บทที่ 2

วรรณคดี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของคำว่า ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ และแสดงความคิดเห็น เกี่ยวกับทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ไว้ต่าง ๆ กัน ดังนี้

พจน์ สะเพียรชัย กล่าวว่า ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ คือ พฤติกรรมของคนที่แสดงออกถึงความสามารถต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ คือ

1. ทักษะในการสังเกต หมายถึง ความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสทั้งหลาย เป็นทางผ่านของความรู้ได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง และแม่นยำ

2. ทักษะในการวัด หมายถึง ความสามารถในการใช้เครื่องมือเพื่อหาความรู้หรือข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ ถูกต้อง และเลือกใช้เครื่องมือได้อย่างเหมาะสมกับสภาพการทดลอง ตลอดจนรู้จักรักษาเครื่องมือที่ใช้แล้วให้อยู่ในสภาพที่ดี รวมทั้งเมื่อใช้เครื่องมือใดก็ควรจะรู้จักวิธีการรักษาความปลอดภัยของทั้งตนเอง และความปลอดภัยของเครื่องมือด้วย

3. ทักษะในการบันทึกข้อมูลและสื่อความหมาย เมื่อนักเรียนสังเกตและใช้เครื่องมือวัดแล้ว นักเรียนต้องรู้จักจดบันทึก มีความแคล่วคล่องว่องไวในการจดบันทึกข้อมูล ตลอดทั้งสามารถถ่ายทอดข้อมูลให้มีความหมาย และจัดระบบหรือวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อการแปลความหมายให้ชัดเจนแจ่มแจ้งปราศจากอคติ

4. ทักษะในการจัดกระทำข้อมูล หมายถึง ทักษะในการนำข้อมูลที่จดบันทึกได้มาจัดระบบเสียใหม่ เพื่อให้มีความหมายและง่ายแก่การเข้าใจ อาจจะเป็นการย่อข้อมูลลับ จัดหมวดหมู่ ถ่ายทอดเป็นกราฟต่าง ๆ หรือ แผนภูมิ หรือ สรุปข้อมูลในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ได้

5. ทักษะในการแปลความหมายของข้อมูลและการสรุป หมายถึง ความสามารถในการตีความ ขยายความ และสรุปผลจากข้อมูลที่วิเคราะห์แล้ว ให้เป็นภาษาที่รัดกุมถูกต้องไม่คลุมเครือ

6. ทักษะในการสร้างสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการใช้ความรู้ ความคิดเดิมเพื่อเตาคำตอบของปัญหาที่ต้องการจะทดลอง หรือพิสูจน์โดยการค้นคว้าทดลอง

7. ทักษะในการออกแบบแผนและดำเนินการทดลอง หมายถึง ทักษะในการวางแบบแผนการทดลอง และควบคุมการทดลองได้อย่างเหมาะสม เลือกแบบแผนการทดลองได้ดีเหมาะสมสะดวกในการปฏิบัติ ง่ายแก่การดำเนินการ ตลอดทั้งประหยัดเวลา กำลัง และเงินทองด้วย ผู้ที่มีทักษะในการ

เลือกแบบแผนการทดลองนี้ จะใช้การทดลองที่ง่าย ประหยัดและได้ผลมาก

8. ทักษะในการคิดคำนวณ เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองในทางวิทยาศาสตร์ นั้นมักจะเป็นตัวเลข จึงมีความจำเป็นอีกประการหนึ่งที่นักเรียนจะต้องมีความสามารถในการคิดคำนวณเพื่อเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลให้ได้มา ซึ่งคำตอบหรือการแก้ปัญหาของการทดลองได้

9. ทักษะในการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติ หมายถึง ความสามารถที่จะมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างมิติต่าง ๆ เช่น ทิศทาง ขนาด รูปร่าง พื้นที่ เวลา เป็นต้น[1]

นิพนธ์ จิตต์ภักดี กล่าวว่า สิ่งที่จำเป็นในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คือ การส่งเสริมทักษะต่าง ๆ ให้เกิดขึ้นแก่ผู้เรียน ทักษะที่สำคัญคือ

1. ทักษะในการสังเกต
2. ทักษะการอธิบาย
3. ทักษะการทำนาย
4. ทักษะการสร้างสมมติฐาน
5. ทักษะการออกแบบการทดลอง
6. ทักษะการนำความรู้ไปใช้ให้เป็นประโยชน์ในชีวิตประจำวัน[2]

