหน้าอีกด้วย

ครูจึงตกลงใจใช้วิธีแก้ปัญหา (problem-solving method) เป็นวิธีสอน ซึ่งจะทำให้นักเรียนได้ประสบและได้ทราบวิธีการอันสำคัญนี้ไปในตัว และนำติดตัวไปใช้ของตนเองภายหลัง

ขอยกตัวอย่าง การสอนเรื่อง ศิลป์ โดยใช้วิธีการแก้ปัญหา เป็นวิธีสอนโดยสังเขป ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ปัญหา ค่ายปรากฏว่าในชั้นของเรามีปัญหามาก คืออยู่กันโดยไม่ราบเรียบ มีของหายบ่อย นักเรียนโตชมเหลงนักเรียนตัวเล็กกว่า เช่น ชูเข็มหรือชกต่อยทำร้ายกัน บางทีก็มีการโกหก หลอกให้เข้าใจผิด เมื่อคนถูกหลอกไปทำอะไรเข้าตามที่ถูกเขาหลอกนั้นก็ชวนกันโห่ให้ได้อาย บางคนไปแอบสูบบุหรี่หรือดื่มสุราหรือไปทลกลงเสาเฮอร์อื่นก็มี รวมความว่ามีปัญหา ร้ายแรงอยู่มาก ทำให้การเรียนไม่ได้ผลและไม่อาจเล่าเรียนโดยปกติสุขได้

ขั้นที่ 2 ตั้งสมมุติฐาน เมื่อทราบปัญหาเช่นนี้แล้วจะอย่างไรดี ตามหลักวิชาที่ว่า เราจะต้องแก้ปัญหาดังต่าง ๆ ตรงสาเหตุของปัญหานั้น ๆ

สาเหตุก็จะมีหลายระดับแต่ในระดับที่ไม่ยากนักหรือระดับเบื้องต้นก็พอจะมองเห็นได้ว่า

- เรายังไม่ได้ออกกฎหรือระเบียบของชั้นที่แจ้งให้ทราบว่าสิ่งเหล่านั้นเป็นสิ่งไม่ควรกระทำ
- พวกเราบางคนขาดแคลน ฐานะการเงินไม่ค่อยดี ไม่มีเงินซื้อดินสอ ซื้อสมุด ซื้อหนังสือ หรืออาหารกลางวัน
- บางคนหลงระเริงใจไป ไม่คิดถึงอกเขาอกเรา ชอบหลอกหลวง หรือชมเชยผู้ที่มีกำลังน้อยกว่า
- อื่น ๆ อีก

ดังนั้น สมมุติฐานของเราก็คือ ต้องปฏิบัติการบางประการเพื่อแก้ไขตามสาเหตุของปัญหาเหล่านั้นเป็นข้อ ๆ ไป เช่น

- ช่วยกันกำหนดระเบียบของชั้น ไม่ให้หยิบเอาสิ่งของของผู้อื่น ไม่ให้สูบบุหรี่ ดื่มของเมาหรือกินยาเสพติดทั้งปวง ฯลฯ
- เพื่อนแสดงน้ำใจแห่งความสามัคคีในชั้นของเรา นักเรียนผู้ใดมีข้าวของมากก็นำมา แจกจ่ายให้แก่เพื่อนร่วมชั้นด้วยน้ำใจอันกว้างขวาง
- อาจแบ่งนักเรียนในชั้นออกเป็น 4-5 กลุ่ม แต่ละกลุ่มพิจารณาปัญหาและผลร้ายของปัญหา เช่น เรื่องการชมเชยกัน การหลอกหลวงผู้อื่น ฯลฯ เพื่อให้เกิดความเข้าใจและเกิดความเห็นอกเห็นใจเพื่อนแล้วช่วยกันบังคับตัวเองว่าจะไม่ชมเชยกัน

ไม่หลอหลวงกล่าวเท็จต่อกัน แต่จะช่วยเหลือเพื่อนร่วมชั้น ฯลฯ
ขั้นที่ 3

1. ตกลงร่วมกันเขียนกฎเกณฑ์สำหรับชั้นขึ้นสำหรับทุกคนปฏิบัติ เช่น ห้ามข่มเหงรังแก ห้ามลักขโมยของผู้อื่น ห้ามกล่าวเท็จ ห้ามสูบบุหรี่ดื่มสุราและของเสพติด ห้ามยุ่งกับเพศตรงข้ามในทางชู้สาว เป็นต้น แล้วก็เริ่มทดลองปฏิบัติกันอย่างเคร่งครัด เป็นเวลา 1 เดือน

2. แบ่งนักเรียนออกเป็น 5 กลุ่ม คอยพิจารณาและจดเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นประจำวันทุก ๆ วันในกลุ่มของตน ตลอดจนระยะเวลาของการทดลองนี้ เช่น บันทึกว่าใครปฏิบัติตนตามกฎเกณฑ์ประการใดบ้าง ใครบังคับตัวเองได้ผลดี ใครมีน้ำใจกว้างขวาง แบ่งปันสิ่งของให้แก่เพื่อนฝูง ใครช่วยระงับเหตุและทะเลาะวิวาท เกิดมีความสันติสุขในชั้นของเราเพียงใด ฯลฯ

ขั้นที่ 4 วิเคราะห์เหตุผลของการทดลอง เอาเหตุการณ์ประจำวันของแต่ละกลุ่มทั้งเดือนที่บันทึกไว้มานำร่วมกันพิจารณาทั้งชั้น คว้าได้เกิดสันติสุขเพียงใด ลดการเบียดเบียนกันในห้องเรียนประการใด ข้าวของไม่หายแล้วใช่ไหม นักเรียนที่สูบบุหรี่หรือเสพยาของมีนเมา ก็บังคับตัวเองอย่างเต็มที่จนได้ผลดี นักเรียนมีใจรักกันมากขึ้น รู้จักแบ่งปัน รู้จักเห็นใจเพื่อน เกิดนับถือให้เกียรติต่อกันห้องเรียนของเรากลายเป็นสังคมที่น่าอยู่ ปลอดภัย ทุกคนรักกัน ช่วยเหลือกัน คงจะทำให้การเรียนของทุก ๆ คนดีขึ้นแน่ ๆ ใช่หรือไม่

ขั้นที่ 5 สรุปผล

1. เมื่อได้พิจารณาหรือวิเคราะห์ร่วมกันทั้งชั้นแล้ว และเมื่อนักเรียนมองเห็นผลประโยชน์ของการปฏิบัติตามกฎเกณฑ์ที่ช่วยกันตั้งขึ้นเองเหล่านั้นแล้ว ก็ตกลงมีมติเป็นขั้นสรุปว่าจะยึดมั่นในกฎเหล่านั้น ควรปฏิบัติตามกฎเหล่านั้นเป็นนิจ และควรส่งเสริมให้คนอื่น ๆ ได้ปฏิบัติตามด้วย

2. แล้วจดเอากฎเกณฑ์เหล่านั้นไว้เป็นหลักฐานในสมุดที่เรียกว่าเบญจศีล หรือศีลห้าคือ

- ห้ามข่มเหง ทำร้ายร่างกาย
- ห้ามลักขโมย
- ห้ามประพฤตินอกใจในกาม
- ห้ามกล่าวเท็จ หลอกลวงผู้อื่น

- ห้ามดื่มของมึนเมาและเสพยาเสพติด

ทั้งนี้อาจให้จกไว้ด้วยทั้งเบญจศีลและเบญจธรรมคู่กันไป เพื่อเป็นบทไว้ท่องจำและปฏิบัติต่อไปในชีวิตด้วย

ขั้นตอนของวิธีสอนดังกล่าว ซึ่งประกอบด้วย ปัญหา การตั้งสมมุติฐาน ทดลองทำ วิเคราะห์ผลของการทดลอง สรุปผล ทั้ง 5 ประการนี้ก็คือนขั้นตอนของวิธีสอนแบบแก้ปัญหา (problem-solving method) นั่นเอง

ถ้าได้ใช้วิธีสอนแบบนี้บ่อย ๆ โดยเฉพาะในส่วนของหลักสูตรที่จะให้นักเรียนคิดเป็น หรือแก้ปัญหาเป็น ซึ่งจะส่งเสริมให้เกิดบูรณาการด้วยนั้น ก็จะทำให้นักเรียนคุ้นเคยกับการแก้ปัญหาทันทีโดยใช้วิธีการดังกล่าวนั้น เพราะคิดเป็นนิสัยอยู่แล้ว

ดังนั้นจึงเห็นว่า ครูได้พยายามอย่างยิ่งที่จะนำวิธีการแก้ปัญหามาเป็นวิธีสอน เพื่อจะช่วยให้นักเรียนของตนได้แก้ปัญหาต่างๆ ในชีวิตให้ตกไปบ้างและดังนั้นจะได้เกิดมีบูรณาการขึ้นตามควรแก่กรณี

8.1.5 หลักสูตรประถมศึกษา พ.ศ.2521 ใช้หลัก "บูรณาการ" เพียงใด

ถ้าเราเปิดดูหลักสูตรประถมศึกษา พุทธศักราช 2521 ของกระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งจะได้เริ่มใช้ในปีการศึกษา 2521 นี้ เราก็จะเห็นว่า

1. ได้แบ่งวิชาหรือประสบการณ์ต่าง ๆ ออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

1) กลุ่มทักษะที่เป็นเครื่องมือในการเรียนรู้ (tool subjects) อันเป็นการรวมวิชาภาษาไทยและวิชาคณิตศาสตร์ไว้ในกลุ่มเดียวกัน แต่ก็แยกสอนเป็นวิชา ๆ ไปตามปกติ มิได้จัดเป็นหน่วย กลุ่มวิชานี้มุ่งให้เกิดทักษะพื้นฐานในเรื่องการอ่าน การเขียนและการคิดเลข ซึ่งถือว่าเป็นเครื่องมือเบื้องต้นที่จะใช้ในการเล่าเรียนวิชาอื่น ๆ ต่อไป

2) กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต อันรวมความรู้ในวิชาสังคมศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์ และวิชาสุขศึกษาเข้าด้วยกัน โดยที่จัดสอนเป็นหน่วย เช่น หน่วยสิ่งที่มีชีวิต หน่วยชีวิตในบ้าน หน่วยสิ่งที่อยู่รอบตัวเรา หน่วยชาติไทย และหน่วยประเทศเพื่อนบ้าน เป็นต้น และโดยที่เริ่มจากหน่วยที่ใกล้ตัวที่สุด แล้วก็ขยับไกลออกไป อนึ่งในแต่ละหน่วยนั้นก็ยิ่งแยกออกเป็นหน่วยย่อยอีก เช่น หน่วยสิ่งที่มีชีวิต แยกออกเป็นหน่วยย่อยที่ 1 ตัวเรา หน่วยย่อยที่ 2 พืช และหน่วยย่อยที่ 3 สัตว์ เป็นต้น ทั้งนี้ก็เป็นทีที่เข้าใจกันว่าหน่วยเหล่านี้จะเป็นที่สนใจ

ของนักเรียนซึ่งมีอายุอยู่ในวัยประถมศึกษาที่ร่วมกัน พูดอีกนัยหนึ่งก็คือได้จัดโดยพยายามถือเอา สิ่งที่น่าสนใจหรือศูนย์สนใจหรือ center of interest เป็นแกนกลางในการเรียนวิชาสังคมศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์ และวิชาสุขศึกษา ซึ่งนับว่าเป็นการพยายามครั้งสำคัญในการที่จะให้เกิด บูรณาการขึ้นโดยตรงแก่ผู้เรียน

3) กลุ่มสร้างเสริมลักษณะนิสัย เป็นการรวมวิชาจริยศึกษา พลศึกษา ศิลปะศึกษา คนตรีและนาฏศิลป์ และกิจกรรมต่าง ๆ ไว้ในกลุ่มเดียวกัน แต่ก็แยกสอนเป็นวิชา ๆ ไปตามปกติ มิได้จัดเป็นหน่วย

4) กลุ่มการทำงานและพินงานอาชีพ อันเป็นการรวมงานต่าง ๆ ที่สมควรฝึกหัด ทำไว้ในกลุ่มเดียวกัน เช่น งานบ้าน เกษตร งานประดิษฐ์ งานช่าง งานซื้อขาย เป็นต้น แต่ก็แยกสอนเป็นงาน ๆ ไปตามปกติ มิได้จัดเป็นหน่วย

หมายเหตุ ในทั้ง 4 กลุ่มนี้อาจใช้วิธีสอนแบบแก้ปัญหาได้ทั้งนั้น ตามโอกาสที่เหมาะสม

2. สำหรับกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตนั้น ได้พยายามจัดสอนแบบ "วิชา แกนกลาง" หรือ "central core" ตามที่ได้อธิบายแล้วข้างต้น มุ่งให้เกิดบูรณาการ

ส่วนกลุ่มอื่น ๆ อีก 3 กลุ่มนั้น จัดสอนแบบแยกเป็นวิชา ๆ ตามปกติ มุ่งให้เกิด ความชำนาญในแต่ละวิชาหรือที่เรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า subject mastery

ในโอกาสที่มีการปรับปรุงหลักสูตรใหม่ โดยนำหลักการใหม่คือหลักสูตรการเข้ามา ใช้นี้จำเป็นที่ครูอาจารย์และผู้นำหน้าที่นิเทศหรือผู้เกี่ยวข้องทั้งปวงจะต้องมีความมั่นใจและเข้าใจ ในหลักการของบูรณาการนี้ให้ลึกซึ้ง เพื่อจะได้เกิดความมุ่งมั่นที่จะทำการสอนให้เกิดผลดี คือ ให้เกิดบูรณาการแก่ศิษย์ของตน พูดไปแล้วก็ถือเป็นการผจญภัยในการศึกษาหรือการสอน

(an adventure in education) อย่างหนึ่งทีเดียว คงจะทำให้เกิดการตื่นตัวขึ้นทั่ว ๆ กัน ตื่นตัวในเรื่องอะไรตื่นตัวในเรื่องที่จะได้ช่วยให้นักเรียนได้ประสบผลดีและเกิดมีบูรณาการขึ้นแก่ตัว

สิ่งใดหรือวิธีการใดอันจะทำให้เกิดผลดีแก่นักเรียน ครูย่อมจะต้องสนใจ สำหรับผู้ที่ เกี่ยวข้องกับการศึกษาในทุก ๆ ระดับก็ย่อมจะสนใจเช่นกัน (สาโรช บัวศรี, 2521 : 3-16)

ผู้แต่งคิดว่าผู้อ่านคงจะพอเข้าใจเรื่องราวความเป็นมาของการพัฒนาหลักสูตรโดย การใช้ "ขบวนการบูรณาการ" (integration approach) พอสมควรแล้ว และมากพอเป็นพื้นฐาน เบื้องต้นที่จะได้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการต่อไป

8.2 ประวัติเกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการ

การศึกษาเกี่ยวกับประวัติความเป็นมาของวิชาวิทยาศาสตร์นั้น ผู้แต่งคิดว่าเราน่าจะต้องพิจารณาถึงเรื่องราวของวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ (natural science) และช่วงระยะเวลาของการเปลี่ยนแปลงทางด้านการศึกษาและวิชาปรัชญา (philosophy) ตลอดจนการปฏิบัติการอื่น ๆ ด้วย เราจะพบข้อเท็จจริงว่าตั้งแต่สมัยก่อน ๆ สืบมาจนกระทั่งศตวรรษที่ 19 นั้น จะมีข้อแตกต่างระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติกับวิชาปรัชญาในสาขาวิชาต่าง ๆ ไม่มากนัก บางทีการศึกษาค้นคว้าระหว่างวิชาทั้งสองนั้นมักจะผสมผสานกันอยู่เสมอ ต่อมาเมื่อนักวิทยาศาสตร์สำคัญ ๆ หลายคนเช่น ไอแซกนิวตัน โรเบิร์ตบอยล์ ลาวัวซิเยร์ ได้ค้นพบสิ่งใหม่ ๆ ที่ค่อย ๆ สร้างปรากฏการณ์ที่ทำให้สาขาวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกันมากขึ้น ประมาณระยะเวลาระหว่าง ค.ศ.1800-1920 เราจะพบว่ามีการแยกสาขาวิชาหลายสาขาเช่น ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา ธรณีวิทยา ดาราศาสตร์ ฯลฯ เกิดขึ้นมา และแต่ละสาขาวิชาเหล่านี้จะมีปัญหาและวิธีการทดลองที่แตกต่างกันออกไป ขอบข่ายของแต่ละสาขาวิชาจะค่อย ๆ พัฒนาขึ้นมาเป็นลำดับ เราจะพบว่าวิชาชีววิทยาจะเน้นในเรื่องราวของสิ่งที่มีชีวิตโดยเฉพาะ วิชาฟิสิกส์จะศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติทั่วไปของสิ่งที่ไม่มีชีวิตทั้งหมด ส่วนวิชาเคมีจะค้นคว้าเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่ไม่มีชีวิตเช่นกัน โดยศึกษาว่าเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นแล้วจะมีสิ่งใด ๆ เกิดขึ้นมาใหม่บ้างในระยะต่อมาเริ่มมีการยอมรับว่า วิชาฟิสิกส์นั้นจะเป็นวิชาพื้นฐานของวิชาเคมี แต่ชีววิทยาจะถูกพิจารณาให้ผิดแผกแตกต่างไปจากทั้งสองวิชาโดยสิ้นเชิง ซึ่งจะมีผลทำให้พบว่าในสมัยก่อนนั้น จะมีเด็กผู้ชายเรียนวิชาฟิสิกส์และเคมีมากกว่าเด็กผู้หญิง ส่วนเด็กผู้หญิงส่วนใหญ่จะเรียนวิชาชีววิทยามากกว่าเด็กผู้ชาย จนประมาณปี ค.ศ.1910 จึงได้มีการเสนอรายวิชา "วิทยาศาสตร์ทั่วไป" (general science) ขึ้นมาสอนในโรงเรียนอีกด้วย

จากการพัฒนาการดังกล่าวเราจะพบว่าตั้งแต่ปี ค.ศ.1920 เป็นต้นมา ที่การพัฒนาในเรื่องทฤษฎีเกี่ยวกับคอนเซ็ปต์เกิดขึ้น และสามารถแยกแยะความสำคัญของวิชาวิทยาศาสตร์ได้อย่างเด่นชัด จึงทำให้สามารถสร้างวิชาใหม่ ๆ ขึ้นมาโดยการผสมผสานระหว่างวิชาต่าง ๆ เช่น biochemistry, biophysics, และ physical chemistry เป็นต้น ซึ่งจะทำให้เกิดการบูรณาการในระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์สาขาต่างๆ โดยเนื้อหาของของมันเอง แต่อย่างไรก็ตามจะมีปัญหาเกิดขึ้น

เนื่องจากการบูรณาการในระยะแรก ๆ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าบรรดาครูวิทยาศาสตร์ที่สอนตามโรงเรียนต่าง ๆ ในสมัยนั้นไม่พึงพอใจเนื่องจากครูเหล่านั้นไม่ได้รับการฝึกอบรมมาก่อนนั่นเอง ความพยายามที่จะสร้างวิชา "วิทยาศาสตร์ทั่วไป" จึงไม่บรรลุผลได้เท่าที่ควร เนื้อหาบางอย่างในคู่มือการใช้หลักสูตรจะขาดหายไป เช่นเรื่อง พลังงาน (energy) ซึ่งเป็นเรื่องสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งเป็นต้น จากประสบการณ์ของผู้แต่งเองจะพบว่า ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไปนั้น บรรดาครู-อาจารย์เหล่านั้นมักจะเน้นเนื้อหาสาระในวิชาเฉพาะหรือวิชาที่ตนศึกษาเล่าเรียนมา เช่น เคมี ฟิสิกส์ ชีววิทยา เป็นหลัก จึงทำให้การสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไปในเชิงบูรณาการในระยะก่อน ๆ ไม่บรรลุผลเท่าที่ควร ผู้แต่งมีความคิดเห็นว่าการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการนั้นจะต้องมีการทบทวน ศึกษา และดำเนินการอย่างสุขุมรอบคอบ โดยใช้ขบวนการทางการศึกษาวิทยาศาสตร์ (science education) เป็นหลักสำคัญ

ผู้อ่านคงจะพอเข้าใจว่า ในประวัติการวิวัฒนาการของวิชาวิทยาศาสตร์นั้น ย่อมจะมีช่วงเวลาของการเปลี่ยนแปลงในเชิงคุณภาพของขบวนการวิทยาศาสตร์ ความวิวัฒนาการดังกล่าวย่อมจะมีอิทธิพลต่อสถาบันการศึกษา ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในด้านกิจกรรมของมนุษยชาติและปรัชญาทางการศึกษาอีกด้วย จากข้อเท็จจริงต่าง ๆ ผู้อ่านจะพอมองเห็นว่า วิชาวิทยาศาสตร์แต่ละสาขาเริ่มมีเนื้อหาสาระเกี่ยวข้องกับขอบข่ายของแต่ละรายวิชาซึ่งแต่ก่อนเคยกำหนดไว้อย่างแน่นอนและเด่นชัด จะค่อย ๆ สลายตัวไปและกลายเป็นเรื่องในอดีต การปฏิบัติการต่าง ๆ ในเชิงเทคโนโลยีจะค่อย ๆ เพิ่มอิทธิพลต่อการศึกษาคนทั่วไปแก่นักวิทยาศาสตร์มากขึ้น รวมทั้งมีการเรียกร้องให้มีการร่วมมือกันในทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องเช่น นักวิทยาศาสตร์ สถาบันการศึกษา ภาครัฐบาล องค์การต่าง ๆ รวมทั้งขอการสนับสนุนในด้านการเมือง ด้านสังคมวิทยา ด้านเศรษฐกิจ ทั้งนี้เพื่อต้องการให้ร่วมกันแก้ปัญหาที่เกิดจากการพัฒนาในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีผลกระทบต่อมนุษยชาตินั้นเอง นักการศึกษา นักสังคมวิทยา นักเศรษฐกิจ นักปกครองและนักการทหาร มีความเห็นสอดคล้องกันว่า การจะแก้ปัญหาของมนุษยชาติที่เกิดจากผลกระทบทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้นจะต้องอาศัยวิทยาการในด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์เป็นแม่บทความรู้เพียงบางส่วนที่ได้จากวิชาฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และอื่น ๆ นั้นไม่เพียงพอต่อการแก้ปัญหาดังกล่าว ทั้งนี้เป็นเพราะเหตุผลที่ว่า วิทยาการเหล่านั้นไม่สอดคล้องกับการ พัฒนาวิวัฒนาการของการเจริญก้าวหน้าของวิชาวิทยาศาสตร์และความต้องการของมนุษย์ในสังคมปัจจุบันนั่นเอง

ผู้แต่งคิดว่า ตั้งแต่เริ่มยุคอวกาศ (space age) เป็นต้นมา การวิวัฒนาการในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้นมีอัตราการเจริญก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็วและมีปริมาณมากมาย จนแทบจะศึกษาค้นคว้าให้ทันต่อเหตุการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปได้ยากมาก วิทยาการต่าง ๆ เริ่มมีความสลับซับซ้อนจนกระทั่งโรงเรียน สถาบันการศึกษา สังคม และเยาวชน ประสบปัญหาต่อการศึกษาค้นคว้าเป็นอย่างยิ่ง และปัญหาเหล่านี้เป็นสิ่งที่วิทยาศาสตร์การศึกษา นักวิทยาศาสตร์ นักการศึกษา และผู้เกี่ยวข้อง จะต้องร่วมกันแก้ไขให้ทันต่อเหตุการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป

การพัฒนาการเกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการในระดับโลกหรือระดับนานาชาตินั้น เริ่มมีการตั้งคณะกรรมการที่เรียกว่า International Council of Scientific Union (ICUS) เมื่อ ค.ศ. 1968 ทำหน้าที่แก้ปัญหาเกี่ยวกับคอนเซ็ปใหม่ ๆ ในวงการศึกษ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสอนวิทยาศาสตร์นั้นเป็นประเด็นสำคัญที่จะต้องเร่งศึกษาและพิจารณาคำเนิการศึกษาค้นคว้าของคณะกรรมการดังกล่าวได้อาศัยข้อมูลจากประชุมระดับนานาชาติที่เมือง Varna ประเทศบัลแกเรีย เมื่อ ค.ศ. 1968 ที่เน้นเรื่อง "ทำไมจึงต้องสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการ?" และมีผลสรุปออกมาว่าวิธีการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระบบการศึกษาปัจจุบันนั้น การสอนในเชิงบูรณาการเป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่ง และได้มีการเน้นให้สอนในระดับประถมศึกษา ในบรรดาประเทศต่าง ๆ ทั้งในทวีปอาฟริกา ยุโรป และทวีปอเมริกา การพัฒนาการเกี่ยวกับการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการนั้น คณะกรรมการ ICUS สรุปว่า

"การสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการนั้นจะต้องเน้นในความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันของความเป็นวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เพื่อต้องการให้มนุษย์ชาติได้เข้าใจและทราบถึงสภาพของธรรมชาติและสังคมในปัจจุบัน การสอนในเชิงบูรณาการจะช่วยให้เยาวชนได้เรียนรู้ในหลักของสหวิทยาการในสาขาวิชาการต่าง ๆ รวมทั้งปัญหาอื่น ๆ อีกด้วย ขบวนการสอนในเชิงบูรณาการจะต้องเน้นให้เด็กรู้จักการสังเกต รู้จักการนำเอาวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหา จึงจะช่วยให้เกิดการสอดคล้องกับการพัฒนาการที่กำลังดำเนินการอยู่และสอดคล้องกับความต้องการของสังคม การเรียนรู้จากขบวนการบูรณาการจะต้องเน้นการเตรียมตัวเด็กให้เหมาะสมกับสภาพที่เป็นจริงต่อการดำเนินชีวิต เพราะขบวนการดังกล่าวจะช่วยให้เด็กมีความรู้ขั้นพื้นฐานที่เด็กจะใช้เป็นแม่บทในการเรียนรู้ ในการประกอบอาชีพ ในการดำเนินชีวิต และสามารถนำไปใช้ได้ตลอดเวลา" (Matyas, 1977 : 12)

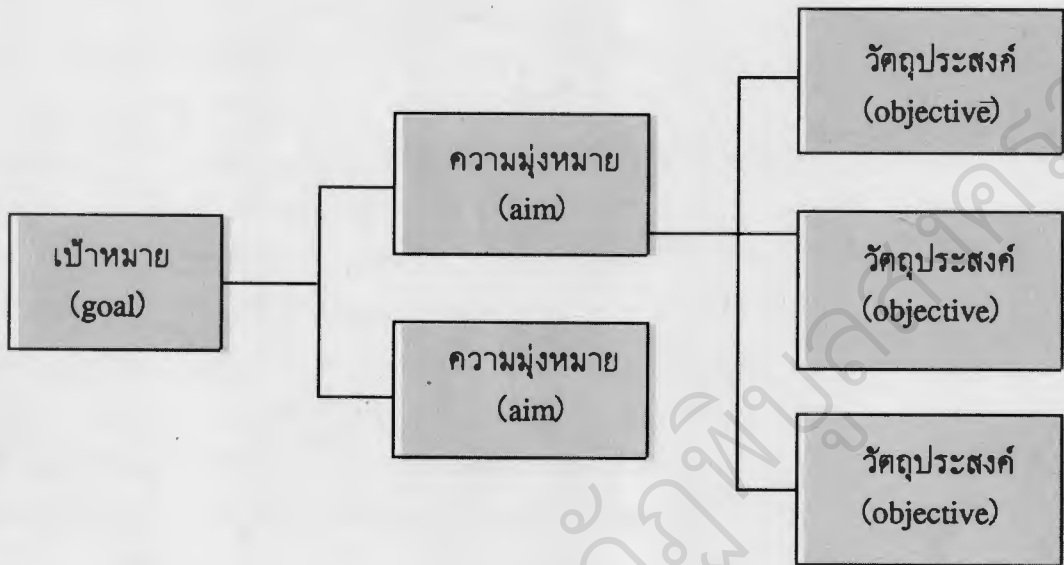
อนึ่ง Haggis (Haggis, 1974 : 14) ได้เสริมว่า "การสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการนั้นจะมีผลดีต่อการให้การศึกษาขั้นมูลฐานต่อเยาวชนอีกด้วย โดยเน้นว่าในการจัดรายวิชาวิทยาศาสตร์นั้นจะต้องฝึกให้เด็กรู้จักการสังเกตเพื่อให้เกิดความเข้าใจในสิ่งแวดล้อมเพื่อให้เกิดความเข้าใจในสิ่งแวดล้อมจะต้องฝึกให้เด็กรู้จักสร้างความคิดของตนเอง ฝึกให้เด็กรู้จักใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ปลุกฝังให้เด็กมีความสนใจในวิทยาศาสตร์รู้จักการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและสังคมที่ตนเป็นสมาชิกด้วยวิธีการเหล่านี้เอง จะทำให้เด็กสร้างคอนเซ็ปและหลักการต่างๆ ของวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดีโดยไม่ต้องเน้นถึงความสำคัญของสาขาหนึ่งโดยเฉพาะ"

ต่อมาได้มีการจัดประชุมที่มหาวิทยาลัยแมริแลนด์ สหรัฐอเมริกา เมื่อเดือนเมษายน ค.ศ.1973 ซึ่งคณะกรรมการ ICSU ได้รับการสนับสนุนจาก UNESCO ด้วย ประเด็นสำคัญของการประชุมสัมมนาครั้งนี้ได้แก่ การใช้คอมพิวเตอร์ โทรทัศน์ วิทยุ การสอนแบบโปรแกรม การใช้เครื่องโสตทัศนอุปกรณ์ในเชิงบูรณาการ การใช้เครื่องมือเทคโนโลยีทางการศึกษา ทั้งนี้จะเน้นการผลิตครูวิทยาศาสตร์เป็นหลักของการประชุม เมื่อ UNESCO ได้เล็งเห็นความสำคัญในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการแล้ว จึงได้มีการแพร่ขยายเรื่องดังกล่าวไปทั่วโลก สำหรับประเทศไทยนั้นทางรัฐบาลได้เห็นชอบให้จัดตั้งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี-สสวท เมื่อ พ.ศ. 2515 (1972) เพื่อให้ทันเหตุการณ์และสอดคล้องกับการพัฒนาการทางด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์เป็นต้นมา

8.3 เป้าหมาย ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ ของการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการ

ในวงการศึกษาระดับนั้นเรามักจะพบคำอยู่ 3 คำ ที่มีความสำคัญและมีความเกี่ยวข้องกันอยู่ และบางครั้งเราไม่อาจจะแยกออกมาให้เห็นได้อย่างเด่นชัด แต่คำทั้ง 3 คำนี้เป็นเรื่องราวที่เราจะต้องศึกษาและทำความเข้าใจให้แจ่มแจ้งเสียก่อน คำทั้ง 3 คำนี้ได้แก่ คำว่า เป้าหมาย (goal) ความมุ่งหมาย (aim) และวัตถุประสงค์ (objective) นั้นเอง ผู้แต่งคิดว่า นักการศึกษา นักพัฒนาหลักสูตร ครูผู้สอน และนักศึกษาคู จำเป็นจะต้องให้ความสนใจต่อ

ความหมายของคำทั้ง 3 คำนี้เป็นอย่างยิ่งและคิดว่าแผนภาพ 8.1 จะช่วยให้ผู้อ่านทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น



แผนภาพที่ 8.1 : ความสัมพันธ์ระหว่างเป้าหมาย ความมุ่งหมายและ วัตถุประสงค์

เป้าหมาย (goal) นั้น หมายถึงข้อกำหนดที่กล่าวอย่างกว้าง ๆ และจะบรรลุผลได้จะต้องอาศัยระยะเวลาอันยาวนาน เช่น

เป้าหมายของหลักสูตรประถมศึกษา พ.ศ. 2521 กล่าวว่า เป้าหมายของหลักสูตรฉบับนี้ 'สร้างขึ้นมา' เพื่อประชาชน เพื่อประโยชน์ในการดำรงชีวิต และเพื่อสร้างเอกภาพของชาติ"

ความมุ่งหมาย (aim) มีความหมายคล้ายๆ กับเป้าหมาย แต่ต่างกันความแคบกว่า แต่การจะบรรลุผลตามความมุ่งหมายได้ย่อมใช้ระยะเวลานานพอ ๆ กัน เช่น

ความมุ่งหมายของหลักสูตรประถมศึกษา พ.ศ. 2521 กล่าวว่า "หลักสูตรฉบับนี้ต้องการให้เยาวชนมีคุณสมบัติที่ดี 7 ข้อ สามารถดำรงชีวิตที่สงบสุข 6 ข้อ มีความรู้และทักษะพื้นฐานในการดำรงชีวิต 11 ข้อ และเป็นสมาชิกที่ดีของชุมชน 7 ข้อ"

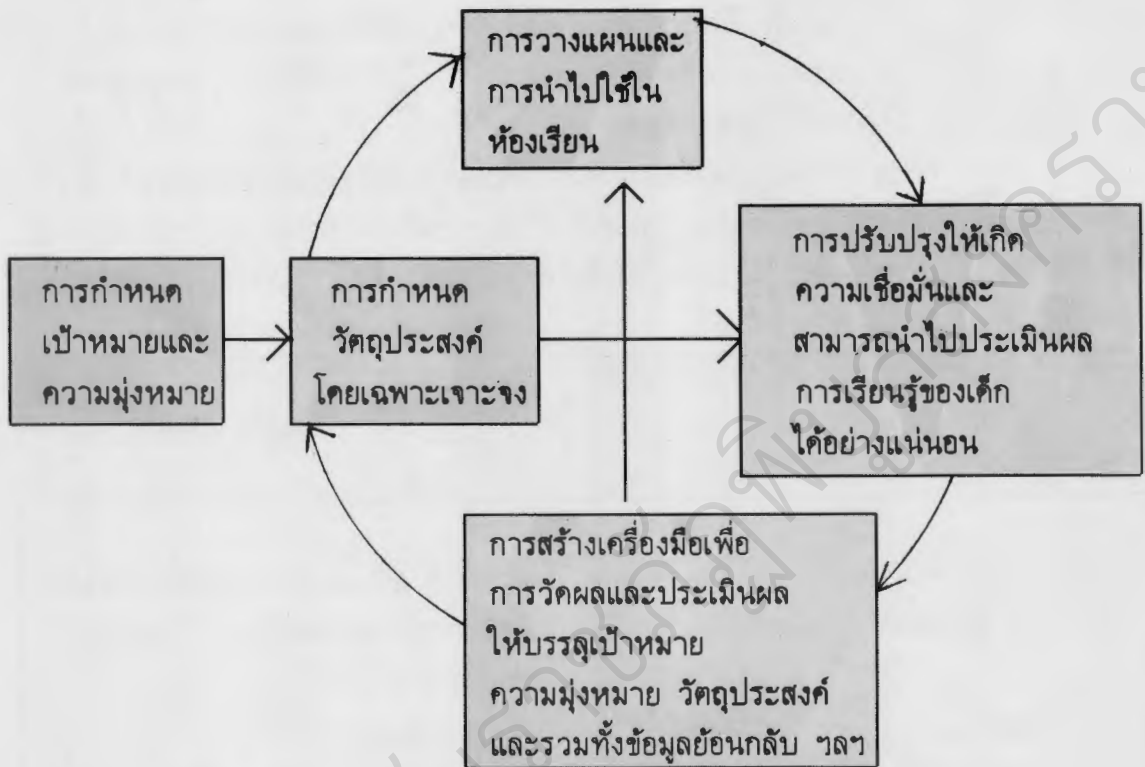
วัตถุประสงค์ (objective) นั้นหมายถึงข้อกำหนดที่กล่าวไว้ในลักษณะเฉพาะเจาะจง และสามารถทำให้บรรลุผลสำเร็จได้ในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ข้อกำหนดของวัตถุประสงค์แบบเฉพาะเจาะจงนั้นอาจจะแสดงได้มากมายหลายประการ ทั้งนี้เพื่อต้องการให้สนองนโยบายของความมุ่งหมายและเป้าหมายให้มากที่สุดนั่นเอง

ผู้แต่งคิดว่า การพัฒนาหลักสูตรหรือการเตรียมการเพื่อวางแผนพัฒนาการศึกษานั้น มีลักษณะคล้ายกับการวางแผนการท่องเที่ยวที่เราต้องการจะเดินทางไปสู่จุดหมายปลายทางสักหนึ่งแห่งนั่นเอง และสามารถเปรียบเทียบให้เห็นได้ดังตารางที่ 8.1 ข้างล่างนี้

การเดินทาง	การวางแผนพัฒนาการศึกษา
<ul style="list-style-type: none"> - จุดหมายปลายทางคืออะไร - จะใช้ยานพาหนะอะไรบ้าง - จะขับเคลื่อนยานพาหนะได้อย่างไร - จะทราบได้อย่างไรว่าการเดินทางได้ถึงจุดหมายปลายทางแล้ว - มีผู้ใดเป็นเพื่อนร่วมเดินทางบ้าง - ใครควรเป็นผู้ร่วมเดินทางได้บ้าง 	<ul style="list-style-type: none"> - เป้าหมาย ความมุ่งหมาย วัตถุประสงค์ - เนื้อหาสาระรวมทั้งขอบวนการศึกษาและทักษะต่าง - วิธีการสอนแบบต่าง ๆ - การวัดผลและประเมินผล - สาขาวิชาอื่น ๆ ที่ปรากฏอยู่ในหลักสูตร - ครูใหม่

ตารางที่ 8.1 : เปรียบเทียบการเดินทางกับแผนพัฒนาการศึกษา

เพื่อให้ผู้อ่านได้เกิดความเข้าใจมากขึ้น จึงเสนอแผนภาพที่ 8.2 ซึ่งจะช่วยให้มองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างเป้าหมาย ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ได้กระจ่างยิ่งขึ้น



แผนภาพที่ 8.2 : ความสัมพันธ์ระหว่าง เป้าหมาย ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ในเชิงปฏิบัติ

จากแผนภาพที่ 8.2 ผู้อ่านคงจะมองเห็นการผสมผสานหรือการปะทะสัมพันธ์ (interaction) ระหว่าง เป้าหมาย ความมุ่งหมาย วัตถุประสงค์ การปฏิบัติการ การประเมินผล และการปรับปรุงเพื่อให้ขบวนการเรียนการสอนดำเนินไปด้วยดี ผู้แต่งคิดว่าครูผู้สอนจะต้อง

ศึกษาและพยายามเตรียมการต่าง ๆ ให้เหมาะสมที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งครูจะต้องทำความเข้าใจในเรื่องเป้าหมายและความมุ่งหมายให้เด่นชัดเสียก่อน แล้วจึงกำหนดวัตถุประสงค์ในรูปแบบต่าง ๆ (วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมหรือวัตถุประสงค์แบบทั่ว ๆ ไปก็ได้) ให้สอดคล้องหรือสมมูลกับความมุ่งหมายให้มากที่สุด

ผู้แต่งใคร่เสนอแนวความคิดว่า ถ้าเราจะให้การศึกษาแก่เยาวชนเพื่อต้องการปลูกฝังให้เยาวชนเหล่านั้นเป็นบุคคลที่สมบูรณ์แล้ว เราควรจะต้องสอนให้เขารู้จักคิด (head) จะต้องฝึกฝนอบรมให้เขามีความรู้สึก มีทัศนคติที่ดี มีอารมณ์ที่เหมาะสม หรือปรุงแต่งจิตใจ (heart) ให้สมบูรณ์ พร้อมทั้งให้เขามีโอกาสพัฒนาด้านทักษะ (bodily skills) อย่างชำนาญโดยให้สอดคล้องกับการเจริญวัย (age) ของเขาคด้วย

จากบทเรียนก่อน ๆ ผู้อ่านคงจะได้ศึกษาเกี่ยวกับผลงาน Bloom — มาบ้างแล้วว่า Bloom ได้เสนอแนวความคิดที่เกี่ยวกับการกำหนดวัตถุประสงค์ทางการศึกษาไว้ 3 ประการ

พุทธิพิสัย (cognitive domain) ซึ่งเน้นเกี่ยวกับการพัฒนาการทางด้านสติปัญญา เช่น การให้เหตุผล การวิเคราะห์วิจารณ์ เป็นต้น

จริยพิสัย (affective domain) ซึ่งกล่าวถึงความรู้สึก เจตนาดี และอารมณ์ และทักษะพิสัย (psychomotor domain) กล่าวถึงเรื่องราวการจัดกิจกรรมต่าง ๆ

ถ้าหากว่าได้พิจารณาให้ถี่ถ้วนแล้ว คงจะพอสรุปเป็นวัตถุประสงค์ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้ 3 ประการ คือ

ประการแรก : ความสำคัญของวิชาความรู้ต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ค้นพบ

ประการที่ 2 : วิธีการ ขบวนการต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาค้นคว้าหรือลงมือปฏิบัติการ

ประการที่ 3 : ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในสาขาวิชาต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อมวลมนุษย์

เรื่องราวต่าง ๆ ที่ผู้อ่านได้ศึกษามานั้นเป็นเรื่องที่พอจะช่วยให้เข้าใจว่าเพราะเหตุใดเป้าหมาย ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ จึงมีความจำเป็นต่อขบวนการวางแผนเกี่ยวกับการเรียนการสอนที่จะนำไปใช้ในการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการ และขอตั้งข้อสังเกตไว้ 5 ประเด็น คือ

ประเด็นแรก : ความสำคัญของความมุ่งหมาย (aims) ที่จะเป็นแม่บทหลักของการพัฒนาการศึกษาโดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องขบวนการเรียนการสอนที่จะต้องดำเนินการให้สอดคล้องกับเป้าหมายที่กำหนดไว้

ประเด็นที่ 2 : การพัฒนาการเรียนการสอนในเชิงบูรณาการที่จะต้องยึดความมุ่งหมายเป็นหลัก แล้วนำไปแยกแยะออกไปเป็นวัตถุประสงค์ต่าง ๆ และ

ประเด็นที่ 3 : บทบาทของครูที่จะต้องดำเนินการสอนในเชิงบูรณาการและจะต้องทำการวัดผล-ประเมินผลให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ทั้งนี้เพื่อให้บรรลุตามความมุ่งหมายที่กำหนดไว้

ประเด็นที่ 4 : ความมุ่งหมายจะต้องเป็นแกนสำคัญของการพัฒนาการศึกษาทั้งหมด และต้องเป็นแกนที่จะช่วยให้ขบวนการพัฒนาคงกล่าวเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพที่เหมาะสมอีกด้วยและ

ประเด็นที่ 5 : ความมุ่งหมายจะเป็นตัวเชื่อมและชี้นำระหว่างเป้าหมาย และวัตถุประสงค์ของขบวนการเรียนการสอนหรือการพัฒนาหลักสูตรต่าง ๆ

ข้อสังเกตทั้ง 5 ประเด็นที่กล่าวมาขอมจะสรุปได้ว่า ในขบวนการเรียนการสอนหรือการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการนั้น เราจะต้องยึดถือ "ความมุ่งหมาย" เป็นหลักสำคัญหรืออาจจะกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า ทำไมจึงจำเป็นต้องทราบ "ความมุ่งหมาย" นั้นเอง

8.3.1 วิธีการกำหนดหรือเลือกความมุ่งหมาย

ในการเตรียมการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการนั้น สิ่งแรกทีควรจะต้องพิจารณาได้แก่การกำหนดความมุ่งหมายเสียก่อน ซึ่งเป็นเรื่องที่มีความสำคัญและจะกระทำไดยากมากกว่าการพิจารณาว่า ความมุ่งหมายข้อใดจะมีความสำคัญมากกว่ากัน ผู้แต่งคิดว่าการเลือกความมุ่งหมายโดยทั่วไปนั้น ควรจะพิจารณาจากประเด็นเหล่านี้คือ

8.3.1.1 ความมุ่งหมายที่เกี่ยวกับการฝึกรวมให้เยาวชนเป็นบุคคลที่สมบูรณ์พร้อมทั้งด้านจิตวิทยา (psychological development) ด้านสังคม (social development) ด้านร่างกาย (physical development) และด้านอารมณ์ (emotional development) มีนักจิตวิทยาและนักการศึกษาหลายท่านที่ได้ตั้งทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้ เช่น Piaget และ Gagne เป็นต้น

จากบทที่ 3 Piaget ได้เสนอทฤษฎีการพัฒนาการทางด้านจิตวิทยาไว้ดังตาราง
ที่ 8.2

ขั้นตอน	
ขั้นที่ 1 : อายุ 0 - 2 ปี	เคลื่อนไหวด้วยระบบประสาท-กลาน เดิน กิน ร้องไห้
ขั้นที่ 2 : อายุ 2 - 7 ปี	เตรียมปฏิบัติการ - เริ่มใช้ภาษา
ขั้นที่ 3 : อายุ 7 - 11 ปี	ปฏิบัติการในเชิงรูปธรรม - สามารถให้เหตุผลตามสิ่ง ที่ปรากฏ
ขั้นที่ 4 : อายุ 11 ปีขึ้นไป	ปฏิบัติการตามรูปแบบ - ให้เหตุผลเชิงนามธรรม

ตารางที่ 8.2 : การพัฒนาการทางด้านจิตวิทยาของ Piaget

ผลงานของ Piaget ได้รับความสนใจจากนักการศึกษาทั่วไปเป็นอย่างยิ่ง และนำหลักการดังกล่าวเป็นหลักในการกำหนดความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ในการสอน เช่น

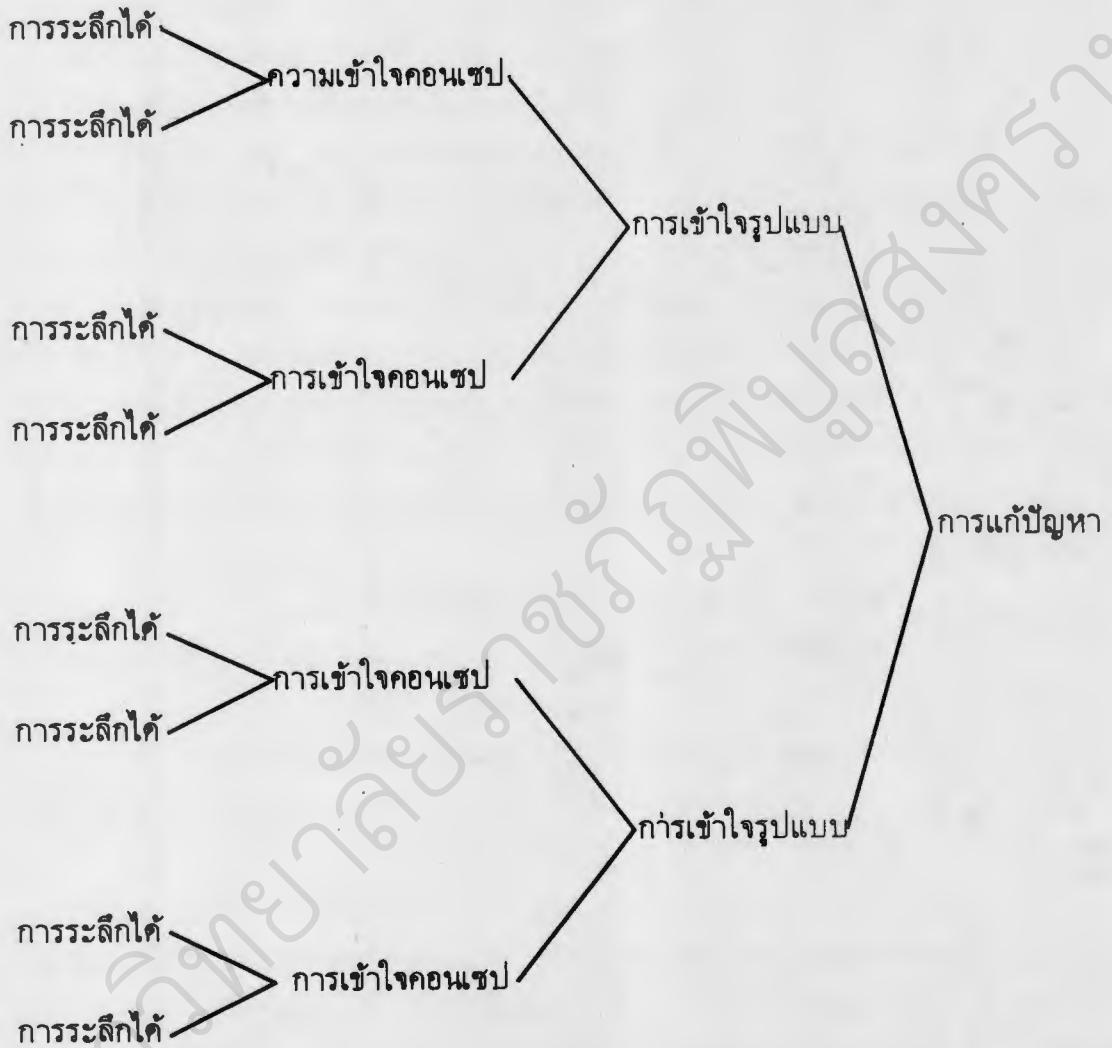
หลักสูตรของโรงเรียนมัธยมศึกษาในสกอตแลนด์ กำหนดความมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการในโรงเรียนไว้ว่า ให้เด็กในวันตั้งแต่ 7 ขวบขึ้นไป รู้จักการสังเกต รู้จักการสร้างคอนเซป และสามารถสรุปผลจากคอนเซปเหล่านั้น เพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษาค้นคว้าต่อไปได้ (Scottish Education Department, 1969)

The School Council 5-13 Project ในอังกฤษได้กำหนดความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์เกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์ โดยเน้นเรื่องการถ่ายทอดความหมายไว้ 3 ระยะ ดังตารางที่ 8.3

ระยะ	วัตถุประสงค์เพื่อถ่ายทอดความหมาย
<p>ระยะที่ 1 : วัยทารกโดยเริ่มจากวัยทารกจนถึงขั้นเตรียมปฏิบัติการ</p>	<ul style="list-style-type: none"> - เด็กสามารถใช้คำพูดใหม่ ๆ ได้อย่างถูกต้อง - เด็กสามารถลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ตามขั้นตอน - เด็กสามารถพูดถึงสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบ ๆ ตัวได้ - เด็กสามารถสร้างตารางตัวเลขได้ - เด็กสามารถใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ เพื่อเก็บข้อมูล
<p>ระยะที่ 2 : วัยปฏิบัติการ</p>	<ul style="list-style-type: none"> - สามารถใช้สัญลักษณ์เพื่อวางแผนและสร้างแผนภาพกราฟได้ - นำข้อมูลจากการสังเกตไปใช้เพื่อหาแนวทางและอัตราการเปลี่ยนแปลงได้ - สามารถสร้างกราฟในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลของการสื่อความหมาย
<p>ระยะที่ 3 : วัยที่สามารถให้เหตุผลในเชิงนามธรรม</p>	<ul style="list-style-type: none"> - สามารถใช้แบบกราฟที่เหมาะสม - สามารถสรุปข้อมูลจากกราฟ - สามารถสร้างกราฟเชิง 3 มิติได้

ตารางที่ 8.3 ระยะเวตาของการพัฒนาการของเด็ก

เมื่อพิจารณาวัตถุประสงค์จากตาราง 8.3 นี้ จะพบว่าเด็กที่มีอายุขัยในระยะที่ 1 และระยะที่ 2 นั้น อาจจะมีปัญหา เพราะวุฒิภาวะยังไม่สมบูรณ์เท่าที่ควร เด็กบางคนที่มีสติปัญญาอยู่ในเกณฑ์ดีและเริ่มมีอายุตั้งแต่ 13 ปีขึ้นไปจะสามารถเรียนรู้การแก้ปัญหาได้มากขึ้นด้วยสาเหตุดังกล่าว Gagne จึงได้สร้างทฤษฎีการเรียนรู้ขึ้นมาโดยมีรูปแบบดังแผนภาพที่ 8.3



แผนภาพที่ 8.3 : รูปแบบการเรียนรู้ โดยอาศัยทฤษฎีการเรียนรู้ของ Gagne

ผู้แต่งมีความคิดเห็นว่า ในการตั้งวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษาชั้น ควรเน้นเรื่องการสร้างเสริมทักษะด้วยการให้เด็กลงมือกระทำด้วยตนเอง (learning by doing หรือ first - hand experience) ปลูกฝังให้เด็กมีความสนใจในสิ่งแวดล้อม มีทัศนคติที่ดี เช่น มีความรักในความสวยงามของธรรมชาติเป็นหลักการที่จะฝึกฝนให้เด็กมีความคิดหรือหาเหตุผลในเชิงนามธรรมนั้นควรจะเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก

8.3.1.2 ความมุ่งหมายที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนและสังคม

ในการกำหนดความมุ่งหมายนั้น เราจะต้องคำนึงถึงความต้องการของเด็กผู้เรียน ผู้ปกครอง และสังคม ทั้งนี้เป็นเพราะว่าเด็กทุกคนที่ออกจากโรงเรียนไปแล้ว จะต้องนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีพ เช่น การทำงาน การค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม และการใช้เวลาว่างให้เป็นประโยชน์ ความรู้เหล่านี้จะต้องอาศัยพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีประกอบด้วย ดังที่ Haggis ได้กล่าวแล้วว่า การสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการนั้นจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการศึกษาขั้นพื้นฐาน และโดยเหตุที่โลกปัจจุบันกำลังเจริญรุดหน้าไปด้วยวิทยาการทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพราะฉะนั้นการกำหนดเป้าหมายในการเรียนการสอนจึงต้องคำนึงถึงความต้องการของผู้เรียนและสังคมด้วย เราจะพบว่าหลักสูตรบางฉบับจึงกำหนดว่า "การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จะต้องให้สอดคล้องกับการดำรงชีพของนักเรียน" ดังนี้เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้เด็กสามารถ

ก. ประกอบอาชีพที่มีพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ เช่น วิศวกร ช่างไฟฟ้า เกษตรกร

ข. ใช้เวลาให้เป็นประโยชน์ เช่น การสะสมหิน - แร่ การถ่ายภาพแก้ไข
เครื่องไฟฟ้า

ค. ลักษณะความรู้เพิ่มเติม เช่น ช่างอิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์

8.3.1.3 การกำหนดความมุ่งหมายให้สอดคล้องกับธรรมชาติของวิชาที่เด็กจะ เรียนรู้

โดยเหตุที่วิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาหนึ่งในหลักสูตรที่เด็กจะต้องเรียนรู้ และจะช่วยให้การเรียนรู้ของเด็กบรรลุเป้าหมายได้ การกำหนดความมุ่งหมายจึงต้องพิจารณาให้สอดคล้องกับลักษณะวิชาที่จะต้องสอนในเชิงบูรณาการ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการนั้นจะเป็นการปลูกฝังให้เด็กรู้จักคิดและเป็นการสร้างเสริมทักษะในรูปแบบต่างๆอีกด้วย

ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีการกำหนดความมุ่งหมายในการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการในรูปแบบต่าง ๆ กัน เช่น

American Association for the Advance of Science - AAAS ได้เสนอ science-a process approach ขึ้นมา เป็นแนวทางที่จะสนับสนุนให้เด็กรู้จักคิดและปฏิบัติการในวิธีการต่างๆ โดยการกำหนดความมุ่งหมายให้เด็กรู้จัก

การสังเกต (observing)

ความสัมพันธ์ระหว่างอวกาศและเวลา (using space / time relationships)

การใช้ตัวเลข (using number)

การชั่ง ตวง วัด (measuring)

การแยกประเภท (classifying)

การพยากรณ์ (predicting)

การสื่อความหมาย (Communicating)

การออกความคิดเห็น (inferring)

สมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งในจีเรีย ได้กำหนดความมุ่งหมายในการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการโดยเน้นหลักการดังนี้

ก. ให้เด็กรู้จักการสังเกตอย่างกว้างขวางและละเอียดถี่ถ้วน

ข. ให้เด็กสามารถรายงานข้อสังเกตเหล่านั้นอย่างสมบูรณ์และถูกต้องที่สุด

ค. ให้เด็กจัดระบบข้อมูลเหล่านั้น

ง. ให้เด็กสามารถหาข้อสรุปจากข้อมูลเหล่านั้น

จ. ให้เด็กสามารถพยากรณ์ผลที่เกิดขึ้น

ฉ. ให้เด็กสามารถออกแบบทดลองเพื่อตรวจสอบผลการพยากรณ์

ช. ให้เด็กดำเนินการสืบสวนสอบสวนต่อไปในกรณีที่ผลการทดลองไม่สอดคล้องกับการพยากรณ์หรือเมื่อได้รับข้อมูลใหม่ ๆ

ตัวอย่างเหล่านี้เป็นเพียงข้อเสนอแนะที่ต้องการให้ผู้อ่านได้ทำความเข้าใจในการกำหนดเป้าหมาย ซึ่งจะสามารถนำไปปรับปรุงให้สอดคล้องกับขบวนการเรียนการสอนต่อไปได้

8.4 การกำหนดวัตถุประสงค์

สิ่งที่กล่าวไว้ในตอนต้น ๆ ของบทนี้ว่า วัตถุประสงค์นั้นหมายถึงข้อกำหนดที่กล่าวไว้ในลักษณะจำเพาะเจาะจงและสามารถทำให้บรรลุผลได้ในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ข้อกำหนดดังกล่าวจะต้องพิจารณาจากความมุ่งหมาย (aim) และเป้าหมาย (goal) เพื่อให้ครูผู้สอนสามารถวางแผนการสอน กำหนดกิจกรรม และประเมินผลได้

ในการวางแผนการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการนั้น ครูผู้สอนจะต้องพิจารณาความมุ่งหมายของบทเรียนต่าง ๆ ให้เด่นชัดเสียก่อน แล้วจึงนำความมุ่งหมายไปแปรเป็นวัตถุประสงค์เพื่อให้ขอบข่ายการเรียนการสอนดำเนินไปสู่เป้าหมายได้ตามที่ต้องการ ถ้าหากครูไม่ทราบว่าความมุ่งหมายในแต่ละบทแต่ละตอนเป็นอย่างไรแล้วย่อมจะทำให้การสอนของครูไม่มีผลดีและไม่บรรลุเป้าหมายหรือไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ตามที่คาดหมายไว้ กล่าวโดยทั่วไปในการกำหนดวัตถุประสงค์นั้น ครูจะต้องศึกษาพิจารณาความมุ่งหมายเสียก่อน เช่น The School Council 5 - 13 Project กำหนดความมุ่งหมายในการสอนวิทยาศาสตร์ไว้ประการหนึ่งว่า "เพื่อต้องการพัฒนาเด็กให้มีจิตใจเป็นนักสืบสวนสอบสวนและรู้จักใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาโดยการ

- ก. สร้างความสนใจและสร้างเจตคติ ตลอดจนฝึกให้มีความระมัดระวังในสิ่งแวดล้อม
 - ข. รู้จักสังเกตและศึกษาค้นคว้าอย่างมีระบบ
 - ค. รู้จักสร้างคอนเซ็ปต์และมีความคิดวิพากษ์วิจารณ์
 - ง. รู้จักใช้คำถามเพื่อหาคำตอบ
 - จ. ใฝ่หาความรู้และทักษะ
 - ฉ. รู้จักการถ่ายทอดสื่อความหมาย
 - ช. มีความพึงพอใจในรูปแบบและความสัมพันธ์ในธรรมชาติ
 - ซ. ทำความเข้าใจในข้อมูลต่าง ๆ อย่างพินิจพิเคราะห์
- ความมุ่งหมายเหล่านี้อาจจะเขียนเสียใหม่ได้ดังแผนภาพที่ 8.4



แผนภาพที่ 8.4 : การกำหนดความมุ่งหมายแบบกว้าง

แหล่งที่มา : Unesco Hanbook for Science Teachers หน้า 184

เมื่อครูผู้สอนศึกษาความมุ่งหมายทั่วไปจากหลักสูตรแล้ว และเมื่อจะทำการสอนหรือเตรียมบทเรียนในเรื่องใด ก็จะต้องกำหนดวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับความมุ่งหมายดังกล่าว เช่น ครูต้องการจะสอนเรื่องโครงสร้างของดอกไม้ ครูจะต้องให้เด็กศึกษาคอนเซปต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการขยายพันธุ์ ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบและหน้าที่ส่วนต่างๆของดอกไม้

ความเข้าใจในขบวนการผสมพันธุ์ ตลอดจนปลูกฝังให้เด็กเกิดความสนใจในความสวยงามในธรรมชาติ เพราะฉะนั้นในขณะที่ทำการสอนจะต้องมีกิจกรรมต่าง ๆ ที่สะท้อนถึงเรื่องที่กำลังกล่าวมาทั้งหมด

ในการสำรวจตรวจสอบว่าการเรียนการสอนจะบรรลุความมุ่งหมายหรือวัตถุประสงค์หรือไม่ ผู้แต่งคิดว่าครูผู้สอนอาจจะตรวจสอบได้ 2 ประการ

ประการแรก : การตรวจสอบว่าจะบรรลุความมุ่งหมายหรือไม่ ควรจะสำรวจจากข้อสอบในการสอบประจำภาคเรียนหรือประจำปี และ

ประการที่ 2 : การตรวจสอบว่าจะบรรลุวัตถุประสงค์หรือไม่ควรสำรวจจากข้อสอบหรือใบสำรวจในการทดสอบแต่ละครั้ง ทั้งนี้จะช่วยให้ครูและผู้เรียนทราบว่า ขบวนการเรียนการสอนดำเนินไปอย่างไรและควรจะมีการแก้ไขปรับปรุงอย่างไรบ้าง

การกำหนดวัตถุประสงค์นั้นอาจจะกระทำได้ 2 วิธี คือ วัตถุประสงค์ในเชิงพฤติกรรม (behavioral objectives) และวัตถุประสงค์ทั่วไป (non-behavioral or general objectives) การกำหนดวัตถุประสงค์ทั้ง 2 แบบนี้ได้รับความนิยมพอ ๆ กัน การกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมนั้นเป็นภาระกิจที่ครูจะต้องพิจารณาอย่างพิถีพิถันและเป็นข้อกำหนดแบบจำเพาะเจาะจง ทั้งนี้เพื่อต้องการให้เด็กเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมไปในทิศทางที่ครูคาดว่าจะจะเป็นผลดีต่อการเรียนรู้ให้มากที่สุด โดยนัยดังกล่าวการจัดขบวนการเรียนการสอนหรือการจัดกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อให้เด็กแสดงออกมาให้ปรากฏจนสามารถตรวจสอบได้อย่างแน่ชัดนั้นอาจจะเกิดทั้งผลดีและข้อขัดข้องบางประการซึ่งมีผลกระทบต่อผลการเรียนรู้ของเด็กบางประการ เช่น การจัดกิจกรรมบางอย่างไม่สอดคล้องกับความต้องการของเด็ก ทำให้เด็กต้องเสแสร้งแกล้งทำเพื่อต้องการเอาใจครูผู้สอน บางครั้งอาจจะทำให้เด็กขาดความสนใจในเรื่องคุณงามความดีที่ควรจะต้องปลูกฝังตั้งนี้เป็นต้น ส่วนการกำหนดวัตถุประสงค์แบบทั่วไปนั้น อาจจะสะดวกต่อการกำหนดได้อย่างกว้างขวาง และสร้างความพึงพอใจให้แก่ครู ผู้เรียน และสังคมได้ดี แต่ทว่าการสำรวจตรวจสอบอาจจะกระทำได้ยากและไม่เด่นชัดเท่าที่ควร ตลอดจนต้องใช้ระยะเวลาอันยาวนานซึ่งเป็นเรื่องที่ครูผู้สอนจะต้องใช้ความพิจารณาอย่างรอบคอบอยู่ตลอดเวลา

8.4.1 การเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

โดยเหตุที่นักการศึกษาให้ความสนใจเป็นกรณีพิเศษต่อความสัมฤทธิ์ผลในการเรียนรู้ของเด็กและการสอนของครูโดยการพิจารณาจากพฤติกรรมของเด็กที่เปลี่ยนแปลงไป ถ้าหากว่า

เด็กสามารถเรียนรู้ได้ตลอดหรือกระทำกิจกรรมใดๆ ได้อย่างชำนาญ (master) แล้วยอมถือว่า ขบวนการเรียนการสอนบรรลุผลตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ เพราะฉะนั้นการกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมจึงเน้นที่พฤติกรรมของเด็กที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นหลักสำคัญ พฤติกรรมที่เด็กแสดงออกมาภายหลังที่ผ่านการเรียนการสอนแล้วจะเป็นตัวการที่จะช่วยให้ครูผู้สอนนำไปใช้เป็นเงื่อนไขหรือข้อกำหนดเพื่อสร้างประสบการณ์ที่คาดหวัง ตลอดจนการนำไปใช้เพื่อการวัดและประเมินผลได้อีกด้วย

จากข้อความดังกล่าว เราอาจจะให้ความหมายของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมได้ว่า หมายถึง "ข้อกำหนดที่ชัดเจนเพื่อบ่งบอกพฤติกรรมของเด็กที่เปลี่ยนแปลงไปให้สอดคล้องกับเป้าหมายที่คาดหวังไว้ภายหลังที่เด็กได้รับประสบการณ์จากการเรียนรู้แล้ว ซึ่งจะสามารถตรวจสอบได้จากการกระทำหรือทักษะที่เด็กแสดงออกในโอกาสต่าง ๆ"

นักการศึกษาบางท่านเช่น Clark ได้ให้ข้อเสนอแนะว่า การกำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมนั้นควรจะต้องพิจารณาดังนี้

- ก. จะต้องให้เด็กเป็นผู้จัดกิจกรรมหรือลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเองให้มากที่สุด
- ข. ชี้นำให้เด็กได้ทราบว่ กิจกรรมต่าง ๆ ที่จัดขึ้นมานั้นเพื่อให้เด็กได้เปลี่ยนพฤติกรรมไปในช่องทางที่เหมาะสม
- ค. กิจกรรมต่างๆ ที่เด็กจะจัดขึ้นมานั้นจะต้องเสริมประสบการณ์เพื่อการเรียนรู้ให้มากที่สุด

เพื่อให้ผู้อ่านได้เข้าใจถึงช่องทางในการเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมผู้แต่งใคร่เสนอข้อคิดเห็นบางประการไว้ดังนี้ว่า ผู้สอนจะต้องยึดวัตถุประสงค์ในการสอนของแต่ละวิชาและการสอนแต่ละครั้งเป็นหลักที่สำคัญและจำเป็นที่สุด และเมื่อทำการวัดและประเมินนั้นจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆ เช่น

- ก. เนื้อหาสาระที่สอน
- ข. การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ อย่างเหมาะสม
- ค. วิธีการสอนแบบต่าง ๆ
- ง. ตรวจสอบข้อทดสอบ (test) หรือข้อสอบ (examination) ว่ามีความเชื่อถือ

ความถูกต้อง ความยุติธรรม และครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการให้เด็กเรียนรู้
จ. ตรวจสอบพฤติกรรมที่เด็กแสดงออกมาว่าตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่
ส่วนการเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมนั้นให้ดำเนินการดังนี้

8.4.1.1 จะต้องกำหนดหรือบ่งบอกพฤติกรรมขั้นสุดท้าย(terminal behavior)
ให้เด่นชัดและเป็นพฤติกรรมที่เป็นที่ยอมรับว่าเด็กสามารถปฏิบัติได้

8.4.1.2 จะต้องพิจารณาสถานะของสิ่งแวดล้อมเพื่อช่วยให้พฤติกรรมที่กำหนด
ไว้บรรลุเป้าหมายได้

8.4.1.3 กำหนดเกณฑ์ขั้นต่ำที่แน่ชัดเพื่อเป็นเครื่องมือที่จะพิจารณายอมรับ
พฤติกรรมที่เด็กแสดงออกมา

8.4.1.4 ควรเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมในรูปแบบต่างๆโดยให้สอดคล้อง
กับวัตถุประสงค์ที่กำหนดให้

8.4.1.5 การใช้ภาษาเพื่อเป็นสื่อถ่ายทอดความเข้าใจนั้น จะต้องเลือกใช้อย่าง
รอบคอบและระมัดระวังและบ่งบอกอย่างแน่ชัดว่าเด็กควรจะต้องกระทำหรือแสดงออกมาให้เด่น
ชัดได้ เช่น

ก. จงพิสูจน์หรือแก้ปัญหา.....

ข. ให้แสดงรายการ.....

ค. จงบอกความแตกต่างระหว่าง.....

ง. จงชี้ให้เห็นว่า.....

การใช้ภาษาที่มีความหมายไม่คลุมเครือ ตรวจสอบได้ยาก (แม้ว่าจะ เป็นภาษาที่
สละสลวย) เช่น ความซาบซึ้ง (appreciation) ความรู้ (know) ความเชื่อ (believe) ความเข้าใจ
(understand) ความศรัทธา (Faith) และความสนุกสนาน (enjoy) ไม่ควรนำมาใช้เขียนเป็น
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (แต่เป็นที่นิยมใช้เขียนเป็นวัตถุประสงค์ทั่ว ๆ ไป)

8.4.1.6 ข้อความในวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมนั้นจะต้องชี้ว่า เด็กจะต้องทำ
อะไรและควรทำอย่างไร โดยมีการกำหนดเงื่อนไข (เช่น ระยะเวลา) เพื่อให้เด็กแสดง
พฤติกรรมที่พึงประสงค์ได้

8.4.1.7 ข้อความที่กำหนดเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมนั้นจะต้องครอบคลุม

ผลลัพธ์ทั้งหมดที่นักเรียนและครูจะพึงได้รับ เพราะถ้าสิ่งที่ปรากฏขึ้นมีความสัมฤทธิ์ผลแล้วครูจะสามารถกำหนดประสพการณ์ของการเรียนรู้และสามารถสร้างโปรแกรมการสอนได้เป็นอย่างดี

8.4.1.8 ข้อความในการเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมนั้น มีข้อควรระวัง ข้อความที่มี "ความแจ่มแจ้งชัดเจน" กับข้อความที่มี "ความหมายจำเพาะเจาะจง" ซึ่งมีความแตกต่างกันในประเด็นที่ว่า ข้อความที่มีความแจ่มแจ้งชัดเจนนั้นอาจจะสะดวกต่อการทำความเข้าใจ และเหมาะที่จะนำไปเป็นวัตถุประสงค์ทั่วไป ส่วนข้อความที่มีความหมายจำเพาะเจาะจงนั้น อาจจะยากต่อการกำหนดและยากต่อการทำความเข้าใจ แต่ทว่าสามารถตรวจสอบพฤติกรรมของเด็กได้สามารถวัดและประเมินผลได้ ซึ่งจะสอดคล้องกับขบวนการทางวิทยาศาสตร์และการสอนในเชิงบูรณาการมากที่สุด

8.4.2 การนำวัตถุประสงค์ไปใช้

ผู้แต่งขอเสนอความคิดว่า แม้ครูผู้สอนจะพยายามกำหนดวัตถุประสงค์ให้รอบคอบ และรัดกุมเพียงใดก็ตาม สิ่งสำคัญที่ครูจะต้องคำนึงอยู่เสมอว่า สิ่งที่เกิดจะพึงได้รับนั้นคือ

8.4.2.1 ประสพการณ์ของการเรียนรู้อันเกิดจากความรู้และความเข้าใจมากกว่า เนื้อหาสาระของวิชาที่นำมาสอน

8.4.2.2 ในการกำหนดวัตถุประสงค์เพื่อทำการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการ นั้นอาจจะกระทำได้ในหลายรูปแบบโดยนักการศึกษา ครูผู้สอนและผู้ที่เกี่ยวข้อง แต่ทว่าจะมี องค์ประกอบที่สำคัญ ๆ รวมอยู่ 6 ประการได้แก่ การตัดสินใจ การเสาะหาความจริง การสร้างเสริมทักษะเพื่อการดำรงชีพ การสื่อความหมาย การปรับตัวให้เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อม และความพึงพอใจในความงดงามตามธรรมชาติ ซึ่งครูผู้สอนจะต้องใช้ความพินิจพิเคราะห์เป็น กรณีที่สำคัญ

8.4.2.3 มาตรการในการวัดและประเมินผลควรจะต้องเสาะหาวิธีการที่เหมาะสมที่จะสามารถบ่งชี้ได้ว่า ขบวนการเรียนรู้และการสอนของครูได้บรรลุเป้าหมายตามที่พึงประสงค์

8.5 เหตุผลที่มีการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการ

8.5.1 การพัฒนาการการสอนในเชิงบูรณาการ ผู้อ่านคงจะได้ทราบประวัติของการ

พัฒนาการในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการมาพอสมควรแล้วว่า ขบวนการในการเรียน การสอนนั้นมีความสลับซับซ้อนมากมาย ซึ่งเป็นต้นเหตุที่ทำให้ทั้งนักวิทยาศาสตร์และนักการศึกษา พยายามศึกษาค้นคว้าหาวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่พึงประสงค์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ได้พยายามเน้นในเรื่องของความเป็นเอกภาพ (unity) ของการบูรณาการ

เพราะฉะนั้นจึงเป็นความจำเป็นที่จะต้องเสาะแสวงหาเหตุผลว่าเพราะเหตุใดจึงต้อง มีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการ มีมาตรการหลายรูปแบบที่ครูผู้สอนนักวิทยาศาสตร์ ผู้บริหาร ตลอดจนผู้ชำนาญการในการสร้างรูปแบบหลักสูตรพยายามค้นหาข้อเสนอแนะ กำหนดแผน และสร้างวิธีการสอนแบบโปรแกรมขึ้นมาเพื่อทำการสอนให้สอดคล้องกับความต้องการของเด็ก ตลอดจนการค้นหาข้อสนับสนุนและข้อโต้แย้งทั้งในเชิงปรัชญา จิตวิทยา เนื้อหาทางวิชาการ รวมทั้งการปฏิบัติซึ่งจะมีผลต่อการบูรณาการอีกด้วย นอกจากนี้ยังมีการค้นคว้าเพื่อที่จะ ทราบว่าในขบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการนั้นควรจะลึกซึ้งมากน้อยเพียงใด จะมีวิธีการกำหนดและเลือกสรรประเด็นสำคัญหรือหัวข้อของเนื้อเรื่องที่สอนอะไรบ้าง รวมทั้ง จะหลอมรวมเนื้อหาสาระเหล่านั้นด้วยวิธีการอย่างไรบ้าง ตัวอย่างที่ผู้แต่งนำมาเสนอต่อไป นี้ พอจะเป็นเครื่องชี้ให้ผู้อ่านได้เพิ่มความเข้าใจยิ่งขึ้น

8.5.1.1 การค้นหาความเป็นเอกภาพ นับว่าเป็นความพยายามของมนุษยชาติ ตั้งแต่สมัยบรรพกาลเป็นต้นมา โดยนักปราชญ์และนักวิทยาศาสตร์ที่มีชื่อเสียงเช่น อริสโตเติล และ ไอน์สไตน์ ซึ่งมีความเชื่อว่า ธรรมชาติหรือจักรวาลนี้จะต้องมีความเป็นเอกภาพของมันเอง จึงได้พยายามค้นหากฎธรรมชาติอยู่ตลอดเวลา แต่อย่างไรก็ตามเราจะพบว่าในรายวิชาแต่ละ ศึกษานั้นจะต้องอยู่บนพื้นฐานที่มีหลักการมากกว่า 1 หลักการขึ้นไป และหลักการเหล่านั้นมัก จะมีความสัมพันธ์กันอยู่เสมอ นอกจากนี้ผลการค้นคว้าวิจัยยังยืนยันต่อไปอีกว่าการศึกษาค้นคว้าให้ลึกซึ้งแบบจำเพาะเจาะจงเป็นกรณีพิเศษ (specialization) นั้นนอกจากจะไม่ทำให้เกิดประโยชน์เท่าที่ควรแล้ว ยังจะสร้างปัญหา อุปสรรค ตลอดจนเป็นการสร้างผลเสียหายให้ เกิดขึ้นได้อีกด้วย ทั้งนี้เป็นเพราะว่าในชีวิตของมนุษย์ที่ดำรงอยู่ได้ในสภาพสังคมปัจจุบันนั้น ต้องอาศัยพื้นฐานความรู้ ทักษะ ประสบการณ์จากสาขาวิชาการต่าง ๆ เป็นจำนวนมากมาย เพราะฉะนั้นการสอนเด็กให้รู้จักการเรียนรู้อาชีววิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการนั้นจึงน่าจะเกิดประ โยชน์มากกว่า เพราะไม่เป็นการศึกษาเนื้อหาสาระเฉพาะแต่ชีววิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ทว่า

จะเป็นการศึกษาในลักษณะผสมผสานระหว่างสาขาวิชาอื่น ๆ อีกด้วย

8.5.1.2 ข้อโต้แย้งในเชิงจิตวิทยาและเชิงวิชาการ

โดยหลักการทั่วไปแล้วยังไม่มีการสำรวจตรวจสอบแนวความคิดระหว่างนักจิตวิทยาที่สนใจเกี่ยวกับเรื่องการเรียนรู่ว่า การถ่ายโอนการเรียนรู้ในระหว่างสาขาวิชาต่าง ๆ นั้นมีความเกี่ยวข้องกันมากน้อยเพียงใด แต่ Bruner ซึ่งเป็นผู้มีแนวความคิดในเชิงมองโลกในด้านดี มีความเชื่อว่า คนเราสามารถนำเอาคอนเซปต์ หลักเกณฑ์ กฎ ตลอดจนยุทธวิธีของสาขาวิชาหนึ่งถ่ายทอดหรือนำไปใช้กับสาขาวิชาอื่น ๆ ได้เป็นอย่างดี (Bruner : 1960, 1966) ซึ่งก็มีนักจิตวิทยาบางท่านที่มีความเห็นไม่สอดคล้องด้วยมากนัก เช่น Gagne แต่ Ausubel ได้พยายามประสานแนวความคิดที่แตกต่างกันนั้นให้เกิดประโยชน์ต่อการศึกษาศึกษาโดยมีความเชื่อว่าการศึกษากลับมาเกี่ยวกับการถ่ายโอนการเรียนรู้นั้นจะมีผลดีต่อการค้นคว้าให้ลึกซึ้งในเรื่องราวที่ต้องการจะเจาะลึกลงไปให้มากที่สุด และยืนยันว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยขบวนการบูรณาการนั้นจะมีประโยชน์ต่อการฝึกอบรมให้เด็กสามารถนำหลักการจากวิชาหนึ่งไปใช้กับสาขาวิชาอื่นได้ เช่น เด็กสามารถนำคอนเซปต์ หลักเกณฑ์ของวิชาชีววิทยาไปใช้กับการเรียนรู้ในวิชาเกษตรและโภชนาศาสตร์ได้ดังนี้เป็นต้น (Ausubel, 1968)

ผู้แต่งมีความคิดเห็นว่า คนเราเมื่อเจริญเติบโตผ่านวัยต่าง ๆ จนบรรลุความเป็นผู้ใหญ่ นั้น คงไม่มีผู้ใดเรียนรู้ได้ตามขั้นตอนเช่นเดียวกับการจัดระบบในสาขาวิชาต่าง ๆ ซึ่งมีขั้นตอนอย่างมีระเบียบแบบแผนแต่ครูผู้สอนจะต้องพยายามสั่งสอนเด็กในแนวทางที่นักจิตวิทยาเชื่อว่าเด็ก ๆ เหล่านั้นควรมีการพัฒนาการในการสร้างคอนเซปต์อย่างไร ทั้งนี้เพื่อต้องการให้เด็กรู้จักวิธีการขวนขวายหาความรู้ การรับความรู้ และรักษาหรือยึดแนวความรู้เหล่านั้นไว้ คุณลักษณะเช่นนี้ที่จะบังเกิดขึ้นแก่เด็กนั้นจะเหมือนกันในทุกสาขาวิชาโดยไม่ต้องคำนึงว่า การเรียนรู้ในวิชาชีววิทยา เคมี และฟิสิกส์ จะมีความแตกต่างกัน

จากบทเรียนที่ 3 เราทราบว่าเด็กในโรงเรียนประถมศึกษาชั้นนั้นกำลังอยู่ในวัยที่ Piaget เรียกว่า "วัยของการปฏิบัติการในเชิงรูปธรรม" ซึ่งเป็นระยะเวลาที่เด็กจะฝึกการใช้ประสาทสัมผัสเพื่อเรียนรู้ในสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบ ๆ ตัว นักการศึกษาวิทยาศาสตร์หลายท่านมีความเห็นสอดคล้องกันว่า การสอนวิทยาศาสตร์นั้นควรสอนในเชิงบูรณาการมากกว่าจะแบ่งแยกสาขา แต่จะวิชาออกมาสอน เพราะเด็กยังไม่สามารถจะรับรู้หรือแยกแยกออกมาได้ว่า ตนกำลังเรียน

วิชาเคมีหรือวิชาชีววิทยา หรือวิชาอื่น ๆ แต่เด็กจะพยายามเรียนรู้เพื่อรับรู้และพยายามสัมผัส สิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้นั่นเอง เยาวชนไม่สามารถจะปรับตัวให้ทันต่อเหตุการณ์ของสิ่งแวดล้อมแล้วย่อมจะทำให้เกิดปัญหาต่อการดำรงชีวิต การพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม การเมืองและสันติภาพในมวลหมู่มนุษยชาติอีกด้วย เพราะฉะนั้นการให้การศึกษาวิทยาศาสตร์ แก่เยาวชนจึงมีความจำเป็นดังที่ Malek กล่าวว่า "การสอนโดยอาศัยหลักสหวิทยาการของ วิทยาการของวิทยาศาสตร์จึงมีความจำเป็นต่อสังคมทั้งในปัจจุบันและอนาคต ที่จะช่วยให้สมาชิกของ สังคมสามารถปรับตัวให้สมดุลกับสภาวะสิ่งแวดล้อม เนื้อหาสาระของแต่ละสาขาวิชารวมทั้ง ขบวนการต่าง ๆ ที่จะนำมาให้การศึกษอบรมแก่เยาวชนนั้นจะต้องมีความเกี่ยวเนื่องกันและ สามารถผสมกลมกลืนเข้าด้วยกันได้เป็นอย่างดี" (Malek, 1971) ซึ่งผู้แต่งมั่นใจว่าจะต้องใช้การ บูรณาการเป็นหลักสำคัญนั่นเอง

8.5.1.5 ผลในการปฏิบัติ การสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการนั้น ผู้แต่ง คิดว่าย่อมจะแตกต่างไปจากการสอนโดยวิธีดั้งเดิมที่เน้นเฉพาะเนื้อหาสาระ แต่การสอนโดยวิธี การบูรณาการนั้นจะเป็นการผสมผสานวิธีการบ่อนข้อเท็จจริงผนวกกับการปฏิบัติหรือการจัด กิจกรรมควบคู่กันไป กิจกรรมที่เด็กจัดโดยอาศัยคำแนะนำจากครูนั้น ย่อมทำให้เด็กได้รับ ประสบการณ์ในการปฏิบัติมากขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้เด็กได้รับความรู้ ประสบการณ์ วิธีการเรียนรู้ มากขึ้นแล้ว ผลประโยชน์ที่จะเกิดต่อเนื่องแก่เด็กโดยตรงย่อมได้แก่การเปิดโอกาสให้เด็กเรียนรู้ การทำงาน การเลือกหาวัสดุ อุปกรณ์มาใช้อย่างถูกต้อง และเป็นเครื่องชี้นำวิชาชีพที่เด็กจะ ต้องตัดสินใจเลือกเฟ้นเพื่อการดำรงชีพในอนาคตอีกด้วย

ผู้แต่งใคร่ชี้ประเด็นสำคัญบางประการเกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการ ที่กำลังได้รับการสนใจอย่างกว้างขวางและเป็นสิ่งใหม่ที่ผิดแผกแตกต่างไปจากการสอนวิทยาศาสตร์ ทั่วไปไปตามแนวที่เคยปฏิบัติกันมา ซึ่งผู้อ่านบางท่านอาจจะมีความข้องใจสงสัย มีข้อบกพร่อง หรือจุดบอบของการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไปตามหลักสูตรเดิมนั้น กาลเวลาที่ผ่านไปได้พิสูจน์ให้เห็นว่าผู้เรียนไม่สามารถจะนำไปใช้ในการดำรงชีพและพัฒนาสังคมได้ดีเท่าที่ควร โดยพิจารณา จากเนื้อหาสาระและขบวนการสอนที่นำมาใช้ เพราะทั้งข้อมูลในแต่ละรายวิชาที่นำมาสอนนั้น ไม่ผสมผสานกลมกลืนกัน เป็นการหยิบยก เลือกสรรมาโดยคิดว่าน่าจะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้ เท่านั้น แต่ทว่าไม่สามารถนำผลต่อการปฏิบัติหรือนำไปใช้ได้จริงจิง จากการวิจัยจะพบว่า

รายการต่าง ๆ ในวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไปจะเหมาะสมสำหรับเด็กที่ด้อยความสามารถทาง
ด้านสติปัญญาเท่านั้น เนื้อหาสาระไม่ทันต่อเหตุการณ์ที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและบางครั้ง บางวิชา
เน้นเนื้อหามากเกินไปจนเกินกำลังความสามารถที่เด็กจะรับได้ และที่นับว่าเป็นจุดอ่อนมากที่สุดได้แก่
ขบวนการสอนเก่า ๆ ไม่มุ่งเน้นในเรื่องพัฒนาโดยการผสมผสานระหว่างเนื้อหากับการปฏิบัติที่
จะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากนั่นเอง และสิ่งสำคัญที่สุดอีกประการหนึ่งที่ผู้อ่านจะต้องระลึก
อยู่เสมอว่า การสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการนั้น นอกจากจะมีการพัฒนาหลักสูตร การจัด
เนื้อหาสาระ การกำหนดยุทธศาสตร์และยุทธวิธีของการสอนที่เหมาะสมแล้วก็ตาม ถ้าหากว่า
ครูผู้สอนไม่มีความพร้อม ขาดสมรรถภาพที่เหมาะสมแล้วย่อมจะไม่เกิดผลดีเท่าที่ควรเลย

8.5.2 การบูรณาการและโครงสร้างของวิชา

ในปัจจุบันการพัฒนาหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์กันอย่างกว้างขวางโดยการเน้นทั้ง
"สาขาวิชา" (discipline-centered) และ "สหวิทยาการ" (interdisciplinary) เป็นหลัก แต่
ถ้าหากว่าได้พิจารณาแล้วจะพบว่า การเน้นในเรื่องดังกล่าวทั้ง 2 แบบนั้นยังคงยึดถือความ
สำคัญของโครงสร้างของวิทยาศาสตร์เป็นแกนเช่นเดียวกัน แต่ที่จะมีการเน้นในรายละเอียด
อื่น ๆ เช่น การสร้างคอนเซ็ป ขบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือวิธีการเลือกเก็บข้อมูลแตกต่าง
กันออกไปและมีการหลีกเลี่ยงที่จะไม่เก็บเฉพาะข้อเท็จจริงเท่านั้น เพราะมีความเชื่อว่า ความรู้ทาง
วิทยาศาสตร์ที่เกิดจากการสังสมข้อเท็จจริงไม่มี "ตัวเชื่อม" นั้นย่อมจะทำให้วิทยาศาสตร์ที่
เจริญก้าวหน้าไปนั้นไม่มีพื้นฐานที่มั่นคงเช่นเดียวกับการก่อกำแพงอิฐที่ปราศจากซีเมนต์เป็นตัวเชื่อม
นั่นเอง นอกจากนั้นเรายังพบว่า ขณะนี้โลกกำลังเผชิญอยู่กับการพัฒนาการในด้านวิชาความรู้
อย่างไม่หยุดยั้ง อีกทั้งการเรียนการสอนในโรงเรียนยังใช้ "ระยะเวลา" เป็นตัวกำหนดเช่นนี้
แล้วจึงทำให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างวิชาวิทยาศาสตร์นั้นล่าช้าไม่ทันต่อการพัฒนา
ในด้านวิชาความรู้ ซึ่งจะมีผลทำให้การเรียนรู้ของเด็กไม่สมบูรณ์และสอดคล้องกับชีวิตในวัยเป็น
ผู้ใหญ่ภายหลังที่เด็กเหล่านั้นจบการศึกษาไปแล้ว

ปัญหาที่น่าคิดและควรนำมาพิจารณาน่าจะอยู่ตรงประเด็นที่ว่า "การสอนวิทยาศาสตร์
โดยขบวนการบูรณาการ" นั้นควรจะดำเนินการอย่างไรจึงจะสอดคล้องกับโครงสร้างของวิทยาศาสตร์
ดังที่นักปรัชญาทางการศึกษาวิทยาศาสตร์กำหนดไว้และสามารถบรรลุเป้าประสงค์ทางการศึกษาได้
แนวทางที่ผู้แต่งคิดว่าจะทำให้บรรลุผลดังกล่าวได้น่าจะ ได้แก่ การบูรณาการเนื้อหาสาระของวิชา

วิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสอน และการบูรณาการในวิธีการสอน เพื่อนำเนื้อหาสาระไปอบรมสั่งสอน ผู้แต่งใคร่ขอเสนอแนวความคิดเกี่ยวกับการบูรณาการเนื้อหาสาระของวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปอบรมสั่งสอนว่า เราคงจะต้องพิจารณาเพื่อที่จะหาข้อกำหนดหรือแก่นร่วมของสาขา วิชาวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ เสียก่อน ทั้งนี้เพื่อต้องการจัดระบบของความรู้และเสาะหาความสัมพันธ์ ระหว่างเนื้อหาสาระของสาขาวิชาเหล่านั้นเมื่อทราบถึงเนื้อหาสาระและความสัมพันธ์แล้ว เรื่องที่จะต้องพิจารณาในเนื้อหาสาระที่จะต้องคัดออกไปด้วยความจริงเรื่องเหล่านี้ได้มีการกระทำกัน มานานแล้วโดยนักปรัชญาและนักการศึกษา เช่น อริสโตเติล เป็นต้น อริสโตเติลได้ให้หลักการ ของวิชาแต่ละสาขาไว้ว่า วิชาแต่ละสาขานั้นแบ่งออกได้เป็น 3 คุณลักษณะที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง

คุณลักษณะประการแรก ได้แก่ ภาคหรือส่วนที่เรียกว่า ทฤษฎี (theory) ซึ่งมี เป้าหมายเกี่ยวกับการเรียนรู้ เช่น วิชาคณิตศาสตร์ และวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป

คุณลักษณะประการที่สอง ได้แก่ ภาคหรือส่วนที่เรียกว่า ภาคปฏิบัติ (practical) ซึ่งเน้นการลงมือกระทำที่เหมาะสม (appropriate action) ในกรณีนี้ผู้แต่งมีความคิดเห็นว่าลักษณะ ของการกระทำที่เหมาะสมนั้นจะต้องคำนึงถึงเรื่องราวที่พาดพิงหรือเกี่ยวข้องกับคุณธรรม ศีลธรรม การเมือง การปกครอง การเศรษฐกิจ ระบบการบริหารและค่านิยมที่พึงงามอีกด้วย

คุณลักษณะประการที่สาม ได้แก่ เรื่องผลผลิต (productive) ซึ่งหมายถึงสิ่งที่เกิดขึ้น จากคุณลักษณะของวิชาในประการที่สองโดยอาศัยหลักการหรือทฤษฎีเป็นพื้นฐาน ผลผลิต ของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ที่มองเห็นชัดในยุคปัจจุบันย่อมได้แก่ ผลผลิตที่เกิดจากวิทยาศาสตร์ประยุกต์ (applied science) หรือวิชาเทคโนโลยี (technology) นั้นเอง บางครั้งผลผลิตของวิชา วิทยาศาสตร์เราอาจจะพิจารณาได้จากสาขาวิทยาการต่าง ๆ เช่น วิศวกรรมศาสตร์ แพทย์ศาสตร์ เกษตรศาสตร์ คหกรรมศาสตร์ การอุตสาหกรรมในสาขาต่าง ๆ

บทบาทของโรงเรียนและสถาบันการศึกษาในระดับต่างๆ ได้พยายามปฏิบัติภารกิจ ตามคุณลักษณะของวิชาการในประการแรกและประการที่สองเป็นส่วนใหญ่ โดยเน้นที่ การสร้างสรรค์การพัฒนาหลักสูตร และวิธีการสอน เพราะถือว่าในการอบรมเยาวชนนั้นจะ ต้องปลูกฝังให้เด็กมีความสมบูรณ์ในด้านต่าง ๆ พอที่จะออกไปเผชิญชีวิตได้ภายหลังที่ศึกษา เล่าเรียนจบเรียบร้อยแล้ว ส่วนผลผลิตที่จะพึงเกิดขึ้นนั้นมักจะไปปรากฏให้เห็นชัดภายหลังที่ เยาวชนเหล่านั้นออกไปประกอบวิชาชีพเพื่อดำเนินชีวิตในวัยผู้ใหญ่ต่อไปนั่นเอง

อนึ่งแนวทางในการปฏิบัติจริง ๆ เกี่ยวกับการบูรณาการการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ นั้นเรามักจะพบว่าได้มีการพยายามสร้างความสัมพันธ์ในเนื้อหาสาระ คอนเซป วิธีการ ตลอดจนถึงผลของการวิจัยที่ปรากฏอยู่ในสาขาวิชาการต่าง ๆ ของวิชาวิทยาศาสตร์และวิชาการ สาขาอื่น ๆ อีกด้วย ทั้งนี้โดยพิจารณาถึงโครงสร้างของสาขาวิชาการเหล่านั้น และประโยชน์ที่จะพึงได้รับอีกด้วย โดยนัยดังกล่าวเราจึงพบว่ามีสาขาวิชาใหม่ ๆ เกิดขึ้นอย่างมากมาย เช่น bioengineering, biochemistry, electronics ดังนี้ เป็นต้น

ข้อเสนอแนะบางประการในการบูรณาการการสอนวิชาวิทยาศาสตร์โดยพิจารณาจากโครงสร้างของสาขาวิชาการต่าง ๆ

8.5.2.1 อิทธิพลของวิชาคณิตศาสตร์

แม้ว่าวิชาคณิตศาสตร์จะถือว่าเป็นวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ (natural science) ก็ตาม แต่โดยธรรมชาติของลักษณะวิชาแล้วจะมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวที่แตกต่างไปสาขาวิชาอื่น ๆ ตรงที่การนำจำนวนและตัวเลขซึ่งมีลักษณะเป็นนามธรรมที่ได้มาจากประสบการณ์จริง ๆ ตามธรรมชาติมาอบรมสั่งสอน วิชาคณิตศาสตร์จึงมีพื้นฐานมาจากหลักของตรรกวิทยาโดยอาศัยการตั้งกฎของสัจพจน์ (axioms) และเซต (set) ซึ่งเป็นสิ่งที่นอ กเหนือไปจากการสังเกต (observation) โครงสร้างพิเศษของวิชาคณิตศาสตร์มักจะผิดแผกแตกต่างไปจากวิชาเลขคณิต พีชคณิต และเรขาคณิต ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพยายามหาทางเพื่อจัดหรือประสานวิชาเหล่านี้ ให้อยู่ในระบบเดียวกัน

จากผลการวิจัยและประสบการณ์ที่ผู้แต่งได้ศึกษามา จะพบว่าในบรรดาสาขาวิชาต่าง ๆ ของวิทยาศาสตร์นั้น วิชาคณิตศาสตร์จะแสดงบทบาทสำคัญในการเชื่อมโยง พร้อมทั้งเป็นตัวสนับสนุนให้สาขาวิชาอื่น ๆ ได้รับการสร้างสรรค์ และสามารถทดสอบได้ วิชาคณิตศาสตร์จะเป็นหลักหรือต้นแบบให้วิชาสาขาอื่น ๆ สร้างรูปแบบใหม่ ๆ ทั้งในด้านโครงสร้างและการรู้แจ้งในวิชาเหล่านั้นเพิ่มขึ้น มีการยอมรับนับถือว่า "คณิตศาสตร์นั้นหมายถึง ภาษาหรือตัวสื่อความหมายของวิชาวิทยาศาสตร์" เพราะคณิตศาสตร์จะช่วยในการสรุปข้อคิดเห็น (generalization) ทั้งในด้านจำนวน สัญลักษณ์ และกราฟ ในรูปแบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับธรรมชาติและสังคมศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งคณิตศาสตร์ในบทบาทของภาษานั้นถือว่าเป็นทักษะขั้นพื้นฐานที่จะใช้ในการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง

8.5.2.2 การนำผลของวิทยาศาสตร์ประยุกต์หรือเทคโนโลยีมาใช้ในการบูรณาการ การนำผลของเทคโนโลยีมาใช้ในการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการนั้นจะต้อง คำนึงถึง หลักการและความประสานสัมพันธ์ระหว่าง ภาคทฤษฎี ภาคปฏิบัติ และผลผลิตของ วิชาเหล่านั้นเสียก่อน โดยเฉพาะแกนสำคัญที่จะต้องให้ความสนใจเป็นพิเศษได้แก่ พื้นฐาน บริสุทธิ์ของวิชาวิทยาศาสตร์เพราะเป็นเรื่องที่จะต้องนำไปปฏิบัติในขบวนการเรียนการสอนนั่นเอง

คำว่า วิทยาศาสตร์ประยุกต์ (applied science) นั้น หมายถึง คุณสมบัติและ คุณลักษณะของเครื่องมือและระบบต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ประดิษฐ์คิดค้นขึ้นมา เช่น การแพทย์ วิศวกรรม ฯลฯ หรือวิธีการต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้พยายามปรับปรุง เปลี่ยนแปลงสิ่งต่าง ๆ ใน ธรรมชาติให้เกิดประโยชน์ยิ่งขึ้น ดังเช่น กรรมวิธีและขบวนการในด้านเกษตร การอาหาร รวมทั้งการศึกษา ดังนั้นเป็นต้น วิทยาศาสตร์ประยุกต์ทั้งหลายที่เกิดขึ้นมานั้น จะต้องอาศัย พื้นฐานความรู้ และวิธีการทางวิทยาศาสตร์เบื้องต้นเป็นแบบแผนหรือเป็นแกนสำคัญ เช่น วิชาชีววิทยา จะเป็นพื้นฐานสำคัญในด้านการเกษตร หรือวิชาเคมีจะเป็นรากฐานของวิชาเภสัชกรรม และวิชาฟิสิกส์เป็นพื้นฐานของวิชาวิศวกรรม นอกจากนั้นเราอาจจะกล่าวโดยสรุปว่า วิทยาศาสตร์ ประยุกต์นั้น เป็นขบวนการที่มุ่งจะศึกษาค้นคว้าเพื่อที่จะตอบปัญหาว่า "มนุษย์จะสามารถทำ อะไรได้บ้าง" ซึ่งเป็นความพยายามที่มีความหมายสอดคล้องหรือใกล้เคียงกับ "วิชาเทคโนโลยี" มากที่สุด โดยทั่วไปแล้วเรื่องราวของเทคโนโลยีนั้นมักจะหมายถึง วิชาการเกษตร วิศวกรรม การแพทย์ และการสอน โดยพยายามค้นคว้าหาวิธีการว่าจะสามารถนำวัตถุดิบของอะไรมา ค่าเนินการหรือปฏิบัติการได้อย่างไรบ้างนั่นเอง ผู้แต่งมีความคิดเห็นว่า ในบรรยากาศของ การปฏิบัติภารกิจต่าง ๆ นั้น เรามักจะพิจารณาว่าเราควรจะทำอย่างไรเสียมากกว่า เพราะ มนุษย์พยายามที่จะเสาะหาเกี่ยวกับ "การเรียนรู้อย่างไร" (know-how) เสียก่อนแล้วจึงตัดสินใจ ลงมือกระทำจริง ๆ ทั้งนี้เพื่อขจัดปัญหาต่าง ๆ และต้องการให้บังเกิดผลประโยชน์ให้มากที่สุด

ประเด็นสำคัญที่ผู้อ่านและนักศึกษาควรจะให้ให้ความสนใจได้แก่ การเรียนรู้อย่างไร และจะพิจารณาตัดสินใจลงมือปฏิบัติได้อย่างไรนั้นเป็นเรื่องที่จะต้องใช้ความพินิจพิจารณา กัน อย่างรอบคอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการเรียนการสอนนั้น นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้สร้าง หลักสูตรขึ้นมาเพื่อสนองความต้องการที่จะเตรียมบุคคลให้เข้าใจและมีความรู้ในเรื่อง การเรียนรู้ อย่างไรก็ตาม ทั้งสามารถตัดสินใจที่จะนำความรู้เหล่านั้นไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้มากที่สุด

8.5.2.3 ผลกระทบจากวิชาการเกษตรซึ่งเน้นสิ่งแวดล้อมในเชิงวิทยาศาสตร์

ในข้อ 8.5.2.2 ได้มีการพิจารณาเกี่ยวกับอิทธิพลของเทคโนโลยีที่มีต่อการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการ และแนวทางการนำเทคนิคมาใช้แล้ว สิ่งสำคัญในประเด็นต่อมาได้แก่การคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมตามสภาพภูมิประเทศที่แท้จริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทยนั้นเราต้องยอมรับว่าพื้นที่ของประเทศมากกว่าร้อยละ 80 นั้น ใช้ประโยชน์ในการเกษตรกรรม เพราะฉะนั้นกิจกรรมต่าง ๆ ในด้านการเกษตรจึงเป็นพื้นฐานอันสำคัญยิ่งต่อการพิจารณาหลักสูตร การปรับปรุงขบวนการเรียนการสอน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทดลองและการเรียนรู้ในท้องไร่ท้องนาหรือที่เรียกว่า "การศึกษานอกสถานที่" จึงเป็นเรื่องที่คำนึงเพื่อที่จะได้มีการเตรียมการเพื่อวางแผน การแก้ปัญหา การเก็บข้อมูล รวมทั้งการอบรมให้เด็กมองเห็นในคุณค่าเพื่อที่จะได้นำไปพัฒนาประเทศชาติต่อไป

ผู้แต่งมีความคิดเห็นจากประสบการณ์ว่า การสร้างเสริมกิจกรรมโดยการออกศึกษานอกสถานที่ และการเรียนรู้ในเงื่อนไขการดำรงชีพของสิ่งที่มีชีวิตนั้น ถ้าหากว่าได้มีการเตรียมแผนอย่างรอบคอบและรัดกุมแล้ว ย่อมจะเกิดประโยชน์ต่อการเรียนรู้และช่วยเสริมสร้างคุณค่าให้แก่เด็กอย่างน้อย 2 ประการ ประการแรกจะช่วยปลูกฝังให้เด็กเกิดความรู้สึกว่าเขาสามารถจะควบคุมและสร้างประโยชน์จากธรรมชาติ-สิ่งแวดล้อมได้มาก และประการสุดท้ายจะเป็นการปลูกฝังให้เด็กเกิดความสำนึกในความสำคัญของการเรียนรู้ตลอดชีพ (Life Long Education) ตลอดจนการสร้าง "งานอดิเรกตลอดชีพ" (Life long hobby) ได้อีกด้วย

8.5.2.4 ผลกระทบจากด้านมนุษยชาติ (humanities) ที่มีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการ

แม้ว่าวิชาวิทยาศาสตร์จะเป็นเรื่องราวของการศึกษาค้นคว้าในสิ่งที่อยู่รอบๆ ตัว และความเร้นลับในธรรมชาติก็ตาม แต่ขบวนการเรียนการสอนในสมัยก่อนๆ มักจะเน้นเฉพาะเรื่องข้อเท็จจริง ข้อมูล การทดลอง อยู่ตลอดเวลาจนไม่คำนึงถึงความรู้สึกของเด็กผู้สนใจว่า ความรู้หรือพุทธิพิสัย และทักษะพิสัย เหล่านั้นจะกระทบกระเทือนจิตใจหรือจริยพิสัยของบุคคลเหล่านั้นมากน้อยเพียงใด ยิ่งในปัจจุบันเราจะพบว่าวิทยาการทางด้านวิทยาศาสตร์เจริญรุดหน้าไปอย่างมากมาย ความรู้และเทคโนโลยีบางอย่างสร้างสรรค์ ความเจริญให้แก่มนุษยชาติอย่างมหากาฬ แต่ความรู้ เทคโนโลยีบางอย่าง ที่บุคคลบางหมู่บางเหล่านำไปใช้ในทางที่ผิด

ไม่เหมาะสม ได้ทำลายสภาพสิ่งแวดล้อม ทำลายชีวิตทั้งทางตรงและทางอ้อม สิ่งเหล่านี้ได้สร้างภาพพจน์ให้แก่วิชาวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ไปในแนวทางที่ไม่เหมาะสม จึงเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ได้มีการเรียกร้องให้ปรับปรุงหลักสูตรการศึกษาวิทยาศาสตร์สำหรับทุกระดับชั้นเรียนเสียใหม่ ทั้งนี้เพื่อต้องการสร้างภาพพจน์ในโครงสร้างของวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับภูมิหลังทางค่านิยมของผู้เรียนและผู้สนใจทั่วไป

ในปัจจุบันเราจะพบว่าได้มีการพัฒนาหลักสูตรของการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในรูปแบบต่าง ๆ กัน เช่นการสอนในเชิงประวัติศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์ การสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไปการเรียนรู้อิงเด็กที่มีผลดีนั้น มักจะขึ้นอยู่กับวิธีการสอนของครูที่เปิดโอกาสให้เด็กมีอิสระหรือเป็นตัวของตนเองให้มากที่สุด ครูจะต้องพยายามชี้แนะโดยทางอ้อมให้มากที่สุด วิธีการที่ได้รับความนิยมสนใจได้แก่ การใช้คำถามแบบยั่วหรือเร่งเร้าความสนใจให้เด็กเกิดความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้นั้นจะเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

8.7.1 ยุทธวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ เมื่อได้ศึกษาจากผลของการค้นคว้า วิจัยของนักการศึกษาและองค์การต่าง ๆ แล้ว เช่น เราจะพบว่ามียุทธวิธีประกอบสำคัญ 5 อย่างที่ใช้ในการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการซึ่งได้แก่