ประหยัด จันทร์ชมภู และ ประสพสันต์ อักษรมัต ได้ให้ความหมายของคำว่า "ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์" ไว้ว่า หมายถึงความคล่องแคล่วชำนิชำนาญในการเรียนวิทยาศาสตร์และครูต้องสอนให้นักเรียนเกิดทักษะ 2 ประการ คือ

1. ทักษะในการทำ หรือ การใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ครูต้องสอนให้นักเรียนรู้สิ่งต่อไปนี้

1.1 ให้เด็กมีทักษะในการหยิบ การใช้เครื่องอย่างถูกต้อง ชำนาญ รวดเร็ว และปลอดภัย

1.2 ให้เด็กมีทักษะในการเก็บรักษา และล้างทำความสะอาด

1.3 ให้เด็กรู้จักประดิษฐ์เครื่องมืออย่างง่าย ๆ

1.4 ให้เด็กสามารถสังเกต พิจารณาการบันทึก การชั่ง ตวง วัด และการทดลองต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

---

[1]พจน์ สะเพียรชัย, "การวัดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์", พัฒนาการวัดผล 10 (2517) : หน้า 49-51.

[2]นิพนธ์ จิตต์ภักดี, "การใช้คำถามในการเรียนวิทยาศาสตร์", ประชาศึกษา (ธันวาคม 2517) : หน้า 30-33.

1.5 ให้เกิดความเข้าใจ ความหมายของศัพท์วิทยาศาสตร์

2. ทักษะในการแก้หรือขบปัญหาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ คือ ทักษะความสามารถในเชิงสติปัญญา และการใช้ความคิดเพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง มีเหตุผล พฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดแก่เด็กที่เรียนวิทยาศาสตร์ คือ

2.1 การใช้วิธีการวิทยาศาสตร์ ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ

2.2 การนำความรู้เดิมประยุกต์เข้ากับความรู้ใหม่ และนำมาอธิบายได้

2.3 สามารถคาดคะเนสิ่งที่เกิดขึ้นต่อไป เมื่อมีการเปลี่ยนแปลง

2.4 รู้สึกค้นคว้าหาความรู้จากสิ่งต่าง ๆ

2.5 อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ตามหลักความจริงอย่างมีเหตุผล

2.6 มีความกระตือรือร้นที่จะหาทางทดสอบ หรือหาคำตอบปัญหาต่าง ๆ ด้วยการปฏิบัติทดลอง

2.7 ถ้าทำการทดลองไม่ได้ สามารถตัดสินใจใช้วิธีการอื่นที่เหมาะสมได้

2.8 สามารถรวมสิ่งต่าง ๆ ที่ได้พบเห็นมารายงานหรือเขียนได้[1]

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้รับมอบหมายจากกระทรวงศึกษาธิการให้ทำการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ขึ้นในปี พ.ศ. 2513 ทั้งนี้ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ว่า ควรให้นักเรียนได้รับทั้งเนื้อหาและกระบวนการวิทยาศาสตร์ไปพร้อม ๆ กัน จึงได้ประชุมผู้เชี่ยวชาญ และตกลงใช้ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ 9 ทักษะ ดังนี้

1. ทักษะการสังเกต หมายถึง ความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสทั้งห้า สังเกตปรากฏการณ์ และการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ได้อย่างละเอียดถูกต้องและรวดเร็ว (และต้องสังเกตอย่างตรงไปตรงมา สังเกตอย่างไรก็รายงานไปอย่างนั้น ไม่เอาความรู้เดิมมาสัมพันธ์เกี่ยวข้องด้วย)

2. ทักษะในการเลือกใช้เครื่องมือ หมายถึง ความสามารถในการเลือกเครื่องมือเครื่องใช้ได้อย่างเหมาะสม ใช้เครื่องมือนั้น ๆ ในการทำการทดลองได้อย่างถูกต้อง และรวดเร็ว รวมทั้งการอ่านหรือประมาณค่าที่ได้จากการวัดนั้นได้อย่างถูกต้อง หรือใกล้เคียง

3. ทักษะในการบันทึกข้อมูลและสื่อความหมาย หมายถึง ความสามารถในการบันทึกผลการสังเกต และผลการทดลอง การบันทึกข้อมูลอย่างมีระบบ จะช่วยให้ได้หลักฐานสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ขั้นต่อไป การใช้นิยามรวมทั้งการรายงานด้วยปากเปล่า โดยใช้ภาษาที่กระทัดรัดเข้าใจง่าย ถือเป็นทักษะในการสื่อความหมายอีกด้วย

---

[1]ประหยัด จันทร์ชมภู และ ประสพสันต์ อักษรมัต, วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ขั้นประถม (กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คุรุสภา, 2518), หน้า 23-24.

4. ทักษะในการจัดกระทำข้อมูล หมายถึง ความสามารถที่จะนำเอาข้อมูลต่าง ๆ มาจัดกระทำเสียใหม่ให้อยู่ในรูปที่มีความหมาย หรือความสัมพันธ์กันมากขึ้น เพื่อให้ง่ายต่อการแปลความหมายในขั้นต่อไป การจัดกระทำข้อมูลในขั้นนี้อาจทำได้หลายแบบ เช่น นำข้อมูลเหล่านั้นมาจัดจำแนกหรือจัดรูปเสียใหม่ เป็นตารางแผนภูมิ หรือสมการทางคณิตศาสตร์ เป็นต้น

5. ทักษะในการแปลความหมายข้อมูลและสรุป หมายถึง ความสามารถในการแปลความหรือสรุปความจากข้อมูลต่าง ๆ ที่รวบรวมได้อย่างสมเหตุสมผล และรวดเร็ว

6. ทักษะในการสร้างสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการคาดการณ์ หรือคาดคะเนความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ ที่มีอยู่ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล และอาจพิสูจน์ได้โดยการทดลอง

7. ทักษะในการออกแบบการทดลอง และดำเนินการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการคิดหาวิธีการทดลอง และทำเป็นการทดลอง พิสูจน์สมมติฐาน หรือตอบปัญหาข้อข้องใจต่าง ๆ

8. ทักษะในการคิดคำนวณ หมายถึง ความสามารถในการคิดคำนวณ หรือแปลความหมายของจำนวนต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ และรวดเร็ว

9. ทักษะในการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติ หมายถึง ความสามารถที่จะหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับสถานที่ รูปทรง ขนาด ทิศทาง ระยะทางพื้นที่ และเวลา เป็นต้น[1]

ต่อมาได้มีการประชุมผู้เชี่ยวชาญทางด้านทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ และได้สรุปทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่ควรจะเน้นให้เกิดกับนักเรียน ประกอบด้วย

1. การสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวกาย เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ โดยมีจุดประสงค์ที่จะหาข้อมูล ซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น ๆ โดยไม่ใส่ความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไป ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอาจแบ่งได้เป็น 3 อย่าง คือ ข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติ ข้อมูลเชิงปริมาณ (การนับและการกะประมาณโดยไม่ใช้เครื่องวัด) และข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง

ความสามารถในการสังเกตจะดูได้จาก ความถูกต้อง ความละเอียดถี่ถ้วน การสังเกตซ้ำหลายครั้ง การใช้ประสาทสัมผัสหลาย ๆ อย่างรวมกัน

2. การวัด หมายถึง การใช้เครื่องมือต่าง ๆ เข้าไปวัดหาปริมาณของสิ่งที่เราต้องการทราบขนาดของมันออกมาเป็นตัวเลข โดยมีหน่วยวัดที่สามารถเปรียบเทียบกันได้

---

[1] สายวิชาครูและหน่วยทดสอบ และประเมินผล สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี, "รายงานการสร้างแบบทดสอบทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์" (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2518), หน้า 8-9 (อัดสำเนา)

ความสามารถในการวัดจะดูได้จาก การเลือกใช้เครื่องมือสำหรับวัด วิธีการวัด และการวัดซ้ำแล้วหาค่าเฉลี่ยของการวัด

3. การจำแนกประเภท หมายถึง การจัดแบ่งวัตถุต่าง ๆ หรือสิ่งที่มีอยู่ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ ออกเป็นประเภทต่าง ๆ ซึ่งอาจจะจัดเป็นพวก กลุ่ม เหล่า หมู่ สกุล ชนิด หรืออย่างอื่น ในลักษณะนี้ โดยมีเกณฑ์ในการจัดแบ่ง เกณฑ์ที่ใช้นี้อาจจะใช้ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้