- ก. การใช้หนังสือ ตำรา
- ข. การเขียนและอธิบาย
- ค. การสาธิต
- ง. การจัดกิจกรรม
- จ. การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบของการสอนเหล่านี้แล้ว เราจะพบว่า องค์ประกอบแต่ละอย่างจะต้องมีความสัมพันธ์กัน และไม่สามรถจะแบ่งแยกให้แน่ชัดลงไปได้ องค์ประกอบหรือวิธีการสอนแต่ละอย่างจะมีขอบข่ายกว้างขวางและจะต้องเกี่ยวข้องกันเช่นการสอนโดยใช้เอกสาร-ตำรานั้นครูอาจจะให้เด็กอ่านเอง ครูเป็นผู้อ่าน-อธิบายให้ฟังก็ได้บางครั้งครูอาจจะสั่งให้เด็กศึกษาค้นคว้าจากบทความ วารสารหรือใช้ห้องสมุดเป็นแหล่งค้นคว้าก็ย่อมได้เช่นกัน วิธีการสอนโดยการเขียนหรืออธิบายนั้นอาจจะเป็นการบรรยายของครูการใช้คำถามเพื่อให้เด็กโต้ตอบหรือถกปัญหาในห้องเรียนก็ได้ ส่วนการสอนโดยการสาธิตนั้นสามารถกระทำได้หลายวิธี เช่นครูแสดงการสาธิตเพื่อหาข้อ

สรุปหรือทำการทดลองเพื่อให้เด็กเข้าใจในหลักเกณฑ์หรือกฎทางวิทยาศาสตร์เป็นต้น ส่วน การสอนสำหรับเด็กนักเรียนที่ไม่เลือกวิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาเอก-โท การส่งเสริมให้มีวารสารทางด้านวิทยาศาสตร์สำหรับประชาชนให้มากขึ้น (ผู้แต่งมีความเห็นว่าในประเทศไทย มีวารสารดังกล่าวแพร่หลายอย่างกว้างขวางในระยะเวลา 3-5 ปีที่ผ่านมา) การเน้นในเรื่อง ภาษาที่จะใช้เป็นสื่อในการสร้างวัฒนธรรม และความมีวินัยโดยอาศัยวิชาวิทยาศาสตร์ ตลอดจนการสร้างคุณค่า-ค่านิยม ความคิดสร้างสรรค์ ทั้งนี้เพื่อต้องการให้เกิดประสบการณ์ที่มีคุณค่าให้แก่ผู้เรียนให้มากที่สุดนั่นเอง

8.6 มิติของการบูรณาการ

การจัดโปรแกรมการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการนั้น อาจจะจัด ได้อย่างน้อย 2 วิธี แต่สิ่งที่สำคัญที่จะต้องพิจารณานั้นได้แก่ "ขอบข่าย" (scope) และ "ความเข้มข้น" (intensity) ของการบูรณาการ

8.6.1 ขอบข่ายของการบูรณาการ หมายถึง ความกว้างขวางของวิชาและรายวิชา ที่จะนำมาผสมผสานกันสอดคล้องสอดคล้องกับหลักสูตรที่กำหนดไว้ (ศึกษาตัวอย่างที่ ดร.สาโรช บัวศรี อธิบายไว้ในข้อ 8.1) ถ้าหากว่าได้พิจารณาขอบข่ายของการบูรณาการแล้วเราจะพบ เครื่องชี้นำที่จะช่วยให้ทราบว่า การบูรณาการนั้นมีลักษณะเป็นอย่างไรบ้าง ยังมีอิทธิพลของวิธีการแบบดั้งเดิมแอบแฝงอยู่มากน้อยเพียงใดอีกด้วย

กล่าวโดยทั่วไปเกี่ยวกับการนำวิชาต่าง ๆ มาบูรณาการนั้นอาจจะกระทำได้หลายวิธี เช่น

- ก. การบูรณาการในรายวิชาต่าง ๆ ของวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ
- ข. การบูรณาการในรายวิชาที่มีเนื้อหาสาระใกล้เคียงกัน เช่น วิชาเคมีและวิทยาศาสตร์ทางกายภาพ (ไม่เกี่ยวกับสาขาชีวภาพ)
- ค. การบูรณาการระหว่างวิทยาศาสตร์ทั่วไปกับวิชาสังคมศึกษา
- ง. การบูรณาการระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์กับวิชามนุษยศาสตร์
- จ. การบูรณาการระหว่างรายวิชาในวิทยาศาสตร์ธรรมชาติยกเว้นวิชาวิทยาศาสตร์

ผู้แต่งมีความคิดเห็นว่า ถ้าขอบข่ายของการบูรณาการกว้างขวางจนเกินไปนั้นอาจจะไม่เหมาะสม สำหรับเด็กนักเรียนในระดับประถมศึกษา และขอเสนอแนะข้อคิดไว้ให้พิจารณา 3 ประการดังนี้

ประการแรก : การบูรณาการนั้นจะต้องจัดทำให้เหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการของเด็กที่จะสามารถศึกษาค้นคว้าได้ตามความสนใจ

ประการที่ 2 : การบูรณาการจะต้องให้สอดคล้องกับเป้าหมายของการศึกษาที่ได้กำหนดไว้

ประการที่ 3 : การสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการนั้น ควรเน้นในเรื่องเทคโนโลยีและมนุษยศาสตร์ให้มากที่สุด

8.6.2 ความเข้มข้นของการบูรณาการ หมายถึง ชั้น ระดับ น้้าหนัก หรือ คีกรี (degree) ที่จะนำวิชาการต่าง ๆ มาบูรณาการกันมากน้อยเพียงใด ในตอนต้น ๆ ได้อธิบายให้ทราบแล้วว่า ทำไมจึงต้องมีการบูรณาการและจะบูรณาการอะไรบ้าง ความเข้มข้นของการบูรณาการจึงมีอยู่ว่าจะบูรณาการอย่างไรจึงจะมีคีกรีที่เหมาะสม เรื่องดังกล่าวจึงเป็นปัญหาที่ไม่สามารถจะปฏิบัติได้อย่างสมบูรณ์มากนัก เพราะความหมายของคำว่า "อย่างไร" (how) ในเรื่องการเรียนการสอน การแก้ปัญหา และการปฏิบัตินั้นหาข้อกำหนดหรือคำจำกัดความที่แน่นอนได้ยากมาก อย่างไรก็ตามในการบูรณาการการสอนวิชาวิทยาศาสตร์โดยเน้นเรื่องความเข้มข้นนั้นอาจจะกระทำได้ 3 แบบ คือ

8.6.2.1 ความเข้มข้นในเชิงผสมผสาน (coordination) โดยเอารายวิชาต่างๆ ที่ไม่มีเนื้อหาสัมพันธ์กันมาผสมผสานกัน โดยผ่านขบวนการสอนที่ต่อเนื่องกันตลอดไป การบูรณาการเช่นนี้จะมีวิชาแกน (central core) เป็นหลัก เช่นการบูรณาการของหลักสูตรประถมศึกษา พ.ศ. 2521 ในกลุ่มวิชาสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต

8.6.2.2 ความเข้มข้นในเชิงรวมกัน (combination) เป็นการบูรณาการที่นำเอา "หัวเรื่อง" หรือ "หัวข้อ" สำคัญ ๆ ของแต่ละวิชาที่แตกต่างกันมารวมกันไว้ในบทใดบทหนึ่งหรือตอนใดตอนหนึ่งที่หลักสูตรกำหนดไว้

8.6.2.3 ความเข้มข้นเต็มรูปแบบ (amalgamation) หมายถึงการนำเนื้อหาสาระมาผสมผสานกันในเชิงสหวิทยาการ (inter-disciplinary) ที่รวบรวมไว้ในบทเรียนบทใด

บทหนึ่งโดยเฉพาะ

ผู้แต่งเชื่อว่า การบูรณาการในเรื่องความเข้มข้นของเนื้อหาสาระนั้น แม้จะกำหนดรูปแบบไว้แล้วก็ตาม แต่ทว่าย่อมมีปัญหาในทางปฏิบัติอยู่มากมายหลายประการ ปัญหาเหล่านี้ไม่เพียงแต่จะเกิดจากการรวมกันเท่านั้น แต่ยังเกี่ยวข้องกับวิธีการสอน การจัดโปรแกรมการเรียนการสอนในแต่ละสถาบันการศึกษา ตลอดจนการจัดทำหลักสูตรและระบบการบริหารอีกด้วย

การบูรณาการการสอนวิชาวิทยาศาสตร์หรือกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตตามหลักสูตรประถมศึกษา พ.ศ. 2521 นั้น อาจจะแสดงการบูรณาการในระหว่างรายวิชาโดยอาศัยหลักการแบบผสมผสาน (coordination) ได้ดังแผนภาพที่ 8.4

การบูรณาการกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตในหลักสูตรประถมศึกษา

ขอบข่าย ความ เข้มข้น	คณิตศาสตร์	พลศึกษา	ชีววิทยา	เทคโนโลยี และ สิ่งแวดล้อม	สังคมศึกษา	ภาษา
	แบบผสมผสาน					
แบบรวมกัน						
เข้มข้นเต็มรูปแบบ						

แผนภาพที่ 8.4 : การบูรณาการแบบผสมผสาน

8.6.3 ข้อสังเกตบางประการในการบูรณาการ

8.6.3.1 ปัญหาเกี่ยวกับสภาพสิ่งแวดล้อม ในตอนต้นผู้อ่านคงจะได้เรียนรู้ว่าการบูรณาการนั้นมีมิติอยู่ 2 มิติ ได้แก่ มิติของขอบข่าย และมิติของความเข้มข้น มิติของขอบข่ายนั้นจะเน้นในเรื่องเนื้อหาสาระของรายวิชาที่จะนำมาบูรณาการ ส่วนมิติของความเข้มข้นเป็นเรื่องของการจัดระบบให้สอดคล้องกับหลักสูตรที่กำหนดไว้ ประเด็นที่จะต้องนำมาพิจารณาประกอบได้แก่สภาพของสิ่งแวดล้อมและนับว่าสำคัญอย่างยิ่งได้แก่ "ตัวเด็ก" หรือ "ผู้เรียน" ว่าเมื่อเด็กเหล่านี้ได้ศึกษาแล้ว ขบวนการบูรณานั้นจะสร้างเสริมประสบการณ์และประโยชน์ได้มากน้อยเพียงใด มีปัญหาหลายประเด็นที่กำลังหาคำตอบ เช่น การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการนั้นจะช่วยให้เด็กสามารถประกอบอาชีพทั้งในด้านเกษตรและอาชีพอื่นๆ ได้ดีเพียงใด เด็กจะมีความเชื่อมั่นในตัวเองหรือไม่ หรือเด็กจะมีความรู้สึกว่าคุณภาพสิ่งแวดล้อมของโลกมีอิทธิพลต่อชีวิตของเขาเพียงใด ผู้แต่งเชื่อว่า เราอาจจะให้คำตอบต่อปัญหาเหล่านี้ได้ก็พอสมควร เพราะเหตุว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการนั้นเราไม่อาจจะหลีกเลี่ยงที่จะเกี่ยวข้องกับสภาพสิ่งแวดล้อมได้ และเป้าหมายของการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น เราต้องการให้เด็กมีความเข้าใจและทราบถึงบทบาทของวิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตและสภาพสิ่งแวดล้อมอยู่แล้ว

8.6.3.2 หลักการของการบูรณาการเมื่อได้ศึกษาการพัฒนาหลักสูตรการศึกษา วิทยาศาสตร์ทั้งภายในประเทศและของต่างประเทศจะเห็นว่า การสร้างหลักสูตรการศึกษา วิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการนั้น จะยึดหลักการในรูปแบบต่าง ๆ กัน เช่น บางหลักสูตรนิยมใช้หลักการของ "สหวิทยาการ" บางหลักสูตรใช้เนื้อหาสาระของวิชาต่างๆ มาผสมผสานกัน บางหลักสูตรในบางประเทศเน้นการบูรณาการโดยอาศัยสภาพสิ่งแวดล้อมเป็นหลัก และที่นับว่าน่าสนใจได้แก่การยึดหลักการจากวัตถุประสงค์ของการศึกษาแห่งชาติ และยึดหลักการของวิธีการสอนในแบบต่าง ๆ เช่น การสอนโดยขบวนการแก้ปัญหาการสอนโดยขยายการสืบสวน สอบสวน และการเน้นขบวนการทางวิทยาศาสตร์ตั้งนี้เป็นต้น ผู้แต่งคิดว่าเรื่องหลักการของการบูรณาการนั้นเป็นสิ่งที่เราไม่สามารถจะกำหนดลงไปให้แน่ชัดหรือชัดเจนได้ เพราะมีปัญหาและอุปสรรคมากมายหลายประการ ในทางปฏิบัติจริง ๆ นั้นเราจะไม่สามารถจะกระทำอย่างต่อเนื่องหรือเขียนออกมาให้เห็นเป็นภาพที่ชัดเจนได้ เพราะเราจะต้องคำนึงถึงปัญหาอื่นๆ เช่น คุณสมบัติของโปรแกรมที่จะจัดขึ้นมา ข้อดี-ข้อเสียของการบูรณาการตามที่หลักสูตรได้กำหนดไว้อีกด้วย

8.6.3.3 ความยืดหยุ่น การใช้ความยืดหยุ่นในขบวนการบูรณาการนั้นนับว่าเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งต่อขบวนการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องเนื้อหาในแต่ละบท หรือแต่ละเรื่องที่จะนำมาสอน การพิจารณานำระบบคอนเซปต์ ตลอดจนหัวข้อที่จะต้องมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่า เรื่องของความยืดหยุ่นนั้นเป็นคุณสมบัติประจำของวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการ เพราะนอกจากจะต้องปรับปรุงเปลี่ยนแปลงขบวนการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับปรัชญาทางการศึกษาแล้ว ยังจะต้องสอดคล้องกับเจตคติของครูผู้สอนอีกด้วย เพราะฉะนั้นการพิจารณาใช้ "ความยืดหยุ่น" จึงเป็นเรื่องที่สำคัญที่จะต้องพิจารณากันอย่างรอบคอบเพราะสามารถกระทำได้อย่างกว้างขวางนั่นเอง

8.6.3.4 ประสบการณ์ที่ควรเน้น ดังที่ได้กล่าวไว้ในตอนต้น ๆ แล้วว่าการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการนั้น หมายถึงวิธีการที่จะนำคอนเซปต์และหลักการทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็น ก่อนที่เด็กเหล่านั้นจะได้ศึกษาถึงความแตกต่างระหว่างสาขาวิชาวิทยาศาสตร์อื่น ๆ (UNESCO, 1972 : 5) เมื่อพิจารณาจากความหมายดังกล่าว เราจะพบว่า เราจะสามารถใช้วิธีการต่าง ๆ ได้มากมายหลายวิธีที่จะนำมาสอนให้เด็กได้เข้าใจในโครงสร้างและเนื้อหาสาระที่สำคัญๆ ของวิชาวิทยาศาสตร์ แต่จากการศึกษาหลักสูตรในระดับประถมศึกษาในประเทศต่าง ๆ และโดยเฉพาะหลักสูตรประถมศึกษา พ.ศ. 2521 นั้น เราจะพบว่า นักการศึกษาและนักพัฒนาหลักสูตรได้พยายามเน้น "การสอนเพื่อให้เด็กได้รับประสบการณ์ตรง" (direct experience) มากที่สุดผู้แต่งมั่นใจว่า "กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต" ในหลักสูตรประถมศึกษา พ.ศ. 2521 ของกระทรวงศึกษาธิการนั้นเป็นการยืนยันอย่างแน่ชัดว่าในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการจะต้องเน้นในเรื่องประสบการณ์ตรงเป็นประเด็นสำคัญ ทั้งนี้เป็นเพราะเหตุผลที่ว่า "การเรียนรู้เรื่องเพื่อให้เกิดความเข้าใจนั้น เด็กจะสามารถดำเนินการได้ดีในกรณีที่เด็กจะมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อค้นหาข้อมูลที่สำคัญ ๆ และจะเป็นประโยชน์มากกว่าการให้เด็กรับฟังคำสอนหรือคำอธิบายจากครูแต่เพียงอย่างเดียว" ปัญหาสำคัญที่ครูผู้สอนจะต้องคำนึงอยู่ตรงที่ว่าครูจะเป็นผู้ชี้แนะ ให้คำปรึกษาแนะนำอย่างไรจึงจะช่วยให้เด็กสามารถลงมือกระทำได้ตามความสนใจและสอดคล้องกับความถนัด ซึ่งจะเป็นผลดีต่อการเรียนรู้หรือไม่ จึงจะบังเกิดผลดีที่ผู้แต่งขอเสนอแนะว่า

" เป้าหมายในการสอนวิทยาศาสตร์นั้น มุ่งต้องการที่จะให้เด็กรู้จักคิด รู้จักการถ่ายทอดแนวความคิด การสื่อความหมาย รู้จักการทดลอง สร้างเสริมความคิดในเชิงสร้างสรรค์ การเลือกสรรวัสดุในการสอน การพิจารณาเลือกใช้วิธีการสอนที่เหมาะสมนั้น เป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องนำมาใช้ให้สอดคล้องกับความสนใจ และความเจริญเติบโตทางด้านร่างกาย จิตใจ และการพัฒนาการในด้านสติปัญญาของเด็กให้มากที่สุด ครูวิทยาศาสตร์ทุกคนจะต้องแน่ใจว่าการสอนวิทยาศาสตร์ในทุก ๆ สาขาวิชานั้น เราจะต้องเน้นในเรื่องประสบการณ์ตรง การสร้างเสริมความคิดในการสร้างสรรค์ การเลือกใช้วิธีการสอนเลือกวัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือให้เหมาะสมที่สุด"

ข้อสังเกตที่ผู้อ่านจะต้องให้ความสนใจในเรื่องนี้นั้น นอกจากจะเป็นการย้ำให้เห็นความสำคัญของการเรียนของเด็กเพื่อให้ได้รับประสบการณ์ตรงให้มากที่สุดแล้ว จุดเด่นที่สำคัญอีกประการหนึ่งได้แก่ "บทบาทของครู" ผู้สอนที่จะต้องคำนึงถึงเพื่อให้ขบวนการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย

8.6.3.5 ธรรมชาติและความต้องการของเด็ก ดังที่ได้กล่าวไว้ในข้อ 8.6.3.4 แล้วว่า การสอนของครูนั้นควรจะได้ศึกษาเน้นในเรื่อง "ประสบการณ์" ตรงให้แก่เด็ก เป็นเรื่องที่สำคัญและมีความสำคัญอย่างยิ่งยวด ข้อเสนอแนะในประเด็นดังกล่าวจะต้องสอดคล้องกับคุณลักษณะตามธรรมชาติ และความต้องการของเด็กด้วย เหตุผลที่สำคัญที่จะต้องพิจารณาเป็นเพราะว่า ในการเรียนรู้ของเด็กที่เกิดจากขบวนการสอนของครูนั้น จะต้องมีความสัมพันธ์กับพื้นฐานทางด้านตรรกศาสตร์ (logical foundation) และการพัฒนาการทางด้านจิตใจ (psychological development) อีกด้วย ความเกี่ยวพันกันในเรื่องทั้งสองนี้จะมีผลกระทบต่อการเรียนรู้ และการพัฒนาในด้านต่าง ๆ ของตัวเด็กอย่างมากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์และสังคมศึกษานั้นครูผู้สอนจะต้องพิจารณาให้รอบคอบ เพราะจะมีผลกระทบในเรื่องการสอนคอนเซปทางวิทยาศาสตร์ที่จะส่งผลไปยังการสอนในเรื่องการใช้ภาษาและวัฒนธรรมต่าง ๆ ที่มีอยู่ในสังคมอีกด้วย

นอกจากนั้น ผู้แต่งคิดว่าในการสอนวิทยาศาสตร์ให้แก่เด็กในระดับประถมศึกษาชั้น

เราต้องคำนึงว่า พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่เด็กได้รับจะเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของพื้นฐานทางการศึกษาที่จำเป็นของเด็กซึ่งเด็กจะต้องเรียนรู้เกี่ยวกับข้อมูลความเข้าใจในสิ่งแวดล้อมและเรียนรู้เกี่ยวกับ การแก้ปัญหา การตัดสินใจต่อการดำเนินชีวิต และการประกอบอาชีพในอนาคตอีกด้วย

8.7 วิธีการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการ

เรื่องราวต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับวิธีการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 6 นั้นจะเป็นวิธีการและแนวทางทั่ว ๆ ไปเกี่ยวกับขบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้นเท่านั้น เนื้อหาสาระ ตลอดจนข้อเสนอแนะว่าที่จะกล่าวต่อไปนี้นั้นจะพยายามเน้นในวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการที่คาดคิดว่าจะเป็นประโยชน์ต่อนักศึกษา ผู้อ่าน และโดยเฉพาะอย่างยิ่งครูในระดับประถมศึกษาเป็นประเด็นสำคัญ

เมื่อพิจารณาถึงวิธีการเรียนการสอนตามเอกสาร ตำรา หรือบทความต่าง ๆ นั้นเราจะพบว่าแต่ละวิธีการสอนที่ผู้แต่งหรือผู้เขียนนำมาเสนอแนะนั้น เราจะพบประเด็นสำคัญที่ว่า "วิธีการสอนที่ดีนั้นจะต้องอาศัยศิลปแห่งการสร้างบรรยากาศที่เหมาะสมต่อการเรียนรู้ของเด็ก และจะต้องมุ่งใจให้เด็กรู้จักการสร้างสรรค์แนวความคิด การปฏิบัติให้สอดคล้องกับการพัฒนาการในตัวผู้เรียนด้วย" โดยนัยดังกล่าวเราไม่สามารถจะหาข้อยุติของวิธีการสอนที่ดีให้เด่นชัดลงไปได้เพราะครูผู้สอนแต่ละท่านย่อมหาวิธีการ เทคนิค ตลอดจนยุทธวิธีได้มากมายหลายรูปแบบ บางครั้งเราจะพบว่า ผู้สอนบางท่านจะเน้นในสาระสำคัญของวิชาที่สอนหรือที่เรียกว่า subject centred แต่ครูบางคนรวมทั้งนักการศึกษาบางท่านจะเน้นตัวผู้เรียนเป็นเรื่องสำคัญ (pupil-centred) อย่างไรก็ตามผู้แต่งมีความคิดว่าไม่ว่าเราจะเลือกสรรด้วยวิธีการ อย่างไรก็ตาม เราจะพบว่าในวิธีการสอนเหล่านั้นจะมีองค์ประกอบที่สำคัญร่วมกันอยู่ 3 ประการ

ประการแรกได้แก่ : บุคลิกภาพ (personality) ของครูผู้สอน

ประการที่สองได้แก่ : ยุทธวิธี (strategy) ของขบวนการเรียนการสอนและ

ประการที่สามได้แก่ : ปรัชญา (philosophy) ของครูที่จะนำมาใช้เพื่อให้การเรียนรู้ของเด็กบรรลุเป้าหมาย

ประเด็นสำคัญที่จะเน้นในตอนนี้ได้แก่ ยุทธวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการ และเรื่องราวอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น การวางแผน การกำหนดระยะเวลา การเตรียมกิจกรรม ให้เด็กปฏิบัติการและการส่งเสริมทักษะในรูปแบบต่าง ๆ ให้แก่เด็ก แต่อย่างไรก็ตามเราจะต้องคำนึงถึงเรื่องบุคลิกภาพและปรัชญาเข้ามาผสมผสานด้วย ทั้งนี้เป็นเพราะว่าเราไม่สามารถจะหลีกเลี่ยงจากเรื่องเหล่านั้นได้อย่างเด็ดขาด โดยเฉพาะเรื่องปรัชญาการเรียนการสอนนั้น ผู้สอนจะต้องคำนึงถึงปรัชญาทางการศึกษาที่ตนยึดถือเป็นหลัก รวมทั้งปรัชญาของการพัฒนาหลักสูตรที่ครูกำลังใช้และปรัชญาการเรียนการสอนที่โรงเรียนกำลังยึดถือเป็นหลักในการปฏิบัติอยู่ด้วย

สำหรับบุคลิกภาพของครูผู้สอนนั้น ผู้แต่งคิดว่า "พฤติกรรมของครูจะเป็นเรื่องที่มีความสำคัญต่อการเรียนรู้ของเด็กมากกว่าคุณลักษณะเฉพาะตัวของครูที่แท้จริง" ซึ่งจะสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Amidon และ Flander ที่ผู้แต่งได้แปลไว้ใน "ครูวิทยาศาสตร์" เกี่ยวกับเรื่อง "ยุทธวิธีการสอนวิทยาศาสตร์" มีข้อสังเกตที่น่าสนใจที่ผู้แต่งใคร่เสนอแนะว่าโดยวิธีการจัดกิจกรรมและให้เด็กศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองนั้น จะมีขั้นตอนที่ค่อนข้างสลับซับซ้อนและสามารถจัดทำได้อย่างกว้างขวาง แต่อย่างไรก็ตาม ประเด็นสำคัญของการสอนทั้ง 5 ประการนั้น ผู้แต่งยืนยันว่า เราต้องการให้เด็กมีส่วนร่วมในกิจกรรมให้มากที่สุด และพยายามลดบทบาทของครูผู้สอนให้น้อยที่สุด ทั้งนี้เพื่อเปิดโอกาสให้เด็กสามารถแสดงความคิดเห็น แสดงออกทางด้านพฤติกรรมที่เด็กต้องการแสดงออก และจะเป็นการสอดคล้องกับแนวนโยบายของกระทรวงศึกษาธิการที่มุ่งให้ "สอนคนมากกว่าสอนหนังสือ" ครูมีภาระกิจที่เป็นเพียงแต่ผู้คอยชี้แนะและปรุงแต่งพฤติกรรมของเด็กให้ไปในแนวทางที่เหมาะสมและถูกต้องเท่านั้น อนึ่งการเปิดโอกาสให้เด็กลงมือปฏิบัติด้วยตนเองมากเท่าใดก็ย่อมเป็นการสร้างเสริมประสบการณ์และเพิ่มพูนทักษะให้แก่เด็กมากขึ้น แม้ว่าการปฏิบัติการจริง ๆ บางอย่างไม่อาจจะสร้างความเข้าใจให้แก่เด็กก็ตาม แต่ก็ใช่ว่าแนวทางที่ครูพยายามจะให้เด็กได้เกิดความคิดเพื่อให้เขาได้สามารถถ่ายทอดออกมาเป็นคำพูด คำบรรยายหรือเขียนรายงานออกมา ซึ่งจะเป็นเครื่องมือให้ครูสามารถตรวจสอบได้ว่า เด็กเหล่านั้นเกิดการเรียนรู้และมีความเข้าใจได้มากน้อยเพียงใด

แม้ว่า การสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการนั้นจะพยายามลดบทบาทของครูลงไปก็ตามนั้นมิได้หมายความว่าครูไม่ต้องทำการสอนแต่อย่างใดเลย แต่ครูจะต้องพยายามเป็นผู้ชี้แนะ

ให้เด็กเวลาที่เหลืออยู่นั้นครูจะต้องคิด ต้องกำหนดแผนให้เด็กรู้จักทำการอย่างมีอิสระ รู้จักทำงานเป็นกลุ่ม เป็นคณะ ครูจะต้องหาวิธีการเลือกใช้คำถามเพื่อกระตุ้นหรือเร้าความสนใจ และหาแหล่งสนับสนุนให้เด็กลงมือปฏิบัติการให้มากที่สุดในการสอนแต่ละครั้งครูควรพยายามใช้การผสมผสานของการนำเอาองค์ประกอบทั้ง 5 ประการมาใช้อยู่ตลอดเวลา เพราะจะเป็นการช่วยให้ขบวนการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพอยู่ตลอดเวลา

8.7.2 เทคนิคบางประการที่นำเสนอเพื่อให้การเรียนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการ ประสบผลดี ผู้แต่งใคร่เสนอเทคนิคบางประการดังต่อไปนี้

8.7.2.1 การจัดกิจกรรมในห้องเรียน เป็นวิธีการที่เน้นให้เด็กลงมือทำกิจกรรมให้มากที่สุด และสามารถกระทำได้หลายรูปแบบ เช่น

ก. การปฏิบัติการบางอย่าง (แต่ไม่ใช่การทดลอง) เพื่อให้เด็กลงมือฝึกฝนหรือทดสอบความเข้าใจในเรื่องที่ครูได้สอนไปแล้ว เทคนิคที่ควรเน้นคือการใช้ข้อความสำคัญที่ครูอธิบายไปแล้วเป็นหลักในการปฏิบัติ

ข. การทดสอบแบบง่าย ๆ เพื่อตรวจสอบข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์บางอย่างอาจจะเป็นการทดลองแบบลองผิด-ถูก และให้เด็กทำรายงานหรืออธิบายในห้องเรียนก็ได้

ค. การทดลองที่ต้องการให้เด็กค้นพบ ครูจะต้องเลือกเฟ้นการทดลองที่มีโครงสร้างที่แน่นอน เพื่อให้เด็กค้นพบกฎหรือหลักการสำคัญที่ครูเห็นว่าเป็นเรื่อง que เด็กจะต้องเรียนรู้เทคนิคที่ควรใช้ได้แก่ การอธิบาย ให้คำชี้แจงก่อนและหลังการทดลองทุกครั้งวัตถุประสงค์สำคัญของการเรียน นอกจากเพื่อต้องการให้เด็กได้เรียนรู้ในกฎเกณฑ์พื้นฐานแล้ว ยังจะช่วยให้เด็กได้เข้าใจหรือมีความประทับใจในขบวนการสืบสวนสอบสวนอีกด้วย เพราะเมื่อทำการทดสอบเสร็จสิ้นลงแล้ว เด็กจะได้มีโอกาสนำผลการทดลองมาพิจารณา ถกปัญหา ซักข้อโต้แย้ง และหาข้อสรุปได้อีกด้วย ปัญหาสำคัญอยู่ที่ครูผู้สอนจะต้องใช้เทคนิคในหลายรูปแบบ เพื่อกระตุ้นให้เด็กลงมือปฏิบัติแสดงข้อคิดเห็น เพื่อให้แน่ใจว่าเด็กสามารถเรียนรู้จริง มีความเข้าใจอย่างแท้จริงและสามารถแสดงความคิดเห็นในเชิงวิเคราะห์ วิจัยได้เป็นอย่างดี

ง. การใช้วิธีการสืบสวนสอบสวนที่ครูกำหนดให้ เป็นวิธีการจัดกิจกรรมให้แก่เด็กได้กว้างขวางมากกว่าวิธีข้างบน ครูอาจจะใช้ใบงาน (work sheet) กำหนด หรือมอบหมายให้เด็ก แบ่งกลุ่มเด็กเป็นกลุ่มย่อยเพื่อถกปัญหา และร่วมกันทำกิจกรรมในรูปแบบต่าง ๆ

กิจกรรมเหล่านี้จะถูกกำหนดล่วงหน้าเช่นเดิม แต่ทว่าไม่ได้คาดหวังว่าเด็กแต่ละคนจะต้องปฏิบัติหรือเรียนรู้ไปตามขั้นตอน หรือกระสวนแห่งการเรียนรู้ที่ได้คาดหมายไว้ กิจกรรมที่จัดให้เพื่อส่งเสริมให้เด็กเกิดความเข้าใจ มากกว่าจะเน้นให้เด็กเกิดการเรียนรู้แต่เพียงประการเดียว

จ. การจัด "กิจกรรมแบบผสมผสาน" หมายถึง การจัดกิจกรรมเป็นชุด ๆ หรือกลุ่ม ๆ แล้วเรียงรายไว้ในห้องเรียน (หรือในสถานที่ที่เหมาะสม) อาจจะถูกจัดเป็นรูปร่างกลมหรือรูปสี่เหลี่ยมต่าง ๆ ก็ได้ กิจกรรมแต่ละกลุ่มหรือแต่ละชุดเหล่านั้นเปิดโอกาสให้เด็กได้มีส่วนร่วมตามแต่ความสนใจของแต่ละคน ครูคอยแต่เพียงคอยชี้แนะ ตอบคำถาม และคอยเตือนให้เด็กระมัดระวังในอันตรายบางอย่างที่อาจจะเกิดขึ้นได้ บางครั้งครูอาจจะเน้นในเรื่องทักษะที่เด็กควรได้รับการฝึกฝนเป็นพิเศษ ซึ่งอาจจะต้องใช้เวลามากกว่ากิจกรรมในชุดอื่น ๆ

ฉ. ขบวนการสืบสวนสอบสวนแบบเปิดกว้าง ผู้แต่งคิดว่าวิธีการนี้จะเหมาะสมกับเด็กในระดับประถมศึกษามากที่สุด ประเด็นสำคัญของการจัดกิจกรรมแบบนี้มิใช่เป็นการกำหนดหรือชี้นำให้จัดกิจกรรมโดยครูผู้สอน แต่ครูผู้สอนจะต้องเป็นผู้เอื้ออำนวยให้เด็กจัดกิจกรรมให้เหมาะสม และสอดคล้องกับการพัฒนาการในตัวเด็กซึ่งกำลังให้ความสนใจ เช่นการจัดหาวัสดุอุปกรณ์ การใช้คำถาม และการให้แหล่งข้อมูล นับว่าเป็นเรื่องจำเป็นที่สุด ผู้แต่งคิดว่าวิธีการจัดกิจกรรมแบบนี้จะช่วยให้เกิดการเรียนรู้ และมีความเข้าใจด้วยตนเองได้มาก บางครั้งเด็กอาจจะตอบปัญหาได้ในรูปแบบเฉพาะตนและบางทีอาจจะเข้าใจได้ลึกซึ้งซึ่งมากกว่าเรื่องที่ครูกำลังหวังเข้าใจ และจากประสบการณ์ของผู้แต่งเองเคยพบว่า เด็กจะสามารถกำหนดปัญหาที่จะศึกษาค้นคว้าได้อย่างกว้างขวางอีกด้วย

ช. การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง เป็นวิธีการที่เด็กจัดกิจกรรมตามที่ครูมอบหมายโดยการให้ใบสั่งงานเป็นหลัก เพื่อให้เด็กค้นคว้าตามลำพังด้วยตนเอง บางทีก็เรียกกิจกรรมแบบนี้ว่า "การจัดการสอนแบบโปรแกรม" ซึ่งอาจจะทำได้หลายรูปแบบ ทั้งอาศัยสิ่งพิมพ์ หรือเครื่องมือ และเครื่องกลก็ได้ เช่น teaching machine และ computer เป็นต้น ข้อดีมีประโยชน์ของวิธีการดังกล่าว นอกจากจะเป็นการประหยัดเวลาแล้วยังเป็นการส่งเสริมให้เด็กได้เรียนรู้ด้วยความสามารถและความสนใจของตนเอง แต่ทว่าก็มีข้อโต้แย้งอยู่มากมายหลายประการ เช่นในกรณีที่ต้องลงทุนมาก เด็กขาดประสบการณ์ในด้านสังคมเพราะจะต้องทำงานโดยลำพังไม่มีโอกาสทำงานโดยลำพัง ไม่มีโอกาสทำงานเป็นหมู่-คณะ จึงมีความห่างเหินจากครูและเพื่อนฝูงอยู่เป็นประจำ

ญ. แหล่งสนับสนุนการเรียนการสอน เป็นเรื่องสำคัญอย่างในการสอนในเชิงบูรณาการ รายละเอียดต่าง ๆ ใ้คักกล่าวไว้ในบทที่ 7 แล้ว

8.8 บทสรุป

จากรายละเอียดต่าง ๆ ที่ได้บรรยายมาตั้งแต่ต้นพอจะสรุปเกี่ยวกับสาระสำคัญๆ ในการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการได้ดังต่อไปนี้

9.1 การบูรณาการ หมายถึง การกระทำใด ๆ เพื่อให้ความสมดุล หรือความสมบูรณ์ในภาระกิจต่าง ๆ

9.2 การสอนในเชิงบูรณาการ หมายถึง การสอนโดยวิธีการแก้ปัญหาซึ่งประกอบด้วยปัญหา การตั้งสมมุติฐาน ทดลองทำ วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผล เพื่อให้ผลการสอนของครู และการเรียนรู้ของเด็กสัมฤทธิ์ผลตามเป้าหมาย

9.3 การสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการ เป็นการสอนให้เด็กเข้าใจในความเป็นเอกลักษณ์ของวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อให้เด็กเข้าใจในสภาพสิ่งแวดล้อมและสังคม โดยการสังเกตรู้จัก การแก้ปัญหาต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับความสนใจและความพัฒนาการในตัวเด็ก ซึ่งจะช่วยให้เด็กเหล่านั้นสามารถดำเนินชีวิตให้ดีในอนาคต

9.4 ในการให้การศึกษาแก่เยาวชนนั้น เราจะต้องคำนึงถึงเป้าหมาย ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ เป็นหลัก ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนแต่เป็นแนวทางที่มุ่งจะปลูกฝังให้เยาวชนเป็นผู้ที่สมบูรณ์ในด้านสติปัญญา จริยศีลย์ และทักษะที่สอดคล้องกับการพัฒนาในด้านวุฒิภาวะของแต่ละบุคคล

9.5 ความมุ่งหมายนั้น หมายถึงข้อกำหนดที่จะมุ่งชี้ให้ทราบว่า การเรียนการสอนจะต้องดำเนินการอย่างไร จึงจะบรรลุเป้าหมาย และจะเป็นตัวกำหนดวัตถุประสงค์ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และจะต้องกำหนดให้สอดคล้องกับเรื่องราวต่อไปนี้

9.5.1 การพัฒนาการในเรื่องสติปัญญา อารมณ์ ร่างกายและสังคมของเด็ก

9.5.2 ความต้องการของเด็กและสังคม

9.5.3 ธรรมชาติของเนื้อหาวิชาที่เด็กจะต้องศึกษาเล่าเรียน

9.6 วัตถุประสงค์ หมายถึงรายละเอียดของข้อกำหนดที่จะช่วยให้การเรียนการสอนบรรลุเป้าหมายภายในระยะเวลาที่กำหนดไว้ ส่วนใหญ่เป็นรายละเอียดที่ครูผู้สอนจะเป็นผู้กำหนด โดยการวางแผน กำหนดกิจกรรมและการประเมินผล

9.7 วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เป็นรูปแบบของการกำหนดวัตถุประสงค์ที่ได้รับการนิยามอย่างกว้างขวางในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการ

9.8 เพราะเหตุว่า มนุษย์ต้องการทราบความเป็นเอกภาพของธรรมชาติ บางครั้งเกิดข้อขัดแย้งระหว่างฝ่ายวิชาการด้านความรู้และการพัฒนาการในด้านจิตใจ บางทีก็มีความต้องการที่ไม่สอดคล้องกัน รวมทั้งความต้องการที่จะปรับตัวและปฏิบัติตนให้เหมาะสมกับสภาพสิ่งแวดล้อม จึงเป็นเหตุผลที่ทำให้เกิดบูรณาการในการเรียนการสอน

9.9 จากการศึกษา ค้นคว้า และวิจัย จะพบว่า วิชาคณิตศาสตร์ ผลลัพธ์จากเทคโนโลยี การเกษตร-สิ่งแวดล้อม และตัวมนุษย์ จะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อขบวนการบูรณาการในวิชาวิทยาศาสตร์

9.10 ขอบข่ายและความเข้มข้นในการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์นั้น จะเป็นมิติที่สำคัญต่อการพิจารณาในขบวนการบูรณาการ

9.11 การบูรณาการในลักษณะผสมผสาน รวมกันโดยตรงและผสมกันเต็มรูปแบบนั้น เป็นการบูรณาการโดยอาศัย ดิกิริ เป็นตัวกำหนด

9.12 สภาพสิ่งแวดล้อม การใช้กฎเกณฑ์ต่าง ๆ ความยืดหยุ่น ประสิทธิภาพตรงธรรมชาติและความต้องการของเด็กเป็นตัวแปรที่สำคัญยิ่งต่อการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการ

9.13 การสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการนั้น ครูผู้สอนจะต้องพยายาม "สร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ของเด็กให้เหมาะสม และสอดคล้องกับการพัฒนาการในตัวเด็ก โดยอาศัยพฤติกรรม ยุทธวิธี และปรัชญาที่เหมาะสม"

9.14 การใช้ตำรา-เอกสาร การพูด-อธิบาย การสาธิต การจัดกิจกรรมในรูปแบบต่าง ๆ และการให้การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองจะเป็นยุทธวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการในโรงเรียนประถมศึกษาที่เหมาะสมกว่าวิธีการอื่น ๆ

9.15 การให้เด็กลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยการทดลองแบบง่ายเพื่อทดสอบกฎเกณฑ์เพื่อให้เด็กศึกษาค้นคว้า เพื่อการสืบสวนสอบสวน หรือจัดกิจกรรมในรูปแบบผสมผสาน จะเป็นเทคนิคที่จะช่วยให้เด็กสามารถเรียนรู้และสร้างความเข้าใจให้สอดคล้องกับความต้องการและความสนใจของเด็กได้ดี

คำถามท้ายบท

1. การบูรณาการในชีวิตนั้นมีความหมายอย่างไร
2. การสอนในเชิงบูรณาการนั้นมีความสำคัญอย่างไร
3. เป้าหมาย ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์นั้น ควรกำหนดอย่างไรจึงจะเหมาะสม
4. การเลือกความมุ่งหมายนั้น ควรใช้เกณฑ์เพื่อพิจารณาอย่างไรบ้าง
5. การเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมนั้นมีเกณฑ์ที่จะต้องยึดถือเป็นหลักในการปฏิบัติอย่างไรและเราจะตรวจสอบได้อย่างไรว่า การเรียนการสอนนั้นบรรลุถึงเป้าหมายและความมุ่งหมายได้
6. การนำวัตถุประสงค์ไปใช้จะต้องคำนึงว่าจะเกิดประโยชน์ต่อเด็กอย่างไรบ้าง
7. จงให้เหตุผลว่าทำไมจึงต้องสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการ
8. การสอนวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการจะช่วยให้มีการถ่ายโอนความรู้ได้มากน้อยเพียงใด
9. วิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการพัฒนาสังคมอย่างไรบ้าง จงยกตัวอย่างทั้งแง่ดีมีประโยชน์และโทษที่จะพึงเกิดขึ้น
10. การพัฒนาการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการนั้นมีข้อควรพิจารณาซึ่งจะมีผลกระทบต่อการสร้างวิชาวิทยาศาสตร์อย่างไรบ้าง
11. ท่านเห็นว่า ในการบูรณาการการสอนวิทยาศาสตร์นั้นควรยึดหลักเกณฑ์อะไรบ้าง
12. วิธีการสอนแบบใดที่ท่านคิดว่าจะนำไปใช้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ในเชิงบูรณาการที่เหมาะสม

บทที่ 9

การประเมินผลและข้อมูลป้อนกลับ

สาระสำคัญ

เมื่อผู้อ่านได้ศึกษาเนื้อหาสาระของบทเรียนนี้แล้ว จะสามารถตอบปัญหาดังต่อไปนี้ได้ :-

1. ทำไมจึงต้องมีการวัดและประเมินผลทางการเรียนการสอน
2. การวัดและประเมินผลมีความหมายและความสำคัญอย่างไร
3. วัตถุประสงค์ของการวัดและประเมินผลควรเป็นอย่างไร
4. การใช้ข้อทดสอบควรจะดำเนินการอย่างไรจึงจะบรรลุผล
5. ควรใช้เกณฑ์อะไรเป็นหลักในการกำหนดจุดมุ่งหมาย
6. มาตรการที่ควรนำมาใช้ในการวัดและประเมินผล
7. ข้อมูลย้อนกลับมีความสำคัญอย่างไร
8. การออกข้อทดสอบที่ดีควรมีเทคนิคอย่างไรบ้าง
9. การประเมินผลบทเรียนครูควรดำเนินการอย่างไร

วัตถุประสงค์ที่คาดหวัง

เมื่อผู้อ่านได้ศึกษาเนื้อหาสาระของบทเรียนนี้แล้ว จะสามารถตอบปัญหาดังต่อไปนี้ได้.-

1. ทำไมจึงต้องมีการวัดและประเมินผลทางการเรียนการสอน
2. การวัดและประเมินผลมีความหมายและความสำคัญอย่างไร
3. วัตถุประสงค์ของการวัดและประเมินผลควรเป็นอย่างไร
4. การใช้ข้อทดสอบควรจะดำเนินการอย่างไรจึงจะบรรลุผล
5. ควรใช้เกณฑ์อะไรเป็นหลักในการกำหนดจุดมุ่งหมาย
6. มาตรการที่ควรนำมาใช้ในการวัดและประเมินผล
7. ข้อมูลย้อนกลับมีความสำคัญอย่างไร
8. การออกข้อมูลย้อนกลับมีความสำคัญอย่างไร
9. การออกข้อทดสอบที่ดีควรมีเทคนิคอย่างไรบ้าง

การประเมินผลและข้อมูลป้อนกลับ

การประเมินผลเป็นองค์ประกอบที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งต่อขบวนการเรียนการสอนในการประชุมสัมมนาที่เกี่ยวกับการศึกษาในระดับใด ๆ ก็ตาม มักจะมีการนำเรื่อง การประเมินผลเข้ามาเกี่ยวข้องกับอยู่เสมอ แม้ว่าจะต้องมีบุคคลหลายฝ่ายที่จะต้องมีส่วนเกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผลในขบวนการเรียนการสอน แต่บุคคลที่สำคัญที่สุดจะได้แก่ครูผู้สอน เพราะเป็นบุคคลที่อยู่ใกล้ชิดกับเด็กมากที่สุด ผู้แต่งมีความคิดเห็นว่าครูผู้สอนจะต้องมีความรู้ ความเข้าใจในการวัดและประเมินผล ตลอดจนมีความสามารถในการนำความรู้และวิธีการต่าง ๆ ไปใช้ได้เป็นอย่างดีคือความจริงประการหนึ่งที่ผู้แต่งมีประสบการณ์มานั้นจะพบว่า การวัดและ การประเมินผลการเรียนการสอนในระดับประถมศึกษาเป็นเรื่องละเอียดอ่อน เพราะเด็กกำลัง พัฒนาเติบโตในทุก ๆ ด้าน การสำรวจตรวจสอบความเจริญก้าวหน้าของเด็กจะต้องประเมิน ผลในทุก ๆ ด้านที่มีการเปลี่ยนแปลง ปัญหาที่นักศึกษามักจะประสบกันอยู่เสมอจะได้แก่ เรื่องการติดตามผลในด้านใดด้านหนึ่งโดยเฉพาะ หรือบางครั้งจะเพ่งเล็งและให้ความสำคัญใน ด้านสติปัญญาแต่เพียงด้านเดียวโดยไม่คำนึงถึงเรื่องอื่น ๆ เช่น ความเจริญทางค้ำร่างกาย อารมณ์ สังคม และจิตใจของเด็กเลย ผู้แต่งมีข้อสังเกตจากนักเรียน นักศึกษาและครู-อาจารย์ ในสถานศึกษาทุกระดับ มักจะพบว่าบุคคลเหล่านั้นมีความรู้และสติปัญญาที่เหมาะสม แต่ทว่า ความสมบูรณ์ที่ควรแก่วัยในด้านอารมณ์ สังคม และจิตใจแล้ว ยังมีความไม่พร้อมอยู่เป็นอัน มาก เมื่อวิเคราะห์ให้รอบคอบพอสมควรจะพบว่าความไม่พร้อมในตัวบุคคลนั้น อาจจะมีผลสืบเนื่องมาจากขบวนการเรียนการสอน เพื่อหล่อหลอมบุคคลให้มีความสมบูรณ์ในความเป็นสมาชิก ของสังคมตามที่พึงปรารถยานั้นมีความบกพร่องในขบวนการดังกล่าว ปัญหาในการให้การ ศึกษาของสถาบันการศึกษาและสังคมมักจะเน้นในด้านสติปัญญาแต่เพียงด้านเดียว จึงทำให้ การวัดและประเมินผลในสถานศึกษามุ่งแต่ในเรื่องนี้โดยเฉพาะเมื่อเด็กเหล่านี้สำเร็จการศึกษาออกไป

ดำเนินชีวิตในสังคมแล้ว มักจะเกิดปัญหาในหลาย ๆ ด้าน เช่น การปรับตัวเข้ากับสังคมได้ไม่ดีเท่าที่ควร ไม่มีสติหรือความระลึกและรู้ตนเองว่าควรจะทำอย่างไรจึงจะมีความเหมาะสม มีพฤติกรรมหลายอย่างที่บ่งบอกให้สังคมได้เห็นว่าบุคคลเหล่านั้นมีความรู้ความสามารถค่อนข้างสูง แต่ยังมีความข้อยกเว้นที่จะนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างเหมาะสม มีผู้รู้บางท่านมักจะกล่าวว่า บุคคลที่มีสติปัญญาสูง ๆ เหล่านี้มีคุณลักษณะที่เรียกว่า "หัวโตแต่ใจแคบ" เวลาจะทำงานใด ๆ มักจะสร้างปัญหาให้สังคมหรือส่วนรวมอยู่เรื่อยไป สภาพของปัญหาดังกล่าว ผู้แต่งคิดว่าน่าจะเกิดจากการวัดและประเมินผลการศึกษาที่มุ่งเน้นในด้านสติปัญญามากเกินไปนั่นเอง

กล่าวโดยทั่วไปแล้วเราจะพบว่า การสอบไล่ (examination) และการทดสอบ(test) จะเป็นมาตรการของการวัดและประเมินผลในสถานศึกษาทุกแห่ง และมักจะถือว่าเป็นขบวนการที่กระทำกันอย่างเข้มงวดกวดขัน ครู-อาจารย์ ตลอดจนผู้ปกครองมักจะยึดเอาคะแนนเป็นเกณฑ์การพิจารณาให้รางวัลและยกย่องความสามารถของเด็ก บางครั้งคะแนนที่ครูจะพิจารณาให้แก่เด็กนั้นอาจจะเป็นวิธีการกระตุ้นให้เด็กมีความกระตือรือร้นที่จะศึกษาเล่าเรียนหรือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ให้ดีและมีคุณภาพยิ่งขึ้น ในบางโอกาสครูจะใช้คะแนนที่เด็กได้รับเป็นเครื่องมือสำรวจตรวจสอบว่าเด็กเหล่านั้นมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระที่ครูได้ถ่ายทอดไปแล้วได้มากน้อยเพียงใด บางทีคะแนนหรือระดับคะแนนที่เด็กได้รับนั้นจะช่วยให้ครูมีเกณฑ์หรือแนวทางที่จะเปรียบเทียบความรู้ความสามารถ ตลอดจนความแตกต่างในแง่มุมมองอื่น ๆ ของเด็กในชั้นเรียนที่ครูกำลังสอนอยู่ก็ได้ แต่ในทางตรงกันข้าม คะแนนที่เด็กได้จากการทดสอบหรือการสอบไล่ในแต่ละครั้งละหนนั้นจะเป็นสิ่งที่คอยกระตุ้นเตือนให้เด็กผู้ปกครองและสังคมได้พิจารณาว่าตัวของเด็กเองก็ดี ผู้ปกครองและสังคมก็ดีจะได้ยึดเป็นข้อสังเกตและกระตุ้นเตือนให้เด็กจะต้องทุ่มเทและให้ความสนใจในการเรียนรู้ให้มากขึ้น ผู้ปกครองและสังคมจะต้องหาแนวทางให้ความร่วมมือและให้การสนับสนุนแก่สถาบันการศึกษาอย่างไร ผลการเรียนรู้ของบุตรหลานของตนจึงจะดีและมีคุณภาพตามที่ปรารถนา แต่ประเด็นสำคัญที่ผู้แต่งใคร่ขอย้ำและเน้น ได้แก่บทบาทของครูผู้สอนจะต้องใช้ขบวนการวัดและประเมินผลเป็นยุทธวิธีที่สำคัญต่อการพัฒนาการเรียนรู้ของเด็ก และการสอนของตนให้บังเกิดผลดีให้มากที่สุดเท่าที่จะพึงกระทำได้

ผู้แต่งใคร่เสนอแนะว่า เนื้อหาและสาระสำคัญของบทเรียนนี้ ต้องการจะให้ผู้สนใจได้ทราบถึง ความเข้าใจ วัตถุประสงค์ และเทคนิควิธีการของการประเมินผลในขบวนการเรียน

การสอนเท่านั้น ผู้แต่งจะพยายามเสนอแนะวิธีการ แนวทาง และเทคนิคต่าง ๆ เพื่อให้ผู้อ่าน ครูผู้สอน ได้นำไปใช้เพื่อการทดสอบกิติ และการสอบไล่กิติ ให้บรรลุเป้าหมายของการวัดและประเมินผล นั้นเอง

9.1 ความหมายของ "การประเมินผล" ทางการศึกษา

การประเมินผล (assessment) นั้น ถ้าจะกล่าวกันโดยทั่วไปแล้ว มักจะหมายถึง "ความพยายามที่จะหาคุณค่า คุณภาพ หรือคุณประโยชน์ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือวิธีการของการกระทำใด ๆ ว่ามีคุณค่ามากน้อยเพียงใด" ซึ่งเป็นการยากที่จะอธิบายหรือให้คำจำกัดความที่แน่ชัดลงไปได้ เพราะฉะนั้นเมื่อนำการประเมินผลไปใช้ในขบวนการการศึกษาด้วยแล้ว ก็ยังมีความสลับซับซ้อนมากขึ้น มีผู้พยายามให้คำจำกัดความอย่างกว้าง ๆ เกี่ยวกับการประเมินผลทางการศึกษา โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับตัวเด็กว่า "การประเมินผลทางการศึกษานั้นหมายถึงความพยายามที่ไม่เพียงแต่จะวัดหรือตรวจสอบว่าเด็กนั้นมีความสมบูรณ์หรือมีคุณค่าอย่างพร้อมมูลในตัวเองเท่านั้น แต่จะเป็นการสำรวจว่าเด็กแต่ละคนนั้นมีความหมาย มีความรู้ มีทักษะ มีเจตคติ หรือคุณภาพในแง่มุมอื่น ๆ มากน้อยเพียงใด" แม้ว่าจะเป็นการยากที่จะหาความหมายของการประเมินผลเพียงใดก็ตาม นักการศึกษาส่วนใหญ่มีความเห็นพ้องต้องกันว่า การประเมินผลเป็นขบวนการที่ดีที่สุดที่พยายามอย่างยิ่งที่จะพัฒนาการศึกษาให้เจริญก้าวหน้ายิ่งขึ้น Stufflebeam และคณะ ได้ให้ความหมายของการประเมินผลไว้ดังนี้