ความสามารถในการจำแนกประเภท จะดูได้จาก 3 อย่าง คือ

1. มีวัตถุรวมกันอยู่หลายอย่าง สามารถจำแนกออกเป็นหลายประเภทได้หรือไม่ โดยบอกเกณฑ์ในการจำแนกได้ด้วย

2. มีการจำแนกสิ่งของเป็นประเภทไว้แล้ว สามารถบอกเกณฑ์ที่ใช้ได้ หรือไม่

3. มีการกำหนดเกณฑ์ให้สามารถจัดวัตถุเข้าประเภทหรือไม่

4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา

สเปสของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างส่วนที่วัตถุนั้นครองที่อยู่หรือกินที่ สเปสของวัตถุจะมีรูปร่างลักษณะเช่นเดียวกันกับวัตถุนั้น สเปสของวัตถุโดยทั่วไปแล้ว จะมี 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว และความสูง

สเปสของวัตถุจะเปลี่ยนไปเมื่อเวลาเปลี่ยนไป เช่น ดินสอมี 1 มิติ แต่พอกลิ้งไปสเปสของมันจะเป็นรูป 2 มิติ (พื้นที่) พอจับหมุนสเปสของมันจะกลายเป็นรูป 3 มิติ (ทรงกระบอก)

การหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติ (ของวัตถุ) กับเวลา ก็คือหาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติที่เปลี่ยนไปของวัตถุกับเวลา (เช่นความสูงของต้นไม้กับระยะเวลาที่ผ่านไป)

5. การคำนวณ หมายถึง การนำตัวเลขที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นมากระทำให้เกิดค่าใหม่ เช่น การบวก ลบ คูณ หาค่าเฉลี่ยเป็นต้น

6. การจัดกระทำข้อมูล และการสื่อความหมาย

การจัดกระทำข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลดิบที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง หรือจากแหล่งอื่นมาจัดกระทำเสียใหม่ เช่น การหาความถี่ การจัดเรียงลำดับ การแยกประเภท และการคำนวณหาค่าใหม่

การสื่อความหมาย หมายถึง การนำข้อมูลที่จัดกระทำแล้วนั้นมาเสนอหรือแสดงให้บุคคลอื่นได้เข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้น เช่น เสนอเป็นตาราง แผนภูมิ แผนภาพ ไดอะแกรม วงจร กราฟ สมการ เขียนบรรยาย เป็นต้น

การเขียนบรรยายสิ่งที่ได้จากการสังเกต โดยที่คนอื่นอ่านแล้วเข้าใจตรงกัน จัดเป็นการสื่อความหมายอย่างหนึ่งด้วย

7. การลงความคิดเห็นจากข้อมูล

หมายถึง การหาความหมายของข้อมูล หรือของปรากฏการณ์ โดยอาศัยประสบการณ์เดิมที่เกี่ยวข้องเป็นเครื่องช่วยในการบอกความหมาย ความหมายที่เกิดขึ้นนี้เป็นการมองย้อนกลับไปบอกส่วนที่เป็นสาเหตุ หรือที่มาของปรากฏการณ์นั้น ๆ หรือ อธิบายได้ว่าปรากฏการณ์ (ที่สังเกตนั้น) คืออะไร เช่น มองเห็นน้ำนองถนน ก็ลงความเห็นว่า ฝนตกเมื่อสักครู่นี้ (บอกที่มา) มองเห็นเทียนที่จุดไว้ในกระบอกแก้วดับทั้ง ๆ ที่ไส้เทียนยังไม่หมด ก็ลงความคิดเห็นว่า เทียนดับเพราะขาดออกซิเจน (บอกสาเหตุ) มองเห็นวัตถุสีขาวก้อนสี่เหลี่ยม 1 ก้อน วางอยู่ในจาน เกิดความสงสัยขึ้นมา ก็ลงความเห็นว่า มันคือน้ำตาล (อธิบายสิ่งที่พบเห็นได้ว่าอะไรเป็นอะไร)

8. การพยากรณ์

หมายถึง การคาดเหตุการณ์ หรือสิ่งที่จะเกิดขึ้นข้างหน้าจากปรากฏการณ์ที่พบอยู่ โดยอาศัยหลักการวิทยาศาสตร์ หรือประสบการณ์เดิมที่เชื่อถือได้อยู่แล้ว เป็นเครื่องในการคาดเหตุการณ์

การพยากรณ์ทำได้ 2 แบบ คือ การพยากรณ์ภายในขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่ หรือภายในระบบที่ทราบความสัมพันธ์แล้ว กับการพยากรณ์ภายนอกขอบเขต หรือหลายขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่

การพยากรณ์แบบที่หนึ่งจะให้ความเชื่อมั่นได้มากกว่าการพยากรณ์แบบที่สอง

9. การตั้งสมมติฐาน

สมมติฐาน เป็นข้อมูลความจริงที่คาดหวังซึ่งตั้งขึ้น โดยผู้ตั้งคิดว่าข้อความจริงนี้จะใช้ตอบปัญหาที่พบได้ หรือจะใช้บอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์นั้น ๆ

สมมติฐานจะตั้งขึ้นได้ จะต้องอาศัยการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น จนข้อมูลพอสมควรจากข้อมูลที่ได้นี้และจากประสบการณ์เดิมบางอย่างที่เกี่ยวข้อง จะนำไปสู่การสร้างสมมติฐานของปัญหา

วิธีหนึ่งที่จะพิจารณาดูว่า ข้อความจริงที่คาดหวังจะอยู่ในรูปของสมมติฐานหรือไม่ ก็โดยเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของประโยค ถ้า ..... ดังนั้น ..... ถ้าเปลี่ยนเข้าสู่รูปนี้ได้ ก็จัดว่าน่าจะเป็นสมมติฐานแล้ว ต่อไปก็ถามผู้ตั้งต่อไปว่า สมมติฐานอันนี้จะทดสอบอะไร

10. การกำหนดและควบคุมตัวแปร

ในสมมติฐานหนึ่ง ๆ นอกจากจะมีตัวแปรอิสระตัวแปรตามแล้ว อาจจะมีตัวแปรที่ถูกควบคุมอีกด้วย

ตัวแปรอิสระ คือตัวแปรที่เป็นสาเหตุที่ ทำให้เกิดปรากฏการณ์นั้น ๆ หรือตัวแปรที่เราต้องการทดลองดูผลของมันว่าจะก่อให้เกิดปรากฏการณ์อย่างนั้นจริงหรือไม่

ตัวแปรตาม คือ ตัวแปรที่เป็นผลของตัวแปรอิสระ หรือเป็นสิ่งที่เกิดขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอิสระ

ตัวแปรควบคุม คือ ตัวแปรอิสระ (ในกรณีที่สมมติฐานอันหนึ่งมีตัวแปรอิสระหลายตัว) บางตัวที่เรายังไม่สนใจที่จะศึกษาผลของมันในขณะการทดลองนั้น ๆ เพราะเราต้องการที่จะดูผลของตัวแปรอิสระตัวอื่นก่อน ฉะนั้นจึงต้องควบคุมให้คงที่ไว้ทั่วตราวทั้งกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลอง

11. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

ในสมมติฐานหนึ่ง ๆ จะมีตัวแปรต่าง ๆ อยู่หลายตัวในการทดลอง อาจจะมีคำ หรือคำศัพท์อยู่หลายคำ และคำศัพท์เฉพาะบางอย่างอาจสื่อความหมายได้หลายแง่ หลายมุม ฉะนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องกำหนดความหมายของคำที่ใช้ให้ชัดเจน เข้าใจตรงกัน

นิยามเชิงปฏิบัติการเป็นการกำหนดความหมาย และขอบเขตของคำต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในเรื่องราวของวิทยาศาสตร์ให้ชัดเจนไม่กำกวม สามารถมองเห็นคุณสมบัติของสิ่งนั้น ๆ ได้ และสามารถที่จะทำการทดสอบได้ง่าย ๆ เช่น มีสมมติฐานว่า "ต้นไม้ต้องการแสงแดดในการเจริญเติบโต" เราก็กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่า "การเจริญเติบโต" ว่าหมายถึงความสูงของต้นไม้เท่านั้น "อัตราการระเหยของน้ำ" ก็กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการว่า หมายถึง "ปริมาณของน้ำในกระบอกตวง ที่หายไปคิดเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร ในเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อตั้งทิ้งไว้กลางแจ้ง" เป็นต้น