"การประเมินผล หมายถึง ขบวนการวิเคราะห์แบบจำแนกแจกแจง (delineating) การเสาะหาเพื่อให้ได้มา (obtaining) และการอำนวยความสะดวก (providing) เกี่ยวกับข้อมูลที่มีคุณประโยชน์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจ" ซึ่งเมื่อวิเคราะห์คำจำกัดความดังกล่าวแล้ว เราจะพบว่า ขบวนการประเมินผลนั้นจะเป็นกรรมวิธีของนักการศึกษาที่จะพึงปฏิบัติดังนี้

1. ใช้ขบวนการวัดเพื่อตัดสินใจโดยอาศัยข้อมูลที่มีคุณประโยชน์
2. ต้องถือว่าการวัดผลเป็นขบวนการแบบต่อเนื่องที่จะต้องมีการแก้ไข ปรับปรุงอย่างมีระบบอยู่เสมอ
3. การประเมินผลจะต้องอาศัย "วิธีการ (methodology) ซึ่งประกอบด้วยขบวนการ

วิเคราะห์ ขบวนการเสาะหา และขบวนการใช้ข้อมูลต่าง ๆ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ

4. การวิเคราะห์และการอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับการหาข้อมูลต่าง ๆ นั้น จะต้องอาศัยความร่วมมือระหว่างผู้ทำการประเมินผลกับผู้ที่มีหน้าที่ตัดสินใจปฏิบัติภารกิจร่วมกัน ส่วนการเสาะหาเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีคุณภาพนั้น ผู้ทำการประเมินผลจะต้องดำเนินการด้วยตนเอง (Stafflebeam และคณะ, 1971)

9.2 ทำไมจึงต้องมีการประเมินผล

มีมูลเหตุมากมายหลายประการที่นักการศึกษา ผู้บริหาร ผู้ศึกษาเล่าเรียนและสังคมต้องการที่จะทราบว่า ขบวนการเรียนการสอนที่กำลังดำเนินการอยู่ในสถานศึกษาแต่ละแห่งนั้นมีผลดีมากน้อยประการใด การจัดให้มีการวัดและประเมินผลจึงมีเหตุผลเพื่อที่จะตอบปัญหาดังต่อไปนี้

9.2.1 เพื่อตรวจสอบความสัมฤทธิ์ผลในการสำเร็จ หรือการเรียนรู้ของเด็ก เรื่องนี้เชื่อว่าผู้อ่านคงจะทราบกันดีอยู่แล้ว และผู้แต่งเชื่อว่า การวัดและประเมินผลจะช่วยบ่อนข้อมูลให้ครูทราบว่า ครูมีความสามารถ มีทักษะ ในการสอนมากน้อยเพียงใด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความรู้ ความเข้าใจ ตลอดจนคอนเซปต์ต่าง ๆ ที่ครูศึกษาค้นคว้ามานั้นจะสามารถนำไปใช้สอนให้เด็กเรียนรู้ได้ดีหรือไม่ อนึ่งผู้แต่งมีความคิดเห็นว่าการตรวจสอบหรือการวิเคราะห์ความสัมฤทธิ์ผลในการเรียนรู้ของเด็กนั้น ควรจะได้มีการศึกษา ติดตามผลอยู่เสมอ ๆ และไม่ควรรกระทำเพียงช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้น

9.2.2 เพื่อประเมินผลหรือทำการตรวจสอบขบวนการเรียนการสอน ในกรณีเช่นนี้จะเน้นผลการปฏิบัติการกิจของครูผู้สอนเป็นหลัก เพราะผลของการประเมินผลจะเป็นดัชนีที่จะชี้ให้เห็นว่า การสอนของครูมีผลดี ผลเสียประการใดบ้าง และควรจะได้มีวิธีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง หรือทำการแก้ไขอย่างไรในโอกาสต่อไป

9.2.3 เพื่อเป็นการกระตุ้นให้เด็กมีความกระตือรือร้นที่จะศึกษาเล่าเรียนหรือเร่งกระทำกิจกรรมต่าง ๆ ให้มากขึ้น ทั้งนี้เพื่อเป็นการเร่งเร้าให้เด็กได้พยายามกระทำให้บังเกิดผลดีแก่ตัวเด็กเองให้มากที่สุด อย่างไรก็ตามครูผู้สอนต้องระมัดระวังว่า เด็กแต่ละคนนั้นมีความ

9.2.8 เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการแนะนำให้แก่เด็ก การวัดและประเมินผลที่ดีนั้นย่อมจะช่วยให้ครูได้ทราบเกี่ยวกับความรู้ ความสามารถ ความสนใจ ตลอดจนปัญหาต่าง ๆ เกี่ยวกับตัวเด็กแต่ละคนได้เป็นอย่างดี ซึ่งจะช่วยให้ครูสามารถให้คำแนะนำ หรือให้คำปรึกษา ตลอดจนวิธีการแก้ปัญหาให้แก่เด็กได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลเหล่านั้นจะช่วยให้ครูสามารถนำมาวิเคราะห์ เพื่อใช้เป็นคำแนะนำให้เด็กสามารถเลือกวิชาชีพ หรือรายวิชาการที่เด็กจะเลือกได้อย่างเหมาะสม กับความสามารถของเด็กแต่ละคน

จากรายละเอียดทั้ง 8 ประการที่กล่าวมานั้น ผู้อ่านพอจะได้เข้าใจถึงเหตุผลที่ว่า เพราะเหตุใดจึงต้องมีการวัดและประเมินผล และเมื่อพิจารณาให้ลึกซึ้งพอสมควรแล้วจะสังเกตเห็นว่าเหตุผลดังกล่าวเหล่านั้นจะนำไปสนับสนุนได้ในขบวนการเรียนการสอนแบบต่างๆ ไปเท่าที่เห็น เรายุ่งถึงข้อทดสอบและการประเมินผลสำหรับห้องเรียนในระดับต่างๆ นั้นเอง แต่ถ้าหากว่าข้อสอบ หรือการประเมินผลที่จัดทำขึ้นมาเป็นข้อทดสอบมาตรฐาน(standardized tests) ข้อทดสอบมาตรฐานจะเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่จะสามารถนำไปใช้ตรวจสอบได้อย่างกว้างขวาง ซึ่งครูผู้สอน ผู้ปกครอง ผู้บริหารทางการศึกษา นักพัฒนาหลักสูตร นักวางแผนทางการศึกษา และผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจ เพื่อสั่งการในการกำหนดนโยบายจะใช้เป็นเครื่องมือที่จะสำรวจตรวจสอบเพื่อที่จะทราบว่า:-

9.2.9 รายวิชาที่เปิดสอนก็ดี เอกสารประกอบการใช้หลักสูตรก็ดีนั้นสามารถสนองวัตถุประสงค์ได้ดีมากน้อยเพียงใด

9.2.10 วิธีการสอนแบบต่าง ๆ นั้น มีข้อแตกต่างกันอย่างไร วิธีการสอนแบบใดเมื่อนำมาใช้แล้วจะทำให้ขบวนการเรียนการสอนสัมฤทธิ์ผลมากกว่ากัน

9.2.11 มาตรฐานการเรียนรู้ของเด็ก ในแต่ละชั้นมีผลแตกต่างกันไปจากชั้นเรียนอื่น ๆ ในโรงเรียนของตน ในกลุ่มโรงเรียน ในเขตการศึกษาและโรงเรียนจากทั่วประเทศมากน้อยเพียงใด

9.2.12 ผลการสอนของครูแต่ละคนในโรงเรียนเป็นอย่างไรบ้าง

9.2.13 เด็กแต่ละคนมีอุปสรรค ปัญหา ปมด้อย หรือมีความแกร่งในเรื่องอะไรบ้าง

9.2.14 มีข้อมูลอะไรบ้างที่ครูและเด็กควรจะทราบเพื่อทำการทบทวนแก้ไขปรับปรุงในการเรียนและการสอน

9.2.15 ควรใช้ข้อมูลใด ๆ ที่จะใช้นักวางแผน นักพัฒนาหลักสูตร และผู้บริหารทางการศึกษา นำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

9.3 วัตถุประสงค์ของการวัดและประเมินผล

เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่า การทดสอบกิติ และการสอบไล่ (ประจำภาคเรียน หรือปลายปีการศึกษา) กิติ มีบทบาทและอิทธิพลที่สำคัญต่อครูผู้สอนและเด็กนักเรียนทั้งโรงเรียน หรือทั้งสถาบันการศึกษา ในบางโอกาสทั้งการทดสอบและการสอบไล่จะถูกพิจารณาว่าเป็นเครื่องมือ ที่จะชี้ให้เห็นถึงขบวนการสอนของครูว่าได้ดำเนินไปอย่างคิมคุณภาพมากน้อยเพียงใดและในบางครั้ง ผลของการทดสอบจะเป็นเครื่องกระตุ้นหรือปลุกฝังเจตคติให้แก่เด็กซึ่งจะส่งผลสะท้อนต่อครูผู้สอน และโรงเรียนที่เด็กกำลังศึกษาเล่าเรียนอยู่ ผู้แต่งคิดว้ทั้งครูผู้สอนและเด็กนักเรียนแต่ละคนย่อมทราบ ดีว่า ผลของการทดสอบและประเมินผลนั้นย่อมมีอิทธิพลต่อความรู้สึกนึกคิดของแต่ละบุคคลอย่างไร โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อผลของการทดสอบได้ชี้ให้เห็นถึงความบกพร่องและความไม่มีประสิทธิภาพ ต่อขบวนการเรียนการสอน แต่จะมีครูหรือเด็กคนใดบ้างที่จะรู้จักใช้ผลของการทดสอบและการ ประเมินผลดังกล่าวไปปรุงแต่งให้เกิดประโยชน์ต่อขบวนการเรียนการสอนได้อย่างไรบ้าง ด้วยเหตุ ดังกล่าวนี้เองเพื่อให้ผู้อ่านได้เข้าใจถึงวัตถุประสงค์ขั้นพื้นฐานและเทคนิคบางประการของการวัด และประเมินผล จึงได้กำหนดเป้าประสงค์ไว้อย่างน้อย 4 ประการ ดังต่อไปนี้

9.3.1 เพื่อใช้เป็นข้อมูลป้อนกลับให้แก่เด็กแต่ละคนเพื่อให้ทราบว่า การเรียนรู้ของ เด็กแต่ละคนนั้นมีการพัฒนาไปมากน้อยเพียงใด

9.3.2 เพื่อใช้เป็นข้อมูลป้อนกลับให้แก่ครูผู้สอนได้ทราบถึงประสิทธิภาพของการ สอนที่ได้ดำเนินการไปแล้ว

9.3.3 เพื่อใช้เป็นข้อมูลให้เด็กได้ทราบว่าเด็กแต่ละคนนั้นควรจะศึกษาค้นคว้าต่อไป ในสาขาวิชาใด และควรจะเลือกวิถีทางในการประกอบอาชีพในอนาคตได้อย่างไร

9.3.4 เพื่อใช้เป็นเครื่องมือกระตุ้นและเร่งเร้าให้เด็กมีความกระตือรือร้นที่จะศึกษา ค้นคว้าและทำงานให้มากขึ้น

เมื่อวิเคราะห์วัตถุประสงค์ทั้ง 4 ประการนี้ เราจะพบว่าวัตถุประสงค์ 2 ประการ หลัง (ข้อ 9.3.3-9.3.4) นั้น ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญต่อความรู้สึกของเด็กแต่ละบุคคลมากที่สุด และ วัตถุประสงค์ 2 ประการแรก เราถือว่าเป็นสิ่งที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งของครูผู้สอนที่จะต้องอาศัยทั้ง ทักษะและความพยายามอย่างยิ่งยวด ซึ่งจะช่วยให้ขบวนการสอนของครูมีประสิทธิภาพมากที่สุด

9.4 วิธีการใช้ข้อทดสอบที่เหมาะสม

การเลือกวิธีการที่เหมาะสมเพื่อทำการวัดและประเมินผลนั้น นักการศึกษาถือว่าเป็น ขบวนการที่สำคัญที่สุด เพราะจะเป็นมาตรการที่จะนำมาพิจารณาว่า การวัดและประเมินผลนั้น เป็นไปตามวัตถุประสงค์และถูกจุดตามความมุ่งหมาย (ซึ่งจะได้กล่าวไว้ในหัวข้อต่อไป) มากน้อย เพียงใด การใช้วิธีการทดสอบที่เหมาะสมนั้น ครูผู้สอนควรจะได้คำนึงถึงองค์ประกอบที่สำคัญๆ 6 ประการดังต่อไปนี้

9.4.1 ข้อทดสอบเหล่านั้นจะต้องมีวัตถุประสงค์และจุดมุ่งหมายที่ชัดเจน พร้อมทั้ง มีตัวอย่างที่ดีประกอบด้วย คำถามที่นำมาใช้จะต้องใช้ได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ ตรวจสอบวัตถุประสงค์ทางการศึกษาได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งควรจะตรวจสอบวัตถุประสงค์ทางการ ศึกษาในระดับหรือพิสัยต่าง ๆ ที่ Bloom ได้กำหนดไว้ รวมทั้งเป็นข้อทดสอบที่มีความเชื่อมั่น และความเที่ยงตรงสูง

9.4.2 ต้องเป็นข้อทดสอบที่มีข้อมูลต่าง ๆ ที่ผ่านการกลั่นกรองเป็นอย่างดีมาแล้ว เพราะข้อมูลเหล่านี้จะเป็นสิ่งที่จะช่วยให้บุคคลหลาย ๆ ฝ่าย เช่น นักเรียน ครู ผู้บริหาร ผู้ตรวจราชการ ผู้ปกครอง นักพัฒนาหลักสูตร และผู้บริหาร ได้ใช้เป็นสิ่งที่สำรวจตรวจสอบและ พิจารณาเพื่อการตัดสินใจ

9.4.3 ข้อทดสอบที่นำมาใช้จะต้องเป็นสิ่งที่สามารถนำไปตีความ หรือแปลความ หมายได้อย่างถูกต้อง มีความเที่ยงตรงที่แน่นอน ผลการทดสอบจะสามารถใช้เป็นเครื่องชี้หรือ นำไปตัดสินใจได้โดยไม่ต้องมาคำนึงถึงความบกพร่องในแง่ต่าง ๆ

9.4.4 จะต้องใช้เทคนิคต่าง ๆ มาประกอบการวัดและประเมินผล ทั้งให้รวมถึง ความระมัดระวังในการสร้างข้อทดสอบในรูปแบบต่าง ๆ เพราะเหตุผลที่ว่า สิ่งที่ต้องการวัดและ ประเมินผลนั้นเป็นเรื่องราวที่เกี่ยวข้องกับ

- ก. มนุษย์ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีองค์ประกอบที่สลับซับซ้อนและผันแปรอยู่ตลอดเวลา
- ข. สิ่งที่ต้องการสำรวจตรวจสอบนั้นมักจะเป็นเรื่องที่เน้นในด้านนามธรรมมากกว่า ด้านพฤติกรรมซึ่งมีความยากที่จะตรวจสอบได้อย่างแน่ชัด
- ค. สิ่งที่ต้องการตรวจสอบจะเน้นทั้งในด้านความถูกต้องที่แน่นอน มีความเชื่อมั่น

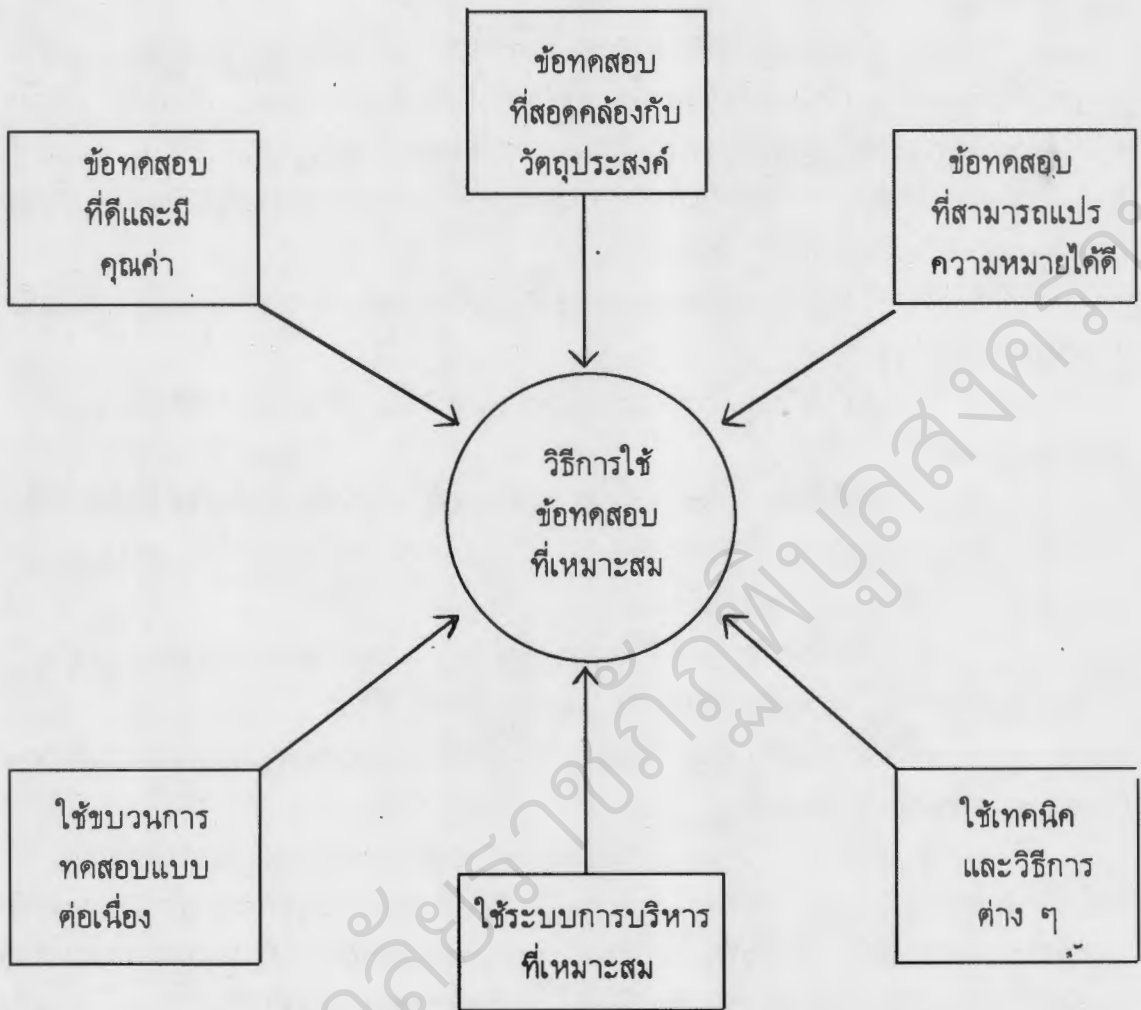
และเที่ยงตรงสูง

9.4.5 การทดสอบจะต้องอาศัยระบบการบริหารที่เหมาะสมมาช่วยด้วย ในการทดสอบเพื่อวัดและประเมินผลการศึกษา นั้น จะต้องคำนึงถึงเรื่องระยะเวลา (timing) เงื่อนไขต่างๆ ที่จะพึงตรวจสอบ รูปแบบของการวัดและประเมินผล รวมทั้งกิจกรรมอื่น ๆ สิ่งเหล่านี้ จำเป็นจะต้องอาศัยระบบการบริหาร เพื่อสั่งการและกำหนดแนวทางเพื่อการปฏิบัติอย่างเหมาะสม มิฉะนั้นย่อมจะสร้างปัญหาให้เกิดขึ้นอย่างมากมาย

9.4.6 การวัดและประเมินผลจะต้องเป็นมาตรการที่กระทำอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เพื่อสนับสนุนเหตุผลที่ว่า

- ก. เพื่อใช้เป็นสื่อประสานระหว่างครูและนักเรียนที่จะร่วมกันพิจารณาผลการเรียนและการสอน
- ข. เพื่อให้ได้มาซึ่งผลของการประเมินผลที่มีประสิทธิภาพที่จะใช้เป็นเครื่องมือช่วยให้นักเรียนของครูและวิธีการเรียนรู้ของเด็กมีความสัมฤทธิ์ผลมากขึ้น และยังเป็นข้อมูลย้อนกลับที่มีความเชื่อถือสูงขึ้นไปอีกด้วย
- ค. เพื่อใช้เป็นเครื่องมือให้เด็กและครูได้พิจารณาผลงานของตนว่ามีความเจริญก้าวหน้ามากน้อยเพียงใด และควรจะมีการปรับปรุงแก้ไขอย่างไรบ้าง
- ง. เพื่อใช้เป็นข้อมูลที่ทันสมัยให้ครู นักเรียน ผู้ปกครอง และผู้บริหารได้ทราบถึงผลการเรียนการสอนที่น่าสนใจ
- จ. ผลของการวัดและประเมินผลแบบต่อเนื่องจะช่วยให้ผู้เกี่ยวข้องทางการศึกษาได้ทราบถึงปัญหาต่าง ๆ ที่ควรปรับปรุงแก้ไข จึงเป็นเสมือนข้อมูลที่ช่วยให้มีการชดเชยในส่วนที่ขาดตกบกพร่องได้อย่างทันเวลาที่เหมาะสม เพราะผลของการวัดและประเมินผลอย่างต่อเนื่องนั้นย่อมจะมีความถูกต้องที่แน่ชัด มีความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรงที่สุดนั่นเอง รวมทั้งยังเป็นผลงานที่มีความหมายและมีคุณค่ามากกว่าผลการวัดและตรวจสอบแบบอื่นๆ เพียง 2-3 วิธีเท่านั้น

จากรายละเอียดต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาตั้งแต่ต้นนั้น เราอาจจะเขียนเป็นแผนภาพได้ ดังแผนภาพที่ 9.1 ดังนี้



แผนภาพที่ 9.1 : การใช้ข้อทดสอบที่เหมาะสมเพื่อทำการวัดและประเมินผล

9.5 จุดมุ่งหมายของการวัดและประเมินผล

ในการปฏิบัติภาระกิจต่างๆ นั้น ผู้ปฏิบัติและผู้บริหารจะต้องกำหนดนโยบาย วัตถุประสงค์และจุดมุ่งหมายให้แน่ชัดเสียก่อนว่า กิจกรรมต่าง ๆ ที่จะลงมือดำเนินการนั้น มีความเป็นมา มีความต้องการอย่างไร มีเหตุผลและความจำเป็นมากน้อยเพียงใดจึงต้องทำ และเมื่อลงมือกระทำไปแล้วจะบรรลุวัตถุประสงค์อะไรบ้าง รายละเอียดต่าง ๆ ผู้อ่านคงจะได้ทราบมาบ้างแล้ว ส่วนในเรื่องจุดมุ่งหมายนั้นเป็นเรื่องที่จะต้องพิจารณากันในตอนนี้อย่างละเอียดและลึกซึ้งพอสมควร เพราะจุดมุ่งหมายคือหัวใจสำคัญที่จะบ่งบอกว่า ภาระกิจที่จะทำนั้นเพื่ออะไร มีรายละเอียดมากน้อยขนาดไหน ซึ่งนับว่าเป็นเรื่องละเอียดอ่อน และมีความสำคัญอย่างยิ่งยวดผู้อ่านคงจะมีประสบการณ์มามากพอที่จะระลึกได้ว่า การศึกษาในระดับต่าง ๆ ที่มักจะไม่บรรลุผลสำเร็จตามที่คาดหวังนั้น ปัญหาสำคัญประการหนึ่งได้แก่การขาดความเข้าใจในจุดมุ่งหมายของงานที่บุคลากรทางการศึกษาหรือส่วนใหญ่ได้แก่ครูผู้สอนนั่นเอง จากประสบการณ์ของผู้แต่งเอง มักจะพบว่า มีครูเป็นจำนวนมากในทุกระดับการศึกษามีความตั้งใจที่จะปฏิบัติภาระกิจตามที่ได้รับมอบหมายมาอย่างจริงจัง แต่มักจะเป็นการกระทำที่บุคคลเหล่านั้นไม่ทราบจุดมุ่งหมายที่แท้จริง เราจะพบว่าครูเป็นจำนวนไม่น้อยมีความขยันขันแข็งตั้งอกตั้งใจที่จะสั่งสอนอบรมเด็กหรือศิษย์ของตน โดยไม่รู้เป้าหมาย และวัตถุประสงค์ที่แน่ชัด จึงทำให้การเรียนการสอนได้ผลไม่ดีและไม่มีคุณภาพเท่าที่ควร จึงนับว่าเป็นการสูญเปลืองค่าทางการศึกษาอย่างมหาศาล เมื่อพิจารณาเกี่ยวกับจุดมุ่งหมายในการวัดและประเมินผลนั้น เราอาจจะมีวิธีการกำหนดได้ด้วยวิธีการต่าง ๆ กัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการดำเนินงานของแต่ละหน่วยงาน บางครั้งอาจจะขึ้นอยู่กับสถาบันการศึกษาหรือกลุ่มบุคคลที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการให้การศึกษาและรวมทั้งกลุ่มบุคคลที่เราต้องการจะสำรวจตรวจสอบผลของการศึกษาของเขาเหล่านั้นด้วย แต่ในกรณีที่จะกล่าวถึงในหัวข้อนี้ นั้น ผู้แต่งต้องการจะชี้ให้เห็นชัดเจนที่เรื่องของการวัดและประเมินผลเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษาเท่านั้นและต้องการให้ผู้อ่านได้เข้าใจตรงกันว่า จุดมุ่งหมายที่ต้องการนั้นได้แก่

9.5.1 พุทธิพิสัย (cognitive domain) ซึ่งเป็นเรื่องราวที่เกี่ยวกับการเรียนรู้การพัฒนาในด้านสติปัญญาของเด็ก โดยเน้นในเรื่อง ความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินผล

9.5.2 จริยพิสัย (affective domain) เพื่อเป็นการตรวจสอบในเรื่องที่เกี่ยวกับ ความสนใจ ความพึงพอใจ อารมณ์ เจตคติ และการเล็งเห็นในคุณค่า ค่านิยมและคุณงามความดี ดังนี้ เป็นต้น

9.5.3 ทักษะพิสัย (psychomotor domain) เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาใน ด้านทักษะ การดำเนินการต่าง ๆ

ผู้แต่งใคร่เสนอแนะว่า จุดมุ่งหมายทั้ง 3 ประการนี้ มีความสำคัญอย่างยิ่งที่ครู ผู้สอนและผู้ที่มีหน้าที่ทำการวัดและประเมินผลจะต้องยึดถือเป็นแกนสำคัญ และเมื่อจะลงมือ ดำเนินการเกี่ยวกับวัดและประเมินผลนั้น ผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับครูผู้สอน จะต้องทบทวนเรื่องราวต่าง ๆ ทั้ง 3 ประการ ซึ่งได้แก่

- 1) องค์ประกอบที่สำคัญของพุทธิพิสัย
- 2) วัตถุประสงค์ของขบวนการเรียนการสอนที่มุ่งจะให้เด็กได้เรียนรู้ และ
- 3) พฤติกรรมที่เด็กจะพึงแสดงออกให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้

เพื่อให้ผู้อ่านได้มองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ 3 ประการที่กล่าวไว้ จึง เสนอรายละเอียดให้เป็นตัวอย่างไว้ดังตารางที่ 9.1 ดังนี้

องค์ประกอบและคุณลักษณะของพุทธิพิสัย	วัตถุประสงค์ทั่วไปของขบวนการเรียนการสอน	พฤติกรรมที่พึงประสงค์ของเด็กที่จะแสดงออกมา
1. ความรู้-หมายถึง การระลึกได้เกี่ยวกับเรื่องราวที่ได้เรียนมาแล้ว	<ul style="list-style-type: none"> - เพื่อให้รู้เกี่ยวกับคำศัพท์ - เพื่อให้รู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง - เพื่อให้รู้ถึงวิธีและการดำเนินการ - เพื่อให้รู้เกี่ยวกับคอนเซปพื้นฐาน - เพื่อให้รู้ถึงกฎเกณฑ์ 	<ul style="list-style-type: none"> - นักเรียนสามารถให้คำจำกัดความ พรรณา บ่งบอกคุณสมบัติของสิ่งของ บอกชื่อของสิ่งของ เลือกสิ่งของต่างๆ ที่กำหนดให้ได้

องค์ประกอบและคุณลักษณะของพุทธิพิสัย	วัตถุประสงค์ทั่วไปของขบวนการเรียนการสอน	พฤติกรรมที่พึงประสงค์ของเด็กที่จะแสดงออกมา
<p>2. ความเข้าใจ-หมายถึงความสามารถที่รู้ความหมายของสิ่งต่างๆ ซึ่งอาจจะแสดงออกมาได้โดยการแปลความหมายการประมาณการว่าจะมีสิ่งใดเกิดขึ้นได้</p>	<ul style="list-style-type: none"> - เพื่อให้เข้าใจในข้อเท็จจริงและกฎเกณฑ์ - เพื่ออธิบายเรื่องราวต่าง ๆ - เพื่อให้แปลความหมายจากกราฟ - เพื่อให้สามารถแปลความหมายจากคำพูดเป็นสูตรทางคณิตศาสตร์ได้ - เพื่อให้สามารถประมาณการของผลที่จะเกิดขึ้นได้ - สามารถพิจารณาตัดสินใจเรื่องวิธีและการดำเนินการได้ 	<ul style="list-style-type: none"> - เด็กสามารถแปลความหมาย - เด็กสามารถคำนวณประมาณค่า บ่งบอกความสำคัญ สรุปความเห็นสำคัญพยากรณ์ หาคความสัมพันธ์ต่าง ๆ ได้
<p>3. การนำไปใช้-หมายถึงความสามารถที่จะนำสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้วไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ตามความเหมาะสม เช่น การนำกฎ วิธีการคอนเซป หลักการและทฤษฎีไปใช้ได้ซึ่งเป็นการแสดงให้</p>	<ul style="list-style-type: none"> - เพื่อให้สามารถนำคอนเซปและกฎเกณฑ์ไปใช้กับสถานะ-การณ์ใหม่ได้ - เพื่อให้สามารถนำกฎ ทฤษฎีไปใช้ในเชิงปฏิบัติการได้เป็นอย่างดี - เพื่อให้สามารถแก้ปัญหา 	<ul style="list-style-type: none"> - เด็กสามารถคำนวณได้ - เด็กสามารถเปลี่ยนแปลงสิ่งต่าง ๆ ได้ - เด็กสามารถจัดการลงมือกระทำ พยากรณ์แก้ปัญหาการนำไปใช้ ฯลฯ

องค์ประกอบและ คุณลักษณะของ พุทธิพิสัย	วัตถุประสงค์ทั่วไป ของขบวนการเรียน การสอน	พฤติกรรมที่พึงประสงค์ ของเด็กที่จะแสดง ออกมา
เห็นถึงความเข้าใจอย่าง ลึกซึ้ง	<ul style="list-style-type: none"> - เพื่อให้สามารถสร้างกราฟ และแผนภูมิได้ - เพื่อให้สามารถสาธิตการใช้ วิธีการต่างๆได้อย่างถูกต้อง 	
4. การวิเคราะห์-หมายถึง ความสามารถที่จะแยก จำแนก กระจาย องค์ประกอบ ของสิ่งของใด ๆ ได้ บางที อาจจะหมายถึงการหาความ สัมพันธ์ขององค์ประกอบ เหล่านั้นโดยอาศัยความเข้าใจ และความสามารถในการนำ ไปใช้เป็นตัวช่วยที่สำคัญ	<ul style="list-style-type: none"> - เพื่อให้เด็กยอมรับฟังในข้อ กำหนด ข้อบัญญัติบาง ประการ - เพื่อให้เด็กสามารถบ่งความ สำคัญระหว่างข้อเท็จจริงกับ ข้อยืนยันบางอย่าง - เพื่อให้สามารถประเมินค่า ความสัมพันธ์ของข้อมูล โครงสร้างของสิ่งต่าง ๆ 	<ul style="list-style-type: none"> - เด็กสามารถแยกโครงสร้าง ของสิ่งต่างๆ ได้ - เด็กสามารถจำแนกแจกแจง องค์ประกอบ - เด็กสามารถชี้ให้เห็น ยก ตัวอย่าง คัดเลือกส่วนประ กอบและบ่งบอกความ แตกต่างได้
5. การสังเคราะห์-หมายถึง ความสามารถในการนำส่วน ประกอบต่างๆมารวมกันให้ เป็นสิ่งเดียวกัน	<ul style="list-style-type: none"> - เพื่อให้สามารถเขียนเรื่องราว ต่าง ๆ ได้ - เพื่อให้สามารถพรรณนาโวหาร ได้เป็นอย่างดี - เพื่อให้สามารถเสนอตาราง โครงการทดลองได้ 	<ul style="list-style-type: none"> - เด็กสามารถรวบรวมสร้าง สรรค์ จัดระเบียบรูปแบบ สิ่งของต่าง ๆ ขึ้นใหม่ - เด็กสามารถเรียบเรียงเรื่อง ราวต่าง ๆ ได้ การเขียน อธิบายความได้

องค์ประกอบและ คุณลักษณะของ พุทธิพิสัย	วัตถุประสงค์ทั่วไป ของขบวนการเรียน การสอน	พฤติกรรมที่พึงประสงค์ ของเด็กที่จะแสดง ออกมา
	<ul style="list-style-type: none"> - เพื่อให้สามารถนำสิ่งที่เรียนรู้มาแล้วมาบูรณาการได้และนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้เป็นอย่างดี 	<ul style="list-style-type: none"> - เด็กสามารถสรุปเรื่องราวต่าง ๆ ได้
<p>6. การประเมินผล-หมายถึงความสามารถในการประมาณคุณค่าของสิ่งต่างๆ ให้สอดคล้องกับสิ่งที่พึงประสงค์โดยอาศัยองค์ประกอบที่กำหนดไว้ เป็นพื้นฐานเบื้องต้น องค์ประกอบพื้นฐานที่กำหนดไว้ อาจจะเป็นสิ่งที่ได้กำหนดไว้ในองค์การหรือภายนอกก็ได้โดยให้เด็กเป็นผู้อาสาด้วยตนเอง การเรียนรู้ของเด็กในกรณีนี้นับว่าเป็นเรื่องความเจริญและพัฒนาในด้านพุทธิพิสัยขั้นสูงสุด</p>	<ul style="list-style-type: none"> - เพื่อให้เด็กสามารถประเมินคุณค่าของข้อเขียนได้อย่างเหมาะสม - เพื่อให้เด็กสามารถพิจารณาข้อสรุปต่างๆ อย่างถูกต้อง และมีข้อสนับสนุนเพียงพอ - เพื่อให้เด็กสามารถประเมินค่าผลงานต่างๆ โดยอาศัยคุณธรรมทั้งของตนเองและข้อกำหนดจากภายนอก 	<ul style="list-style-type: none"> - เด็กแสดงชื่นชมและยกย่อง - เปรียบเทียบคุณค่าได้ - บ่งบอกข้อแตกต่างได้ - อธิบายได้ - ให้การสนับสนุนพิจารณาวิเคราะห์ได้

ตารางที่ 9.1 ความสัมพันธ์ระหว่างพุทธิพิสัย วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้แบบทั่วไป และวัตถุประสงค์ในเชิงพฤติกรรม

9.6 แนวทางหรือเกณฑ์ในการวัดและประเมินผล

ในการวัดและประเมินผลการเรียนการสอนนั้น ครูและผู้บริหารทางการศึกษา จะต้องพิจารณาให้รอบคอบเสียก่อนว่า อะไรคือวัตถุประสงค์ของการวัดและประเมินผล ซึ่งอาจจะพิจารณาได้เป็น 2 ประการดังนี้

9.6.1 การวัดและประเมินผลการกระทำของเด็กเป็นการสำรวจตรวจสอบว่าการแสดงออกของเด็กในรูปแบบต่าง ๆ นั้น ไม่ว่าจะเป็นการทดสอบ การสอบไล่ การทดลอง การสาธิต การจัดกิจกรรม รวมทั้งพฤติกรรมอื่น ๆ นั้นเป็นสิ่งที่พึงประสงค์หรือไม่ การตรวจสอบในลักษณะเหล่านี้จะสามารถกระทำได้ 2 แนวทางคือ

9.6.1.1 การวัดและการประเมินผลโดยการอิงกลุ่ม (norm-referenced measurement) วิธีการนี้ครูและผู้เกี่ยวข้องจะทำการสำรวจตรวจสอบพฤติกรรมของเด็กแต่ละคนเอามาเปรียบเทียบกับโดยใช้ข้อสอบมาตรฐาน หรือเกณฑ์อื่นๆ ของกลุ่มเป็นหลักปรัชญาที่สำคัญของการวัดและประเมินผลแบบนี้ จะยึดระบบการให้เกรด การใช้ข้อทดสอบมาตรฐานเป็นหลักการที่จะบ่งบอกความสามารถของเด็กแต่ละคน

9.6.1.2 การวัดและการประเมินผลโดยการอิงเกณฑ์ (criterion-referenced measurement) เป็นการสำรวจตรวจสอบพฤติกรรมของเด็กจากการพัฒนาการด้วยตัวของเด็กว่าการกระทำของเด็กนั้นบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้มากน้อยเพียงใดและเป็นที่ยอมรับตามเกณฑ์หรือไม่ ผลงานและการกระทำของเด็กจะต้องจับบันทึกเข้าไปเป็นรายละเอียดบุคคลและเก็บรักษาตลอดเวลาเพื่อที่จะสำรวจดูว่า พฤติกรรมเหล่านั้นชี้ให้เห็นว่าเด็กแต่ละคนมีความรู้และทักษะมากน้อยเพียงใด การวัดและประเมินผลแบบอิงเกณฑ์นี้จะพยายามหลีกเลี่ยงการนำพฤติกรรมของเด็กแต่ละคนมาเปรียบเทียบกับกันมากที่สุด แต่จะพยายามส่งเสริมและสนับสนุนให้เด็กได้แสดงพฤติกรรมต่าง ๆ ตามความสามารถและตามความสนใจโดยให้สอดคล้องกับการเจริญและพัฒนาในตัวของเด็กในด้านต่าง ๆ อยู่ตลอดเวลา

จากประสบการณ์โดยตรงของผู้แต่งเอง พบว่าแนวทางการวัดและประเมินผลโดยอาศัยการอิงเกณฑ์และอิงกลุ่มนั้นจะมีคุณลักษณะที่ใกล้เคียงกันมาก ข้อทดสอบของแต่ละวิธีและแต่ละข้อมีวัตถุประสงค์ตรงกันทั้งในด้านข้อความและวิธีการวัดและตรวจสอบเกี่ยวกับความรู้

และทักษะข้อแตกต่างที่สำคัญนั้นอยู่ตรงประเด็นที่ผู้ใช้จะมีวิธีการใช้อย่างไรเท่านั้นเอง

ในการวัดและประเมินผลโดยการอิงเกณฑ์นั้น ข้อทดสอบแต่ละข้อจะเป็นกุญแจสำคัญที่บ่งบอกว่าเด็กจะมีความรู้ ความสามารถ และทักษะตามวัตถุประสงค์ของโปรแกรม การเรียนการสอนหรือไม่ คะแนนที่เด็กแต่ละคนทำได้จะถูกสะสมไว้ในสมุดระเบียบของตน และของชั้นเรียนด้วย

ส่วนในการวัดและประเมินผลโดยการอิงกลุ่มนั้น พฤติกรรมหรือผลสัมฤทธิ์ที่เด็กกระทำต่อข้อทดสอบแต่ละข้อนั้นไม่สำคัญเท่ากับคะแนนหรือผลสัมฤทธิ์รวมจากการทดสอบ หรือ การสอบไล่ทั้งหมดของแต่ละวิชาที่นำมาตรวจสอบ ผลสัมฤทธิ์รวมของการสอบของเด็กแต่ละคนจะถูกบันทึกเข้าไว้ แล้วนำไปคิดค่าเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ไคลล์, ระดับคะแนน หรือแนว การเปรียบเทียบอย่างอื่น

เมื่อพิจารณาวิธีการวัดและประเมินผลของทั้ง 2 วิธีแล้ว เราจะพบว่าข้อแตกต่าง กันน้อยมาก ข้อสำคัญอยู่ที่ครูผู้ใช้ว่าจะเลือกวิธีการแบบใดจึงจะเหมาะสม ครูบางท่านที่มี ประสบการณ์ในด้านการสอนมานานอาจจะใช้วิธีการอิงกลุ่มเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์เด็ก ของตนว่ามีความรู้ ความสามารถและทักษะมากน้อยเพียงใดโดยอาศัยข้อทดสอบมาตรฐานเป็น เกณฑ์พิจารณาเพื่อตัดสินใจ แต่ครูบางท่านหรือองค์การทางการศึกษาบางแห่งบางกลุ่มก็นิยมใช้ การวัดและประเมินผลโดยการอิงเกณฑ์ เช่น โปรแกรมการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ใน ระดับประถมศึกษา ในสหรัฐที่พัฒนาขบวนการ science - a process approach ขึ้นมาได้ เห็นระบบการวัดผลและประเมินผลโดยการอิงเกณฑ์เป็นปรัชญาหลักของขบวนการดังกล่าว

9.6.2 การวัดและประเมินผลเกี่ยวกับเนื้อหาสาระของวิชาที่สอนและทักษะที่เด็ก ได้รับผู้แต่งคิดว่าครูผู้สอนทุกคนคงจะตระหนักดีว่า ในการวางแผนการสอนทุก ๆ ครั้ง ครูจะ ต้องพิจารณาเรื่องเนื้อหาสาระและทักษะ-ประสบการณ์ที่เด็กพึงจะได้รับอยู่ตลอดเวลา และเวลา ทำการวัดและประเมินผลเรามักจะเน้นในเรื่องที่กล่าวมาอยู่เสมอ

แนวทางการวัดและประเมินผลดังที่กล่าวมาแล้วนั้น ในวงการศึกษาก็ถือว่าเป็นวิธี การเพื่อปฏิบัติกันอย่างกว้างขวาง และมักจะใช้วิธีการทดสอบเป็นรายภาคที่เรียน และการสอบไล่ เป็นเกณฑ์การวัดและประเมินผล

9.7 ข้อเสนอแนะบางประการในการวัดและประเมินผล

คงเป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปแล้วว่า การทดสอบ(test)และการสอบไล่(examination) นั้น เป็นมาตรการที่สำคัญของขบวนการวัดและประเมินผลเพื่อที่จะได้ทราบว่าเด็กแต่ละคน หรือในชั้นเรียนแต่ละห้องเรียนนั้นมีความรู้และทักษะมากน้อยเพียงใด แต่ผู้แต่งคิดว่ายังมีรายละเอียดอื่น ๆ ที่น่ารู้ น่าศึกษา และคาดว่าจะจะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านที่จะได้นำไปใช้ในโอกาสต่อไป จึงขอเสนอแนะข้อคิด และเทคนิคบางประการเพื่อประโยชน์ต่อการวัดและประเมินผล ดังต่อไปนี้

9.7.1 การใช้คำถามเพื่อสอบถามอย่างไม่เป็นทางการ และกระทำตามโอกาสที่อำนวย การใช้คำถามสอบถามแบบนี้ครูอาจจะใช้ได้กับเด็กทั่ว ๆ ไป หรือภายในชั้นเรียนหรือในบางส่วนสถานที่ที่ครูเห็นว่าเหมาะสมที่จะซักถาม หรือพูดคุยในลักษณะที่ให้ความเป็นกันเองกับเด็ก ด้วยวิธีการแบบนี้นอกจากจะเป็นการวัดและประเมินผลแล้วยังเป็นการสร้างบรรยากาศที่จะเพิ่มพูนความสัมพันธ์ระหว่างครูกับศิษย์ให้มีความหมายและคุณค่ามากขึ้น

9.7.2 การใช้คำถามเพื่อสอบถามเด็กเป็นรายบุคคล ด้วยการเรียกชื่อเด็กแต่ละคนให้ตอบปากเปล่าตามแนวทางที่ครูต้องการจะวัดและประเมินผล การใช้คำถามเพื่อให้เด็กตอบปากเปล่านั้น ครูไม่ควรใช้เวลาให้นานเกินควร ผู้แต่งคิดว่าการสอบถามเด็กในระดับชั้นประถมศึกษาตอนต้นนั้น ระยะเวลาที่เหมาะสมไม่เกิน 5-10 นาที

9.7.3 การใช้ข้อทดสอบแบบสั้น ๆ หรือข้อสอบถามสั้น ๆ ผู้แต่งคิดว่าการใช้ข้อสอบแบบนี้จะเหมาะกับเด็กระดับประถมศึกษา และสะดวกต่อการบริหารงานในโรงเรียนรวมทั้งเป็นการไม่สิ้นเปลืองเวลามากนัก อนึ่งเนื้อหาสาระรวมทั้งความรู้และทักษะต่าง ๆ ที่ต้องการสำรวจตรวจสอบก็อาจจะกระทำได้ง่าย อีกทั้งไม่เป็นการสิ้นเปลืองเวลาและนำสนใจในการทดสอบแบบนี้ก็จะไม่ทำให้เด็กเกิดความวิตกกังวล หรือเคร่งเครียดจนเกินไป

9.7.4 การวัดและประเมินผลจากการทำงานเป็นรายวันของเด็ก หรืออาจจะพิจารณาจากผลงานที่ครูได้มอบหมายไปให้แต่ละครั้ง บางทีครูอาจจะใช้แบบฟอร์มบันทึกการกระทำของเด็กไว้ก็ได้ ด้วยวิธีการเหล่านี้จะช่วยให้ครูได้ข้อมูลต่าง ๆ ที่จะได้ทราบว่าเด็กแต่ละคนมีความรู้และทักษะมากน้อยเพียงใด และผู้แต่งมีประสบการณ์ว่าการจดบันทึกผลงาน

ของเด็กแบบนี้นั้นจะช่วยให้ครูได้รู้ว่าเด็กแต่ละคนมีความสนใจ แสดงความพึงพอใจและแสดง เจตคติเช่นไรบ้างซึ่งเหมาะสมจะใช้สำรวจตรวจสอบความเจริญทางจิตนิสัยของเด็กได้เป็นอย่างดี

9.7.5 การวัดและประเมินผลโดยอาศัยการสังเกต เรื่องของการสังเกตนั้นผู้แต่ง เคยยืนยันอยู่เสมอว่าเป็นเครื่องมือที่สำคัญเบื้องต้นที่มนุษย์ใช้เก็บข้อมูลเพื่อศึกษาหาความรู้และ คิดค้นสิ่งใหม่ ๆ ขึ้นมา อนึ่งในการดำเนินชีวิตจริงนั้นเรามักจะพบว่า ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต นั้นจะช่วยให้เราสามารถเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี และนำไปแก้ปัญหาคืออย่างมากมาย ดังนั้นจึงนับว่าการสังเกตเป็นขบวนการที่เป็นประโยชน์โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องการตรวจสอบ เกี่ยวกับทักษะ, ลักษณะนิสัย และเจตคติ ซึ่งไม่อาจจะตรวจสอบได้โดยตรง ครูผู้สอนอาจจะ ตั้งเป้าประสงค์และกำหนดวิธีการสังเกตอย่างมีระบบไว้ให้ชัดเจนแล้วจึงดำเนินการตรวจสอบโดย อาศัยการสังเกตที่มีแบบฉบับ และมีระบบอย่างสม่ำเสมอ

ผู้แต่งมีข้อเสนอแนะ 2 ประการเกี่ยวกับการสังเกตพฤติกรรมของเด็กในชั้นเรียน

9.7.5.1 ข้อเสนอแนะประการแรกได้แก่การจัดทำตารางเพื่อจดบันทึกในเรื่อง การสร้างนิสัยให้เด็กรู้จักทำงาน ดังตารางที่ 9.2

ชื่อนักเรียน	แสดงความ กตริเริ่ม	การใช้เวลา อย่างมีประโยชน์	ใช้อุปกรณ์ด้วย ความระมัดระวัง	การทำงาน อยู่เสมอ	เป็นตัวของตัวเอง	สร้าง สรรค์

ตารางที่ 9.2 : ตารางที่ใช้สังเกตเด็กที่มีนิสัยรักการทำงาน

ตารางที่ 9.2 ทำขึ้นมาเพื่อให้ครูใช้สำรวจตรวจสอบเด็กแต่ละคนที่ทำงานว่า นิสัย ของเด็กแต่ละคนนั้นมีความรักและสนใจในการทำงานมากน้อยเพียงใด เด็กคนใดมีข้อบกพร่องที่ ควรแก้ไขอย่างไร และครูควรส่งเสริมตลอดจนการปลูกฝังอบรมเช่นใดจึงจะช่วยทำให้เด็กมี ความสมบูรณ์ตามที่ควรจะเป็น

9.7.5.2 ข้อเสนอแนะประการที่ 2 ได้แก่ตารางเพื่อประเมินผลเกี่ยวกับทักษะทางวิทยาศาสตร์ที่ควรแก่การปลูกฝังให้บังเกิดขึ้นแก่เด็ก ทั้งนี้เพื่อเพิ่มพูนคุณภาพของพฤติกรรมที่เด็กแสดงออกให้มีคุณค่าและความหมายยิ่งขึ้น รายละเอียดที่ครูพึงกระทำดังที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 9.3

ชื่อนักเรียน	การตั้งสมมติฐาน			วางแผนการทดลอง			จับบันทึกข้อมูล			แปรความข้อมูล			การทดลอง		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
รัชนิกร		X		X		X		X		X		X		X	
เพิ่มพร	X				X			X	X					X	
บึงอร			X		X			X			X				X

ข้อกำหนด : กำหนดสัดส่วนของเกณฑ์ทักษะออกเป็น 1 : 2 : 3 เพื่อให้ครูได้ใช้เป็นเกณฑ์พิจารณาความสามารถในเชิงทักษะของเด็กแต่ละคนโดยการกาเครื่องหมาย X ไว้ในแต่ละช่อง

ตารางที่ 9.3 : ตารางแสดงทักษะในเชิงวิทยาศาสตร์ที่ครูสังเกตได้จากพฤติกรรมของเด็ก

ผู้แต่งมีความคิดเห็นว่า ข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากการสังเกตนั้นจะช่วยให้ครูสามารถตรวจพฤติกรรมของเด็กได้มากกว่าข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ บางครั้งครูคงจะใช้วิธีการสังเกตเพื่อตรวจสอบระดับความเข้าใจของเด็กในบางเรื่องที่ครูสอนหรือการกระทำของเด็กก็ได้ อนึ่ง ถ้าหากว่าครูผู้สอนละเอียดในเรื่องการปลูกฝังลักษณะนิสัยในด้านทักษะ นิสัย เจตคติแล้ว เด็กๆ อาจจะเข้าใจว่าคุณลักษณะดังกล่าวไม่มีความสำคัญต่อการเรียนการสอนและการดำเนินชีวิต แต่โดยข้อเท็จจริงแล้ว สังคมยอมรับว่า บุคคลใดก็ตามที่มีทักษะ-ความสามารถ, ความชำนาญชำนาญ รู้จักการสังเกต มีนิสัยรักงาน มีความรับผิดชอบ ใฝ่รู้ และมีเจตคติที่ดีนั้น ล้วนแล้วแต่เป็นคุณลักษณะที่พึงประสงค์ที่เราต้องการจะปลูกฝังให้มียู่ในตัวเด็กทั้งสิ้น ด้วยเหตุดังกล่าวผู้แต่งจึงใคร่เห็นว่า การให้ความสำคัญในเรื่องการสังเกตพฤติกรรมในตัวเด็กในเรื่องที่เสนอแนะไว้นั้น จึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง

9.7.6 การทดสอบเพื่อวัดและประเมินผลในเรื่องความเข้าใจของเด็กนั้น บางครั้งครูอาจใช้วิธีการให้เด็กลงมือจัดกิจกรรมบางอย่างเพื่อสำรวจตรวจสอบระดับความเข้าใจในเรื่องราวต่าง ๆ ที่เรียนไปแล้วก็ได้

9.7.7 การใช้ข้อสอบแบบข้อเขียน เป็นวิธีการที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง และอาจจะทำได้หลายรูปแบบ เช่น

9.7.7.1 ข้อทดสอบแบบให้เด็กตอบเป็นข้อความเป็นเรื่องราว หรือที่เรียกกันว่า ข้อทดสอบแบบอัตนัย

9.7.7.2 ข้อทดสอบแบบใช้คำถามที่ถามต่อเนื่องในเนื้อเรื่องที่จะทดสอบ

9.7.7.3 ข้อทดสอบเป็นคำถามที่เน้นให้เด็กตอบเฉพาะเรื่อง หรือเป็นคำถามที่ไม่เปิดโอกาสให้เด็กเลือกตอบ

การใช้ข้อทดสอบแบบดังกล่าวเหล่านี้ ผู้แต่งคิดว่าถ้านำไปใช้สำรวจตรวจสอบเพื่อวัดและประเมินผลกับเด็กในระดับประถมศึกษาตอนปลาย หรือระดับมัธยมศึกษาจะเหมาะสมกว่าเด็กเล็ก ๆ ในระดับประถมศึกษาตอนต้น ซึ่งนิยมใช้ข้อสอบแบบคำถามสั้น ๆ และมีคำตอบให้เด็กเลือกตอบได้