12. การทดลอง

เป็นการพิสูจน์เพื่อยืนยันความจริงในสิ่งที่สงสัย หรือเพื่อทดสอบสมมติฐาน หรือเพื่อค้นหาคำตอบของปัญหา โดยมีหลักฐานสนับสนุนการทดลองวิทยาศาสตร์ จะต้องประกอบด้วยกิจกรรม 2 อย่าง คือ กิจกรรมภาคออกแบบการทดลอง และกิจกรรมปฏิบัติทดลอง

การออกแบบการทดลอง เปรียบได้กับงานของสถาปนิกที่ออกแบบบ้าน ส่วนการปฏิบัติทดลองเปรียบได้กับงานของวิศวกร ที่ทำการก่อสร้างบ้าน การออกแบบการทดลองก็คือ การกำหนดวิธีการทดลอง การกำหนดเครื่องมือ และวัสดุที่ใช้ การระบุตัวแปรที่เกี่ยวข้อง การควบคุมตัวแปรในขั้นตอนต่าง ๆ การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ รวมทั้งการจัดทำตารางที่จะบันทึกข้อมูล

การทดลองอาจแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ การทดลองแบบแบ่งกลุ่มเปรียบเทียบ การทดลองแบบไม่แบ่งกลุ่มเปรียบเทียบ และการทดลองแบบลองถูกลองผิด

13. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ข้อมูลที่จะนำมาตีความหมาย อาจจะได้จากการสังเกตโดยตรง การวัด การทดลอง และการรวบรวมจากแหล่งอื่น ๆ

การลงข้อสรุปอาจทำได้ 4 แบบ

ก. สรุปหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือองค์ประกอบต่าง ๆที่มีอยู่ในปรากฏการณ์นั้น ๆ ข้อสรุปที่ได้เป็นเพียงการบอกความสัมพันธ์ แต่จะไม่บอกความเป็นเหตุเป็นผลต่อกัน

ข. สรุปหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีอยู่ในปรากฏการณ์นั้น ๆ ในเชิงที่เป็นเหตุเป็นผลต่อกัน

ค. สรุปหาความสัมพันธ์ในลักษณะที่เป็นแนวโน้ม หรือระบบการทำงานขององค์ประกอบต่าง ๆ

ง. สรุปหาหน้าที่เฉพาะ คุณสมบัติเฉพาะ การจัดจำแนกของสิ่งที่ศึกษา[1]

โรเบิร์ต บี. ซันด์ และ เลสลี ดับบริว. โทรวบริดจ์ (Robert B. Sund and Leslie W. Trowbridge) ได้กล่าวถึง ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่ควรพัฒนาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนดังนี้ คือ

1. ทักษะในการหาความรู้ (Acquisitive Skills)

1.1 การฟังอย่างตั้งใจ และถามเมื่อสงสัย

1.2 การสังเกตอย่างถี่ถ้วน สนใจ และคิดอย่างเป็นระบบ

1.3 การค้นหาแหล่งข้อมูล และใช้แหล่งข้อมูลหลาย ๆ แหล่ง มาร่วมพิจารณา

1.4 การสืบเสาะแสวงหาความรู้ โดยการสัมภาษณ์ หรือ การเขียนจดหมายติดต่อสอบถาม

1.5 การตั้งปัญหา

1.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการบันทึกเป็นข้อความ เป็นตาราง หรือจำแนกเป็นรายการต่าง ๆ

1.7 การค้นหาคำตอบของปัญหาที่กำหนดไว้ โดยทำการทดลองวิเคราะห์ผลการทดลองแล้วสรุปผล

2. ทักษะในการรวบรวมประสบการณ์ (Organizational Skills)

2.1 การรวบรวมข้อมูลอย่างมีระบบ เป็นระเบียบและสมบูรณ์โดยรายงานเป็นตาราง หรือเป็นแผนผัง