9.7.7.4 ข้อทดสอบแบบปรนัยซึ่งมีรายละเอียดและรูปแบบการออกข้อสอบอยู่หลายประการ และนิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง

9.7.8 ข้อทดสอบเพื่อตรวจสอบทักษะและความชำนาญ เป็นข้อทดสอบในเรื่อง การปฏิบัติหรือกิจกรรมบางอย่างที่ต้องการเน้นในเรื่องฝีมือ ความถนัด และความคล่องตัวในการ ใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการทำงานพื้นฐานอาชีพที่จัดให้มีการเรียน-การสอน ทั้งนี้อาจจะ รวมทั้งการป้องกันอันตราย, อุบัติเหตุที่จะพึงเกิดขึ้นด้วยก็ได้

9.7.9 ในการวัดและประเมินผลบางครั้งนั้นครูอาจจะมีแบบทดสอบให้เด็กสามารถ นำไปใช้เพื่อทำการตรวจสอบด้วยตัวของเด็กเอง หรืออาจจะจัดกิจกรรมในรูปแบบต่าง ๆ ที่ เด็กจะสามารถสำรวจตรวจสอบความเข้าใจหรือความสามารถ ตลอดจนทักษะต่างๆ ได้หากเด็กมี โอกาสทราบว่าตนเองยังมีความขาดตกบกพร่องในเรื่องใด ก็อาจจะหาทางช่วยตนเองหรือขอคำ แนะนำจากครู ตลอดจนขอความร่วมมือจากเพื่อนฝูง ผู้ปกครองและสังคมให้ช่วยเหลือได้ด้วย

9.8 ข้อมูลย้อนกลับ (feedback)

ข้อมูลย้อนกลับนั้น หมายถึงสาระสำคัญต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานที่ได้กระทำไปแล้ว ว่ามีประสิทธิภาพอย่างไร ข้อมูลเหล่านี้จะสามารถนำไปปรับปรุง แก้ไข การปฏิบัติภารกิจให้มี คุณภาพยิ่งขึ้น ในขบวนการเรียนการสอน ในสถานศึกษาทุกระดับนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะ ต้องอาศัยข้อมูลย้อนกลับจากการวัดและประเมินผลเพื่อเป็นการสำรวจตรวจสอบว่า การสอนของ ครูมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด และการศึกษาเล่าเรียนของเด็กจะสัมฤทธิ์ผลตามที่ได้คาดหวัง ไว้หรือไม่ ในความคิดเห็นของผู้แต่งถือว่า คงจะไม่มีครูผู้สอนคนใดที่สามารถประเมินผลการ ทำงานของคนได้เลย ถ้าหากครูผู้สอนคนนั้นไม่มีวิธีการนำข้อมูลย้อนกลับมาปรับปรุงภาระกิจของ ตนเอง และจะต้องใช้เวลาเพื่อการพัฒนาขบวนการเรียนการสอนเป็นจำนวนที่ยาวนานพอสมควร และในทางปฏิบัติโดยทั่วไปนั้น ครูส่วนมากมักนิยมใช้วิธีการเก็บ, รวบรวมข้อมูลย้อนกลับใน ลักษณะที่ไม่เป็นแบบฉบับเสียมากกว่า เช่นครูบางคนอาจจะใช้วิธีการสังเกตจากพฤติกรรมของ เด็กที่แสดงออกมาว่า เด็กแต่ละคนมีความเข้าใจในเรื่องที่สอนมากน้อยเพียงใด บางคนอาจจะ แสดงอาการงอแงบ่นแทนที่ มีนงง ฉงนจนยากด้วยอาการที่แสดงออกมาทางใบหน้า ท่าทาง และ ดวงตาตั้งนี้เป็นต้น

จากประสบการณ์ของผู้แต่งในขณะทำการสอนอยู่นั้น บางครั้งเราอาจจะตั้งคำถาม

ให้แก่ตัวเองว่า "เด็กบางคนที่เราคาดคิดว่ามีความเข้าใจในเนื้อหาสาระที่กำลังสอนอยู่นั้นจริง โดยข้อเท็จจริงแล้ว เราจะทราบได้อย่างไรว่าเด็กมีความรู้และความเข้าใจอย่างแท้จริง?" ปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างนี้ ครูผู้สอนจะต้องได้ข้อมูลย้อนกลับมาอย่างไร และเมื่อได้ข้อมูลเหล่านั้นมาแล้ว จะดำเนินการแก้ไขและปรับปรุงอย่างไร หรือบางครั้งเมื่อมาคำนึงถึงเรื่องราวต่าง ๆ ที่ตัวเราเอง เป็นนักเรียน นักศึกษา ตั้งแต่ระดับประถมศึกษาจนกระทั่งถึงชั้นอุดมศึกษา ทั้งในประเทศและ ต่างประเทศนั้น เราจะพบว่า ครู-อาจารย์ที่เข้ามาสอนนั้นมิได้ทำการสอนได้คืออย่างที่เราคาดคิด เลย ตัวเราเองมิได้เกิดความสนใจและมีความกระตือรือร้นที่จะอยากเรียนและเข้ามามีส่วนร่วมใน กิจกรรมเหล่านั้นเลย บางครั้งก็เกิดความเบื่อหน่าย เราเองอยากจะพูด อยากจะบอกกล่าวครูว่า เราอยากเรียนรู้ในเรื่องราวที่น่าสนใจมากกว่านั้น แต่เราจะกล้าที่จะพูดจากหรือบอกกล่าวกับครู ผู้สอนอย่างตรงไปตรงมาได้อย่างไร สิ่งเหล่านี้ครูผู้สอนจะเรียนรู้หรือทราบได้หรือไม่ ซึ่งนับว่า เป็นเรื่องที่น่าสนใจอย่างยิ่ง

เราต้องยอมรับในข้อเท็จจริงประการหนึ่งว่า ครูทุกคนนั้นไม่สามารถจะได้ข้อมูลอย่าง ตรงไปตรงมาจากเด็กในเรื่องความเชื่อมั่น, ความรู้จักตัวของตัวเอง หรือความกล้าหาญที่จะพูดจา อย่างเปิดเผย อย่างพร้อมมูล แต่ทว่าครูผู้สอนมีแผนการหรือกำหนดวิธีการบางประการไว้อย่าง รอบคอบแล้วย่อมจะคาดคะเนได้ว่าข้อมูลในเรื่องเหล่านี้เมื่อได้รับแล้วน่าจะเป็นข้อมูลย้อนกลับ ที่นำไปปรับปรุงแก้ไขได้ ผู้แต่งคิดว่าข้อมูลย้อนกลับที่ได้จากเด็กที่มีความเชื่อมั่นในตัวเองสูงเด็ก ที่มีความรู้จักตนเองดี และมีความกล้ารู้จักความเหมาะสมที่จะเปิดเผยอย่างตรงไปตรง มาย่อมจะเป็นเครื่องที่จะชี้ให้เห็นว่าเด็กมีความเคารพในความคิดเห็นของคน (Self-respect) สูงย่อมจะนำมาเป็นเครื่องเร่งเร้า กระตุ้นให้เด็กเกิดเจตคติที่ดีต่อครูผู้สอน สนใจในบท เรียนตลอดจนยอมรับนับถือในสิ่งต่าง ๆ ที่สถานศึกษากำลังดำเนินการอยู่ด้วย ข้อคิดที่น่าสนใจ อีกประการหนึ่งได้แก่การเปิดโอกาสให้เด็กมีส่วนร่วมในการเรียนรู้อย่างจริงจังนั้น ย่อมจะ ช่วยทำให้การเรียนรู้ของเด็กมีการพัฒนาไปในแนวทางที่สอดคล้องกับความสนใจ และ เจริญก้าวหน้าตามศักยภาพเฉพาะบุคคลของเด็กแต่ละคนอีกด้วย

ด้วยเหตุผลต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้วเกี่ยวกับการรวบรวมข้อมูลย้อนกลับนั้น ผู้แต่ง ใคร่เสนอแนะแนวความคิดและวิธีการบางประการเสนอแนะต่อผู้สนใจดังต่อไปนี้

9.8.1 ในกรณีที่ครูผู้สอนต้องการข้อมูลย้อนกลับที่เกี่ยวกับความรู้, ความเข้าใจ

และทักษะของเด็กนั้น วิธีการที่จะสามารถให้เด็กได้แสดงความรู้สึก ข้อคิดเห็น และการวิพากษ์วิจารณ์ด้วยภาษาพูด, ภาษาเขียนอย่างอิสระเสรี วิธีการเช่นนี้ครูจะได้ข้อมูลย้อนกลับที่เกิดจากความจริงจังและจริงใจของเด็กอย่างแท้จริง ครูควรหลีกเลี่ยงการบังคับหรือใช้แบบสอบถามที่เด็กเกิดความรู้สึกว่าเขามีความจำเป็นจะต้องทำในรูปแบบเช่นนั้น

9.8.2 ข้อมูลย้อนกลับที่เด็กจะเต็มใจบอกกล่าวหรือรายงานให้ครูทราบนั้น เด็กมักจะมีคามพึงพอใจที่จะกล่าวถึงเรื่องราวต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับกิจกรรม, พฤติกรรม ในสมรรถภาพที่เด็กพึงพอใจ ดังนั้นการทดสอบหรือการวัดและประเมินผลในเรื่องสมรรถภาพของเด็กที่ให้ ความสนใจนั้น เด็กจะสามารถให้ข้อมูลได้ดีและให้อย่างเต็มใจ บางครั้งเด็กอาจจะพึงพอใจใน คำานสมรรถภาพมากกว่าคะแนนที่ตนเองได้รับด้วยซ้ำไป

9.8.3 จากประสบการณ์โดยตรงของผู้สอนในแต่ละระดับการศึกษาตั้งแต่ระดับประถมศึกษา จนถึงระดับอุดมศึกษานั้น พบว่าพฤติกรรมของครูผู้สอนที่แสดงออกให้เด็กได้ทราบว่า ครูมีความจริงใจ ให้ความเป็นกันเองจนกระทั่งเด็กมีความรู้สึกว่าเขาจะมี "ความอบอุ่น" (warmth) ที่จะเข้ามาปรึกษาหารือกับครูได้ตลอดเวลาแล้ว ข้อมูลต่าง ๆ ที่เด็กจะแสดงออกมานั้นจะเป็น ข้อมูลย้อนกลับที่มีคุณค่าอย่างยิ่ง

9.8.4 การเปิดโอกาสให้เด็กวิพากษ์วิจารณ์การสอนของครูอย่างมีอิสระเสรีว่าเด็กมีความพึงพอใจมากน้อยเพียงใด สนองความสนใจของเด็กหรือไม่ ครูผู้สอนมีข้อบกพร่องอย่างไร และให้เด็กเสนอข้อแนะนำโดยการเขียนเป็นแบบรายงานสั้น ๆ พร้อมทั้งบอกเด็กว่ารายงาน แต่ละคนนั้นไม่จำเป็นจะต้องเขียนชื่อผู้วิจารณ์ด้วยแล้ว จะช่วยให้เด็กแสดงความคิดเห็นที่ นำศึกษาเป็นอย่างยิ่ง และครูควรจะได้ยอมรับฟังข้อวิจารณ์เหล่านั้นอย่างเปิดเผย และจริงใจ ย่อมจะทำให้บรรยากาศการเรียนการสอนมีความหมายมากขึ้น

9.8.5 ครูควรวางวิธีการที่แนบเนียนบางประการเพื่อปลูกฝังให้เด็กรู้จักการประเมินผลด้วยตนเอง เมื่อเด็กทราบวิธีการหรือสามารถหาแนวทางที่จะเรียนรู้ว่าตนเองสามารถเรียนรู้ ปฏิบัติภาระกิจได้ด้วยตนเองอย่างไรแล้วย่อมจะเป็นแรงขับเคลื่อน หรือแรงจูงใจให้เด็กสามารถ ศึกษาค้นคว้าในสิ่งที่ตนสนใจได้เป็นอย่างดี แม้ว่าในบางครั้งเด็กอาจจะมีปัญหาในเรื่องที่ตัวเองกำลัง ศึกษาค้นคว้าอยู่ก็จะมาปรึกษาหารือกับครูผู้สอนได้ คำปรึกษาและข้อเสนอแนะของครูจะ สอดคล้องกับข้อมูลย้อนกลับที่เด็กได้ถ่ายทอดกลับมาได้เป็นอย่างดี ผู้แต่งคิดว่า การปลูกฝังให้เด็ก

มีนิสัยรู้จักการประเมินผล-ติดตามผล ด้วยตนเองนี่จะมีคุณประโยชน์ต่อตัวเด็ก ทั้งในด้านการเรียนรู้และการปฏิบัติภารกิจต่าง ๆ อย่างมากมาย

9.8.6 ในการเรียนการสอน การจะปฏิบัติกิจกรรมใด ๆ ก็ตาม ถ้าครูได้มีแผนที่จะแจ้งให้เด็กได้ทราบถึงความมุ่งหมาย, เป้าประสงค์ แนวทางการปฏิบัติตลอดจนถึงที่คาดว่าจะได้รับแล้ว ย่อมจะช่วยเด็กให้แสดงข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะ ตลอดจนมีการซักถามเพื่อซักซ้อมความเข้าใจได้อย่างกว้างขวาง วิธีการดังกล่าวย่อมจะช่วยให้ครูได้ทราบข้อมูลที่มีคุณค่าเพิ่มขึ้น

9.8.7 ครูควรบอกกล่าวหรือแสดงความรู้สึกที่เด็กเห็นว่า ในการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ นั้น ทั้งครูและเด็กควรร่วมมือกันอย่างไร ภารกิจเหล่านั้นมีความยุ่งยากเพียงใด (แต่ระวังภารกิจที่กระทำได้ง่ายจนเกินไป) และจะต้องใช้ฝีมือขนาดไหนนั้น เด็ก ๆ จะให้ความสนใจที่จะร่วมมืออย่างเต็มที่

9.8.8 จากประสบการณ์ของผู้แต่ง พบว่าการใช้ข้อทดสอบมาตรฐานมาทดสอบแต่ละครั้ง โดยใช้เวลาไม่นานจนเกินไปนัก และก่อนทำการทดสอบครูควรได้มีการสรุปเกี่ยวกับเนื้อหาสาระที่เด็กจะต้องสอบด้วยแล้ว ข้อมูลต่าง ๆ ที่เด็กจะบอกรับมานั้นครูจะมีคุณค่าและมีความหมายมากขึ้น

9.8.9 ในการรวบรวมข้อมูลย้อนกลับนั้นในบางโอกาสครูควรจัดกิจกรรมให้เด็กเข้ามามีส่วนร่วมแบบสนุกสนานนั้น จะได้ข้อมูลย้อนกลับที่มีคุณค่ามากกว่ากิจกรรมที่เด็กต้องลงมือปฏิบัติในลักษณะที่มีการแข่งขัน

9.8.10 ทุกครั้งที่มีการทดสอบ, สอบได้ ครูควรจะนำผลการทดสอบมาชี้แจงตอบข้อซักถามอย่างตรงไปตรงมา และให้ความเป็นธรรมในทันทีที่จะช่วยให้เกิดความเข้าใจอย่างถูกต้อง ตลอดจนสามารถซักข้อข้องใจสงสัยได้ทันที ข้อซักถามต่าง ๆ ที่เด็กสอบถามจะสะท้อนให้ครูได้ทราบว่าเด็กมีความคิด, มีความเข้าใจ, มีความสงสัยมากน้อยเพียงใด สิ่งเหล่านี้จะเป็นข้อมูลย้อนกลับที่ดีและมีประโยชน์อย่างยิ่ง

9.9 เทคนิคบางประการเกี่ยวกับการวัดและประเมินผล

ครูบางท่านอาจจะมีความคิดเห็นว่า วิธีการวัดและประเมินผลนั้นเป็นเรื่องที่ค่อนข้าง

จะทำให้โดยไม่ยากนัก เพราะเป็นเรื่องราวที่จะสำรวจตรวจสอบว่าเด็กมีความพึงพอใจมากน้อยเพียงใดในระดับคะแนนที่คนได้รับ ซึ่งเกี่ยวข้องกับเนื้อหาสาระที่ได้ศึกษาเล่าเรียนไปแล้วเท่านั้น แต่โดยข้อเท็จจริงแล้ววัตถุประสงค์ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษาชั้นนั้นมีเป้าหมายครอบคลุมมากกว่านั้น เพราะการวัดและประเมินผลมิได้เน้นเฉพาะในเรื่องข้อเท็จจริงที่เด็กควรจะรู้เท่านั้น แต่ทว่าครูผู้สอน, นักการศึกษา, ผู้บริหารและสังคมต้องการที่จะทราบว่าข้อเท็จจริงต่าง ๆ ที่เด็กเรียนรู้จะสามารถนำไปใช้อย่างมีคุณค่าและมีความหมายอย่างไร ข้อเท็จจริงทั้งหลายเด็กจะสามารถนำไปใช้สร้างคอนเซ็ปต์หรือไม่ ตลอดจนจะสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหา สร้างเสริมเจตคติ ปลูกฝังความรัก-ความสนใจ และมีความซาบซึ้งในวิชาวิทยาศาสตร์อย่างไรบ้าง สิ่งทั้งหลายทั้งปวงที่กล่าวมานั้นจะเป็นปัญหาที่ทำให้เกิดความยากต่อการที่จะวัดและประเมินผลออกมาให้เห็นได้อย่างเด่นชัดนั่นเอง

ในการที่จะทราบว่า ขบวนการวัดและประเมินผลจะมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใดนั้นนอกจากจะอาศัยผู้ที่มีความรู้มีความสามารถ มีประสบการณ์ ตลอดจนนำเครื่องมือต่าง ๆ มาดำเนินการแล้ว ประเด็นสำคัญประการหนึ่งที่ครูจะต้องระลึกรู้เสมอได้แก่ วัตถุประสงค์หรือเป้าหมายของขบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในแต่ละระดับ ทั้งนี้เพื่อที่จะได้สำรวจตรวจสอบให้สอดคล้องกันนั่นเอง ผู้แต่งมีความมั่นใจว่า วัตถุประสงค์ในการสอนวิทยาศาสตร์ในแต่ละระดับการศึกษานั้นมุ่งหวังที่ต้องการให้เด็กแต่ละคนได้มีโอกาสได้พัฒนาในประเด็นที่สำคัญ ๆ 3 ประการดังนี้

ประเด็นที่ 1 เพื่อให้เด็กแต่ละคนศึกษาหาความรู้ สร้างความเข้าใจและคอนเซ็ปต์เกี่ยวกับวิชาวิทยาศาสตร์

ประเด็นที่ 2 เพื่อฝึกฝนให้เด็กมีทักษะในขบวนการคิดในเชิงวิเคราะห์ และขบวนการสืบสวนสอบสวน

ประเด็นที่ 3 เพื่อพัฒนาการในตัวเองให้มีความเจตคติที่พึงประสงค์อันจะมีผลต่อพฤติกรรมของเด็กทั้งในปัจจุบันและอนาคต

ถ้าหากว่าผู้อ่านมีความเห็นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในขบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ดังที่กล่าวมาแล้ว ผู้แต่งใคร่ขอขอร้องว่า 'ครูผู้สอนแต่ละคนนั้นไม่เพียงแต่จะต้องดำเนินการสอนให้บรรลุวัตถุประสงค์ตามแต่ละประเด็นเท่านั้น แต่จะต้องดำเนินการวัดและประเมินผลด้วย

วิธีการต่าง ๆ ที่จะได้ตรวจสอบการพัฒนาการในตัวเองแต่ละคนอีกด้วย'

เพื่อที่จะให้ผู้อ่านได้รับประโยชน์ในเรื่องการวัดและประเมินผลการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ จึงใคร่เสนอแนะเทคนิคบางประการที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ซึ่งได้กล่าวไว้ในข้างต้น 3 ประการดังต่อไปนี้

9.9.1 เทคนิคการวัดและประเมินผลเด็กที่เกี่ยวกับการศึกษาหาความรู้ การสร้างความเข้าใจและคอนเซปททางวิทยาศาสตร์

โดยทั่วไปแล้วครูมักจะใช้ข้อทดสอบแบบปรนัย (objective test) เป็นเครื่องมือทั้งนี้เพื่อเปิดโอกาสให้เด็กสามารถเลือกตอบคำถามสั้น ๆ ที่เกี่ยวกับข้อเท็จจริงและเป็นข้อทดสอบที่ครอบคลุมเนื้อหาสาระได้อย่างกว้างขวาง การออกข้อทดสอบแบบปรนัยนั้นอาจจะทำได้หลายรูปแบบดังต่อไปนี้

9.9.1.1 การใช้ข้อทดสอบแบบถูก-ผิด

การออกข้อสอบแบบถูก-ผิด จะมีลักษณะเป็นคำถามที่ใช้ประโยคบอกเล่าแต่ที่ว่ามีความยากต่อการสร้างคำถามที่จะให้เด็กได้ตัดสินใจว่า ประโยคแต่ละประโยคที่สร้างขึ้นมานั้นมีความถูกต้อง หรือมีความไม่ถูกต้องอย่างครบถ้วนขบวนการหรือไม่ คำถามแต่ละประโยคที่สร้างขึ้นมานั้นจะมีตัวแปรที่จะบ่งบอกว่ามันถูกหรือผิดประการใด ตัวแปรดังกล่าวจะต้องมีลักษณะภาพที่ช่วยลดการเดา-คาดคะเนให้น้อยที่สุด ยกตัวอย่างเช่น

ก. ดาวเสาร์เป็นดาวเคราะห์ที่อยู่ไกลโลกมากที่สุด

ข. ดาวพฤหัสบดีมีบริวารมากที่สุด

ข้อควรระวังในการออกข้อทดสอบแบบถูก-ผิด มีดังต่อไปนี้

1) คำถามแต่ละข้อจะต้องมีประเด็นสำคัญเพียงประเด็นเดียวเท่านั้น

2) ประเด็นสำคัญที่จะสอบถามนั้นจะต้องมีความชัดเจนที่จะพิจารณาว่า "ถูก"

หรือ "ผิด" เท่านั้น

3) คำถามจะต้องสั้นกระชับรัด

4) หลีกเลี่ยงการใช้ประโยคปฏิเสธให้มากที่สุดและอย่าใช้ประโยคปฏิเสธซ้อนกัน

5) จงอย่าใช้คำพูดใด ๆ ที่จะช่วยให้เด็กเดาได้

9.9.1.2 การใช้ข้อทดสอบแบบเติมคำในช่องว่างให้ได้ความหมายสมบูรณ์หรือ
ตอบสั้น ๆ ข้อทดสอบแบบนี้ต้องการทดสอบความรู้เด็กโดยให้เค้าได้น้อยที่สุด เช่น

ก. เครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิ เรียกว่า.....

ข. จรวดเป็นสัตว์ประเภท....

ข้อควรระวังในการออกข้อสอบแบบเติมคำในช่องว่างหรือตอบสั้น ๆ

- 1) จะต้องเป็นคำถามที่ให้คำตอบแบบสั้นๆ โศกๆ เพียงประเด็นเดียวเท่านั้น
- 2) ใช้คำถามแบบตรงไปตรงมาไม่อ้อมค้อมหรือใช้ภาษากำกวม ถ้าคำถามที่ตั้ง
ขึ้นมาไม่สมบูรณ์ คำตอบเพียงสั้น ๆ เท่านั้นจะทำให้เกิดความสมบูรณ์และถูกต้องได้
- 3) ภาษาที่ใช้ในประโยคคำถามจะต้องมีความสัมพันธ์กับคำตอบที่ต้องการ
- 4) ควรใช้วงเล็บหรือเส้นลายไข่ปลาเป็นปลายเปิดไว้ในตอนท้ายของแต่ละคำถาม

9.9.1.3 การใช้ข้อทดสอบแบบจับคู่เป็นข้อทดสอบที่จัดออกเป็น 2 ประเภท

และมักจัดไว้ตามแนวตั้ง ประเด็นปัญหาของแต่ละพวกในแต่ละแนวจะมีความสัมพันธ์กัน ทั้งนี้
เพื่อต้องการตรวจสอบความสามารถของเด็กว่ามีความเข้าใจในความหมาย, เหตุการณ์, ประ
โยชน์สัญลักษณ์ และอื่นๆ เช่น

จงนำอักษรข้างหน้าข้อความทางด้านขวามือใส่ลงข้างหน้าหมายเลขข้างหน้าข้อ
ความทางซ้ายมือที่เห็นว่ามีความสัมพันธ์ต่อกัน

- | | |
|-------------------------|--------------------------------|
| 1. แอนนีโมมิเตอร์ | ก. เครื่องมือวัดความกดดันอากาศ |
| 2. บารอมิเตอร์ | ข. เครื่องมือวัดอุณหภูมิ |
| 3. ไฮโกรมิเตอร์ | ค. เครื่องมือวัดความเร็วของลม |
| 4. เทอร์โมมิเตอร์ | ง. เครื่องมือวัดความชื้น |
| | จ. เครื่องมือวัดทิศทาง |

ข้อควรระวังในการออกข้อสอบแบบจับคู่ ควรปฏิบัติดังต่อไปนี้

- 1) เนื้อหาสาระในการที่จะสอบถามควรเป็นเรื่องราวเดียวกัน
- 2) ข้อความที่จะนำมาใช้พิจารณาควรจะเป็นข้อความที่กระชับรัดกุม, สั้น และมัก
จะอยู่ในแนวตั้งทางด้านขวามือ
- 3) ข้ออ้างอิงความจริงที่นำมาใช้นั้นในแต่ละประโยคนั้นอาจจะใช้ได้มากกว่า 1 ครั้ง

4) ควรกำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาจับคู่ให้แน่นอนทุกครั้ง

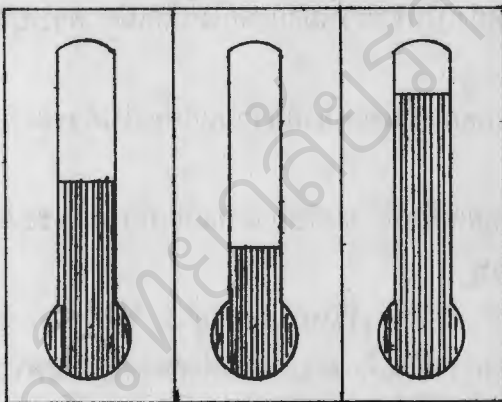
9.9.1.4 ข้อทดสอบแบบเลือกตอบ (multiple choice) ข้อทดสอบแบบนี้จะประกอบด้วย คำตอบหลาย ๆ คำตอบเพื่อให้เด็กพิจารณาเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียง 1 คำตอบเท่านั้นที่จะตอบคำถามได้ดีที่สุด ข้อทดสอบประเภทนี้ถือว่าเป็นข้อสอบที่มีคุณค่า และมีความยืดหยุ่นมากที่สุดที่จะใช้ตรวจสอบความสามารถของเด็กว่ามีความเข้าใจ, สามารถใช้เหตุผล และจะระลึกถึงข้อเท็จจริงมาตอบปัญหาได้ดีเพียงใด เช่น

ถ้ามีห้องขนาดใหญ่และห้องขนาดเล็กได้รับความร้อนพร้อม ๆ กันจนกระทั่งมีอุณหภูมิเท่ากัน

จงเขียนวงกลมล้อมรอบอักษรข้างหน้าข้อความที่คิดว่าเป็นคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

- ก. ห้องเล็กจะมีความร้อนมากกว่า
 - ข. ห้องใหญ่จะมีความร้อนมากกว่า
 - ค. ห้องเล็กจะลดความเย็นได้เร็วกว่า
 - ง. ห้องใหญ่จะลดความเย็นได้เร็วกว่า
 - จ. ห้องทั้งสองจะมีความร้อนเท่ากัน
- (คำตอบที่ถูกต้องได้แก่ข้อ ข.)

ในกรณีที่เด็กมีปัญหาในการอ่าน ครูผู้สอนอาจใช้ข้อทดสอบเป็นภาพ หรือ สัญลักษณ์ ดังภาพที่ 9.2 หรือใช้คำถามแบบปากเปล่าสอบถามก็ได้



- ก. จงทำเครื่องหมาย ✓ ลงบนเทอร์โมมิเตอร์ที่แสดงว่าอากาศร้อนที่สุด
- ข. จงทำเครื่องหมาย ✓ ลงบนเทอร์โมมิเตอร์ที่แสดงว่าอากาศเย็นที่สุด
- ค. จงทำเครื่องหมาย ✓ ลงบนเทอร์โมมิเตอร์ที่แสดงว่าอากาศอบอุ่น

ภาพที่ 9.2 : การใช้ภาพเป็นเครื่องมือในการทดสอบ

ข้อควรระวังในการออกข้อสอบแบบเลือกตอบ มีดังต่อไปนี้

- 1) จะต้องพิจารณาคำถามแต่ละข้อเพื่อวัดและประเมินผลเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่มีความสำคัญมากที่สุด
- 2) คำถามแต่ละข้อจะต้องเป็นประโยคที่ใช้ภาษาที่ชัดเจน
- 3) ภาษาที่ใช้ในการตั้งคำถามควรเป็นภาษาที่ทำความเข้าใจได้ง่าย
- 4) คำถามแต่ละข้อควรมีข้อความมากพอสมควร
- 5) พยายามใช้คำถามที่เป็นประโยคบอกเล่าให้มากที่สุด
- 6) คำถามข้อใดที่มีคำปฏิเสธปรากฏอยู่ควรขีดเส้นใต้คำปฏิเสธนั้นให้เด่นชัด
- 7) ผู้ออกคำถามต้องมั่นใจว่า ข้อความที่ต้องการให้เด็กเลือกตอบนั้น จะต้องเป็นคำตอบที่ถูกต้องและชัดเจนที่สุด
- 8) ข้อความในแต่ละประโยคจะต้องพยายามใช้ภาษาที่ถูกต้อง, สอดคล้องกับหลักภาษา (ไวยากรณ์) ให้มากที่สุด
- 9) พยายามหลีกเลี่ยงการใช้ภาษาที่จะบอกใบ้ให้เด็กเลือกคำตอบได้ง่าย จนเกินไป
- 10) พยายามหาสิ่งล่อใจหรือเครื่องมือชักจูงให้เด็กตอบอย่างตรงไปตรงมา และเป็นเรื่องราวที่ควรจะเป็น
- 11) ควรมีคำตอบที่ควรเลือกตอบให้ถูกมากกว่าข้อความที่จะบอกใบ้หรือชี้นำไปในทางอื่น ๆ
- 12) ควรใช้ประโยคที่มีความถูกต้องเป็นจำนวนมากเพื่อให้เด็กเลือกตอบประโยคที่ถูกต้องที่สุด
- 13) ข้อความในแต่ละข้อที่จะเลือกตอบนั้นจะต้องมีความถูกต้องในตัวของมันเอง โดยเฉพาะ

9.9.2 เทคนิคการวัดและประเมินผลเด็กที่เกี่ยวกับการพัฒนาทักษะในขบวนการคิดในเชิงวิเคราะห์และขบวนการสืบสวนสอบสวน

จากประสบการณ์ของผู้แต่งเองพบว่า มีวิธีการที่เหมาะสมอยู่ 2 วิธี ได้แก่

9.9.2.1 การใช้ข้อเขียน การแต่งความให้เด็กตอบ ทั้งนี้เพื่อต้องการที่จะตรวจสอบความสามารถของเด็กในการอธิบาย, การเปรียบเทียบ, การหาข้อมูลมาอ้างอิง การหาเลือก

ข้อมูลที่สำคัญมาใช้ให้เหมาะสมกับสถานการณ์จากข้อเขียนของเด็กที่ตอบมาในลักษณะของ การเรียงความ จะช่วยให้ครูพิจารณาได้ว่าเด็กคนใดมีสติหรือศักยภาพในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำไปใช้ ในขบวนการสืบสวนสอบสวน, เพื่อเสนอข้ออ้างอิงที่จะนำไปตอบคำถามหรือเพื่อการแก้ปัญหา อย่างมีประสิทธิภาพ, มีลักษณะของจินตนาการและสอดคล้องกับหลักตรรกศาสตร์ได้คติน้อย เพียงใดความเรียงที่เด็กพรรณนาจะเป็นความพยายามในการถ่ายทอดความคิดมาทางภาษา เขียนที่บ่งบอกให้ทราบว่า การสอบโดยการแต่งความนั้นจะแตกต่างไปจากการสอบแบบปรนัยที่ ผู้ตอบอาจจะได้ตอบปัญหาในส่วนที่ถูกหรือผิดเพียงบางส่วนบางตอนเท่านั้น แต่ข้อสอบ แบบข้อเขียนนั้นจะเน้นในเรื่องความถูกต้องเป็นหลัก

ในการนำข้อสอบแบบแต่งความไปใช้นั้น ครูผู้สอนจะต้องระมัดระวังดังต่อไปนี้

1) จะต้องพิถีพิถันในการตั้งปัญหา โดยการกำหนดประเด็นสำคัญเท่านั้นอย่า ตั้งคำถามที่กว้างขวางหรือประเภททั่วไปมากนัก

2) ปัญหาแต่ละข้อควรมีความแน่นอนเด่นชัดว่าต้องการให้เด็กตอบอย่างไร

3) ควรบ่งขนาดความยาวของคำตอบ

4) ครูผู้สอนจะต้องระลึกและยึดมั่นอยู่เสมอว่า ในแต่ละปัญหาที่ถามเด็กนั้น ต้องการให้เด็กตอบมากน้อยเพียงใดจึงจะเหมาะสมกับเด็ก

5) ควรใช้ข้อสอบแบบเรียงความกับเด็กตั้งแต่ระดับประถมปีที่ 3 และความเรียง ที่เด็กควรตอบน่าจะเริ่มตั้งแต่ 2-3 บรรทัดขึ้นไป

9.9.2.2 การใช้วิธีการสังเกตเป็นเครื่องมือตรวจสอบ

ดังที่ผู้แต่งได้เคยย้ำไว้ในข้อ 9.7 แล้วว่า การสังเกตนั้นเป็นวิธีการที่สำคัญ เบื้องต้นของการเรียนรู้ และพร้อมที่จะนำไปใช้ในขบวนการต่างๆ ได้เป็นอย่างดี ในเรื่องการ วัตถุประสงค์และประเมินผลในพฤติกรรมของมนุษย์นั้นเราถือว่าวิธีการสังเกตเป็นมาตรการที่จำเป็นอย่างยิ่ง ที่จะนำมาใช้ในการตรวจสอบทักษะของเด็กที่เกี่ยวกับการรู้จักวิเคราะห์ในเชิงสืบสวนสอบสวน และเพื่อเป็นการกระตุ้นให้ผู้อ่านได้ตระหนักถึงความสำคัญในการพัฒนาให้เด็กมีทักษะในการ วิเคราะห์ใน ขบวนการสืบสวนสอบสวนนั้น ผู้แต่งขอเสนอแนะทักษะที่สำคัญๆ ที่จำเป็นจะต้อง ปลูกฝังให้แก่เด็ก 14 ประการดังต่อไปนี้

ประการที่ 1 : ทักษะในการสังเกต

- ประการที่ 2 : ทักษะในการจำแนกแจกแจง
- ประการที่ 3 : ทักษะในการชั่ง ตวง วัด
- ประการที่ 4 : ทักษะในการยอมรับถึงความสัมพันธ์ระหว่างอวกาศและเวลา
- ประการที่ 5 : ทักษะในการนับจำนวน
- ประการที่ 6 : ทักษะในการสื่อความหมาย
- ประการที่ 7 : ทักษะในการลงความคิดเห็น
- ประการที่ 8 : ทักษะในการพยากรณ์, คาดการณ์
- ประการที่ 9 : ทักษะในการตั้งสมมุติฐาน
- ประการที่ 10 : ทักษะในการให้คำจำกัดความเพื่อการปฏิบัติการ
- ประการที่ 11 : ทักษะในการควบคุมและการนำตัวแปรไปใช้
- ประการที่ 12 : ทักษะในการทดลอง
- ประการที่ 13 : ทักษะในการแปรความหมายของข้อมูล
- ประการที่ 14 : ทักษะในการสร้างรูปแบบเพื่อเป็นแบบอย่างในการปฏิบัติ (Lewis and Potter, 1970 : 16)

ทักษะทั้ง 14 ประการนี้เราถือว่าเป็นประเด็นสำคัญที่จะต้องปลูกฝังให้เกิดขึ้นในตัวเด็ก อันจะเป็นพื้นฐานในที่จะรู้จักการวิเคราะห์ในขบวนการสืบสวนสอบสวนได้เป็นอย่างดีครูอาจจะใช้วิธีการสังเกตเป็นมาตรการที่จะตรวจสอบดูว่าเด็กแต่ละคนมีทักษะในด้านใดบ้างการสังเกตของครูอาจจะกระทำได้ในโอกาสต่าง ๆ กัน เช่น

- 1) ในขณะที่เด็กแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่มทำกิจกรรมต่างๆ
- 2) ในเวลาที่เด็กตกปัญหา
- 3) ในเวลาที่เด็กทำงานอื่น ๆ
- 4) ในเวลาที่เด็กรายงาน
- 5) ในเวลาที่เด็กและครูกำลังวางแผนการปฏิบัติการระกักร่วมกัน

ตารางที่ 9.4 จะแสดงให้เห็นตัวอย่างเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลของครูโดยอาศัยการสังเกตเป็นแนวทางปฏิบัติกิจกรรมของเด็ก

การทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม	การทำกิจกรรมเป็นรายบุคคล
1. กลุ่มเด็กได้แสดงให้เห็นถึงความก้าวหน้าและพัฒนาในความสามารถที่จะกำหนดหรือบอกกล่าวในขบวนการสืบสวนสอบสวนหรือไม่	1. เด็กคนใดที่แสดงอาการกระตือรือร้นที่จะกำหนดหรือบอกกล่าวเกี่ยวกับขบวนการสืบสวนสอบสวนอย่างน้อยเพียงใด
2. กลุ่มของเด็กแสดงความต้องการหรือมีความเข้าใจที่จะลงมือทำการใดๆ เกี่ยวกับขบวนการสืบสวนสอบสวนหรือไม่	2. เด็กคนใดบ้างซึ่งแสดงอาการที่จะใช้ขบวนการสืบสวนสอบสวน
3. เด็กเหล่านั้นแสดงตนให้เห็นว่าพร้อมที่จะใช้ขบวนการสืบสวนสอบสวนหรือไม่	3. เด็กคนใดที่ประกาศตนเองว่าจะต้องใช้ขบวนการสืบสวนสอบสวน
4. กลุ่มเด็ก ๆ มีความกระตือรือร้นในการวางแผนเพื่อหาวิธีการสืบสวนสอบสวนอย่างน้อยเพียงใด	4. เด็กคนใดบ้างที่เสนอแนะวิธีการสืบสวนสอบสวนที่ได้ผลดีมีประสิทธิภาพมากที่สุด
5. เด็ก ๆ แสดงออกถึงความต้องการที่จะควบคุม ควบคุมการทดลองอย่างจริงจังหรือไม่	5. เด็กคนใดเสนอตนเองที่จะดูแลและควบคุมการทดลองบ้าง
6. เด็ก ๆ เสนอความเห็น, ความคิดริเริ่มที่จะทดลองบ้าง	6. เด็กคนใดที่มีความคิดที่จะทำการทดลอง
7. เด็ก ๆ ช่วยกันรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทดลองจากแหล่งค้นคว้าต่าง ๆ เช่น จากตำรา ครู-อาจารย์ และจากศูนย์-อุปกรณ์	7. เด็กคนใดบ้างที่อาสาจะเก็บข้อมูลจากแหล่งค้นคว้าบ้าง
8. เด็ก ๆ เสนอแนะว่า ควรจะได้มีการทดลองหลาย ๆ ครั้ง เพื่อที่จะได้ข้อสรุปที่แน่นอนมากขึ้น	8. มีเด็กคนใดบ้างที่ย้ำว่า ข้อสรุปนั้นควรจะได้จากข้อมูลของการทดลองที่ดำเนินการอย่างรอบคอบและรัดกุม
9. เด็ก ๆ ช่วยกันซักถามเพื่อให้ได้ผลลัพท์ที่เชื่อถือได้	9. เด็กคนใดซักถามว่า ผลสรุปนั้นเป็นสิ่งที่เชื่อถือได้

การทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม	การทำกิจกรรมเป็นรายบุคคล
10. เด็ก ๆ นำผลสรุปไปสอบถามจาก หน่วยงานที่มีหน้าที่ในการตรวจสอบบ้างหรือไม่	10. เด็กคนใดช่วยนำผลสรุปไปตรวจสอบกับ หน่วยงานที่มีความเชื่อถือได้บ้าง
11. เด็ก ๆ แสดงอาการพึงพอใจกับผลลัพท์ ที่ได้จากขบวนการสืบสวนสอบสวนบ้างหรือไม่	11. มีเด็กคนใดบ้างที่แสดงอาการยอมรับว่า ผลลัพท์ที่ได้มานั้นเป็นคำตอบที่ต้องการ
12. เด็ก ๆ พยายามใช้ศัพท์ใหม่ ๆ ใน ขบวนการสืบสวนสอบสวนบ้างหรือไม่	12. เด็กคนใดที่นำศัพท์ใหม่ๆ มาใช้บ้าง
13. ครูประเมินผลการทำกิจกรรมของเด็ก ๆ สูงกว่าที่คาดการณ์ไว้ก่อนการลงมือปฏิบัติจริง	13. มีเด็กหลายคนที่ครูประเมินผลการ ทำงานสูงกว่าที่เคยคาดการณ์ไว้ล่วงหน้า
14. เด็ก ๆ แสดงให้เห็นว่ามีความต้องการ ที่จะดำเนินการสืบสวนสอบสวนมากขึ้น	14. มีเด็กคนใดบ้างที่ยังดำเนินการเสาะหา ข้อมูลโดยอาศัยการสืบสวนสอบสวนอย่างอิสระ ต่อไปอีก

ตารางที่ 9.4 : การประเมินผลของครูจากการสังเกตการทำกิจกรรมของเด็ก

ในบางครั้งครูสอนอาจจะหาวิธีการต่าง ๆ ที่กระตุ้นให้เด็กมีความกระตือรือร้น, มีความสนใจที่จะทำการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองได้ด้วย การวัดและประเมินผล ด้วยตนเองนั้นเด็กอาจจะกระทำได้ทั้ง 2 วิธี วิธีแรกได้แก่การวัดและประเมินผลเฉพาะตัวเอง ส่วนวิธีที่ 2 นั้น เป็นการวัดและประเมินผลเป็นกลุ่มผู้แต่งมีประสบการณ์เกี่ยวกับเรื่องนี้โดย อาศัยการจัดกิจกรรมที่น่าสนใจพร้อมทั้งตั้งปัญหาให้เด็กช่วยกันจัดกิจกรรมทั้งภายในห้องเรียนและ ภายนอกห้องเรียนโดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจกรรมเหล่านั้นเป็นสิ่งที่เด็กจะได้พบเห็นเสมอ ๆ ประเด็น สำคัญอยู่ที่ครูจะต้องติดตามผลโดยการสอบถามอยู่ตลอดเวลา โดยวิธีการดังกล่าวจะทำให้เด็กมี ความตื่นตัว

อยู่เสมอว่า ตนเองจะต้องมีข้อมูลเพื่อที่จะได้ตอบข้อซักถามของครูและเพื่อน ๆ ได้ การที่ได้มีความรู้สึกอยู่เสมอว่าตนเองจะต้องแก้ปัญหาต่อการซักถามของครูและเพื่อนฝูงก็ดี หรือจะต้องคอยแก้ปัญหาให้แก่ตนเองก็ดี หรือจะต้องคอยแก้ปัญหาอยู่ตลอดเวลาที่ดีก็จะเป็นการปลุกฝังนิสัยให้เด็กรู้จักประเมินตนเองอยู่ตลอดเวลาว่าตนพร้อมที่จะตอบปัญหาและข้อซักถามได้ ซึ่งถือว่าเป็นการช่วยให้เด็กรู้จักการวัดและประเมินผลให้แก่ตัวเองอยู่ตลอดเวลา รายละเอียดในตารางที่ 9.5 จะเป็นตัวอย่างให้ผู้อ่านได้ใช้เป็นข้อมูลที่จะช่วยปลุกฝังให้เด็กรู้จักการวัดและประเมินผลด้วยตนเองซึ่งจะมีผลให้เด็กพยายามใช้การรู้จักคิดในเชิงวิเคราะห์และใช้ขบวนการสืบสวนสอบสวนมากขึ้น

กิจกรรมที่ทำร่วมกัน	กิจกรรมที่ทำเฉพาะบุคคล
1. พวกเราตอบปัญหาในขบวนการสืบสวนสอบสวนได้ดีเพียงใด	1. เธอคิดว่าสามารถตอบปัญหาได้ดีเพียงใด
2. พวกเราคิดว่าเราอาจจะทำอะไรได้ดีกว่าเดิมบ้าง	2. เธอคิดว่ามีส่วนใดบ้างที่สามารถทำได้ดีและส่วนใดที่คิดว่าทำไม่ได้ดีเท่าที่ควร
3. พวกเราคาดว่าจะสามารถปรับปรุงวิธีการสืบสวนสอบสวนได้หรือไม่	3. เธอคิดว่าได้มีส่วนช่วยให้กิจกรรมการสืบสวนสอบสวนมีผลดีขึ้นบ้างหรือไม่
4. พวกเราเคยคำนึงบ้างหรือไม่ว่าจะสามารถใช้วิธีการอื่น ๆ ที่มีผลดีกว่า	4. เธอคิดว่าเธอรีบร้อนเกินไปในการทำกิจกรรมจนกระทั่งมิได้คิดว่าจะมีวิธีการอื่นที่ดีกว่า
5. พวกเธอคิดว่าได้ใช้วิธีการต่างๆ เพื่อหาผลลัพธ์พร้อมกันหรือไม่	5. เธอคิดว่าการใช้วิธีการต่าง ๆ พร้อมกันเพื่อหาผลสรุปนั้นเป็นวิธีการที่ดีที่สุด
6. เธอคิดว่าได้ใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์อะไรบ้างที่ช่วยสร้างเสริมให้มีประสบการณ์มากขึ้น	6. เธอคิดว่าวิธีการทางวิทยาศาสตร์อะไรบ้างที่ช่วยสร้างเสริมให้มีประสบการณ์มากขึ้น
7. พวกเราเตรียมแผนการทำงานร่วมกันมากน้อยเพียงใด และมีแผนการใดบ้างที่เรานำมาจากที่อื่นมาใช้	7. เธอมีส่วนร่วมในส่วนใดของแผนการที่นำมาใช้บ้างและเป็นแผนการที่เคยใช้มาก่อนแล้ว

กิจกรรมที่ทำร่วมกัน	กิจกรรมที่ทำเฉพาะบุคคล
8. พวกเรานำสิ่งที่เราเคยเรียนรู้มาใช้บ้างหรือไม่ถ้าเคยนำมาใช้มันช่วยให้เกิดการค้นคว้าเพิ่มเติมอีกหรือไม่	8. เธอเคยนำสิ่งที่ได้เรียนรู้มาใช้ให้เกิดประโยชน์เพียงใด มีเรื่องใดบ้างที่นำมาใช้แล้ว แต่ไม่มีผลต่อการค้นคว้าเพิ่มขึ้นเลย
9. พวกเราเคยใช้สิ่งใด, บุคคลใดบ้างเป็นเครื่องยืนยันหรืออ้างอิงในการหาข้อสรุป	9. เธอเคยขอความช่วยเหลือจากผู้อื่นหรือใช้สิ่งใดเพื่อหาข้อสรุปบ้าง
10. พวกเธอใช้เวลาามากพอที่จะทำการทดลองจนได้ข้อมูลที่ถูกต้อง	10. เธอทำการทดลองด้วยตนเองหรือไม่ถ้าทำการทดลองด้วยตนเองแล้ว เธอก็ว่าผลลัพธ์ที่ได้มานั้นเธอใช้เวลาอย่างเพียงพอจนได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง
11. พวกเธอคิดว่า ผลลัพธ์ที่ได้มานั้นมีความถูกต้องอย่างน่าภาคภูมิใจ	11. เธอได้รับผลลัพธ์อะไรบ้างและคิดว่าเป็นผลลัพธ์ที่ถูกต้องแล้ว
12. พวกเธอมีการตรวจสอบผลลัพธ์เหล่านั้นอย่างไรบ้าง	12. เธอคิดว่าผลลัพธ์ที่ได้มานั้นสามารถนำไปใช้อ้างอิงได้
13. พวกเธอได้เรียนรู้คำศัพท์ใหม่ ๆ เพิ่มขึ้นบ้างหรือไม่	13. เธอเรียนรู้คำศัพท์ใหม่ ๆ และสามารถนำไปใช้ได้
14. พวกเธอมีวิธีการใหม่ ๆ ที่แตกต่างไปจากวิธีการเก่า ๆ ที่เคยใช้มาแล้วบ้างหรือไม่	14. เธอคิดว่าการศึกษาค้นคว้าของเธอนั้นมีวิธีการฝึกฝนแตกต่างไปจากวิธีการดั้งเดิมบ้าง
15. พวกเธอคิดว่า มีวิธีการใหม่ ๆ อะไรบ้างที่เป็นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ยิ่งขึ้น	15. เธอคิดว่าได้นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์อะไรบ้างที่ช่วยให้ขบวนการสืบสวนสอบสวนได้ผลดียิ่งขึ้น

ตาราง 9.5 : ตัวอย่างการปลูกฝังให้เด็กรู้จักการประเมินผลด้วยตนเอง

ผู้แต่งคิดว่า การใช้คำถามเป็นเครื่องกระตุ้นให้เด็กเกิดความคิดที่จะวัดและประเมินผลด้วยตนเองนั้นเป็นเรื่องที่มีความสำคัญต่อการปลูกฝังนิสัยให้เด็กรู้จักที่จะคิด, คาคคะเน และวิเคราะห์อย่างมีเหตุผลว่าตนเองมีความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์ ตลอดจนทักษะ มากน้อยเพียงใด และสิ่งเหล่านั้นที่ตนเองได้รับเข้าไว้จะเป็นที่พึงพอใจแก่ตนเองหรือไม่ เพราะ ฉะนั้นการใช้คำถามของครูแต่ละครั้งจึงเป็นเครื่องมือที่ครูจะต้องพยายามถ่มถ่มถ่มว่าจะสามารถกระตุ้นเตือนให้เด็กได้ตระหนักในเรื่องดังกล่าวหรือไม่ และในทำนองเดียวกันการตอบปัญหาของครูต่อ เด็กก็มีความหมายเช่นกัน เพราะคำถามของเด็กที่สอบถามครูนั้นย่อมมีสิ่งที่จะช่วยให้ครูทราบว่า เด็กต้องการที่จะรู้อะไร จะแก้ปัญหาหรือแก้ข้อสงสัยได้อย่างไร หากครูจะใช้วิธีการตอบแบบกระตุ้น หรือตั้งคำถามในเชิงให้เด็กคิดหาคำตอบด้วยตนเอง หรือช่วยให้เด็กสามารถลงมือปฏิบัติกิจกรรมใดๆ อย่างจริงจังและจริงใจแล้ว จะช่วยทำให้เด็กเกิดการเรียนรู้และมีความเข้าใจว่าตนเองนั้นสามารถวัดและประเมินผลด้วยตนเองได้ดีเพียงใด

9.9.2 เทคนิคการวัดและประเมินผลเกี่ยวกับเจตคติที่พึงประสงค์ของเด็ก

คำว่า เจตคติ หรือทัศนคติ ทางวิทยาศาสตร์นั้น ผู้อ่านคงจะได้ศึกษารายละเอียดมาแล้วในบทที่ 2 ข้อ 2.10 ว่ามีความหมายอย่างไร และมีพฤติกรรมหรือองค์ประกอบสำคัญ อะไรบ้าง ผู้แต่งคิดว่าถ้าครูจะคอยสังเกตดูพฤติกรรมของเด็กอย่างใกล้ชิด และติดต่อกันในระยะ เวลาอันสมควรนั้น ย่อมจะช่วยให้ครูสามารถวิเคราะห์ได้ว่า เด็กแต่ละคนในชั้นเรียนนั้น เด็ก คนใดมีทัศนคติในเชิงวิทยาศาสตร์มากน้อยเพียงใด ตาราง 9.6 จะเป็นรายการตัวอย่างที่ผู้แต่ง เสนอแนะให้ครูผู้สอนและผู้อ่านได้ใช้เป็นเครื่องมือเพื่อตรวจสอบพฤติกรรมของเด็กจากพฤติกรรม ต่าง ๆ ที่เด็กได้แสดงออกมานั้นจะบ่งบอกให้ทราบว่า เด็กแต่ละคนมีเจตคติหรือทัศนคติในเชิง วิทยาศาสตร์ที่พึงประสงค์มากน้อยเพียงใดและครูควรจะหาทางแก้ไขหรือปรับปรุงอย่างไรอีกด้วย

พฤติกรรมที่เด็กแสดง	วันและเวลา
<u>อาการสนใจ, ขอบหรือพึงพอใจ</u> อ่านหนังสือวิทยาศาสตร์ อ่านวารสารวิทยาศาสตร์ อ่านบทความวิทยาศาสตร์จากหนังสือพิมพ์	