2.2 การเปรียบเทียบความเหมือนกันของสิ่งที่สังเกตได้

2.3 การเรียบเรียงข้อมูลที่จัดไว้เป็นหมวดหมู่ เพื่อแสดงลำดับ

2.4 การเปรียบเทียบความแตกต่างของสิ่งที่สังเกตได้

2.5 การจัดจำแนกข้อมูลออกเป็นหมวดหมู่

2.6 การกำหนดเค้าโครงร่างออกเป็นหัวข้อใหญ่ และหัวข้อย่อย

2.7 การแสดงหัวข้อที่สำคัญ และความสัมพันธ์ของข้อมูล

2.8 การประเมินผล และหาวิธีปรับปรุงแก้ไข

---

[1] สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป, "ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์" หน้า 1-12. (เอกสารโรเนียว)

2.9 การวิเคราะห์ แล้วนำผลที่ได้ไปใช้

3. ทักษะในการสร้างสรรค์ (Creative Skills)

3.1 การวางแผนล่วงหน้า โดยเล็งเห็นผลที่จะเป็นไปได้ รวมถึงการตั้งสมมติฐาน

3.2 การกำหนดปัญหาใหม่ วิธีการใหม่ เครื่องมือใหม่ หรือระบบใหม่

3.3 การคิดค้นหาเทคนิควิธีการต่าง ๆ

3.4 การสังเคราะห์โดยการนำสิ่งต่าง ๆ ที่มีอยู่มาประกอบกันเป็นสิ่งใหม่ ๆ

4. ทักษะการใช้เครื่อง (Manipulative Skills)

4.1 การรู้จักส่วนต่าง ๆ ของเครื่องมือ

4.2 การดูแลรักษาเครื่องมือให้อยู่ในสภาพที่ดี

4.3 การสาธิตแสดงส่วนต่าง ๆ ของเครื่องมือ และการทำงาน

4.4 การนำเครื่องมือมาใช้ในการทดลอง

4.5 การซ่อมแซมเครื่องมือ

4.6 การสร้างเครื่องมืออย่างง่าย ๆ เพื่อการแสดงและทดลอง

4.7 การวัดโดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ เช่น เทอร์โมมิเตอร์ ตาชั่ง เครื่องจับเวลา เป็นต้น

5. ทักษะในการสื่อความหมาย (Communicative Skills)

5.1 การตั้งคำถาม รู้จักเลือกใช้คำถามที่ดี

5.2 การอภิปราย รู้จักใช้ความคิดของตนเอง และรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

5.3 การอภิปรายที่ชัดเจน

5.4 การรายงานด้วยปากเปล่าต่อชั้นเรียน หรือครูโดยเน้นเนื้อหาที่สำคัญทางวิทยาศาสตร์

5.5 การเขียนรายงานการทดลอง การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ และสรุปผลการทดลองได้

5.6 การวิจารณ์ในเชิงสร้างสรรค์ เพื่อประเมินค่าผลที่ได้

5.7 การเขียนกราฟแสดงผลการทดลอง และแปลความหมายจากกราฟได้

5.8 สามารถถ่ายทอดความรู้ที่ได้แก่เพื่อร่วมชั้นเรียน[1]

---

[1]Robert B. Sund and Leslie W. Trowbridge, Teaching Science By Inquiry in the Secondary School, (Ohio : Charles E. Merrill Publishing Co., 1967), pp. 93-95.

วอลเตอร์ อาร์. บราวน์ (Walter R. Brown) กล่าวว่า การสอนวิทยาศาสตร์มิได้หมายความเฉพาะให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับ ทฤษฎี ความคิดรวบยอด (Concept) และข้อเท็จจริง ทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ยังมีความหมายรวมไปถึงกระบวนการวิทยาศาสตร์ (The Process of Science) ด้วย บราวน์ ได้แบ่งกระบวนการวิทยาศาสตร์ออกเป็น 5 ประการ คือ

1. การใช้หลักเกณฑ์นำข้อสรุปที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ (Application of Generalizations to new Situations)

1.1 ความสามารถในการนำหลักเกณฑ์มาใช้กับประสบการณ์เฉพาะ

1.2 ความสามารถที่จะทำนายผลนอกขอบเขตของข้อมูล

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล (Collection of Data)

2.1 ความสามารถในการระบุปัญหา

2.2 ความสามารถในการกำหนดขอบเขตของปัญหา

2.3 ความสามารถในการอ่าน และเข้าใจข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ

2.4 ความสามารถที่จะเลือกวิธีหาข้อมูล โดยพิจารณาด้วยว่า ข้อมูลใดจำเป็นในการใช้แก้ปัญหา