พฤติกรรมที่เด็กแสดง	วันและเวลา
<p>อ่านชีวประวัตินักวิทยาศาสตร์ อ่านหนังสือเกี่ยวกับการประดิษฐ์-คิดค้นใหม่ ๆ อ่านนวนิยายวิทยาศาสตร์ สะสมสิ่งของต่าง ๆ เล่นเกมต่าง ๆ สะสมของเล่นในเชิงวิทยาศาสตร์ ชอบดูหนัง, ทีวีที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เสาะหาเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ไปร่วม, ไปเที่ยวงานแสดงทางวิทยาศาสตร์, อวกาศ, เกษตร, พลังงาน, เทคโนโลยี ฯลฯ ไปชมพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์, สวนสัตว์, หอดูดาว, โรงงานต่าง ๆ</p>	
<p><u>ลงมือทำ :</u></p> <p>มีงานอดิเรกเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ วางแผนทดลอง ริเริ่มทำการทดลอง ลงมือทำการทดลอง เสนอแผนการที่จะทำการสืบสวนสอบสวน สร้างเครื่องมือวิทยาศาสตร์ ออกแบบสร้างโมเดล; แผนภาพทางวิทยาศาสตร์ พยายามประดิษฐ์สิ่งใหม่ตามแนวความคิดของตนเอง เข้าไปร่วมในงานแสดงทางวิทยาศาสตร์ เลือกใช้คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง</p>	

พฤติกรรมที่เด็กแสดง	วันและเวลา
<p>พยายามพยากรณ์, คาดคะเนว่าจะมีสิ่งใดเกิดขึ้นโดยอาศัยจากข้อมูลจากสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปแล้ว</p> <p>ใช้การสังเกตสิ่งรอบตัวอยู่ตลอดเวลา</p> <p>กำหนดทฤษฎีด้วยตนเอง</p> <p>พยายามศึกษาค้นคว้า, วิจัยด้วยตนเอง</p> <p>ไม่ค่อยที่จะสรุปความจนเกินไป</p> <p>พยายามเสาะหาข้อพิสูจน์</p> <p>มีความเข้าใจและรู้จักการใช้การควบคุม</p> <p>พูดคุยเกี่ยวกับเหตุการณ์, สิ่งต่าง ๆ ในเชิงวิทยาศาสตร์</p> <p>ชอบรายงานผลความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์อยู่เสมอ</p> <p>รู้จักการตั้งคำถามอย่างเหมาะสม</p> <p>สามารถแยกข้อแตกต่างระหว่างความจริงกับสิ่งที่จินตนาการได้</p> <p>มีความอดุสสาหะ, มานะ และพยายามที่จะใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์อยู่ตลอดเวลา</p> <p>นำความรู้, ความเข้าใจไปใช้ให้สอดคล้องกับสถานการณ์ใหม่ ๆ อยู่เสมอ</p> <p>สามารถมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งของ, เหตุการณ์, ปรากฏการณ์ตามธรรมชาติได้</p> <p>มีความเชื่อและลงมือปฏิบัติ :</p> <p>โดยวิธีการหรือขบวนการทางวิทยาศาสตร์</p> <p>ให้เหตุ-ผล</p> <p>โดยการใช้ข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ</p>	

พฤติกรรมที่เด็กแสดง	วันและเวลา
<p>โดยการพยายามกระทำ, ทดลองหลาย ๆ ครั้ง ด้วยการใช้คำถามอยู่เสมอ ด้วยการตรวจสอบผลที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา ด้วยการอ้างอิงจากเอกสาร, บุคคล, เหตุการณ์ ฯลฯ ไม่ยอมเชื่อในอำนาจเหนือธรรมชาติ</p> <p>มีความจริงใจและลงมือกระทำ</p> <p>เปลี่ยนแปลงความคิดเห็นของตนเองในเมื่อทราบว่าความ คิดเห็นของผู้อื่นมีเหตุผลดีกว่า ยอมรับความผิดที่บังเกิดขึ้น และพร้อมที่จะปฏิบัติ เสียใหม่ให้ถูกต้อง ยอมรับในสิ่งที่ตนเองและผู้อื่นไม่ทราบมาก่อน ยกย่อง, ให้เกียรติแก่ผู้อื่น ยอมรับในความผิดพลาดที่จะพึงบังเกิดขึ้น ยอมรับว่าคนเราทุกคนย่อมกระทำผิดพลาดได้ รู้จักวิเคราะห์และประเมินผลด้วยตนเอง เสนอแนะแนวความคิดอยู่เสมอ ยอมรับในความรับผิดชอบของตนเองและผู้อื่น มีความเชื่อถือนในขบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีความเชื่อในความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ที่ จะพึงเกิดขึ้นในอนาคต</p>	

ตารางที่ 9.6 : พฤติกรรมที่ชี้ให้เห็นว่าเด็กจะมีเจตคติ- ทักษะที่ดีที่พึงประสงค์

รายการต่าง ๆ ที่นำมาแสดงไว้ในตาราง 9.6 นั้น ต้องการที่จะให้ผู้อ่านได้ใช้เป็นข้อมูลเพื่อ :-

- 1) สํารวจตรวจสอบพฤติกรรมของเด็ก และ
- 2) วิเคราะห์ว่าพฤติกรรมเหล่านั้นมีข้อดีและข้อเสียประการใดบ้าง และครูควรจะเสนอแนะให้เด็กแก้ไขอย่างไร

โดยข้อเท็จจริงแล้ว เราต้องยอมรับว่าเราไม่อาจจะสังเกตพฤติกรรมของเด็กได้หมดสิ้นทุกอย่าง หรือทำการสังเกตได้ตลอดเวลา แต่เราจะต้องคอยพิจารณาว่าพฤติกรรมของเด็กมีการพัฒนาหรือถดถอยมากน้อยเพียงใด เพราะฉะนั้นการสังเกตจึงเป็นมาตรการอย่างหนึ่งที่จะใช้เป็นการอุปกรณเพื่อตรวจสอบพฤติกรรมที่พึงประสงค์ในบางสิ่งบางอย่างเท่านั้นเอง ผู้แต่งคิดว่าในการที่จะใช้สังเกตเป็นเครื่องมือในการวัดและประเมินผลให้บังเกิดผลดีนั้น ครูผู้สอนควรทำการสังเกตและมีการจดบันทึกไว้อย่างน้อย 4 ครั้ง ใน 1 รอบของปีการศึกษา หรือในทุกระยะเวลาที่จะต้องรายงานผลการศึกษาให้แก่โรงเรียนและผู้ปกครอง ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตนั้น นอกจากจะช่วยให้ครูนำมาวิเคราะห์ว่า เด็กมีทัศนคติที่พึงประสงค์อย่างไรแล้ว ยังจะเป็นเครื่องมือที่ชี้ให้เห็นว่าการสอนของครูมีประสิทธิภาพเพียงใดอีกด้วย

ผู้แต่งคิดว่าในฐานะที่เป็นครูผู้สอนนั้น เราควรจะต้องตระหนักถึงสิ่งสำคัญอีก 2 ประการที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผล เพราะเป็นสิ่งที่มีความสัมพันธ์และความสำคัญต่อขบวนการเรียนการสอนเป็นอย่างมาก องค์ประกอบที่สำคัญเหล่านั้นได้แก่ :

ประการแรก : เครื่องมือในการวัดและประเมินผล

เป็นอุปกรณชิ้นสำคัญที่ครูจะต้องพิจารณาก่อนนำมาใช้ เครื่องมือที่พวกเรามักจะใช้กันอยู่เสมอนั้นได้แก่ข้อทดสอบในรูปแบบต่าง ๆ ข้อสอบแต่ละแบบย่อมมีข้อจำกัดอยู่ในตัวของมันเอง แต่ผู้แต่งคิดว่า ข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้จะช่วยเพิ่มพูนประสิทธิภาพให้กับข้อทดสอบเหล่านั้นได้เป็นอย่างดี

- (1) จะต้องมีการกำหนดรูปแบบ, การวางแผน ที่จะใช้ในการทดสอบและวัดผล เพื่อให้ครอบคลุมวัตถุประสงค์ในการเรียนการสอน โดยไม่เน้นเฉพาะเนื้อหาสาระที่เด็กควรเรียนรู้เท่านั้น
- (2) ควรใช้คะแนนที่เด็กทำได้จากข้อทดสอบเป็นเครื่องมือเพื่อพิจารณาความเจริญ

หรือพัฒนาเพียงประการหนึ่งเท่านั้น

- (3) ครูจะต้องถือว่าการทดสอบและประเมินผลเป็นขบวนการหรือเครื่องมือในการเรียนการสอนประการหนึ่ง
 - (4) ผลของการวัดและประเมินผลจะเป็นเครื่องชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการสอนของครู และประสิทธิผลของการเรียนรู้ของเด็ก
 - (5) การใช้ข้อทดสอบแต่ละครั้ง ควรจะได้มีการกำหนดว่าจะใช้วัดและทดสอบเรื่องราวใด ๆ บ้าง สิ่งที่จะต้องวัดและประเมินผลอยู่ตลอดเวลา น่าจะ ได้แก่ การระลึกได้เกี่ยวกับความจำในสิ่งที่ได้เรียนไปแล้ว, การนำข้อมูลไปใช้ได้กับเหตุการณ์ใหม่ ๆ, สามารถแก้ปัญหาได้ หากความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทั้งเก่าและใหม่ได้, สามารถวิเคราะห์ข้อเท็จจริง ตลอดจนหาข้อสรุปและสามารถตัดสินใจได้
 - (6) การออกข้อทดสอบแต่ละข้อควรใช้ภาษาเรียบง่าย, ชัดเจน และกระชับรัดข้อทดสอบแต่ละครั้งควรใช้คำถามในรูปแบบต่าง ๆ กันด้วย
- (Blough and Schwartz, 1969, 69-70)

ประการที่ 2 : การวัดและประเมินผลบทเรียน

ผู้แต่งคิดว่า การประเมินผลบทเรียนที่นำไปสอนเด็กนั้นมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับครู เพราะในบทเรียนแต่ละบทแต่ละตอนนั้นจะถูกกำหนดไว้ในหลักสูตรที่สร้างขึ้นมา โดยสอดคล้องหลักเกณฑ์, ทฤษฎีการเรียนการสอน, การคัดเลือกและพิจารณาสื่อ, วัสดุการสอน ตลอดจนเลือกเฟ้นในทุกสิ่งทุกอย่างที่จะเป็นผลดีต่อการฝึกอบรมเด็ก ผู้อ่านจะต้องระลึกอยู่เสมอว่าเป้าหมายที่สำคัญยิ่งของบทเรียนทุกบทที่กำหนดขึ้นมานั้นคือการฝึกอบรม, สั่งสอนให้เด็กที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์เป็นคนดี มีความรู้ มีความสามารถ มีทักษะ, มีประสบการณ์ ประกอบด้วยคุณธรรมอื่น ๆ ที่จะออกไปดำเนินชีวิตได้อย่างดี มีความสุขนั่นเอง ดังนั้นในการประเมินผลบทเรียนนั้นผู้แต่งใคร่เสนอแนะปัจจัยหรือองค์ประกอบที่ควรแก่การพิจารณาดังต่อไปนี้ :-

- (1) บทเรียนควรจะเป็นเครื่องมือที่ชี้ให้เห็นว่า พฤติกรรมของเด็กที่แสดงออกมาภายหลังที่ได้เล่าเรียนไปแล้วนั้นได้บรรลุวัตถุประสงค์ตามที่กำหนดไว้ ถ้าครูสามารถให้คำตอบ

หรือสามารถชี้ให้เห็นได้ย่อมแสดงว่าบทเรียนเหล่านั้นเป็นบทเรียนที่มีคุณค่าอย่างน่าพึงพอใจ
สิ่งที่ครูได้พยายามกระทำรวมทั้งกิจกรรมที่เด็กได้ปฏิบัติไปแล้วย่อมมีคุณค่า ไม่ทำให้สูญเสียไป
อย่างน่าเสียดาย

(2) บทเรียนที่นำมาสอนจะต้องเป็นตัวกระตุ้นให้เด็กมีความสนใจ ถ้าพบว่ามี
เด็กเป็นจำนวนมากแสดงอาการเบื่อหน่ายไม่มีความตั้งใจที่จะศึกษาเล่าเรียน ครูจะต้องวิเคราะห์
ว่าเนื้อหาสาระที่นำมาสอนก็ดี, วิธีการสอนของครูก็ดี หรือสาเหตุอื่นเนื่องมาจากต้นเหตุอื่น ๆ
นั้นควรจะได้พิจารณาจากผลของการวัดและประเมินผล

(3) บทเรียนทั้งหลายช่วยทำให้เด็กมีส่วนร่วมเข้ามาร่วมกิจกรรมอย่างมีประสิทธิภาพ
หรือไม่ สิ่งเหล่านี้อาจจะสังเกตได้จากพฤติกรรมต่าง ๆ ที่เด็กแสดงออก เช่น การซักถามปัญหา
การเสนอแนะข้อมูลต่าง ๆ, การแสดงความสนใจอย่างจริงจัง และการช่วยเหลือในภาระกิจต่าง ๆ
ดังนี้ เป็นต้น

(4) บทเรียนแต่ละบทสนองความต้องการของเด็กแต่ละคนมากน้อยเพียงใด โดย
เหตุที่บทเรียนซึ่งสร้างขึ้นมานั้นอาจจะสนองความต้องการของเด็กมีสติปัญญาที่แตกต่างกัน ครู
ควรจะต้องระมัดระวังในการนำบทเรียนไปใช้ให้บังเกิดผลดีด้วย

(5) ถ้าหากว่า บทเรียนที่นำไปใช้นั้นมีการวางแผนที่รอบคอบและรัดกุม
สอดคล้องกับความต้องการของผู้เรียนแล้ว ย่อมจะเป็นเครื่องมือให้เด็กรู้จักคิด และศึกษาค้นคว้า
อยู่เสมอ

(6) บทเรียนที่ดีย่อมช่วยให้การเรียนของเด็กและการสอนของครูมีบรรยากาศที่
ราบรื่น น่าเรียนและน่าสอนยิ่งขึ้น

(7) การเปิดโอกาสให้เด็กมีส่วนร่วมในการกำหนดแผนการเรียนตามบทเรียนที่
ได้กำหนดไว้ ย่อมจะช่วยให้เด็กมีโอกาสพัฒนาในการวางแผนอย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย

(8) บทเรียนที่ดีย่อมจะเป็นสื่อประสานระหว่างครูและเด็กให้ร่วมกันทำกิจกรรม
ให้บรรลุผลได้เป็นอย่างดี การเปิดโอกาสให้เด็กได้ปฏิบัติในสิ่งที่ตนต้องการนั้น

(9) สื่อการเรียนการสอนในแต่ละบทเรียนนั้นควรจะได้จัดให้สอดคล้องกับความสามารถ
ของเด็กแต่ละห้องเรียนด้วย เรามักจะพบว่าสื่อการเรียนที่ไม่มีการเตรียมการให้เหมาะสมนั้น
มักจะเป็นต้นเหตุให้เด็กไม่มีความสนใจ และยากต่อการที่จะกระตุ้นเด็กให้เด็กเกิดความอยาก

ที่จะเรียนรู้

(10) บทเรียนที่ดีย่อมจะช่วยให้เด็กมีประสบการณ์ตรง (first-hand experience) ซึ่งจะช่วยให้เด็กมีการพัฒนาการในเรื่องคอนเซปมากขึ้น

(11) บทเรียนที่นำมาใช้ควรจัดให้สอดคล้องกับแหล่งทรัพยากรต่างๆ ที่มีอยู่ในท้องถิ่น

(12) บทเรียนที่ดีและมีคุณค่าจะสะท้อนให้เห็นถึงการพัฒนา, การเจริญงอกงามอย่างกว้างขวาง และลึกซึ้งของโปรแกรมการเรียนการสอน อันจะทำให้เห็นสมรรถภาพการสอนของครู, ความสามารถในการเรียนรู้, การสร้างความเข้าใจและการปลูกฝังทัศนคติให้แก่เด็ก

9.10 บทสรุป

9.10.1 ครูเป็นบุคคลสำคัญที่สุดที่จะต้องทำการวัดและประเมินผลชบวนการเรียนการสอนเพื่อสำรวจตรวจสอบว่า กิจกรรมต่าง ๆ ที่ดำเนินการไปนั้นมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากน้อยเพียงใด

9.10.2 การประเมินผล เป็นมาตรการที่ต้องการจะหาคุณค่า คุณภาพ และคุณประโยชน์ของวัตถุ สิ่งของและชบวนการหรือภาระกิจต่าง ๆ ว่ามีมากน้อยเพียงใด โดยอาศัยการจำแนกแจกแจง, การสืบเสาะหาข้อมูลที่เชื่อถือได้มาวิเคราะห์แล้วนำไปใช้เพื่อตัดสินใจ

9.10.3 มีเหตุผลมากมายหลายประการที่จะยืนยันว่า ทำไมจึงต้องการวัดและประเมินผล ทั้งนี้เพื่อต้องการที่จะทราบว่

ก. การเรียนรู้ของเด็กมีประสิทธิภาพ

ข. การสอนของครูมีประสิทธิภาพ

ค. เป็นการกระตุ้น ยั่วยุให้เด็กเกิดความอยากรที่จะเรียนรู้ ร่วมทำกิจกรรมต่างๆ

ง. ในชบวนการเรียนการสอนมีอุปสรรค, ปัญหาอย่างไร และการแก้ไข, ปรับปรุง, พัฒนานั้นจะทำได้โดยวิธีใดบ้าง

จ. ต้องการรายงานผลให้สังคมได้ทราบเพื่อหาทางร่วมมือกันให้บังเกิดผลดีต่อไป

- ฉ. เพื่อประโยชน์ในการแนะแนวให้เด็ก ถ้าเป็นการเรียน, การประกอบอาชีพ ให้สอดคล้องกับความต้องการของคนและสังคม
- ช. เพื่อใช้เป็นข้อมูลให้นักวางแผน, นักพัฒนาหลักสูตร, ผู้บริหารทางการศึกษานำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

9.10.4 วัตถุประสงค์ของการวัดและประเมินผลนั้นต้องการที่จะใช้เป็นเครื่องมือกระตุ้นให้เด็กทราบ ผลการเรียนของตนเป็นอย่างไร, ช่วยทำให้ครูผู้สอนสำรวจตรวจสอบผลการสอนของตนว่ามีคุณภาพมากน้อยเพียงใด และที่สำคัญที่สุดจะใช้เป็นข้อมูลย้อนกลับให้เด็กได้ทราบว่า ตัวเด็กเองควรจะศึกษาค้นคว้าในวิชาใดจึงจะสอดคล้องกับความต้องการที่เด็กจะได้นำไปดำรงชีพตลอดไป

9.10.5 วิธีการใช้ข้อทดสอบที่ดี จะต้องมีคุณลักษณะดังนี้ :-

- ก. สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
- ข. สอดคล้องกับระบบการบริหาร
- ค. เป็นข้อสอบที่สามารถวัด, ตรวจสอบและแปลความหมายได้ดี
- ง. ข้อสอบนั้นจะต้องผ่านการกลั่นกรองตามวิธีการที่เหมาะสม
- จ. จะต้องใช้เทคนิคและวิธีการในรูปแบบต่าง ๆ
- ฉ. เป็นการทดสอบแบบต่อเนื่อง

9.10.6 จุดมุ่งหมายหรือหัวใจสำคัญของการวัดและประเมินผลนั้น เพื่อต้องการที่จะทราบว่า

- ก. เด็กมีความเจริญงอกงามในด้านพุทธิพิสัยอันได้แก่ การพัฒนาการในด้านสติปัญญา เช่น ความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินผลมากน้อยเพียงใด
- ข. ในด้านจริยพิสัยนั้นเด็กมีความสนใจ ความพึงพอใจ อารมณ์ ทัศนคติ การมองเห็นในคุณค่า, ค่านิยม และคุณธรรมเพียงใด
- ค. ในด้านทักษะพิสัยนั้น เด็กมีการพัฒนาในทางด้านใด และมีคุณภาพเพียงพอกว่าที่พึงประสงค์หรือไม่

9.10.7 ในทางปฏิบัติเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลนั้นจะนิยมใช้วิธีการอิงกลุ่ม

และวิธีการอิงเกณฑ์ เป็นหลักปฏิบัติ การวัดและประเมินผลโดยการอิงกลุ่มนั้น จะยึดระบบการให้เกรดการใช้ทดสอบมาตรฐานเป็นเครื่องมือบ่งบอกความสามารถของเด็กแต่ละคน การวัดและประเมินผลโดยการอิงเกณฑ์นั้นจะเน้นหรือตรวจสอบพฤติกรรมต่างๆ ของเด็กที่แสดงออกตามความสามารถ, ความสนใจที่สอดคล้องกับความเจริญงอกงามและการพัฒนาการในด้านต่าง ๆ ของตัวเด็กเอง

9.10.8 มีข้อเสนอแนะน่านับการที่จะช่วยให้ขบวนการวัดและประเมินผลมีประสิทธิภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งวิธีการสังเกตพฤติกรรมของเด็กนั้นจะเป็นมาตรการที่เหมาะสมกับเด็กในระดับประถมศึกษา

9.10.9 ข้อมูลป้อนกลับ นับว่าเป็นสิ่งสำคัญประการหนึ่งของขบวนการวัดและประเมินผลถ้าหากว่าข้อมูลป้อนกลับเหล่านั้นได้มาโดยตรงจากเด็กนักเรียนจริง จะช่วยให้การปรับปรุง, การพัฒนา, การวัดและประเมินผลมีทั้งประสิทธิภาพและประสิทธิผลยิ่งขึ้น

9.10.10 แม้ว่าจะมีการพัฒนาขบวนการวัดผลและประเมินผลโดยอาศัยเทคนิควิธีการมากมายหลายประการก็ตาม ประเด็นสำคัญที่ผู้สอนจะต้องระลึกร่วมอยู่ 3 ประการ คือ

ก. วิธีการที่ทราบว่าเด็กแต่ละคนมีความรู้ ความเข้าใจในเนื้อหาสาระและคอนเซปต์ที่สำคัญทางวิทยาศาสตร์

ข. เพื่อฝึกฝนอบรมให้เด็กมีทักษะในการคิดในเชิงวิเคราะห์และขบวนการสืบสวนสอบสวน

ค. เพื่อพัฒนาการในตัวเด็กเกี่ยวกับทัศนคติที่พึงประสงค์อันจะมีผลกระทบต่อ การดำเนินชีวิตทั้งในปัจจุบันและอนาคต

9.10.11 วิธีพิจารณาเลือกเครื่องมือเพื่อนำไปใช้ในการวัดและประเมินผลนั้นเป็นเรื่องที่มีความสำคัญ ผู้ทำการวัดและตรวจสอบจะต้องใช้ความระมัดระวังและพิถีพิถันอย่างยิ่ง

9.10.12 สิ่งสำคัญอย่างยิ่งที่ครูผู้สอนจะต้องตระหนักอยู่เสมอ คือการวัด และประเมินผลบทเรียนและโปรแกรมทางวิทยาศาสตร์

คำถามท้ายบท

1. การวัดและประเมินผลมีความหมายและความจำเป็นอย่างไรต่อขบวนการเรียนการสอน
2. จงให้เหตุผลว่า การวัดและประเมินผลมีความสำคัญอย่างไร
3. ถ้าท่านจะดำเนินการวัดและประเมินผลในการเรียนการสอนในระดับประถมศึกษาท่านจะเตรียมการอย่างไร
4. จงบอกความแตกต่างระหว่างวัตถุประสงค์ และจุดมุ่งหมายของการวัดและประเมินผลพร้อมทั้งแสดงองค์ประกอบเพื่ออธิบายความเข้าใจด้วย
5. วิธีการสร้างเครื่องมือ - หรือการออกข้อสอบในการวัดและประเมินผลควรเป็นอย่างไร
6. วิธีการให้ข้อทดสอบให้เหมาะสมนั้นควรดำเนินการอย่างไร
7. จงอธิบายให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่าง คุณลักษณะของพุทธิพิสัย การกำหนดวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน และพฤติกรรมที่เด็กพึงแสดงออก
8. ท่านคิดว่าวิธีการวัดผลโดยอาศัยการอิงเกณฑ์และอิงกลุ่มนั้น วิธีการใดจะมีคุณประโยชน์มากกว่ากัน
9. จงอธิบายถึงความสำคัญของข้อมูลป้อนกลับที่จะมีผลต่อขบวนการวัดและประเมินผล
10. การสังเกตุมิผลสำคัญอย่างไรต่อขบวนการวัดและประเมินผลในระดับประถมศึกษา
11. ท่านคิดว่าในการวัดและประเมินผลเด็กเกี่ยวกับความเจริญงอกงามทางค่านพุทธิพิสัย จริยพิสัย และทักษะพิสัยนั้น การวัดและตรวจสอบค่านใดที่จะสะดวกที่สุดพร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ
12. การประเมินผลบทเรียนหรือโปรแกรมการเรียนการสอนมีความสำคัญอย่างไรบ้าง

บทที่ 10 การจัดห้องเรียน

การจัดห้องเรียน

สาระสำคัญ

เนื้อหาสาระสำคัญของบทนี้ต้องการให้ผู้อ่านสังเกตเห็นถึงความจำเป็นในการจัดบรรยากาศของห้องเรียนให้เหมาะสมต่อการเรียนรู้ของเด็กให้มากที่สุด จุดเน้นที่จะต้องเร่งดำเนินการได้แก่ การจัดการปรับปรุงสภาพต่าง ๆ ของห้องเรียน ห้องปฏิบัติการทั้งภายในภายนอกโรงเรียนให้เกิดประโยชน์ รวมทั้งความสะอาดและความปลอดภัยประการทั้งปวง

วัตถุประสงค์ที่คาดหวัง

เมื่อนักศึกษาได้ศึกษาค้นคว้าเนื้อหาสาระในบทเรียนบทนี้แล้วจะสามารถตอบ
ปัญหาดังต่อไปนี้ได้

1. การจัดห้องเรียนมีความสำคัญอย่างไร
2. ควรจัดห้องเรียนแบบใดบ้างจึงจะมีบรรยากาศที่ดีต่อกระบวนการเรียน
การสอน
3. มิติต่าง ๆ ของการใช้สภาพสิ่งแวดล้อม เพื่อนำมาสอนวิชาวิทยาศาสตร์
หรือกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตนั้นประกอบด้วยอะไรบ้าง
4. ครูควรจะจัดหาวัสดุ - อุปกรณ์ - เครื่องมือ อย่างไร จึงจะให้บริการ
ต่อกระบวนการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสม
5. วิธีการป้องกันอุบัติเหตุภายในห้องเรียนและภายนอกสถานศึกษา
6. ครูควรแนะนำให้เด็กรู้จักใช้ บำรุง รักษาเครื่องมือต่าง ๆ อย่างไร จึงจะ
เกิดประโยชน์สูงสุด

บทที่ 10

การจัดห้องเรียน

(Class-room Management)

ผู้อ่านคงจะพอทราบมาจากบทเรียนในตอนต้น ๆ แล้วว่า เพราะเหตุใดจึงต้องมีการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ หรือกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตโดยไม่เพียงแต่ต้องการจะเน้นให้เด็กมีแต่ความรู้เท่านั้น แต่ทว่ายังต้องการให้เด็กเกิดความเข้าใจในประโยชน์สูงสุดที่เด็กจะพึงได้รับจากการเรียนอีกด้วย เนื้อหาสาระสำคัญของบทนี้ มีวัตถุประสงค์ที่จะสร้างบรรยากาศในห้องเรียนเกี่ยวกับการปฏิบัติเพื่อการเรียนรู้ มากกว่าการสอน ทั้งนี้เพราะเหตุผลที่ว่า "ความสามารถในเชิงปฏิบัตินั้นจะเกิดขึ้นจากการผสมผสานระหว่างการนำความรู้ที่มีอยู่เอาออกมาใช้กับการใช้ทักษะที่เหมาะสม" นั่นเอง

10.1 ความสำคัญของห้องเรียน

เป็นที่ยอมรับกันมาจนเป็นธรรมเนียมว่าห้องเรียนนั้น หมายถึง สถานที่ที่จัดขึ้นมาเพื่อให้มีการเรียน-การสอน ระหว่างครูกับนักเรียนบังเกิดขึ้น สถานดังกล่าวอาจจะเป็นห้องสี่เหลี่ยมในอาคารเรียนหรือห้องโถงๆ หรือในสนาม ตลอดจนบริเวณอื่น ๆ ที่เหมาะสม แต่กระบวนการศึกษาได้มีการพัฒนาการอยู่ตลอดเวลา ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาได้มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงหลักการทั้งในประเทศที่เจริญแล้วและประเทศที่กำลังเร่งรัดพัฒนา การพัฒนาหลักสูตรมักจะเน้นกระบวนการปฏิบัติเพื่อให้เด็กเรียนรู้ได้ดีที่สุด ตลอดจนนำวิธีการที่เรียกว่า "การบูรณาการ (integration) มาใช้กันอย่างกว้างขวาง ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาสาระ (content) และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (science process) ที่เหมาะสมที่สุดทั้งนี้โดยวัตถุประสงค์เพื่อต้องการให้เด็กได้สังเกตเห็นว่าวิทยาศาสตร์-เทคโนโลยี-สังคม (science-technology-society) มีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด ในปัจจุบันได้มีการเปลี่ยนแปลงระบบการเรียน

การสอนวิชาวิทยาศาสตร์หรือกลุ่มวิชาสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตไปอย่างกว้างขวางโดยเปลี่ยนจากโรงเรียนที่มีครูเพียง 1 คน เป็นโรงเรียนที่มีครูสอนแต่ละวิชาอยู่หลายคน อาคารโรงเรียนมีรูปแบบต่างๆ กัน ตลอดจนมีการออกแบบห้องเรียนเพื่อต้องการให้เด็กได้มีการเรียนรู้ที่ดีและการสอนของครูบังเกิดประสิทธิภาพให้มากที่สุด

กล่าวโดยทั่วไปแล้ว ห้องเรียนที่จัดขึ้นมานั้นก็โดยมีวัตถุประสงค์ตามลำดับความสำคัญดังต่อไปนี้

- 10.1.1 เพื่อต้องการให้เป็นแหล่งการถ่ายทอดความรู้ ประสบการณ์ระหว่างครูกับเด็กให้บังเกิดผลดีที่สุด
- 10.1.2 เพื่อเปิดโอกาสให้เด็กมีการปะทะสัมพันธ์ระหว่างเอกัตบุคคลหรือกลุ่มที่เหมาะสม
- 10.1.3 เพื่อเป็นแหล่งถ่ายทอดความรู้ วัฒนธรรมของสังคม
- 10.1.4 เพื่อเป็นแหล่งที่จะสร้างบรรยากาศของขบวนการเรียนการสอนที่ดีและมีประสิทธิภาพให้มากที่สุด

10.2 การสร้าง-การปรับปรุง-เปลี่ยนแปลงห้องเรียน

ถึงแม้ว่าหลักการประถมศึกษาที่พัฒนาขึ้นมาใช้ตั้งแต่ปีพุทธศักราช 2521 นั้นจะเป็นที่ยอมรับกันว่าเป็นหลักสูตรที่ดีก็ตาม แต่เมื่อศึกษารายละเอียดแล้วจะพบว่าวัตถุประสงค์นั้นต้องการจะเน้นย้ำในเรื่องเนื้อหาสาระ-กระบวนการเป็นหลักสำคัญส่วนรายละเอียดต่าง ๆ ในเรื่องการสร้างบรรยากาศของห้องเรียนและสภาพสิ่งแวดล้อมดูเหมือนว่าจะมีการกล่าวถึงไม่มากเท่าที่ควร แต่การสอนวิชาวิทยาศาสตร์หรือกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตในระดับประถมศึกษาศึกษานั้น จะต้องเน้นการบูรณาการในทุกรูปแบบ จึงเป็นภาระกิจที่สำคัญที่ผู้บริหารและครูผู้สอนตลอดจนสังคมจะต้องช่วยกันเร่งรัดพัฒนาในเรื่องนี้ โดยจะต้องหาวิธีการที่เหมาะสมที่จะจัด-ปรับปรุง-ดัดแปลงห้องเรียนธรรมชาติให้มีสภาพที่เหมาะสมต่อการเรียน-การสอนวิชาวิทยาศาสตร์ตลอดจนการพัฒนาสิ่งแวดล้อมภายนอกห้องเรียน - อาคารเรียนให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุดดังที่องค์การยูเนสโกแห่งภาคพื้นเอเชียและแปซิฟิก ได้ให้ความสำคัญในเรื่องนี้โดยเผยแพร่เอกสารเรื่อง Cut-of-School Science Education in Asia and the Pacific

UNESCO : 1982) ไว้อย่างเด่นชัด

เพื่อให้ผู้อ่านได้มองเห็นสภาพทั่วไปของห้องเรียนเพื่อใช้ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษา หรือกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต จึงขอเสนอแนะข้อมูลที่ควรแก่การสนใจดังต่อไปนี้

10.2.1 การปรับปรุง, ดัดแปลงห้องเรียนให้เหมาะสมกับการสอนวิชาวิทยาศาสตร์หรือกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต

ห้องเรียนที่จะต้องปรับปรุงหรือดัดแปลงนั้นมักจะเป็นห้องเรียนตามสภาพที่พบเห็นทั่วไปไปในโรงเรียนระดับประถมศึกษา (ตามปรกติแล้วห้องเรียนแต่ละห้องมักจะถูกใช้เป็นห้องอเนกประสงค์ของกลุ่มวิชาแต่ละกลุ่มอยู่แล้ว) ถ้าผู้บริหารหรือครูผู้สอนเล็งเห็นความสำคัญในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ อาจจะเน้นในการจัดห้องเรียนได้ดังนี้

10.2.1.1 จัดห้องเรียนให้เหมาะสม, สะดวกแก่เด็กที่จะลงมือปฏิบัติการด้วยตนเอง (learning by doing) ให้มากที่สุด หรืออย่างน้อยควรจัดให้มีที่ว่างกว้างขวางและพอเพียงต่อการทดลอง, การสาธิตและกิจกรรมของครูและนักเรียน

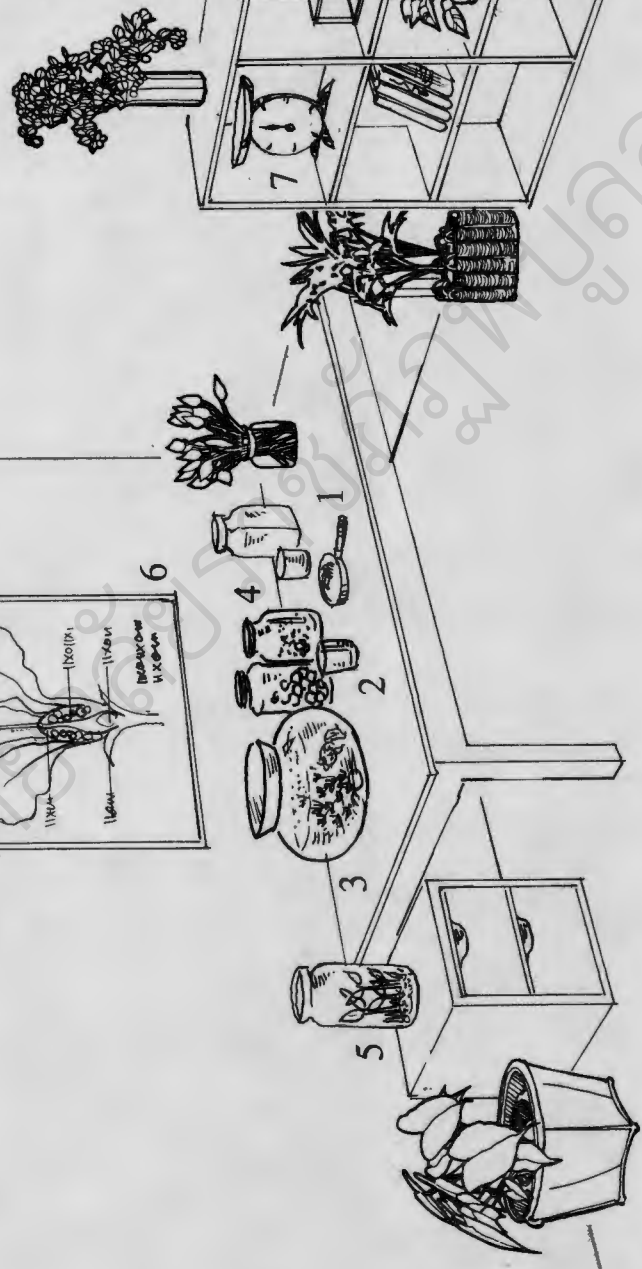
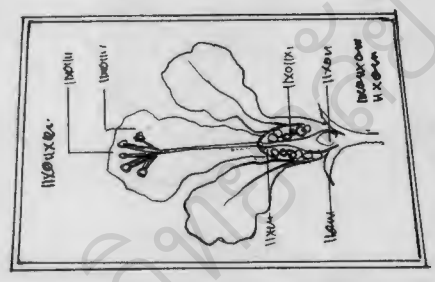
10.2.1.2 ควรจัดห้องเรียนให้เด็กเกิดความสนใจเพื่อที่จะเรียนรู้ให้มากที่สุด ฉะนั้นจึงควรมีการตกแต่งห้องเรียนด้วยสิ่งที่น่าสนใจเพื่อศึกษาค้นคว้า เช่น หนังสือ วารสาร ภาพ แผนที่ ป้ายนิเทศ กระดาษต้นไม้ ตุ๊กตาสัตว์ และมุมวิทยาศาสตร์ ดังนี้ เป็นต้น

10.2.1.3 ควรหาวัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการทดลองและการสาธิตของครู หรือมีไว้ให้เด็กได้ลงมือปฏิบัติการด้วยตนเองในโอกาสอันควร

การปรับปรุงดัดแปลงห้องเรียนธรรมชาติให้มีสภาพเหมาะสมกับการสอนวิชาวิทยาศาสตร์, วิชากลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตหรือกลุ่มวิชาใดวิชาหนึ่งนั้นเรามักจะพบเห็นควมโรงเรียนขนาดเล็ก ตลอดจนจนถึงโรงเรียนขนาดใหญ่ที่มีจำนวนนักเรียนพอสีกับจำนวนห้องเรียนที่มีอยู่ โดยเฉพาะในโรงเรียนขนาดเล็ก ที่ตั้งอยู่ในชนบทที่ห่างไกลออกไปนั้นมักจะไม่ค่อยมีการปรับปรุงหรือดัดแปลงห้องเรียนให้เหมาะสมเท่าที่ควร ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะเหตุผลหลายประการ จึงเป็นเรื่องที่ผู้บริหารและครูผู้สอนจะต้องตระหนักอยู่เสมอ

การดัดแปลงห้องเรียนธรรมชาติให้มีสภาพเหมาะสมกับการสอนวิชาวิทยาศาสตร์หรือกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตนั้นอาจจะดูได้จากภาพที่ 10.1

- ① แวนชยาย
- ② แก้ว
- ③ อ่างเลี้ยงปลา
- ④ ก้อนหินในขวด
- ⑤ การปลูกต้นไม้ในขวด
- ⑥ รูปแผนภาพ
- ⑦ ตาราง
- ⑧ เครื่องแสดงการถ่ายทอดแรง
- ⑨ ที่วางหนังสือพิมพ์



ภาพที่ 10.1 มุมวิทยาศาสตร์ในห้องเรียน

10.2.2 การจัดห้องเรียนเฉพาะ เป็นการจัดห้องโดยมีความมุ่งหมายที่จะเป็นการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในชั้นประถมศึกษา หรือกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตให้บังเกิดผลดีและมีประสิทธิภาพมากที่สุด ส่วนใหญ่แล้วมักจะกระทำกันในโรงเรียนประถมศึกษาขนาดใหญ่ที่มีการวางแผนการสร้างอาคารและสร้างห้องเรียน-ห้องทดลองโดยเฉพาะเจาะจง การจัดห้องเรียนเฉพาะแบบนี้แม้ว่าจะต้องสิ้นเปลืองงบประมาณมากก็ตาม แต่ทว่าจะมีผลดีต่อการศึกษาของเด็กซึ่งจะต้องดำเนินการแบบลงทุนเพื่ออนาคตของชาติและสังคม (นักเศรษฐศาสตร์บางคนอาจจะคิดว่าเป็นการลงทุนแบบศูนย์เปล่าก็ตาม) คุณประโยชน์ที่จะถึงได้รับจากการจัดห้องเรียนเฉพาะนั้นพอจะสรุปได้ดังนี้

10.2.2.1 นักเรียนจะได้รับความรู้และประสบการณ์ต่าง ๆ โดยตรง เพราะครูสามารถทำการสอน, ถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ได้ดีกว่าห้องเรียนธรรมดา เด็กๆ สามารถจัดกิจกรรมได้อย่างสะดวกเพราะมีวัสดุอุปกรณ์อย่างครบครัน

10.2.2.2 การจัดห้องเรียนเฉพาะวิชาจะสามารถอำนวยความสะดวกของกระบวนการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์หรือกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตได้ตรงตามความมุ่งหมายของหลักสูตรที่ได้กำหนดไว้

10.2.2.3 การจัดห้องเรียนเฉพาะวิชาวิทยาศาสตร์หรือกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตนั้น ควรจะมีการยืดหยุ่นได้ เช่น ภายในห้องเรียน อาจจะทำเป็นห้องเรียนขนาดใหญ่ ขนาดกลางหรือขนาดเล็กได้ ทั้งนี้เพื่อสะดวกต่อการแบ่งกลุ่มนักเรียนทำกิจกรรมในรูปแบบต่างๆ

10.2.2.4 ห้องเรียนเฉพาะวิชาวิทยาศาสตร์หรือกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตนั้น ควรจะได้มีการออกแบบโต๊ะเรียน โต๊ะการทดลอง ม้านั่งให้เหมาะสมกับวัยของเด็กและการทดลองทางวิทยาศาสตร์

10.2.2.5 ภายในห้องเรียนแบบเฉพาะควรจะให้มีการออกแบบเกี่ยวกับการจัด-เก็บ-รักษาวัสดุอุปกรณ์อย่างครบครัน

10.2.2.6 ควรมีป้ายนิเทศเพื่อชี้ข้อพึงปฏิบัติให้เด็กได้ศึกษาอย่างพร้อมมูล เช่น การใช้-การเก็บ-การรักษา-การทำความสะอาดเครื่องมือ, อุปกรณ์ต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการบำรุงและรักษาความสะอาดของห้องเรียน

10.2.2.7 ป้ายนิเทศที่จะต้องทำไว้ให้เด็กได้มองเห็นอยู่ตลอดเวลา ได้แก่

ป้ายบอกอันตรายจากการใช้เครื่องมือ, สารเคมี, อุปกรณ์ไฟฟ้า, การเลี้ยงสัตว์ และการสัมผัสพืช
อันตรายบางชนิด ทั้งนี้รวมทั้งข้อควรปฏิบัติเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้น

ภาพที่ 10.2 จะแสดงให้เห็นการจัดห้องเรียนเฉพาะ

10.3 การจัดสภาพนอกห้องเรียนเพื่อให้เหมาะสมกับการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ หรือกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต

ในปัจจุบันความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีได้พัฒนาไปอย่าง
มากมายและมีผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์อย่างมหาศาล ทั้งนี้นับว่าเป็นความพยายาม
ของมนุษย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักวิทยาศาสตร์ที่ได้พยายามทุ่มเทความรู้ ความสามารถเท่าที่
ศักยภาพแห่งตนจะพึงมีอยู่เพื่อค้นคว้าหาความเร่งด่วนในธรรมชาติ เพื่อนำความรู้เหล่านั้นเอา
มาใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตอย่างไม่หยุดยั้ง นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2500 เป็นต้นมา
นักการศึกษาในประเทศต่าง ๆ ได้เล็งเห็นความสำคัญของการศึกษาว่า ประชาชนทุกคนควร
จะมีความเสมอภาคทางการศึกษาโดยเท่าเทียมกัน และการศึกษาที่ประชาชนพึงได้รับนั้นจะ
ต้องมีความรู้พื้นฐานของการศึกษาวิทยาศาสตร์รวมอยู่ด้วย (ผู้สนใจอาจจะทบทวนความสำคัญ
ของการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้จากบทที่ 1)

โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปลี่ยนแปลงหลักสูตรระดับประถมศึกษาในปี พ.ศ. 2503
และ 2521 นั้น นับว่ามีผลกระทบต่อเนื้อหาสาระและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างมาก
ผู้เขียนมีข้อสังเกตว่าการเปลี่ยนแปลงหลักสูตรประถมศึกษา ปี พ.ศ. 2521 นั้น กลุ่ม
รายวิชาวิทยาศาสตร์หายไปจากหลักสูตรโดยมี "กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต" ขึ้นมาแทน
โดยมีการเพิ่มเติมเนื้อหาสาระของวิชาสุขศึกษา และสังคมศึกษาเข้ามาาร่วมด้วย ทำให้เกิดการ
โต้แย้งหรือมีข้อขัดข้องในแนวความคิดระหว่างนักการศึกษา-ครูวิทยาศาสตร์ว่า "ความสำคัญของ
วิชาวิทยาศาสตร์ต่อเด็กในระดับประถมศึกษาจะลดความสำคัญลงไป" เพราะไม่มีการเน้นชื่อวิชา
วิทยาศาสตร์ แต่หากเน้นเนื้อหาสาระและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ในหลักสูตรอย่างครบถ้วน
ทั้งนี้เพราะนักการศึกษา, นักสร้างหลักสูตรและสังคมยอมรับว่า วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมี
ผลกระทบต่อการพัฒนาชีวิตในหลายรูปแบบ อาทิเช่น การวางแผนครอบครัว, สาธารณสุข

ชั้นมูลฐาน, การสื่อสารประชาสัมพันธ์, การพักผ่อน, การพัฒนาสิ่งแวดล้อม, การกำจัดมลภาวะ การใช้ชีวิตในสังคมระบอบเสรีประชาธิปไตย, การนับถือศาสนา ดังนี้เป็นต้น

ผู้เขียนได้พิจารณาแล้วพบว่า กลุ่มวิชาสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตของหลักสูตรประถมศึกษาปี พ.ศ.2521 นั้น เป็นการพัฒนาหลักสูตรในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ (โดยเพิ่มเนื้อหาของวิชาสุขศึกษาและสังคมศึกษา) โดยอาศัยกระบวนการบูรณาการเป็นตัวเชื่อมระหว่างเนื้อหาสาระและกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่มีคุณประโยชน์อย่างยิ่ง ผู้อ่านคงจะตระหนักอยู่เสมอว่า สาระสำคัญของวิชาวิทยาศาสตร์นั้น ย่อมหมายถึงการศึกษาค้นคว้าเพื่อหาความรู้ การทำความเข้าใจและการนำประโยชน์มาใช้เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตจากสภาพสิ่งแวดล้อม อนึ่งชีวิตที่มีคุณภาพนั้นย่อมหมายถึงชีวิตที่สมบูรณ์ด้วยข้อมูลที่มีประโยชน์จากสิ่งแวดล้อมภายนอกและภายใน (หมายถึงความรู้ทางค่านวิทยาศาสตร์และความรู้พื้นฐานทางค่านสาธารณสุข) และการดำรงชีวิตในสังคมที่เหมาะสม (ความรู้ในวิชาสังคมศึกษา) ตลอดจนความรู้ความสามารถพื้นฐานในการประกอบอาชีพอื่น ๆ ดังนั้นการให้การศึกษาขั้นพื้นฐานแก่เด็กในระดับประถมศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งความรู้ในเชิงวิทยาศาสตร์หรือกลุ่มวิชาสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตนั้น จึงต้องมีการเปลี่ยนรูปแบบไปจากเดิม

มีนักการศึกษาหลายท่านที่เล็งเห็นความสำคัญของสภาพสิ่งแวดล้อมภายนอกโรงเรียนว่าจะช่วยแก้ปัญหาหรืออุปสรรคต่าง ๆ ไปนั้นจะเป็นการศึกษาในวงแคบอันจำกัดที่เกิดจากการถ่ายทอดความรู้จากครูให้แก่เด็กแต่เพียงฝ่ายเดียว (Illich, 1974 และ Dewey กล่าวว่า "โรงเรียนควรจะเป็นศูนย์กลางของอาณาจักรที่ประกอบไปด้วยต้นไม้, โรงงานอุตสาหกรรมป่าไม้, บ้านเรือน, ถนนหนทาง, แม่น้ำ, ลำธาร, สระ, หนอง, คลอง, บึง, ไร่นา, ทะเลทราย, ชายหาด ฯลฯ ที่จะพึงมีศักยภาพต่อการเรียนรู้, การปฏิบัติการ ตลอดจนการนำผลไปใช้ในเชิงวิทยาศาสตร์ (หรือวิชากลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต-ผู้แต่ง) ได้เป็นอย่างดี" (Dewey, 1980)

ในการประชุมระดับนานาชาติที่องค์การ UNESCO จัดขึ้น ณ ประเทศ Cyprus เมื่อเดือนมีนาคม 1980 เกี่ยวกับ Science Education and the of Worldนักสร้างหลักสูตรทั้งหลายมีความเห็นสอดคล้องตรงกันว่า "เด็กนักเรียนในระดับประถมศึกษานั้น ควรจะได้เรียนรู้ในเรื่องราวต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง ประมาณ 11 หัวเรื่อง ที่จะพื้นฐานในการศึกษาวิทยาศาสตร์" หรือกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต)

เนื้อหาสาระสำคัญของ 11 หัวเรื่องที่ควรเรียนรู้นั้นมีดังต่อไปนี้

หัวเรื่อง	หลักการ-เหตุผล
<p>1. ประสาททั้ง 5 ประการ และการชั่ง-ตวง-วัด (senses and measurments)</p>	<p>1.1 มนุษย์ใช้ประสาททั้ง 5 ประการเพื่อทำการสำรวจตรวจสอบสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบตัว</p> <p>1.2 การใช้ระบบประสาททั้ง 5 ประการผสมผสานกับการใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ จะช่วยให้มนุษย์สามารถบันทึกหลักฐานต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี</p> <p>1.3 ระบบการชั่ง-ตวง-วัด จะเป็นแนวทางให้มนุษย์รู้จักการเปรียบเทียบและการสื่อความหมายเกี่ยวกับวัตถุ-เหตุการณ์, อวกาศและเวลา</p> <p>1.4 มีเครื่องมือที่ใช้ในการชั่ง-ตวง-วัด เป็นจำนวนมากมายที่สร้างขึ้นมาเพื่อพัฒนาอารยธรรมของมนุษย์</p> <p>1.5 มาตรการในการชั่ง-ตวง-วัดจะช่วยให้มนุษย์สามารถใช้ระบบประสาททั้ง 5 ประการได้อย่างกว้างขวางและเกินขีดจำกัดได้มากขึ้น</p>
<p>2. จักรวาล (universe)</p>	<p>2.1 เด็ก ๆ จะมีความกระตือรือร้นและความสนใจในสิ่งแวดล้อมอยู่ตลอดเวลา</p> <p>2.2 กวกรกระตุ้นให้เด็กเกิดความสนใจที่จะทำการสำรวจตรวจสอบในเชิงวิทยาศาสตร์ย่อมจะเป็นการส่งเสริมให้เด็กรู้จักการเรียนรู้ให้กว้างขวางยิ่งขึ้น</p>
<p>3. ร่างกายมนุษย์ (the human body)</p>	<p>3.1 ให้เด็ก ๆ ควรจะมีความเข้าใจขั้นพื้นฐานว่า ร่างกายตนเองนั้นมีการพัฒนาการอย่างไรบ้าง</p>

หัวข้อเรื่อง	หลักการ-เหตุผล
<p>4. สุขภาพ, อาหาร, การโภชนาการ และการอนามัย (health, food, nutrition and sanitation)</p>	<p>3.2 เด็กควรได้รับการกระตุ้นและสร้างความสนใจว่าร่างกายแห่งคนนั้นมีโครงสร้างและหน้าที่อย่างไร</p> <p>3.3 เด็กควรได้รับการสั่งสอนให้เข้าใจในเรื่องสรีระวิทยาและกายวิภาค ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการบำรุงรักษาให้ร่างกายมีสุขภาพสมบูรณ์และแข็งแรง</p> <p>4.1 เป้าหมายที่สำคัญยิ่งประการหนึ่งของการศึกษาวิทยาศาสตร์หรือกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตนั้นได้แก่การพัฒนาคุณภาพชีวิตทั้งในระดับบุคคลและระดับชาติ</p> <p>4.2 สุขภาพที่ดีย่อมเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อสุขภาพของชีวิตที่มนุษย์ทุกคนจะต้องทำนุบำรุงอย่างมีคุณค่ายิ่ง</p> <p>4.3 อาหารนั้นถือว่าเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญยิ่งของชีวิต</p> <p>4.4 การโภชนาการเป็นองค์ประกอบที่สำคัญและจำเป็นที่สุดต่อการสร้างเสริมและรักษาสุขภาพ</p> <p>4.5 มีคอนเซปต์ทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญหลายประการที่ใช้ในการบำรุงสุขภาพและการรับอาหาร</p>
<p>5. สภาวะแวดล้อม (Ecology)</p>	<p>5.1 คอนเซปต์ของสภาวะสิ่งแวดล้อมจะเป็นพื้นฐานที่สำคัญต่อการศึกษาในสิ่งที่อยู่รอบตัว</p> <p>5.2 สภาวะสิ่งแวดล้อมบางอย่างจะมีผลกระทบต่อการศึกษาคุณภาพของชีวิต</p>

หัวเรื่อง	หลักการ-เหตุผล
	5.3 เทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้นมาทั้งในอดีต, ปัจจุบัน ตลอดจนในอนาคตนั้น จะต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานที่สำคัญของสภาวะสิ่งแวดล้อม
6. แหล่งทรัพยากร (Resources)	6.1 การพัฒนาแหล่งทรัพยากรจะเป็นปัจจัยสำคัญต่อสภาพเศรษฐกิจของชาติ 6.2 แหล่งทรัพยากรที่ปรากฏตามธรรมชาตินั้นมีจำนวนไม่น้อยที่จะต้องใช้ให้หมดเปลืองไป 6.3 การสงวนรักษาทรัพยากรอย่างฉลาดและถูกต้องจึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง 6.4 การสงวนรักษาแหล่งทรัพยากรเป็นภาระกิจของบุคคลทุกคนต้องช่วยกันบำรุงรักษา
7. ประชากรศาสตร์ (population)	7.1 การเกิดของมนุษย์ย่อมเป็นปัจจัยส่วนหนึ่งของครอบครัวมนุษย์ 7.2 ประเทศต่าง ๆ พยายามที่จะสร้างความสมดุลย์ในเรื่องการเพิ่มประชากร, การผลิตอาหารและการใช้แหล่งทรัพยากรที่เหมาะสม 7.3 การสมดุลย์ในเรื่องการเพิ่มประชากร การผลิตอาหารและการใช้แหล่งทรัพยากรนั้นย่อมมีผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตในสังคม
8. มลภาวะ (pollution)	8.1 มลภาวะที่เกิดจากดิน, น้ำ, อากาศ นั้นเป็นสิ่งที่ชุมชนและสังคมยอมรับว่าเป็นปัญหาที่ต้องกำจัดให้หมดไป 8.2 ชุมชนหรือกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมจะต้อง

หัวข้อเรื่อง	หลักการ-เหตุผล
9. การใช้พลังงาน (energy use)	<p>ชวนขยายมาตรการที่เหมาะสมเพื่อกำจัดมลภาวะเหล่านั้น</p> <p>8.3 ถ้ามลภาวะที่เกิดจากดิน, น้ำ, อากาศ, สิ่งปฏิภูลเสียง ฯลฯ ลดปริมาณลงให้มากเท่าใดย่อมมีผลดีต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตมากขึ้นเท่านั้น</p> <p>9.1 ประชาชนทุกคนทั่วโลกต้องการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ</p> <p>9.2 ทุกประเทศทั่วโลกพยายามที่จะลดการส่งพลังงานจากภายนอกมาใช้</p> <p>9.3 การสร้างความรู้ความเข้าใจเพื่อใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพนั้น ย่อมส่งผลกระทบต่อการพัฒนาคุณภาพของชีวิต</p>
10. เทคโนโลยี (technology)	<p>10.1 การนำเทคโนโลยี-ไม่ว่าจะเป็นสิ่งที่สร้างขึ้นมาเองหรือนำเข้ามาใช้จากภายนอกประเทศก็ตาม จะมีผลต่อการเพิ่มพูนประสิทธิภาพของชีวิต</p> <p>10.2 เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าประชาชนส่วนใหญ่ยังมีความรู้ ความเข้าใจในการสร้างเทคโนโลยีหรือการนำเทคโนโลยีไปใช้อยู่ในระดับต่ำ</p>
11. คุณภาพชีวิต (quality of life)	<p>11.1 ต้องมีการปลูกฝังเจตคติที่ดีต่อเยาวชนในการสร้างเสริมสุขภาพ</p> <p>11.2 สังคมและชุมชนจะต้องมีความอุดมสมบูรณ์</p> <p>11.3 การสื่อความหมายที่ดีและมีคุณค่า</p> <p>11.4 การประกอบอาชีพสุจริต</p> <p>11.5 สร้างสิ่งแวดล้อมให้เป็นที่น่าอยู่และน่าอาศัย</p>

ผู้แต่งมีความคิดเห็นว่า เพื่อให้กระบวนการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษา หรือกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตบรรลุเป้าหมายตามที่หลักสูตรประถมศึกษา พ.ศ. 2521 กำหนดไว้ั้น การจัดสภาพห้องเรียน โดยการดัดแปลงสภาพภายนอกโรงเรียน ดังกล่าวมานั้นจะมีความเหมาะสมมาก เพราะเป้าหมายสูงสุดที่หลักสูตรพึงประสงค์ได้แก่การพัฒนาคุณภาพชีวิตให้มีคุณค่ามากที่สุดนั่นเอง

ภาพที่ 10.3 จะแสดงให้เห็นการใช้สภาพสิ่งแวดล้อมภายนอกห้องเรียน เพื่อประโยชน์ต่อการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์หรือกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต

อนึ่งถ้าหากจะพิจารณาว่าวิชาวิทยาศาสตร์ที่จะนำเข้าไปใช้สอนโดยเน้นจากสภาพภายนอกโรงเรียน ก็อาจจะศึกษาได้จากตารางไว้ดังนี้

ประเด็นสำคัญ ในเชิงวิทยาศาสตร์	มิติต่าง ๆ ที่ปรากฏภายนอกโรงเรียน				
	สถานที่	เวลา	แหล่งทรัพยากร มนุษย์	รูปแบบของการ การสื่อความหมาย	ศักยภาพของ ผู้เรียน
ความรู้ — [ข้อเท็จจริง — คอนเซป — ทฤษฎี]					
ทักษะ — [เชิงปฏิบัติ — กระบวนการทางสติปัญญา — อุปกรณ์]					
การนำไปใช้ — [ในสภาพปัจจุบัน — ในทางที่เป็นไปได้ — เทคโนโลยี]					
คำถาม — [คำถาม — ปัญหา]					
เจตคติ — [บุคคล — สังคม]					

แหล่งที่มา :

เพื่อให้ผู้อ่านได้สังเกตเห็นคุณประโยชน์ของการใช้สภาพสิ่งแวดล้อมภายนอก หรือที่บริเวณที่อยู่รอบ ๆ โรงเรียนเป็นประโยชน์ในการศึกษาของเด็กนั้น ผู้แต่งใคร่ขอสรุปสาระที่สำคัญ ๆ ดังต่อไปนี้

10.3.1 เป็นการใช้ประโยชน์จากสภาพสิ่งแวดล้อมภายนอกโรงเรียน (out-of school space) ให้มีผลดีต่อการศึกษาโดยเฉพาะวิชาวิทยาศาสตร์หรือกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตได้มากที่สุด เป็นการเปิดโอกาสให้เด็กได้ศึกษาหรือเพิ่มพูนประสบการณ์ที่แท้จริง

10.3.2 เป็นการบริโภคเวลาที่มีคุณค่ายิ่งขึ้น จากสถิติพบว่าเด็ก ๆ จะใช้เวลาเรียนหนังสือในโรงเรียน ดังที่เคยปฏิบัติกันมานั้นประมาณ 1 ใน 3 ของเวลาที่เด็กตื่นนอนหรือประมาณ 5-6 วันต่อสัปดาห์ (ซึ่งถ้าคิดตลอดเวลา 1 ปีจะต้องสิ้นเวลาไปประมาณร้อยละ 80) อย่างไรก็ตามเวลาดังกล่าวจะถูกแบ่งกันไปเพื่อการเรียนการสอนตามตารางสอนที่ได้กำหนดขึ้นมา โดยไม่มีผู้ใดเคยคิดว่าบางส่วนของเวลาดังกล่าวควรจะถูกนำไปใช้ให้เด็กได้ออกไปสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าสภาพสิ่งแวดล้อมภายนอกโรงเรียนเลย ถ้าหากว่าได้มีการพิจารณากันไว้ล่วงหน้าแล้ว การเรียนรู้จากสภาวะสิ่งแวดล้อมที่แท้จริงนั้นย่อมมีคุณประโยชน์มหาศาล ก็ย่อมจะทำได้ทั้งภายในเวลาเรียนและเวลาวางตามแต่โอกาสจะอำนวยซึ่งถ้าหากว่าได้มีการวางแผนกันอย่างเหมาะสมแล้ว การใช้เวลาเพื่อการศึกษาสิ่งที่อยู่ภายนอกโรงเรียน (Out-of School Time) ก็ย่อมคุ้มค่าอย่างยิ่ง

10.3.3 การให้เด็กออกไปศึกษาหาความรู้จากบุคคลภายนอกโรงเรียนนั้น นับว่าเป็นการเพิ่มพูนศักยภาพในเชิงการสอน (Out-of-School Teaching Potential) ให้แก่วิทยากรในชุมชนที่เด็กอาศัยอยู่ได้เป็นอย่างดี เพราะวิทยากรเหล่านั้นอาจจะเป็นเกษตรกร, วิศวกร, แพทย์, ช่างฝีมือในวิชาชีพต่าง ๆ ซึ่งล้วนแต่มีทั้งความรู้และประสบการณ์ที่มีคุณค่าอย่างยิ่ง

10.3.4 การศึกษาจากสภาพสิ่งแวดล้อมภายนอกโรงเรียนเป็นการเพิ่มพูนในการสื่อความหมายอย่างเหมาะสม (Out-of-School Modes of Communication) และมีรูปแบบที่ผิดแผกแตกต่างไปจากการสื่อความหมายภายในห้องเรียน เพราะเด็กจะได้เผชิญกับใช้ภาษา, ท่าทาง, กับบุคคล, สิ่งของ, เหตุการณ์ต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี

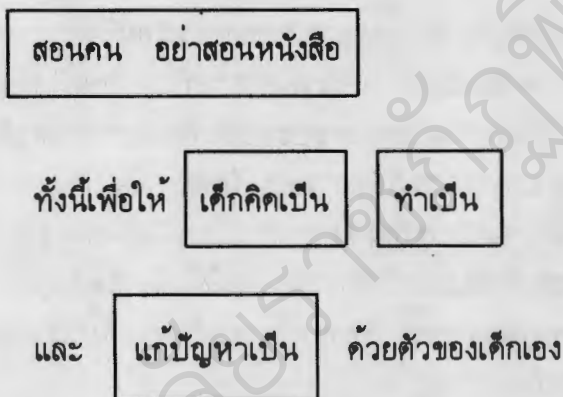
10.3.5 การศึกษาจากสิ่งแวดล้อมภายนอกโรงเรียนเป็นการเปิดโอกาสให้การศึกษาในรูปแบบที่แตกต่างไปจากที่เคยกระทำกันแต่ภายในโรงเรียนซึ่งถือได้ว่าเป็นวิธีการให้การศึกษา

ภายนอกโรงเรียนแก่ผู้เรียน (Out-of-School Learner) ได้เรียนอีกด้วย

10.4 การจัดสภาพบรรยากาศการเรียนรู้

จากการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรในหลาย ๆ ประเทศ จะพบว่าหลักสูตรของวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษาชั้นนั้นมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะเห็นการปฏิบัติ (practical approach) โดยอาศัย "กระบวนการบูรณาการ" (integration) ในทุกรูปแบบ นั้นหมายความว่า การสอนวิทยาศาสตร์ในสมัยปัจจุบันจะต้องอาศัยทั้งข้อเท็จจริง เทคโนโลยีสภาพสิ่งแวดล้อม, กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนกิจกรรมในรูปแบบต่าง ๆ ที่ทั้งครูและนักเรียนจะต้องร่วมมือกันอย่างจริงจัง

สำหรับหลักสูตรประถมศึกษา พ.ศ.2521 นั้น กระทรวงศึกษาธิการมีนโยบายเกี่ยวกับการเรียนการสอนที่ชัดเจนว่า ให้ครูดำเนินการสอนโดยการ



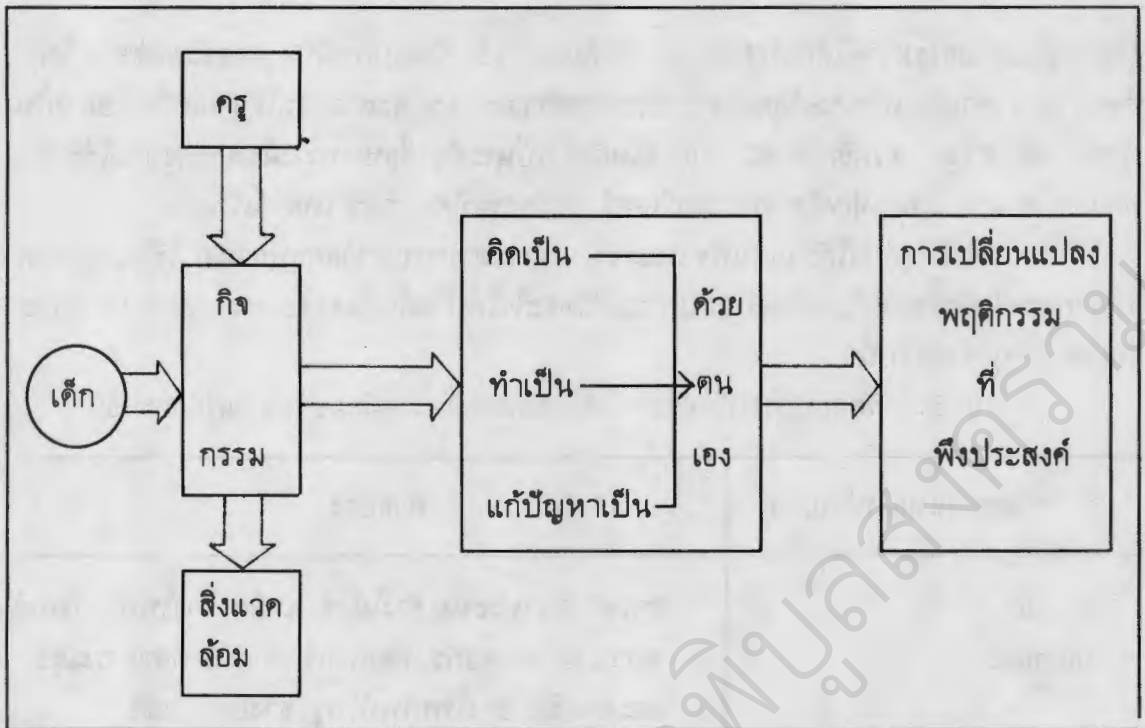
เมื่อพิจารณานโยบายดังกล่าวเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติที่เหมาะสมแล้ว ผู้แต่งคิดว่า "การจัดกิจกรรมในรูปแบบต่าง ๆ ที่เด็กเป็นผู้ดำเนินการภายใต้การดูแลของครูอย่างใกล้ชิด" นั้นจะเป็นมาตรการที่เหมาะสมที่สุด เพราะเมื่อเด็กได้ลงมือจัดกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเอง ย่อมได้รับประสบการณ์ในการเรียนรู้ และการแก้ปัญหาโดยตรง ย่อมทำให้พฤติกรรมของเด็กเปลี่ยนแปลงไป หรือมีการพัฒนา-งอกงามเกิดขึ้น การเปลี่ยนแปลง, พัฒนาหรืองอกงามในทางพฤติกรรมนั้น

นักการศึกษาที่มีความเห็นสอดคล้องต้องกันว่า การศึกษาหรือการเรียนรู้ได้บังเกิดขึ้นแล้วในตัวเด็ก เหล่านั้น ภาระกิจที่สำคัญของครูจึงได้แก่การติดตาม ดูแลว่า พฤติกรรมที่เด็กได้พัฒนาขึ้นมา นั้น เป็นพฤติกรรมที่เหมาะสมมากน้อยเพียงใด จะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้นอย่างไร สิ่งเหล่านี้ เป็นเรื่องที่ครูวิทยาศาสตร์ หรือผู้ที่สอนกลุ่มวิชาสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตจะต้องตระหนักอยู่ ตลอดเวลา

อาจจะมีการบางท่านเกิดความหวั่นวิตกว่า การสอนโดยเน้นให้เด็กจัดกิจกรรมเป็นหลัก (Child-Centered or Activity-Centered) นั้นจะทำให้เด็กมีความย่อหย่อนในเรื่องระเบียบ วินัย ปัญหาในเรื่องนี้ ดร. Lockard และคณะที่ทำหนังสือ UNESCO : Handbook for Science Teachers กล่าวว่า "เด็กที่มีความสนใจในการเรียนรู้จะไม่สร้างปัญหาในเรื่องระเบียบวินัย เหมือนกับเด็กที่มีความเบื่อหน่ายต่อครู, บทเรียนและสภาพสิ่งแวดล้อม ยิ่งเด็กเกิดความสนใจ มากเพียงใดย่อมสร้างวินัยในตนเองในขณะที่เข้ามามีส่วนร่วมในกิจกรรมมากขึ้นเพียงนั้น" (UNESCO 1980 : 114)

จากประสบการณ์ของผู้แต่งพบว่า บรรยากาศของการเรียนที่น่าประทับใจอย่างมี รุ้ลมีนั้น มิใช่เกิดขึ้นจากการจัดสภาพห้องเรียน, บริเวณภายนอกโรงเรียนที่เพียบพร้อมไปด้วย วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ครบครันท่านั้น แต่ความปะทะสัมพันธ์ระหว่างครูกับศิษย์นั้น จะ มีคุณค่าต่อการสร้างบรรยากาศในกระบวนการเรียนการสอนเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะพฤติกรรม ของครูที่จะแสดงให้เด็กเห็นว่าครูมีความจริงใจที่จะส่งสอนศิษย์โดยมิเห็นแก่ความเหนื่อยยาก มีความรู้กว้างขวาง เข้าใจในปัญหาของศิษย์และสร้างความอบอุ่นใจให้แก่ศิษย์อย่างสม่ำเสมอ นั้น จะเป็นปัจจัยที่มีคุณค่าอย่างมหาศาลต่อการสร้างบรรยากาศเพื่อการเรียนรู้ของเด็ก และต่อ สมรรถภาพของวิชาชีพครูเป็นอย่างยิ่ง

ภายใต้ 10.4 จะแสดงให้เห็นถึง กระบวนการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นการสอนคน และการสร้างบรรยากาศที่พึงประสงค์



ภาพที่ 10.4 : การสร้างบรรยากาศ

10.5 อุปกรณ์วิทยาศาสตร์และการให้บริการ

เราจะพบว่าโรงเรียนประถมศึกษาทุกประเภท เช่น รัฐบาล, เทศบาล, เอกชน และในโรงเรียนสาธิตของสถาบันอุดมศึกษาบางแห่งมักจะประสบปัญหาเกี่ยวกับการขาดแคลนอุปกรณ์วิทยาศาสตร์อยู่เสมอ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าโรงเรียนเหล่านี้จะขาดงบประมาณหรือขาดครูสอนวิชาวิทยาศาสตร์นั่นเอง แต่อย่างไรก็ตามความจำเป็นในการใช้วัสดุ-อุปกรณ์วิทยาศาสตร์นั้น ยังคงมีอยู่ตลอดเวลา

ผู้แต่งมีความเห็นสอดคล้องกับนักการศึกษาวิทยาศาสตร์หลายท่านที่กล่าวว่าในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษานั้น ครูอาจจะใช้วัสดุสิ่งของต่าง ๆ จากสภาพ

สิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติได้ถึงร้อยละ 50 อีกร้อยละ 15 เป็นอุปกรณ์ที่ครูอาจจะผลิตจากวัสดุที่หาง่าย, ราคาถูก หรือเศษวัสดุต่างๆ ประมาณร้อยละ 15 จะสามารถใช้จากเครื่องใช้ภายในบ้าน, ห้องครัว, ส่วนอีกร้อยละ 10 ที่เหลือจำเป็นจะต้องซื้อเพราะไม่สามารถจะใช้สิ่งอื่นทดแทนได้ เช่น แท่งแม่เหล็ก เทอร์มอมิเตอร์, กัลลิ่งจูลท์ศน์ ฯลฯ เหล่านี้เป็นต้น

เพื่อให้ผู้อ่านได้ช่วยกันพิจารณาว่า เราจะสามารถหาวัสดุอุปกรณ์มาใช้ในการสอนวิทยาศาสตร์หรือกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตอะไรได้บ้างนั้นผู้แต่งขอเสนอแนะตัวอย่างและข้อมูลต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

10.5.1 วัสดุอุปกรณ์ที่พอจะหาได้จากสภาพสิ่งแวดล้อมประมาณร้อยละ 60

ชนิดของแหล่งทรัพยากร	ตัวอย่าง
1. มนุษย์ (human)	ชาวนา, ชาวประมง, ช่างไม้, ช่างเหล็ก, ช่างไฟฟ้า, แพทย์พยาบาล, เกษตรกร, พัฒนาการ, เจ้าหน้าที่สาธารณสุข และอนามัย, ช่างโทรศัพท์, ครู, ช่างยนต์ ฯลฯ
2. สัตว์ (animal)	วัว, ควาย, หมู, เป็ด, ไก่, นก, ปลา, หอย, แมลง, งู, เต่า, ลิง, ช้าง ฯลฯ
3. ป่า (forest)	ป่าประเภทต่าง ๆ ไม้ผล, ไม้ดอก, ไม้ใบ ฯลฯ
4. แร่ธาตุ (mineral)	หินชนิดต่างๆ น้ำมันดิบ, ก๊าซธรรมชาติ หินมีค่า เช่น เพชร พลอย ทับทิม แร่-ทองคำ, ดีบุก, พลอย ฯลฯ
5. ผลผลิตทางเกษตร (agricultural)	ข้าว, น้ำตาล, มะพร้าว, ปอ, ถั่ว, ข้าวโพด, ผัก, พืชผักต่าง ๆ อ้อย, สับปะรด ฯลฯ
6. ดิน (soil)	หมายถึง ผิวดินที่จะเป็นประโยชน์ เช่น ดินที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก, ดินที่มีปุ๋ย, ทราย, โคลน ฯลฯ
7. น้ำ (water)	น้ำจืด, น้ำเค็ม, น้ำกร่อย, น้ำในแม่น้ำ-ลำคลอง-หนองบึง น้ำพุ, น้ำใต้ดิน, น้ำประปา, น้ำบ่อ, การกรอง-การกลั่น น้ำใช้บริสุทธิ์ ฯลฯ

ชนิดของแหล่งทรัพยากร	ตัวอย่าง
8. อากาศ (air)	ลม, อากาศที่หายใจ, องค์ประกอบของอากาศ, ชั้นบรรยากาศ, ความกดดันของอากาศ ฯลฯ
9. ความร้อนจากสุริยจักรวาล (solar)	ความร้อนจากดวงอาทิตย์, ความร้อนในรูปแบบต่างๆ พลังงาน ฯลฯ
10. หนังสือ (book)	ตำราทั่วไป, ห้องสมุด, หนังสือพิมพ์, เอกสาร-สิ่งพิมพ์ ภาพยนตร์, การ์ตูน ฯลฯ
11. วัสดุเหลือใช้หรือเศษวัสดุ	กระป๋องต่างๆ, กระจก, แบตเตอรี่, ขวดเปล่า, กัดอง, นี้อต, สกรู ฯลฯ
12. สถาบัน-องค์การ (institution)	สวนสัตว์, พิพิธภัณฑ์, สวนสาธารณะ, ห้องปฏิบัติการ, โรงพยาบาล, โรงงาน, สถาบันการศึกษา ฯลฯ

10.5.2 วัสดุอุปกรณ์ที่สามารถผลิตได้จากวัสดุที่หาง่าย, เศษวัสดุที่มีราคาถูก, หาได้ง่าย (ประมาณร้อยละ 15) ดังมีรายการเสนอแนะดังต่อไปนี้

ถุงพลาสติก	เหล็กโค้ง
แผ่นพลาสติก	เบ็ดขนาดต่าง ๆ
ลูกโป่ง	เข็มหมุดขนาดต่าง ๆ
ลูกบอลยาง	หลอดดูดเครื่องดื่ม
ลูกปิงปอง	เข็มขนาดต่าง ๆ
ลูกปิ่น (จักรยาน, รถยนต์)	แปรง
คลิปกลัดกระดาษ	ยางในจักรยาน-รถยนต์
ดินน้ำมัน	ลวด
หลอดแก้ว	ถ้วยขนาดต่าง ๆ (ในลอน)

หลอดโลหะ

เทียนไข

ตาปู

ตาปูเกลียว

กาว

กระดาษแข็ง

กระบอกไม้

ภาชนะพลาสติก

ฯลฯ

กระดาษทราย

กล่องกระดาษ

กล่องพลาสติก

แผ่นโฟม

แผ่นกระดาษ-โลหะบาง ๆ

กระดาษสีต่าง ๆ

ใบมีดโกนหนวด

ขวดแก้ว

ฯลฯ

10.5.3 วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้จากภายในบ้าน เช่น ห้อยครีว, อุปกรณ์ต่างๆ (ประมาณร้อยละ 15) ดังมีรายการต่อไปนี้

เครื่องหุงต้ม

จักรยาน

เครื่องสำอาง

เครื่องมือทำสวนครัว

เครื่องชั่งตวงสำหรับแม่บ้าน

อุปกรณ์รถยนต์

แว่นตา

กรรไกร

เครื่องสูบน้ำ

เตารีด

ฯลฯ

เครื่องมือต่าง ๆ

เครื่องดูดฝุ่น

เครื่องพ่นยา

อุปกรณ์ของจักรเย็บผ้า

อุปกรณ์ไฟฟ้าประจำบ้าน

จักรยานยนต์

แว่นขยาย

คีม

เตาแก๊ส

เครื่องอบ

ฯลฯ

10.5.4 วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็น จะต้องจัดซื้อหาอีกประมาณร้อยละ 10 นั้น

จำนอง พรายแยมแซ (จำนอง พรายแยมแซ, 2529 : 115-120) ใ้ค้เสนอไว้ดังนี้

10.5.4.1 ประเภทอุปกรณ์ทั่วไป

เลขที่	รายการ	จำนวนที่ควรจะมี อย่างน้อยที่สุด
1	ถ้วยรินขนาด 100 ซี.ซี. (พลาสติก)	8-10
2	ถ้วยรินขนาด 100 ซี.ซี. (แก้ว)	4-6
3	ชวคกันกลมขนาด 500 ซี.ซี.	4
4	ชวคกันแบบขนาด 500 ซี.ซี.	4
5	กรวยกรอง \varnothing 75 มม. (พลาสติก)	8
6	กรวยกรอง \varnothing 75 มม. (แก้ว)	1
7	กระดาษกรอง	1 (กล่อง)
8	หลอดทดสอบขนาด 16 150 มม.	$2\frac{1}{2}$ โหล
9	กระบอกแก้วตวงขนาด 500 ซี.ซี.	2
10	กระบอกแก้วตวงขนาด 100 ซี.ซี.	8
11	ชาคังโลหะเครื่องพร้อม	2 ชุด
12	เครื่องมือสายยาง	10
13	สามขา (แบบถอดได้)	8
14	ลวดตาข่ายแผ่นสี่เหลี่ยม	8
15	เครื่องจับหลอดทดสอบ (ไม้)	8
16	แปรงสำหรับล้างหลอดทดสอบ	4
17	สายพลาสติก \varnothing 6 มม.	16 ชุด
18	สายยาง \varnothing 6 มม.	16 ชุด
19	เครื่องเจาะจุกคอร์ก 3 หัว	2 ชุด
20	จุกไม้คอร์กขนาดต่าง ๆ (ไม่มีรู)	2 ถุง
21	จุกยางขนาดต่าง ๆ (ไม่มีรู)	1 ถุง
22	เตาฟู่น้ำมันก๊าด (ขนาดเล็ก)	1

เลขที่	รายการ	จำนวนที่ควรจะมี อย่างน้อยที่สุด
23	ถ้วยพลาสติก (ถ้วยน้ำ)	2 โหล
24	ถ้วยแก้วในทรงกระบอก	1 โหล
25	อ่างพลาสติกขนาดกลาง	4
26	ถังน้ำพลาสติก	4
27	กาต้มน้ำอะลูมิเนียม	1
28	หลอดแก้วส่งก๊าซ (โซดากลาส) Ø 6 มม. ยาว 3 ฟุต	2 โหล
30	ลวดสามเหลี่ยม (สำหรับตั้งภาชนะบนสามขา)	8
31	ขันพลาสติก	8

หมายเหตุ

1) สำหรับอุปกรณ์ประเภท ก นี้ ยังมีสิ่งที่เป็นอีกหลายประการแต่มีได้บรรจุไว้ในรายการ เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่น่าจะประดิษฐ์ขึ้นใช้เอง เพราะสามารถทำงานได้ดีเท่ากับของจริงที่ขายอยู่ในท้องตลาด แต่ราคาแพง คือ

ที่ตั้งกรวยกรอง

ทำได้จากไม้อัดหรือไม้โมก

ที่หลอดทดสอบ

ตะเกียงแอลกอฮอล์ ทำจากขวดหมึกหรือขวดน้ำมันใส่ผม

2) จำนวนตัวเลขที่ให้ไว้คิดตามอัตราส่วนของนักเรียนแต่ละห้องที่ไม่แออัดนักและตามมาตรฐาน คือ ห้องประมาณ 40 คน สามารถแบ่งเด็กเป็นหมู่ ๆ ละ 5 คน ก็สามารถจะแบ่งเฉลี่ยอุปกรณ์เหล่านี้ได้อย่างทั่วถึงทุกหมู่

10.5.4.2 อุปกรณ์แยกประเภทตามเนื้อหาวิชา

เลขที่	รายการ	จำนวนที่ควรจะมี อย่างน้อยที่สุด
	ความร้อน	
1	เทอร์โมมิเตอร์ชนิด ๑ ซ. และ ๑ ฟ.รวมกัน (ปรอทและแอลกอฮอล์)	4 4
2	เทอร์โมมิเตอร์ตรวจไข้	2 ๗
3	ลวดโลหะชนิดต่าง ๆ ยาวชนิดละ 1 ฟุต	2 ชุด
4	โลหะลวดท่ง (แสดงการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน)	1 ชุด
	แสงสว่าง	
5	กระบอกไฟฉาย (ขนาดใช้ถ่าน 2 ก้อน)	1
6	กระจกเงามีขาตั้ง	1
7	แท่งแก้วปริซึม	1
8	ลูกโลกขนาดกลาง	1
9	เลนส์เว้าและเลนส์นูน	1 ชุด
	เสียง	
10	ส้อมเสียง	1
	แม่เหล็ก	
11	แม่เหล็กแท่ง	1 คู่
12	แม่เหล็กเกือกม้า	1
13	แม่เหล็กธรรมชาติ	1
14	แม่เหล็กแท่งเล็ก ๆ (กลม)	8
15	ผงตะไบเหล็ก	1 ขวด
16	เข็มทิศคัลบ	8
17	เข็มทิศบนขาตั้ง	1

เลขที่	รายการ	จำนวนที่ควรจะมี อย่างน้อยที่สุด
18	กระดิ่งไฟฟ้า	1
19	ออกไฟฟ้า	1
20	ไฟฟ้าสถิตเกิดจากการขัดถู (ฮีโบนต์ แท่งแก้ว ผ้าขนสัตว์ ฯลฯ)	1 ชุด
21	ลวดอาบนํ้ายาเบอร์ 36 (ทองแดง)	2 ชุด
22	ลวดคอกไม้หวาย	2 ชุด
23	สายไฟหุ้มฉนวน (พลาสติก)	10 เมตร
24	เซลล์แห้ง 6 โวลต์	2
25	หลอดไฟ 15 โวลต์	1 โหล
26	สวิทช์ไฟฟ้าแบบบาร์	2
27	สวิทช์คิกผนัง	8
28	ลวดใช้ทำฟิวส์ เครื่องชั่งดวงวัด	1 ชุด
29	ไม้เมตรและไม้หลา	4 / 4
30	แถบวัดตัว	4
31	ล้อโต	8
32	ถ้วยตวง (1 ปาณ) พลาสติก	2
33	ช้อนตวง	2 ชุด
34	กระป๋องตวง (1 ลิตร $\frac{1}{2}$ ลิตร)	1
35	ปีเปคค์โป่งกลาง 10 ซี.ซี.	1
36	บูเรคค์ 10 ซี.ซี.	1
37	กระป๋องยูเรคา 350 ซี.ซี.	4

10.5.4.3 วัสดุสิ้นเปลืองและเบ็ดเตล็ด

เลขที่	รายการ	จำนวนที่ควรจะมี อย่างน้อยที่สุด
1	ค่างทับทิม	1 ขวด
2	ไอโอดีน (เกลือ)	1 ขวด
3	น้ำยาทิงเจอร์ไอโอดีน	1 ขวด
4	คินประสิว	1 ขวด
5	แอลกอฮอล์ (จุกไฟ)	1 ขวด
6	วาสลิน	1 คัดับ
7	สำลี	1 ปอนด์
8	เทียนไข	3 ท่อ
9	ลูกโป่ง	1 โหล
10	กระดาษแข็งสีขาว	2 โหลแผ่น
11	กระดาษแข็งสีค่า	2 โหลแผ่น
12	กระดาษลอกลาย	2 โหลแผ่น
13	กระดาษคาร์บอน	1 โหลแผ่น
14	กระดาษขาว	1 ม้วน
15	กลีเซอริน	1 ขวด
16	จุนสี	1 ขวด
17	สารส้ม	1 ขวด
18	น้ำมันก๊าด	1 ขวด
19	แมงกานีสไดออกไซด์	1 ขวด
20	โปแตสเซียมคลอไรด์	1 ขวด
21	ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	1 ขวด

เลขที่	รายการ	จำนวนที่ควรจะมี อย่างน้อยที่สุด
23	ริบบิ้นสีแดง	1 ม้วน
24	สก๊อตเทป	1 ม้วน
25	เครื่องมือผ่าตัด	1 ชุด
26	ค้อนตอกตะปู	1
27	ปากคีบ	1
28	ไขควง	1 ชุด
29	คีมปากจิ้งจก	1
30	มีดพับ	1
31	กรรไกรตัดกระดาษ	1
32	กรรไกรตัดสังกะสี	1
33	เลื่อยฉลุ	1
34	หัวแร้งบัดกรี ตะกั่วบัดกรีและน้ำยา	1 ชุด
35	ตะไบสามเหลี่ยม (ตัดหลอดแก้ว)	1
36	เลื่อยเล็ก	1
37	สว่านเจาะไม้	1
38	กากเพชรตัดกระดาษ	1
39	เลื่อยตัดโลหะ	1
40	เข็มหมุด คลิป เปิกกดกระดาษ	อย่างละ 1 กล่อง

พิเศษ กล่องจุลทรรศน์กำลังขยาย 450-600 เท่า

10.5.5 เครื่องมือที่ควรมีไว้ในห้องเรียน แม้ว่าเครื่องมือเหล่านี้จะไม่ใช้เพื่อการสอนโดยตรง แต่จะช่วยในการสร้างและแก้ไขเครื่องมือ-เครื่องใช้ต่าง ๆ ที่จะเป็นจะต้องมีใช้อยู่เสมอ เครื่องมือเหล่านี้ได้แก่

ไขควงขนาดต่าง ๆ	คีมขนาดต่างๆ
มีด	ตะไบ
เลื่อยสำหรับเลื่อยไม้	เลื่อยตัดเหล็ก
ประแจ-กุญแจเลื่อน	กรรไกรตัดกระดาษ
สว่าน-คอกสว่าน	หัวแล้ง
วงเวียน	ไม้เมตร-ตลับวัด
ปากกาช่างไม้	กุญแจบล๊อค
ฯลฯ	ฯลฯ

เครื่องมือเหล่านี้ ควรจะเก็บรักษาให้อยู่ในสภาพที่เรียบร้อยและพร้อมที่จะใช้งานได้โดยสะดวก ตามปรกติแล้วมักจะเก็บไว้ในตู้หรือกล่องเครื่องมือ (apparatus kit)

10.6 การเก็บรักษาและการให้บริการ

ผู้อ่านคงจะได้เรียนรู้มาแล้วว่า การสอนวิชาวิทยาศาสตร์หรือกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตนั้นจะผิดแผกแตกต่างไปจากการสอนวิชาอื่นๆ ที่จะต้องอาศัยวัสดุ, อุปกรณ์, เครื่องมือ เครื่องใช้มากมาย สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้อาจจะมีทั้งสิ่งของทำงาน, หาง่าย, ใช้คดลอง, ราคาถูก หรือใช้สภาพสิ่งแวดล้อมมาสร้างเสริมเติมเต็มได้ แต่ในบางครั้งครูผู้สอนจะต้องเสาะหาวัสดุ-อุปกรณ์ที่มีค่า, ราคาแพง เพื่อนำมาใช้แล้วจะต้องเก็บรักษา-ดูแลให้ดี จึงจำเป็นต้องมีการเก็บ, รักษาและนำมาบริการให้ดีและมีประโยชน์มากที่สุด

ข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้ จะช่วยให้ผู้อ่านได้รู้จักวิธีการใช้, การรักษาและการให้บริการได้เช่น

10.6.1 โต๊ะทดลอง-ม้านั่ง ควรมีขนาดพอเหมาะกับวัยของเด็กที่จะทำให้งิจกรรมได้สะดวก สำหรับเด็กในชั้นประถมนั้น โต๊ะทดลองควรมีลักษณะที่สร้างขึ้นเพื่อให้แบบ

อเนกประสงค์, การจัดให้มีระเบียบในรูปแบบต่าง ๆ กันจะช่วยให้เกิดความสนใจแก่เด็กได้เป็นอย่างดี ยิ่งช่วยรักษาความสะอาดอยู่เสมอแล้วย่อมจะสร้างลักษณะนิสัยที่ดีให้แก่เด็กเพื่อเป็นพื้นฐานที่ดีของนักวิทยาศาสตร์ในอนาคต

10.6.2 ตู้-ชั้น สำหรับเก็บเครื่องมือ, วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อป้องกันการสูญหาย, และสะดวกต่อการเก็บรักษาเพื่อจะได้นำมาใช้ในโอกาสต่อไป

10.6.3 โต๊ะสาธิตสำหรับครูและเด็ก ควรมีไว้สำหรับครูและเด็กได้แสดงกิจกรรมต่าง ๆ ตามความเหมาะสม

10.6.4 น้ำ เป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องมีไว้ให้พร้อมเพื่อการทดลอง, ทำสารละลาย, ทำความสะอาดอุปกรณ์ ถ้าโรงเรียนตั้งอยู่ในบริเวณที่ไม่มีน้ำประปา ควรภาชนะใส่น้ำสะอาดไว้ให้มากพออยู่เสมอ

10.6.5 กระแสไฟฟ้า หมายถึง ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งอาจจะได้มาจากถ่านไฟฟ้า, แบตเตอรี่ เพื่อประกอบการทดลอง (บางทีอาจจะแปลงมาจากไฟฟ้ากระแสสลับก็ได้)

ไฟฟ้ากระแสสลับ ส่วนใหญ่เป็นกระแสไฟฟ้าที่ได้มาจากแหล่งผลิตขนาดใหญ่เพื่อใช้ประโยชน์ทั้งด้านแสงสว่างและพลังงานในด้านอุตสาหกรรมตลอดจนเครื่องใช้ภายในบ้าน

10.6.6 แหล่งความร้อน เช่น กระจกแอลกอฮอล์, กระจกจากเตาแก๊ส หรือจากแหล่งความร้อนในรูปแบบอื่น ๆ

10.7 ความปลอดภัย (Safety)

เมื่อกล่าวถึง "ความปลอดภัย" ในห้องเรียนวิชาวิทยาศาสตร์นั้น ผู้แต่งมิได้มุ่งที่จะสร้างความหวັนวิตกหรืออันตรายใด ๆ ให้แก่ครู ผู้ปกครองหรือสังคมแต่ประการใด วัตถุประสงค์ที่สำคัญเพื่อต้องการจะชี้ให้ครูได้พึงตระหนักว่า "ในกระบวนการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์นั้น ควรจะมีวิธีการป้องกันอุบัติเหตุในทุก ๆ สถานที่และโอกาสประการใดบ้าง" เพราะในบรรยากาศของการเรียนการสอนนั้น ถ้าหากว่ามีอุบัติเหตุเกิดขึ้นโดยปราศจากการเตรียมการป้องกันแล้ว ย่อมมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพต่อการเรียนรู้ของเด็กอย่างแน่นอน

เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่า โดยเนื้อแท้ที่บริสุทธิ์ของวิชาวิทยาศาสตร์นั้นย่อมมีทั้ง

คุณอนันต์และโทชมหันธ์ ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับนักวิทยาศาสตร์และผู้นำผลของวิทยาศาสตร์ไปใช้ว่า จะมีผลกระทบต่อนุชนชาติมากน้อยประการใดบ้าง นอกจากนั้นเครื่องมือ-เครื่องใช้ วัสดุ-อุปกรณ์ ต่างๆ ที่มนุษย์ใช้กันเป็นประจำอยู่นั้น หากผู้ใช้ไม่ได้รับการชี้แนะอย่างถูกต้องหรือเหมาะสม แล้วก็ย่อมจะมีอันตรายเกิดขึ้นได้ เช่น เครื่องไฟฟ้า สารเคมี ยารักษาโรค เครื่องยนต์ ทั้งนี้เป็นต้น เพราะฉะนั้นเพื่อความปลอดภัยจึงเป็นการเหมาะสมที่ "เด็กควรจะได้รับ การสั่งสอน-อบรมถึงอันตรายที่จะพึงเกิดขึ้นเสียก่อนที่จะได้รับประสบการณ์โดยตรง" เพราะถ้าคิดว่าจะรอให้เด็กมี ประสบการณ์จากอุบัติเหตุก็นั้น อาจจะมีผลเสียหายต่อชีวิต-ทรัพย์สินที่ไม่น่าเสี่ยง และไม่คุ้มค่า อย่างยิ่ง ซึ่งจะเป็นการสอดคล้องกับคติที่ถือปฏิบัติกันอยู่ทั่วไปว่า "การป้องกันดีกว่าการแก้" นั้นเอง

นอกจากนั้นผู้แต่งมีความสำคัญอยู่ตลอดเวลาว่า ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์หรือ กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ตลอดจนวิชาอื่นใดก็ตาม จะต้องเป็นหน้าที่และความรับผิดชอบ ของครูผู้สอนที่จะต้องคอยอบรมสั่งสอน ชี้แนะให้เด็กได้พึงระมัดระวังในเรื่องอุบัติเหตุจากการใช้ วัสดุ-อุปกรณ์ สารเคมี อุปกรณ์ไฟฟ้า การเก็บของ, การช่วยกันดูแลบำรุงรักษาห้องเรียน บริเวณให้สะอาดเรียบร้อยอยู่เสมอเพราะ "ความปลอดภัยเป็นสิ่งที่ต้องป้องกันได้ ถ้าหากว่าหาก เราจะมี ความสำนึกหรือความระมัดระวังอยู่ตลอดเวลา มิฉะนั้นแล้วอุบัติเหตุหรือความสูญเสีย จะเกิดขึ้นได้ดังสมการ :

สถานะการณ์ที่เป็นอันตราย + ความผิดพลาดของมนุษย์ - อุบัติเหตุ

สมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งสหรัฐ (NSTA) ได้แต่งตั้งคณะกรรมการครูวิทยาศาสตร์ ซึ่งมี Robert A. Dean เป็นหัวหน้าคณะทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเรื่องความปลอดภัยใน ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษา (Safety in the Elementary Science Classroom) พอที่จะสรุปเพื่อเป็นข้อพึงปฏิบัติได้ดังต่อไปนี้

10.7.1 เมื่อมีอุบัติเหตุเกิดขึ้น ครูควรปฏิบัติการดังต่อไปนี้

10.7.1.1 รายงานให้ผู้บริหารรับทราบ

10.7.1.2 แจ้งพยาบาลหรือผู้รับผิดชอบมาช่วยเหลือ

10.7.1.3 ในกรณีที่เป็นอุบัติเหตุที่ร้ายแรง

- 1) ต้องรีบรายงานโรงพยาบาลโดยเร่งด่วน
- 2) รายงานพ่อ-แม่ หรือผู้ปกครองทันที
- 3) ให้พยาบาลหรือผู้รับผิดชอบให้การปฐมพยาบาลเบื้องต้น
แต่มีไข้เป็นการรักษา, ให้อาหารโดยไม่จำเป็นหรือเสี่ยงอย่าง
เด็ดขาด

10.7.2 การนำสัตว์เข้ามาใช้ในการสอน

ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์หรือกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตนั้นจำเป็นจะต้องเกี่ยวข้องกับสิ่งที่มีชีวิต โดยเฉพาะสัตว์ประเภทต่าง ๆ จึงเป็นการสมควรที่ครูผู้สอนจะต้องมีมาตรการที่ป้องกันอุบัติเหตุจากสัตว์เหล่านั้น เช่น กรณีสัตว์ที่เลี้ยงดูด้วยน้ำนม อาจจะต้องระวังทั้งสัตว์และลูกของมันกัด, ช่วน, หรือคิก-เตะเอาได้ สัตว์เลี้ยงบางอย่างเช่น แมว สุนัข กระต่าย ต้องคอยระมัดระวังในขณะที่อุ้ม - จับ หรือย่ำรบกวน, เข้าเหยียบในขณะที่มันกินอาหาร ข้อเสนอนี้ควรจะไปแจ้งควรจะเป็นข้อสังเกตที่จะช่วยลดอุบัติเหตุได้

- 10.7.2.1 ไม่ควรอนุญาตให้เด็กนำสิ่งที่มีชีวิตหรือสัตว์ใด ๆ ที่เป็นพาหนะของเชื้อโรคเข้ามาในห้องเรียน
- 10.7.2.2 เมื่อจำเป็นจะต้องนำสัตว์หรือสิ่งที่มีชีวิตเข้ามาในห้องเรียน ควรจะมีกรงใส่ไว้อย่างปลอดภัยและเหมาะสม
- 10.7.2.3 สัตว์ทุกชนิดที่จำเป็นจะต้องนำมาใช้ประกอบการสอนควรเป็นสัตว์ที่นำมาจากแหล่งที่มั่นใจว่าไม่มีอันตรายจากโรคติดต่อหรือคร่าภัย
- 10.7.2.4 เมื่อมีเด็กคนใดนำสัตว์เข้ามาในห้องเรียนครูควรคอยแนะนำไม่ให้เด็กเข้าไปรบกวนสัตว์ เพราะอาจเป็นอันตรายได้
- 10.7.2.5 ในกรณีที่นำสัตว์แปลก ๆ เข้ามาในห้องเรียน เด็ก ๆ ควรหลีกเลี่ยงที่จะเข้าไปจับเล่น เพราะอาจจะเป็นอันตรายเนื่องจากความไม่ระวังของสัตว์นั้นได้
- 10.7.2.6 ครูควรแนะนำไม่ให้เด็ก แหย่หรือรังแกสัตว์ เพราะอาจจะทำให้สัตว์เหล่านั้นทำร้ายได้

10.7.2.7 ครูแนะนำให้เด็กรู้จักจับ-ถ่มส้วที่ถูกต้อง

10.7.2.8 หากไม่แน่ใจว่าส้วจะทำให้อันตรายได้ ควรมีเครื่องป้องกัน เช่น การสวมถุงมือ

10.7.3 การนำพืชเข้ามาสอน

ครูส่วนมากมักจะเสนอแนะให้เด็กรู้จักศึกษาค้นคว้า หรือเปรียบเทียบพืชต่าง ๆ ที่อยู่รอบๆ ตัวเราแต่มีพืชหรือพันธุ์ไม้หลายชนิดที่อาจจะเป็นอันตรายได้ข้อที่พึงปฏิบัติดังต่อไปนี้

10.7.3.1 เด็ก ๆ ไม่ควรทดลองกิน, เคี้ยวพืชใด ๆ โดยไม่จำเป็น ทางที่ดีครูควรเสนอแนะให้เด็กทราบว่า ลักษณะของพืช ผลไม้และผักที่กินได้เป็นอย่างไร

10.7.3.2 เด็กไม่ควรเหยียบหรือ踐ผลไม้บางอย่างเล่น เพราะจะเป็นอันตรายต่อผิวหนัง หรือส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย

10.7.3.3 อย่าสูด, ดม หรือดมควันที่เกิดจากเผาพืชโดยไม่จำเป็น

10.7.3.4 ครูควรขอคำแนะนำจากแพทย์, พยานหรือผู้รู้เกี่ยวกับพืชที่เป็นพิษ, อันตรายที่เกิดจากยาง, กลิ่น, เมล็ด เมื่อสัมผัสหรือกินโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์

10.7.4 การป้องกันนัยน์ตา

โดยเหตุที่ตาเป็นอวัยวะที่สำคัญต่อการดู การสังเกต, การอ่าน, การใช้เครื่องมือเด็ก ๆ จึงควรได้รับการแนะนำวิธีการรักษานัยน์ตา หรือใช้สายตาให้ถูกต้องอยู่เสมอ ดังข้อเสนอนี้

10.7.4.1 ครูควรแนะนำให้เด็กรู้จักใช้สายตาที่ถูกต้องและเหมาะสม

10.7.4.2 แนะนำให้เด็กรู้จักการดูแลนัยน์ตาด้วยวิธีการที่ถูกต้อง หรือควรปรึกษาแพทย์

10.7.4.3 ในกรณีที่เด็กต้องปฏิบัติกิจกรรมที่อาจจะมีอันตรายต่อสายตาคูควรชี้แจงให้เด็กฟังระมัดระวังอยู่ตลอดเวลา

10.7.4.4 เด็ก ๆ อาจจะต้องใช้เครื่องมือที่ต้องตรวจสอบด้วยสายตาร่วมกันครูควรจะเน้นความสะอาดเป็นกรณีพิเศษเพื่อ-

ป้องกันโรคติดต่อทางตา

10.7.4.5 การทดลองบางอย่างเด็กควรมีเครื่องป้องกันสายตา, ใบหน้า โดยใช้นุ่น, แผ่นฉากโปร่ง ใส่ป้องกันเปลวไฟ, ความร้อน การกระเด็นของวัตถุ ฯลฯ

10.7.5 การปฐมพยาบาล

การปฐมพยาบาล หมายถึง การดูแลช่วยเหลือบุคคลที่ได้รับอุบัติเหตุ หรือ เจ็บป่วยในขั้นต้นเท่านั้น มิใช่เป็นการรักษา, ให้อาหรือปฏิบัติการทางแพทย์แต่อย่างใด เพราะ การรักษาที่ถูกต้องนั้นจะต้องเป็นหน้าที่ของแพทย์หรือบุคคลที่ได้รับการฝึกอบรมมาแล้วเท่านั้น

ในกรณีที่มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นภายในห้องเรียนหรือในระยะเวลาที่อยู่ในความดูแล ของครูนั้น ครูจะต้องมีหน้าที่รับผิดชอบในการปฐมพยาบาลเป็นเบื้องต้นข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้ จะช่วยให้ครูสามารถปฏิบัติการภารกิจได้ผลดี

10.7.5.1 จงอย่าตื่นตกใจ, ตื่นตระหนกตกใจจนเกินเหตุ และป้องกัน ให้มีการหลุมุนหรือเข้ามารุมล้อม ควรให้การปฐมพยาบาลในเบื้องต้นตามวิธีการที่เหมาะสม

10.7.5.2 ถ้าผู้ได้รับอุบัติเหตุแสดงอาการอึดอัดควรผายปอด หรือ ผ่อนคลายเครื่องแต่งตัวให้หลวม

10.7.5.3 กรณีได้รับบาดเจ็บเสียโลหิตต้องรีบห้ามโลหิตตามวิธีการที่ ถูกต้อง

10.7.5.4 ป้องกันอย่าให้ผู้ได้รับอุบัติเหตุ ช็อคหรือหมดสติ โดยการ ช่วยให้ผู้ป่วย นิ่ง, นอนในท่าที่เหมาะสม, ห้ามโลหิต, ห่มผ้า หรือได้รับอากาศบริสุทธิ์ถ่ายเท อยู่ตลอดเวลา

10.7.6 ทักษะศึกษา

ทักษะศึกษาเป็นกิจกรรมที่ได้รับความนิยมนักครูและเด็กว่าเป็นสิ่งที่น่าสนใจ แต่ การทักษะศึกษาแต่ละครั้งนั้นควรจะได้มีการวางแผนที่ดี มีเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่เด่นชัด และการทักษะศึกษาแต่ละครั้งนั้นจะต้องช่วยทำให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าวได้เป็นอย่างดี

10.7.6.1 ครูจะต้องตระหนักอยู่ตลอดเวลาว่าการพาเด็กออกไปทักษะศึกษานั้น เพื่อประโยชน์ทางการศึกษาที่มีวัตถุประสงค์อย่างแน่นอน มิใช่เพื่อเหตุอื่น ๆ

10.7.6.2 การพาเด็กไปทัศนศึกษาจะต้องได้รับอนุญาตจากผู้บริหาร
ได้รับการเห็นชอบจากผู้ปกครอง แต่ต้องมีครูควบคุมดูแลอย่างใกล้ชิด

10.7.6.3 การพาเด็กไปทัศนศึกษา จะต้องออกเดินทางภายหลังจาก
ได้รับการอนุมัติเรียบร้อยแล้ว

10.7.6.4 ควรมีรายการแสดงให้เด็กได้รู้ล่วงหน้าว่า ควรเตรียมตัว
อย่างไร เช่น จะต้องมียาติดตัว-อุปกรณ์ เครื่องมือ, การแต่งตัว ตลอดจนการป้องกันอุบัติเหตุไว้
อย่างครบถ้วน-เช่นการไปเยี่ยมชมโรงงาน, ป่า, ล่าธาร, ชายทะเล ฯลฯ

10.7.6.5 ครูควรจัดกลุ่มเด็กช่วยกันดูแล ตรวจสอบตราสภาพความ
ปลอดภัย, การอำนวยความสะดวก เช่น อาหาร, เครื่องดื่ม, เครื่องปฐมพยาบาล, การติดต่อก ฯลฯ
หรือในกรณีที่มีปัญหาเกิดขึ้น ควรจะปฏิบัติการณ์อย่างไรไว้ให้พร้อม

10.7.6.6 ต้องรายงานผลการทัศนศึกษาให้ผู้บริหารและผู้ปกครอง
ทราบทุกครั้ง

10.7.7 การป้องกันไฟ

อุบัติเหตุที่เกิดจากไฟ-ความร้อนนั้น อาจเกิดขึ้นได้เสมอ เพื่อความไม่ประมาท
ครูวิทยาศาสตร์ควรจะได้เตรียมการป้องกันเกี่ยวกับเรื่องไฟซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ทั้งในห้องเรียน
วิทยาศาสตร์หรืออาคารเรียนหลังอื่น ๆ ภารกิจเบื้องต้นแรกของครูได้แก่การกำจัดบริเวณเกิดเพลิง
ให้หมดไปโดยเร็วที่สุด ปัญหาที่ต้องตระหนักอยู่ที่ว่าครูนั้นไม่เพียงแต่จะรู้ว่า เครื่องมือดับเพลิง
เช่น แหล่งน้ำ, ถังทราย, ผ้าหนา ๆ, สัญญาณเพลิงไหม้ และน้ำยาดับเพลิงอยู่ที่ไหนเท่านั้น แต่
ทว่าจะต้องรู้จักวิธีการใช้เครื่องมือเหล่านั้นได้อย่างถูกต้อง รวดเร็วและบังเกิดผลคืออีกด้วย

ภารกิจที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่ครูจะต้องเร่งกระทำเมื่อมีเพลิงไหม้เกิดขึ้น ได้แก่
การนำเด็กออกไปจากบริเวณที่จะเป็นอันตราย ครูควรจะได้ประเมินสถานการณ์ไว้ด้วย ว่า
เพลิงไหม้ที่เกิดขึ้นนั้นจะมีอันตรายมากน้อยเพียงใด และแจ้งสัญญาณเตือนภัยให้เร็วที่สุด

ครูจะต้องมีความรู้และความสามารถที่จะกำจัดเพลิงไหม้ภายในห้องวิทยาศาสตร์
ได้เป็นอย่างดีว่า สาเหตุของเพลิงที่เกิดขึ้นนั้นเนื่องมาจากอะไร ข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้จะเป็น
ข้อมูลเพื่อเตรียมการได้เป็นอย่างดี

10.7.7.1 ถ้าสาเหตุของเพลิงไหม้เกิดจากเชื้อเพลิงพวกไม้, ผ้า, กระดาษ

หรือเชื้อเพลิงธรรมชาติที่ติดไฟได้แก่ น้ำ เพื่อทำให้สารเชื้อเพลิงชุ่มชื้นลดอุณหภูมิไม่ให้ถึงจุดติดไฟ ในโรงเรียนบางแห่งอาจใช้น้ำยาดับเพลิงพ่นก็ได้

10.7.7.2 ถ้าสาเหตุเพลิงไหม้เกิดจากน้ำมัน, ก๊าซ, สีทา หรือเชื้อเพลิงของเหลวประเภทอื่นๆ จะต้องใช้เครื่องมือดับเพลิงประเภทก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สารเคมีแห้ง หรือ ฟอง เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศ (ออกซิเจน) เข้าไปเพิ่มในบริเวณเพลิงไหม้มากขึ้น

ข้อควรระวัง การใช้เครื่องดับเพลิงประเภทก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ต้องพ่นก๊าซไปยังบริเวณเปลวเพลิง อย่าหันปลายกระบอกฉีดก๊าซเข้าหาตัวเองเพราะจะเป็นอันตรายจากการสูดหายใจจากคาร์บอนไดออกไซด์เข้าร่างกาย ถ้าเครื่องดับเพลิงนั้นเป็นสารเคมีแบบฟอง ควรฉีดฟองของเชื้อดับเพลิงไปยังบริเวณเชื้อเพลิงที่กำลังจะไหม้อย่างฉีดฟองดับเพลิงลงบนเปลวเพลิงที่กำลังลุกไหม้อยู่

10.7.7.3 ถ้าสาเหตุของเพลิงไหม้เกิดจากกระแสไฟฟ้า ต้องใช้เครื่องดับเพลิงที่ไม่เป็นพวกตัวนำไฟฟ้าควรใช้เครื่องดับเพลิงประเภทก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือสารเคมีแห้งดับจะปลอดภัยที่สุด และข้อสำคัญจะต้องรีบยกสวิชต์คัทกระแสไฟฟ้าก่อนลงมือดับเพลิง

10.7.7.4 สาเหตุเพลิงไหม้ที่เกิดจากวัตถุเชื้อเพลิงอื่น ๆ เช่น แมกนีเซียม, ปอแคชเชียม, โซเดียม เครื่องดับเพลิงที่ดีที่สุดได้แก่ ทราแยแห้ง ที่ควรจะต้องหาเตรียมไว้ ในบางอุตสาหกรรมอาจจะมีสารดับเพลิงพิเศษสำหรับเชื้อเพลิงดังกล่าวแต่ทว่าเป็นสิ่งที่มีราคาแพง

ผู้แต่งใคร่เสนอแนะว่า ครู-นักเรียนหรือผู้ปกครองก็ควรจะต้องระมัดระวังเพลิงไหม้ที่เกิดจากเชื้อเพลิง 3 ประเภทแรก และวิธีการดับเพลิงให้ดีที่สุดเพราะมักจะเป็นอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นอยู่เสมอ

10.7.8 อุบัติภัยจากห้องเก็บของหรือใส่ป้ายชื่อผิด

ห้องเก็บของ (อุปกรณ์-เครื่องมือ-เครื่องใช้-สารเคมี) และการไม่มีชื่อป้ายบอกกล่าวหรือติดป้ายผิดย่อมสร้างปัญหาหรืออุบัติเหตุให้เกิดขึ้นได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการมีห้องเก็บของไม่พอเพียง ไม่มีการวางแผนหรือการขาดความระมัดระวัง ย่อมสร้างปัญหาขึ้นได้ตลอดเวลา ขอเสนอแนะเพื่อขจัดปัญหาต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้

10.7.8.1 พื้นที่ของห้องเก็บของควรกว้างขวางมากพอ เพื่อขจัดความแออัด

อันจะทำให้การเก็บการรักษา การนำออกมาใช้ไม่สะดวกเท่าที่ควร ชั้นเก็บสิ่งของความกว้าง และลึกมากพอที่เก็บเข้าของได้ ทั้งนี้ขนาดของชั้นที่เก็บของจะต้องแข็งแรงอีกด้วย

10.7.8.2 ความสูงของชั้นเก็บของบางชนิดต้องพิจารณาให้เหมาะสม เช่น ชั้นเก็บสารเคมีที่มีอันตราย, เครื่องแก้วขนาดใหญ่และวัตถุที่มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก ควรที่จะเก็บไว้บนชั้นที่ไม่สูงนักเพื่อสะดวกต่อการขนย้ายหรือนำออกไปใช้ ในกรณีที่ต้องเก็บไว้บนชั้นที่สูงและเด็กต้องช่วยขนย้าย ควรมีโต๊ะหรือบันไดช่วยเตรียมไว้ให้พร้อม

10.7.8.3 ภาชนะบรรจุ ต้องพิจารณาในความสะดวกต่อขนาด, น้ำหนักและการเคลื่อนย้ายที่จะไม่ทำให้เกิดอันตราย โดยเฉพาะพวกสารเคมีที่เป็นอันตรายต่อระมัดระวังมากขึ้น

10.7.8.4 การเก็บวัสดุที่เป็นอันตราย เช่น สารระเหยง่าย, สารประเภทติดไฟง่าย ต้องเก็บไว้ในที่มีฉนวน ห่างไกลจากแสงแดด, แหล่งความร้อน, สวิตช์ไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารเคมีที่มีปฏิกิริยาต่อกันจะต้องเก็บไว้ในภาชนะที่มีการป้องกันอย่างดีและเก็บไว้ในที่ห่างไกลกัน

10.7.8.5 การติดป้ายชื่อ วิธีการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับโรงเรียนประถมศึกษา ได้แก่การติดป้ายชื่อทั้งหน้าห้อง-หน้าชั้นเก็บของ รวมทั้งติดชื่อวัสดุ-อุปกรณ์-เครื่องใช้อย่างครบครัน การเขียนชื่อป้ายจะต้องเขียนให้ชัดเจน อ่านง่าย

ในบางกรณี เช่นการใช้เครื่องมือบางอย่าง ควรจะบอกวิธีการใช้ การถ่ายเท, การผสม, ข้อควรระมัดระวังให้พร้อม สารเคมีบางชนิดควรมีป้ายชื่อทั้งทางวิทยาศาสตร์และชื่อสามัญเข้าไว้ด้วย

วัสดุใด ๆ ที่ไม่มีป้ายชื่อที่เด่นชัดควรตรวจสอบอยู่เสมอ

10.7.8.6 การเคลื่อนย้ายวัสดุสิ่งของ ถ้ากระทำโดยปราศจากความระมัดระวัง อาจจะมีอันตรายเกิดขึ้นได้ เช่น วัสดุที่มีน้ำหนัก, ขนาดใหญ่, สารเคมีที่เป็นอันตราย, เครื่องใช้ไฟฟ้า, ของมีคม, เครื่องแก้วและอุปกรณ์ที่มีค่าราคาแพง ควรให้คำแนะนำแก่เด็ก เพราะจะเป็นการป้องกันอุบัติเหตุและสร้างนิสัยที่ดีงามให้แก่เด็กได้เป็นอย่างดี

10.7.9 การใช้เครื่องมือและวัสดุต่าง ๆ

ในการทดลอง, การจัดกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์นั้น จำเป็นจะต้องใช้เครื่องมือ

อุปกรณ์ต่างๆ ทั้งนี้เพื่อเพิ่มพูนประสิทธิภาพการเรียนรู้ของเด็กให้มากขึ้นและเป็นการสร้างเสริมประสบการณ์การใช้อุปกรณ์และเครื่องมือเหล่านั้นอีกด้วย แต่สิ่งที่สำคัญอยู่ที่ว่าครูจะต้องคอยให้คำแนะนำที่ถูกต้องแก่เด็กเพื่อให้เครื่องมือและอุปกรณ์เหล่านั้นอย่างเคร่งครัด ดังข้อเสนอแนะต่อไปนี้

10.7.9.1 เครื่องใช้เกี่ยวกับกระแสไฟฟ้า มีข้อควรระวังดังนี้

- 1) อย่าจับต้องหรือสัมผัสเครื่องใช้ด้วยกระแสไฟฟ้าในทันทีที่ใช้เครื่องมือเสร็จ เพราะความร้อนจะเป็นอันตรายได้
- 2) อย่าใช้ลวด, ตัวนำไฟฟ้าใด ๆ ต่อดัดวงจรจากแบบเตเซอร์หรือแหล่งกำเนิดไฟฟ้า จะเกิดอันตรายจากความร้อน
- 3) ควรแยกปลั๊กไฟฟ้าให้ห่างจากที่เสียบปลั๊ก (เวลาแยกจากกันให้จับตัวปลั๊กดึงออก อย่าดึงด้วยสายไฟฟ้า)
- 4) อย่าต่อกระแสไฟฟ้าออกไปใช้โดยไม่จำเป็น

10.7.9.2 เครื่องใช้-อุปกรณ์ที่ทำด้วยแก้ว ข้อควรระวังมีดังต่อไปนี้

- 1) ควรระวังเครื่องแก้วที่มีความคมจากขอบของแผ่นกระจกปริซึม ควรลบคมเหล่านั้นด้วยการขัดหรือทาคัวยสีหยาบ ๆ
- 2) ระวังอย่าให้เด็กเสียบ, สอดแท่งแก้วปลายขรุขระเข้าไปในท่ออย่างด้วยฝ่ามือ ปลายขรุขระของแท่งแก้วอาจจะทิ่มตำฝ่ามือเป็นบาดแผลได้, วิธีการที่ดีควรใช้สารหล่อลื่นทาแท่งแก้วเสียก่อน

10.7.9.3 เครื่องมือที่ทำงานด้วยพลังไฟฟ้า โดยทั่วไปแล้วในห้อง

ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ อาจจะมีเครื่องใช้พลังไฟฟ้าขนาดเล็กหลายอย่าง เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า, บัคกรีไฟฟ้า, เต้าไฟฟ้า, พัดลมไฟฟ้า ครูควรแนะนำการใช้ที่ถูกต้องอยู่เสมอ เช่น ควรใช้ปลั๊ก 3 ขา เพื่อลดการกระตุกของกระแสไฟ

10.7.9.4 เครื่องใช้ต่าง ๆ ที่ใช้ด้วยมือ เช่น ฆ้อง, ไซควง, กรรไกร;

คีมตัดลวด, มีด ฯลฯ เด็ก ๆ จะต้องใช้ด้วยความระมัดระวังและใช้ตามวัตถุประสงค์ที่นำมาใช้

10.8 กฎความปลอดภัยที่เด็กพึงปฏิบัติ

ในข้อ 10.7 นั้นส่วนใหญ่จะเป็นเรื่องราวที่ครู-ผู้บริหารจะต้องเตรียมการเพื่อความปลอดภัยไว้เพื่อไม่ให้อุบัติเหตุเกิดขึ้นแก่เด็ก แต่ข้อเสนอนี้ต่อไปนี้เป็นข้อปฏิบัติสำหรับเด็กทุกคน พอสรุปได้ดังต่อไปนี้

- 10.8.1 เด็กต้องปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ตามข้อชี้แนะของครูโดยเคร่งครัด
- 10.8.2 เด็กพึงระมัดระวังความปลอดภัยของเพื่อนนักเรียนทั้งในห้องปฏิบัติการ และการออกไปทัศนศึกษา
- 10.8.3 เด็กพึงแสดงกิจกรรมตามที่ครูได้กำหนดไว้ (ยกเว้นในกรณีที่ได้รับอนุญาตเป็นพิเศษ)
- 10.8.4 เมื่อเกิดอุบัติเหตุใด ๆ ต้องรีบรายงานให้ครูทราบทันที
- 10.8.5 เด็กไม่ควรปฏิบัติกรใด ๆ ในห้องทดลองโดยปราศจากการนิเทศของครู
- 10.8.6 เด็กไม่ควรใช้เครื่องมือ, อุปกรณ์ใด ๆ ก่อนได้รับคำแนะนำ หรือทดลองใช้จนมั่นใจว่าจะสามารถใช้ได้ดี
- 10.8.7 นักเรียนไม่ควรนำสารเคมีมาใช้ก่อนได้รับคำชี้แจงวิธีการใช้และรู้ถึงอันตรายที่จะพึงเกิดขึ้น
- 10.8.8 ไม่สมควรที่จะเล่นเครื่องมือ-อุปกรณ์ต่าง ๆ โดยที่ไม่ได้รับอนุญาตจากครูเสียก่อน
- 10.8.9 เด็กต้องรู้ว่าเครื่องดับเพลิงอยู่ ณ ที่ใด มีวิธีการใช้อย่างไร รวมทั้งดูยาสำหรับปฐมพยาบาล
- 10.8.10 เด็กจะต้องไม่นำเครื่องมือ-อุปกรณ์วัสดุต่าง ๆ ออกไปจากห้องเรียน ห้องปฏิบัติการก่อนได้รับอนุญาต
- 10.8.11 ในการถ่ายเทสารเคมีออกไปใช้ จะต้องระมัดระวังในเรื่องการหก, กระจาย กระเด็นไปถูกผิวหนัง, เครื่องแต่งตัว, พื้นโต๊ะ-ห้องเรียน ครูควรแนะนำวิธีการถ่ายเท, การทำความสะอาดให้เด็กทราบเสียก่อน
- 10.8.12 นักเรียนควรศึกษาเกี่ยวกับกิจกรรมต่าง ๆ ก่อนที่จะลงมือปฏิบัติทุกครั้ง

เพราะนอกจากจะไม่เป็นการเสียเวลาแล้ว ยังจะเป็นการป้องกันความ
ผิดปกติและลดอุบัติเหตุได้

- 10.8.13 ต้องล้างมือหรือส่วนต่างๆ ของร่างกายทุกครั้งในทันทีที่สัมผัสกับสาร
ที่เป็นอันตราย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อสารเคมีเข้าไปในลูกตาต้องล้าง
ด้วยน้ำสะอาดหลาย ๆ ครั้ง
- 10.8.14 เมื่อใช้หลอดทดสอบทดลองกับความร้อน เช่น ตะเกียง ต้องคอยระวังที่
จะไม่สัมผัส ไม่มองโดยปราศจากความระมัดระวังหรือต้องไม่หันปลาย
กระบอกทดสอบพุ่งเข้าหาใบหน้าตนเองและผู้อื่น
- 10.8.15 การให้ความร้อนหรือเผาของเหลวในหลอดทดสอบควรขยับหลอดทดลอง
ขึ้นลงอย่าให้ความร้อนตรงที่ใดที่หนึ่งโดยเฉพาะมิฉะนั้นจะทำให้ของเหลว
ในหลอดทดสอบที่ร้อนจนเดือดพุ่ง-พุ่งออกมาอาจจะเป็นอันตรายได้
- 10.8.16 ในกรณีที่จะทดสอบกลิ่นจากหลอดทดสอบหรือภาชนะใด ๆ ให้ใช้มือ
โบกกลิ่น-หรือกาซให้ผ่านจมูก อย่าสูดกลิ่นโดยตรง
- 10.8.17 การให้เด็กปฏิบัติการในห้องที่มีการถ่ายเทอากาศที่ดี กลิ่น, ไอระเหยของ
สารบางอย่างจะเป็นอันตรายต่อระบบหายใจหรือนัยน์ตาได้
- 10.8.18 เด็กทุกคนควรมีผ้ากันเปื้อนเพื่อความสะอาดและปลอดภัยจากของเหลว,
สารเคมี ฯลฯ
- 10.8.19 สารระเหยและคิกไฟง่าย เช่น แอลกอฮอล์ ควรให้อยู่ห่างจากแหล่งความ
ร้อนหรือเปลวไฟ
- 10.8.20 ภาชนะที่ใช้บรรจุของเหลวที่เป็นอันตราย เช่น กรด, ด่าง, ฯลฯ ไม่ควร
มีขนาดใหญ่และไม่ควรให้เด็กเคลื่อนย้ายถ่ายเท
- 10.8.21 ต้องระวังหรือชี้แจงอย่าให้เด็กผสมน้ำกับกรดเข้มข้นโดยเด็ดขาดครูต้อง
เตรียมกรดเจือจางไว้ให้พร้อม เวลาผสมให้ค่อย ๆ เทกรดผสมลงไปในน้ำ
คราวละน้อย ๆ และคอยกวนอยู่เสมอ
- 10.8.22 ในกรณีที่เด็กจะต้องเคลื่อนย้ายสารเคมีที่มีอำนาจกัดกร่อนสูงเป็นอันตราย
เช่น กรดเกลือ, กรดกำมะถัน กรดดินประสิวที่เข้มข้น โซดาไฟ ต้องใช้

ความระมัดระวังเป็นพิเศษ

- 10.8.23 ไม่ควรทดสอบเคมีกลงไปในภาชนะที่บรรจุเคมีโดยไม่จำเป็นและต้องระวังฝา, จุกภาชนะอย่าสับเปลี่ยนกันเพราะอาจจะเป็นอันตราย
- 10.8.24 การงอหลอดแก้วจะต้องกระทำด้วยความระมัดระวังอย่างยิ่ง เช่น วางหลอดแก้วที่งอแล้วลงบนแผ่นลวดรองรับให้เย็นเสียก่อนแล้วจึงเริ่มงอส่วนที่เหลือต่อไป
- 10.8.25 อย่าพยายามค้นแท่งแก้ว, เทอร์โมมิเตอร์หรือเครื่องใช้อื่น ๆ ที่ทำด้วยแก้วเข้าไปในจุกยางหรือจุกไม้กอร์ก โดยใช้แรงเกินไปหรือไม่ได้น้ำมันหล่อลื่น เช่น วาสลินเสียก่อน
- 10.8.26 เครื่องมือที่มีความกดดันสูง ก่อนใช้ควรศึกษาวิธีการใช้ หรือได้รับคำแนะนำเสียก่อนและจะต้องปฏิบัติตามด้วยความระมัดระวัง
- 10.8.27 การนำสัตว์เข้ามาทดลอง จะต้องอุ้ม, จับด้วยความระมัดระวัง
- 10.8.28 เศษวัสดุ, น้ำเสีย, อุปกรณ์ที่ชำรุดแตกเสียหายต้องนำไปเก็บไว้ในภาชนะที่เตรียมไว้ อย่าทิ้งให้เกะกะ
- 10.8.29 จะต้องทำความสะอาดห้องเรียน ห้องทดลอง หรือบริเวณทำกิจกรรมให้สะอาดเรียบร้อยอยู่เสมอ วัสดุ-อุปกรณ์-เครื่องมือชิ้นใดที่ชำรุดเสียหายต้องรายงานให้ครูทราบ
- 10.8.30 เด็กจะต้องไม่นำสารเคมี, อุปกรณ์, เครื่องมือออกไปจากห้องปฏิบัติการโดยไม่ได้รับอนุญาตจากครูเป็นอันขาด
- 10.8.31 เด็ก ๆ จะต้องไม่กิน, ชิม, สวาทใด ๆ ในห้องทดลองก่อนได้รับคำแนะนำ
- 10.8.32 อย่าทำรอยเปื้อน, คำหมีใด ๆ บนร่างกาย บนเสื้อผ้าก่อนได้รับคำแนะนำ
- 10.8.33 อย่าแตะ, สัมผัส เครื่องมือที่เพิ่งผ่านการใช้มาในทันทีทันใด จะเป็นอันตรายต่อร่างกาย
- 10.8.34 อย่าใช้ตัวนำลัดวงจรไฟฟ้า
- 10.8.35 ระวังการใช้เครื่องมือที่มีคม, ปลายแหลม
- 10.8.36 อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีแรงดัน (voltage) สูง จะต้องให้ครูเป็นผู้ใช้

ในเรื่องความปลอดภัยภายในห้องเรียน-ห้องทดลองหรือภายนอกโรงเรียนนั้นผู้แต่งมีความสำคัญอยู่เสมอว่าครูผู้สอน-ผู้บริหาร-ผู้ปกครองจะต้องร่วมมือกันอยู่ตลอดเวลาโดยเฉพาะอย่างยิ่งครูผู้สอนจะต้องรับผิดชอบในเรื่องการเตรียมการอย่างรอบคอบบริเวณที่สุก ข้อเสนอนี้จะต้องต่อไปนี่น่าจะเป็นประโยชน์ได้ไม่น้อยถ้าหากว่า ครู-สถานศึกษาจะทดลองนำไปใช้

- 1) ในการจัดการการสอนวิชาวิทยาศาสตร์หรือกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตควรจะได้มีการเน้นในเรื่องความปลอดภัย
- 2) เตรียมกฎ, ระเบียบและแนวปฏิบัติให้เด็กได้เข้าใจก่อนเข้าห้องเรียน, ลงมือจัดกิจกรรมและออกไปทัศนศึกษา
- 3) ตำรวจตรวจสอบสภาพความพร้อม ความเรียบร้อยของห้องปฏิบัติการ
- 4) ครูตรวจสอบเทคนิควิธีการทดลอง, การสาธิต ตลอดจนแนะนำประเด็นที่จะเป็นอันตรายหรือก่อให้เกิดอุบัติเหตุได้
- 5) ตรวจสอบสภาพสายไฟ, แหล่งพลังงานให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้โดยปลอดภัย
- 6) ตรวจสอบสภาพประตู-หน้าต่าง ที่จะสะดวกต่อการถ่ายเทอากาศ
- 7) ในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุ ควรชี้แจงการปฏิบัติตนให้แก่เด็กให้เข้าใจอย่างแจ่มแจ้ง
- 8) อย่าเข้มงวดกวดขันจนเกินไป ซึ่งจะเป็นสาเหตุให้เด็กเกิดความวิตกกังวลจนไม่สามารถจะกล้าลงมือปฏิบัติการใด ๆ ด้วยความมั่นใจ ข้อสำคัญการชี้แจงอย่างแจ่มแจ้ง ปราศจากข้อสงสัย, การจัดสภาพห้องเรียน สิ่งแวดล้อมให้เกิดความอยากเรียนรู้การทำงานอย่างมีระบบ ครูสอนด้วยเทคนิควิธีการน่าสนใจ, เข้าใจแล้ว การเรียนรู้ของเด็กย่อมเกิดประโยชน์ได้มากที่สุด

10.9 บทสรุป

สาระสำคัญ ๆ ของบทนี้พอสรุปได้ดังนี้

- 10.9.1 การจัดการที่เหมาะสมทั้งภายในห้องเรียนและสภาพสิ่งแวดล้อมย่อมส่งเสริมให้กระบวนการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพสูงสุด
- 10.9.2 ความสัมพันธ์ระหว่างครูกับเด็กจะเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งต่อการสร้าง

บรรยากาศของการเรียนรู้ที่มีคุณค่าอย่างยิ่ง

- 10.9.3 การปรับปรุงสภาพของห้องเรียนอาจจะทำได้หลายรูปแบบที่ครูผู้สอนอาจจะดัดแปลงให้เหมาะสมตามสภาพสิ่งแวดล้อม
- 10.9.4 การปรุงแต่งสภาพสิ่งแวดล้อมหรือการใช้ทรัพยากรในทุกรูปแบบของห้องเรียนย่อมมีประโยชน์ต่อการสอนวิทยาศาสตร์หรือกลับสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตได้มากที่สุด
- 10.9.5 มีเนื้อหาสาระสำคัญประมาณ 11 หัวเรื่องที่จะช่วยให้เด็กในระดับประถมศึกษาศึกษามีพื้นฐานทางวิชาวิทยาศาสตร์ คือ ระบบอายตนะทั้ง 5 และการชั่ง-ตวง-วัด, จักรวาล, ร่างกายมนุษย์, สุขภาพ-อาหาร-อนามัย, สภาพแวดล้อมแหล่งทรัพยากร, ประชากรศาสตร์, มลภาวะ การใช้พลังงาน, เทคโนโลยีและคุณภาพชีวิต
- 10.9.6 เด็กควรจะต้องได้รับการฝึกอบรมโดยกระบวนการของการบูรณาการในทุกรูปแบบเพื่อนำความรู้, ทักษะ, วิธีการนำไปใช้, การแก้ปัญหาและสร้างเจตคติที่ดีงามและมีคุณค่าต่อกรรมค่าในชีวิต
- 10.9.7 ปัจจัยสำคัญที่เด็กจะต้องได้รับการฝึกอบรม โดยควรเน้นกิจกรรมจากสภาพสิ่งแวดล้อมวัสดุ-อุปกรณ์ โดยมีครูเป็นผู้ชี้แนะ เพื่อให้เด็กสามารถรู้จักการคิด การทำ และการแก้ปัญหาด้วยตัวของเด็กเอง
- 10.9.8 กิจกรรมหรือการจัดห้องเรียนให้เกิดประโยชน์นั้น จะต้องอาศัยวัสดุ-อุปกรณ์-เครื่องมือที่ครบครัน โดยให้การบริหารที่เหมาะสม
- 10.9.9 วัสดุ-อุปกรณ์ที่จะช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนบังเกิดผลดีนั้นอาจจะนำมาจากสภาพสิ่งแวดล้อมประมาณร้อยละ 60 ครูอาจประดิษฐ์จากวัสดุที่หาง่ายราคาถูกและเครื่องมือใช้ภายในครอบครัวอีกอย่างละร้อยละ 15 ประมาณร้อยละ 10 จะต้องซื้อหาจากแหล่งที่ผลิตขึ้นมาจำหน่าย
- 10.9.10 ครูควรจะต้องมีเครื่องมือ-อุปกรณ์ที่เหมาะสมเพื่อแก้ไข, สร้าง, ซ่อมอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ชำรุดหรือเสียหาย
- 10.9.11 ครูจะต้องสร้างกฎ ข้อบังคับหรือข้อแนะนำการใช้วัสดุ-อุปกรณ์-เครื่องมือ

อย่างเหมาะสมเพื่อป้องกันอุบัติเหตุ

- 10.9.12 การระมัดระวังความปลอดภัยทั้งภายในและภายนอกห้องเรียนเป็นความรับผิดชอบของครูผู้สอนจะต้องตระหนักอยู่ตลอดเวลา
- 10.9.13 แม้จะมีข้อกำหนดกฎเกณฑ์เพื่อป้องกันอุบัติเหตุมากเพียงใดก็ตามครูควรมั่นใจอย่างระมัดระวังเพื่อไม่ให้เกิดความหวั่นวิตกให้แก่เด็กมากจนเกินไปเพราะจะมีผลเสียต่อการเรียนรู้ของเด็ก

10.10 คำถามท้ายบท

- 10.10.1 ถ้าต้องการจะจัดห้องเรียนให้เหมาะสมกับสภาพการเรียนรู้ของเด็กให้ดีที่สุดนั้นควรจะจัดการอย่างไร
- 10.10.2 ท่านคิดว่า การใช้ห้องปฏิบัติการกับการปรับปรุงสภาพสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์จะมีข้อดีข้อเสียผิดแผกแตกต่างกันอย่างไร
- 10.10.3 ในการจัดบรรยากาศในห้องเรียนโดยเน้นการปฏิบัติเป็นหลักนั้นควรมีปัจจัยที่สำคัญอะไรบ้าง
- 10.10.4 ถ้าท่านเป็นครูในโรงเรียนขนาดกลางและอยู่ในชนบทและต้องการให้เด็กเป็นกำลังสำคัญในการจัดกิจกรรม ท่านควรจะทำอย่างไรจึงจะทำให้การสอนวิชาสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตได้บรรลุผลดีที่สุด
- 10.10.5 ครูควรจะทำอย่างไรจึงจะช่วยลดอุบัติเหตุในการเรียนการสอนได้ผลดี
- 10.10.6 จงบรรยายถึงข้อควรระมัดระวังในการสร้างความปลอดภัยในห้องทดลองระหว่างโรงเรียนในเมืองกับโรงเรียนในชนบท
- 10.10.7 ถ้าท่านต้องการให้เด็กช่วยกันสร้างอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ท่านควรดำเนินการอย่างไรบ้าง
- 10.10.8 ครูจะมีวิธีการอย่างไรจึงจะใช้ทรัพยากรในทุกรูปแบบมาเป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้อาจารย์ให้มากที่สุด

10.10.9 ครูควรจะแนะนำเด็กอย่างไรจึงจะสร้างนิสัยที่ดีต่อการระมัดระวังอุบัติเหตุ
ได้ดี

10.10.10 ให้เด็กค้นคว้า-เสาะหาว่า เครื่องใช้ต่าง ๆ ภายในบ้านมีอะไรบ้างที่จะ
ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

บรรณานุกรม

กรมวิชาการ, กระทรวงศึกษาธิการ, คู่มือการอบรมครูเรื่องการใช้หลักสูตรประถมศึกษา พุทธศักราช ปี 2521, 2522

กรมวิชาการ, กระทรวงศึกษาธิการ, แผนการสอนกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5, กรุงเทพฯอมรินทร์การพิมพ์, 2524

กรมวิชาการ, กระทรวงศึกษาธิการ, แนวการใช้หลักสูตรประถมศึกษา พุทธศักราช 2521, กรุงเทพฯ
เซ็นทรัล เอกซเพรสศึกษาการพิมพ์, 2522

บุญถิ่น อัตถากร และทองค้อ ยัมประทุม, ตำรวจครูพิเศษมัธยมวิชาวิทยาศาสตร์-เคมี,
พระนคร, กุรุสภา, 2509

พิทักษ์ รัชชพลเดช, พฤติกรรมแบบวิทยาศาสตร์, จุฬาสรรพมาคมการศึกษาแห่งประเทศไทย,
กุมภาพันธ์, 2524

มังกร ทองสุคิ, โครงสร้างของการศึกษาวิทยาศาสตร์, หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู,
กรุงเทพฯโรงพิมพ์คุรุสภา ลาดพร้าว, 2521

มังกร ทองสุคิ, ความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์, พระนคร : บัณฑิตการพิมพ์, 2522

มังกร ทองสุคิ, ครูวิทยาศาสตร์, พิชญโลก, ฝ่ายเอกสารการพิมพ์ วิทยาลัยครูพินดสงคราม, 2523

สาโรช บัวศรี, พุทธศาสนากับการศึกษาแผนใหม่, พระนคร, กุรุสภา, 2511

สาโรจน์ บัวศรี, ความรู้สำหรับครูเรื่องบูรณาการ, กรุงเทพฯ, รุ่งเรืองสาสน์การพิมพ์, 2521,

สุมิตร คุณากร, หลักสูตรการสอน, กรุงเทพฯ ชวนการพิมพ์, 2520

ลีปปนนท์ เกตุทัต แนวความคิดว่าด้วยการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี : นโยบายทาง
วิทยาศาสตร์และการพัฒนา, วิทยาศาสตร์, 5 : 41-49, 2516

Adams, R.S. and Biddle, B. J. *Realities of Teaching*, Golt, Rinehart and Winston, 1970

Anderson, Hans O., and Kontnik, Paul G., *Toward More Effective Science I
Instruction*,

New York, Macmillan Co., 1972

- Anderson, O. Roger, *The Experience of Science*, New York, Teachers
 AmiDon, E.J. and Flanders, N.A. , *The Role of the Teacher in the Classroom*,
 Minneapolis,
 Association for Productive Teaching, 1967
- Atkin, Myron J., "Behavioral Objectives in Curriculum Design", *Science Teacher*, Vol
 35, May, 1968
- Ausubel, David P., "An Evaluation of the Conceptual Schemes Approach to Science
 Curriculum Development", *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 3,
 issue4, 1965
- Ausubel, David P. *The Psychology of Meaningful Verbal learning*, New York,
 Grune and Stratton, 1963
- Ausubel, David P. "the Transition Form Concrete to Abstract Cognitive Functioning"
Journal of Research in Science Teaching, 2 : 4, No 3,
- Ausubel, David P. and Robinson, F.G., *School Learning*, Holt Rinehart and Winston,
 New York, 1969
- Barnes, D. and Britton J., " Language", *the Learner And the School*, Penguin, 1969
- Bedwell, Lance E. , *The Effects of two Differing Questioning Strategies on the
 Achievement and Attitudes of Element Pupils*, Paper Presented to the
 national association for research in Science Teaching, Los Angeles, March, 1975
- Bishop, A. J. and Whitfield, R.C., *Situations in Teaching*, New York, Mc Graw
 Hill, 1972
- Bloom, B.S. Graw Hill Book Co., 1976
- Bloom, Benjamin B., *Taxonomy of Educational Objective S*, New York, David
 McKey Co., 1956
- Brandwent, Paul E., *Building Curricular Structures of Science*, Washington
 D.C., NSTA, 1967
- Brandwent, Paul, et al. "Teaching Highschool Biology," *A Guide to Working with
 Potential Biologists*, BSCS Bulletin No.2, Boulder, Colorado, 1962
- Bronowski, J., and Belling Ursula "Language, Name and Concert, *Science*, Vol 148,
 May, 1970
- Bruner, J.S., *the Process of Education*, Cambrivge Universiyt Press, 1960

- Bruner, J.S. *Toward a Theory of Instruction*, Mass. Howard University Press, 1966
- Bruner, Jerowe, "Liberal Education for All Youth", *Science Teachers*, 32, (November)1965
- Busey, L.J., *A Study of the Relationship of Classroom Questions and Social Studies Atudies Achievement of Second Grade Students.*, Doctoral Dissertation, University of Washington, 1971
- Bybee, Roger W., "The Laboratory is Vital in Science Instruction in the Secondary School", *Science Teachers*, 21, February, 1981
California State Department of Education, *Science Framework*, Los Angeles, Californin State Department of Education, 1960
- Carin, A. A. and Surd, R.B., *Teaching Science Through Discoveries*, Merrill, 1970
- Carin, Arthur A. and Sund, Robert B., *Teaching Modern Science*, Columbus, Ohio, Charles E. Merril Publishing Co., 1970
- Cohen, Robert S., "Individuality and Common Purpose, the Philosophy of Science", *Science Teacher*, 27, May, 1964
- Collette, Alfred T., *Science Teaching in the Secondary School*, Boston, Allyn and Bacon Inc., 1973
- Conant James B., *Science and Common Sense*, New Haven, Yale University Press, 1951
- Dale, R.R. , *Mixed or Single - Sex School ?*, Routledged Kegan Paul, 1969
- Dewey, John., *The School and Society*, Carbondale, Southern Illinois University Press, 1980
- Dieserich, Pual B., "Component of the Scientific Attitude", *Science Teacher*, Vol. 34, 1967.
- Duckworth, E., "Piaget Rediscovered," *Journal of Research in Science Teaching* , Vol 2, March, 1964
- Einstein, Alvert and infeld, Leopold, *The Evolution of Physics*, New York, Simon and Schuster, 1958
- Evans, K.M., *Sociometry and Education*, Routledge and Kegan Paul. 1962.
- Flander, N.A., *Analyzing Teacher Behavior*, Addison-Wesley, 1970

- Flander, N.A., *Teacher Influence*, No. 12, U.S. Department of Health, Education and Welfare, 1965
- Fensham, Peter J., *An Introduction to Out-of-School Science Education in Asia and the Pacific* : Bulletin of the Unesco Regional office for Education in Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand, 1982
- Gagne, R.M., *The Conditions of Learning*, Holt, Rinehart and Winton, 1970
- Gagne, R.M., and Briggs, Leslie J., *Principle of Instruction al Design*, New York, Holt, Holt, Rnehart and Winston Inc., 1973
- Galembo, Milton, *Work-a- Test in Physical Science*, New York, Cambridge Book Co., 1966.
- Gaudry, E., and Spielberger, C.D., *Anxiety and Educational Achievement*, New York, John Wiley and Sons, 1971
- Good, Carter V., *Dictionary of Edevcation*, New York, Mcgraw-Hill, 1973
- Haney, Richard E., "The Development of Scientific Attitude", *Science Teacher*, 31 : 8, 57, December, 1964
- Hardin, Elizabeth H., *Dimensions of Pupils' Interest in Science*, Michigan, Ann Arbor, 1964
- Hildreth, Gertrwde H., *Introduction to the Gifted*, New York, Mcgraw-Hill, 1966
- Hoggio, Sheila, *Integrated Science*, Paris, UNESCO, 1974
- Holt, John, *How Children Fail*, New York, Pitman Publishing Cor P., 1964
- Hudgins, B.H., and Ahlbrand, W.P. "some Properties of formal Teacher and Pupls Classroom Interaction, *Psychology in the School*, 7,3, 1970
- Hurd, Pual DeHart, *New Directions in Teaching Secondary School Science*, Chicage, Rand Me Nelly and Co., 1971
- Illich, ivan., *Deschooling Society*, New York, Harper and Row, 1974
- Karplus, Robert and Thier, Herbert D., *A New Loök at Elementary School Science*, Chicage, Rand-McNally, 1967
- Kerr, J.F., *Changing the Curriculum*, University of London Press, 1968
- Kerr, J.J., *Practical Work in in School Science*, Leicester University Press, 1964
- Konde, Alan K., *The Study of the Questioning Beâavior of Teachers* , Doctoral

- Dissertation, Teachers College Press, Columbia University, New York, 1968
- Kranzer, Herman C., "Children and Their Science Teachers", *Journal of Research in Science Teaching*, 1 : 181, 1963
- Kuslan, Louis I., and Stone, A. Harris, *Teaching Children Science*, California, Wadsworth Publishing Co., 1968
- Lamb, William G., "Ask a higher-level Question", *Science Teacher*, 43 (4), April, 1976
- Life Science Library, *A Guide to Science*, New York, Time Life Books, 1969
- Lucas, Stephen B., and Bwplando, Andrew B., "The New Science Methods and Reading", *Language Arts*, Vol. 52, September 1975
- Lunetta, Vincent N., "The Laboratory in Vital in Science Instruction in the Secondary School", *Science Teachers*, Vol.21, (February), 1981
- Martorella, Peter H., *Concept Learning : Design for Instruction*, San Francisco, Intext Educational Publishers, 1972
- Matyar, M., *The Role of The I.C.S.U.*, Committee in The Teaching Science, Offset Awbin, 1977
- May, P.R., *Moral Education*, Methuen, 1971
- Mc Glathery, Glenn., "Analyzing the Questioning Behaviors of Science Teacher", *What Research Says to the Science Teacher*, Vol.1 , Washington, National Science Teachers association, 1978
- Mink, O.P., "Experience and Gognitive Structure", *Juwrnal of Research Science Teaching*, Vol. 2, March, 1964
- Moore, John A., *Biological Science : An Inquiry Into Life*, New York, Harcoart, 1963
- Morrison, A. and McIntyre, D., *Teachers and Teaching*, Penguin, 1969
- National Science Teachers Association, *Theory into Action*, Washington D.C., National Science Teachers Association, 1964
- National Society For the study of Education, *Rethinking of Science Education*, Chicago, Chicago, University of Chicago Press, 1960
- Nuffield Biology, *Introducing Living Things*, Longman, Penguin, 1966
- Nuffield Chemistry, *Introduction and Guilde*, Longman, Penguin, 1966

- Pella Milton O., "Concept Learning in Science", *Science Teacher*, Vol. 37, No. 9, December, 1966
- Phillips, John L., *The Origins of Intellect*, San Francisco, W.N. Freeman and Co. 1969
- Planck, Max, *The New Scientist*, New York, Meridian Books, 1959
- Platt, Myles M., "Concepts and Curriculum", *Social Education*, Vol. 27, January, 1963
- Reed, Horace B. "Implication For Science Education of Teacher Competence Research", *Science Education*, December, 1962
- Rinner, John W., and Stafford, Don G., *Teaching Science in Secondary School*, New York, Harper and Row, 1972
- Renner, John W. and Stafford, Don G., *Teaching Science in The Secondary School* New York, Harper and Row Publishing, 1972
- Rintz, R.R., *Educational Research Laboratory*, Athen, University of Georgia, 1975
- Rice, Joseph P., *The Gifted*, Illinois, Charles C. Thomas, 1970
- Romey, William D., *Inquiry Techniques for Teaching Science*, New Jersey, Prentice-Hall Inc., 1968
- Rowe, M.B., "Relation of Wait time and Rewards on the Development of Language, Logic, and Fate Control", *Journal of Research in Science Teaching*, 11 (4), 1974
- Rowe, M.B., "Wait time and Rewards as Instructional Variables", *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 11, 1974
- Royce, Joseph R., "The Search for Meaning", *American Scientist*, Vol. 47, 1959
- Savahe, T.V., *A Study of the Relationship of Classroom Questions and Social Studies Achievement of Fifth Grade Children*, Doctoral Dissertation, University of Washington, 1972
- Schwab, Joseph J. "Science as Inquiry", *The Teaching of Science*, Cambridge University Press, 1962
- Scottist Education Department, *Science for General Education*, Pwblished by UNESCO, 1977
- Scott, Norval C. Jr., "The Strategy of Inquiry and Styles of Categorization", *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 4, issue 3, 1966
- Shecvles, Mary, *Building Childrens' Science Concepts*, New York, Bureaw of

- Publication, Teachers College, Columbia University, 1964
- Shulman, L., and P. Tamar, *The Second Handbook of Research on Teaching* Rand McNally and Co., Chicago, Illinois, 1973
- Soar, Robert and Ruth, *Conceptions of Teaching*, McCutchan Publishing Corp., Berkeley, California
- Soar Robert S., "New Development in Effective Teaching", *The American Biology Teacher*, January, 1968
- Steers, Richard M. "Task Goal Attributes, Need Achievement and Supervisory Performance", *Resources in Education*, October, 1955
- Steven, Romiett, A Study of Class-Room Practice, *Teachers College*, Columbia University, New York, 1962
- Suchman, J. Richard, "The Child and Inquiry Process", *Intellectual Development* Washington D.C., Association for Supervision and Curriculum Development, 1964
- Sund, Robert B. and Trowbridge, Leslie W., *Teaching Science by inquiry in the Secondary School*, Ohio, Charles E. Merrill Publishing Co., 1973
- Sutton Clive R., "Language and Communication in Science Lessons", *The Art of Science Teacher*, London, McGraw-Hill, 1974
- Taba, Hilda, "Strategy for Learning", *Science and Children*, September, 1969
- Tawney, Davil A., "The Nature of Science and Scientific Inquiry", *The Art of the Science Teacher*, London, McGraw-Hill, 1974
- Thier, Herbert D., *Teaching Elementary School Science*, Heath and Co., 1970
- Thurber, Waltera. and Collette, Alfred T., *Teaching Science in Today's Secondary School*, Boston, Allyn and Bacon Inc., 1964
- Viaud, Gaston, *Intelligence : Its Evolution And Form*, New York, Harper and Row Publishers, 1960
- Victor, Edward, "Jean Piaget", *Science and Children*, Vol. 18, November, 1980
- Victor, Edward, "The Inquiry Approach to Teaching and Learning", *Science and Children* March, 1967
- Ward, Beatrice A., and William J. Tikunoff", "Effective Teacher Educational Program", *Journal of Teacher Education*, Spring, 1976

- Washton, Nathan S., "Teaching Science Creatively", *Science Education*, Vol. 51, No. 5, December 1967
- Watson, F.R., "The Pupils' Thinking", *The Art of Science Teacher*, London, Mcgraw Hill, 1974
- Webster John., "A Science Program for the disadvantaged Child", *Science Aducation* 54 : 51, January-March, 1970
- Weiner, B., *Attributional Analysis of Achievement Motivation*, The American Educational Research Association, chicago, Arril, 1974
- Whitefield, R.C., *Cambridge Journal of Education*, 2 (2) Ester, 1974
- Whittle, Patrick A., "Teacher-Pupil Interaction", *The Art of Science Teacher*, London, Mcgraw-Hill, 1974
- William Bridhwater and Segmour Kurtz, *The Columbia Encyclopedia*, 3 R.D. ED., New York, Colwmbia University Press, 1963
- Wilson, E., *An Introuction the Scientific Research*, New York, McGra Hill, 1952

ดัชนี

- กฎ 41
กฎเกณฑ์ 37
กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต 348
การกำหนดปัญหา 248
การคัดเลือกปัญหา 248
การใช้อำนาจ 183
การทัศนศึกษา 267
การทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม 391-339
การทำกิจกรรมเป็นรายบุคคล 391-393
การบูรณาการแบบผสมผสาน 346
การบูรณาการในรายวิชา 343
การพัฒนาเด็กให้เป็นนักสืบสวนสอบสวน 328
การพัฒนาทางด้านสติปัญญา 197
การเรียนรู้ตลอดชีพ 341
การศึกษาด้วยตนเอง 244, 268, 342, 353
การศึกษานอกระบบ 285, 286
การศึกษานอกโรงเรียน 285, 286, 341
การสร้างพฤติกรรมสัมพันธ์ 191
การสอนคืออะไร 2
การสอนเป็นคณะ 266
การสอบไล่ 360
การสังเกต 34
การสาธิต 266, 342
การสำรวจ 214
การขยายบทบาท 288
กิจกรรมแบบผสมผสาน 353
กิจกรรมเพิ่มพูนทักษะ 258

- ขบวนการคิด 206
ขบวนการทักษะขั้นมูลฐาน 221, 223
ขบวนการทางวิทยาศาสตร์ 214
ขบวนการสืบสวนสอบสวน 262, 263
ขบวนการทางวิทยาศาสตร์ 214
ขอบข่ายของการบูรณาการ 343
ข้อเท็จจริง 35
ข้อสอบแบบแต่งความ 389
ขั้นตอนของวิธีทางวิทยาศาสตร์ 47, 49
คณิตศาสตร์ 339
ความเข้มข้นเต็มรูปแบบ 344
ความเข้มข้นในเชิงรวมกัน 344
ความเข้มข้นในเชิงผสมผสาน 344
ความเข้มข้นของการบูรณาการ 343, 344
ความมุ่งหมายในการสอนวิทยาศาสตร์ 327
ความยอมรับนับถือ 183
ความยืดหยุ่น 348
ความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงกับกฎเกณฑ์ 36
ความสัมพันธ์ระหว่างการค้นหาค้นหาทฤษฎีและการทดลอง 13
คอนเซป 339
คอมพิวเตอร์ 280, 353
คุณภาพชีวิต 290
คุณสมบัติของความคิดรวบยอด 64
คุณลักษณะของคำถาม 233
คุณลักษณะของเด็กมีความสามารถ 171
คุณลักษณะของเด็กเรียนดี 170
เครื่องมือกราฟิก 281
งานอดิเรกตลอดชีวิต 341

- จริยพิธี 201, 370
- จิตวิทยาการเรียนรู้ 113
- ชื่อเด็กนักเรียน 181
 - ชีวิตที่มีสมดุลย์ 302
- ฐานะทางสังคมของเด็ก 183
- เด็กที่มีปัญหา 172
- ตัวอย่างการตั้งคำถาม 241
- คำรา 342
- ทฤษฎี 39, 338
 - ทฤษฎีการเรียนรู้ 209, 325
 - ทักษะพิธี 370
 - ทักษะที่จำเป็น 210
 - ทักษะที่สำคัญ 389
 - ทักษะในเชิงวิทยาศาสตร์ 378
 - ทักษะในทางสังคม 182
 - ทัศนศึกษา 438
 - เทคนิค 227
 - เทคนิคการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 352
 - เทคนิคในการเตรียมการสอน 248
 - เทคนิคในการสอน 264
 - เทคนิคประกอบการศึกษาค้นคว้า 245
 - เทคโนโลยี 290, 338, 340
- นักเรียนระดับประถมศึกษา 344
- แนวทางการนำคำถาม 240
- บทบาทของครู 173, 246, 349
 - บทบาทของโรงเรียน 338
 - บุคลิกภาพของครู 350, 351
 - แบบของห้องปฏิบัติการ 259
 - แบบฉบับการสอน 174
 - ใบสั่งงาน 281-283

ปรัชญาของครู 350
ประชากร 289
ประเภทของคำถาม 232
ประโยชน์ของการจัดกลุ่ม 170
ประสบการณ์ 349
เป้าหมาย ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ 318
เป้าหมายในการสอนวิทยาศาสตร์
 ผลผลิต 338
 ผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ 214
 ผลดีของการบรรยาย 243
 ผลดีของการเรียนรู้ด้วยตนเอง 244
 ผลดีของการปฏิบัติกิจการ 257
 ผลดีของการปฏิบัติด้วยตนเอง 265
 ผลดีผลเสียของการสอนวิทยาศาสตร์ 127
 ผู้เรียน 347
พลศึกษา 203
พฤติกรรมของครู 182
พฤติกรรมที่เด็กแสดง 395-398
พิพิธภัณฑ์ทางทะเล 291
พืช 347
ทฤษฎีสถิต 198, 369, 371, 373
 ภาคปฏิบัติ 338
 ภารกิจสำคัญของครู 3
 มนุษยชาติ 341
 นิติ 274
ยุทธวิธี 350
ยุทธวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ 342, 351
 ระดับการเรียนรู้ 210
 ระดับของการปฏิบัติกิจการ 120

- ระดับของเป้าหมายทางการศึกษา 229
- ระบบคอนเซป 218
- ระเบียบวินัย 185
- วัยผู้ใหญ่ 338
- วิทยาศาสตร์ประยุกต์ 338, 340
- วิธีสอน 264
- วิธีสอนแบบค้นคว้า 242
- วิธีสอนแบบทดลอง 247
- วิธีสอนแบบสืบสวนสอบสวน 224
- วิธีแก้ปัญหา 309
- วิธีโอ 280
 - ศูนย์วิจัยวิทยาศาสตร์ 291
 - ศูนย์ศึกษาค้นคว้า 283, 293
- สมมุติฐาน 39
- สมาคมครูวิทยาศาสตร์ 218
- สมาคมวิทยาศาสตร์ 291
- สหวิทยาการ 344, 347
- สัตว์ 436
- สาขาของวิชา 338
- สิ่งแวดล้อม 347
- สุขภาพ 288
 - หลักสูตร 305, 312
 - ห้องปฏิบัติการ 187, 260
 - ห้องสมุด 342
- อริสโตเติล 338

บรรทัดที่	คำว่า	แก้เป็น
23	and	and the World of Work
สุดท้าย	body	body
2	กลุ่ม	กลุ่ม
422 7	Activety	Activity
8	Handbock	handbook
424 20	ผิดคิน	ผืนคิน
425 8	กล้ง	กลอง
15	เบ็ด	น็อค
428	ใส่วงเล็บปีกกาตลอดบรรทัดที่ 15-16	
429 5	4 4	4-4
431 3	ต่างทับทิม	ต่างทับทิม
435 17	สมาคม	สมาคม
443 23	ผิดหนึ่ง	ผิวหนึ่ง
444 3	สารี	สาร
14	อากาศ	อากาศ
445	ชำรุดแตก	ชำรุดแตก

มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์บุรีรัมย์