2.5 ความสามารถที่จะเลือกแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้มากที่สุด

3. การวิเคราะห์ข้อมูล (Analysis of Data)

3.1 ทักษะในการตั้งสมมติฐาน

3.2 ความสามารถในการจัดรายการของสมมติฐาน

3.3 ความเข้าใจในความสัมพันธ์ของเหตุและผล

3.4 ทักษะในการทดสอบสมมติฐาน

4. การสังเคราะห์ข้อมูล (Synthesis of Data)

4.1 ความสามารถในการสังเคราะห์ข้อมูลขึ้นเป็นหลักฐาน

4.2 ความไม่รีบร้อนตัดสินใจจนกว่าจะมีข้อมูลเพียงพอ

5. การประเมินผลจากข้อมูล (Evaluation of Data)

5.1 ความสามารถในการประเมินผลหลักฐาน โดยพิจารณาจากความเชื่อถือได้ (Reliability) และความเที่ยงตรง (Validity)

5.2 ทักษะในการประเมินผลข้อสรุปโดยไม่ลำเอียง

5.3 ทักษะในการจำแนกระหว่างข้อตกลงเบื้องต้น, สมมติฐาน, ทฤษฎี และหลักเกณฑ์ที่แน่นอน[1]

---

[1]Walter R. Brown, "Defining the Processes of Science," The Science Teacher 35 (December 1968) : pp. 26-28.

007208

คณะกรรมการการศึกษาวิทยาศาสตร์ (Commission of Science Education) ของสมาคม เอ เอ เอ เอส (AAAS) (American Association for the Advancement of Science) ได้ศึกษาและวิเคราะห์การทำงานของนักวิทยาศาสตร์ว่า มีวิธีการค้นคว้าหาคำตอบและค้นพบสิ่งใหม่ ๆ อย่างไรบ้าง และพบว่าวิธีการหรือทักษะกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาค้นคว้า มี 13 ทักษะ ทักษะทั้งหมดนี้แบ่งเป็น 2 กระบวนการใหญ่ ๆ คือ

ก. ทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน (The Basic Process Skills) ได้แก่

1. การสังเกต (Observing)
2. การใช้ความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับเวลา (Using Space/Time Relationships)
3. การจำแนกประเภท (Classifying)
4. การใช้จำนวนเลข (Using Numbers)
5. การวัด (Measuring)
6. การสื่อความหมาย (Communicating)
7. การพยากรณ์ (Predicting)
8. การลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Interpreting Data)

ข. ทักษะกระบวนการขั้นสูง (The Integrated Process Skills) ได้แก่

1. การกำหนดและควบคุมตัวแปร (Controlling Variables)
2. การตีความและลงข้อสรุป (Interpreting Data)
3. การตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypothesis)
4. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally)
5. การทดลอง (Experimenting)

ความหมายของทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ แต่ละทักษะมีดังนี้

1. การสังเกต (Observing)

เป็นทักษะขั้นพื้นฐานที่สุดของกระบวนการวิทยาศาสตร์ เป็นการใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 คือ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวกาย อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน รวมทั้งการใช้เครื่องมือเข้าช่วยประสาทสัมผัส เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น ๆ โดยไม่ใส่ความคิดเห็นส่วนตัวของผู้สังเกตลงไป

ทักษะการสังเกต หมายถึง การกระทำดังนี้

1. บ่งชี้ (Identify) และบอกชื่อ (Name) คุณสมบัติของวัตถุ หรือสถานการณ์ โดยใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างของประสาทสัมผัสทั้ง 5 อย่างถูกต้อง และเหมาะสม

2. รายงานผลการสังเกตออกมาเป็นรูปของจำนวน (Quantitative Terms)

คือ มีการสังเกตพร้อมกับการวัดควบคู่กันไป เป็นการสังเกตเพื่อทราบปริมาณ และผลของการสังเกตที่จะปรากฏออกมาในรูปของจำนวนได้นั้น ต้องเกิดจากการสังเกตที่อ้างอิงไปถึงหน่วยมาตราฐานต่าง ๆ เช่น หน่วยของขนาด น้ำหนักและอุณหภูมิ เป็นต้น

3. อธิบายการเปลี่ยนแปลงที่สามารถสังเกตได้ของคุณสมบัติของวัตถุ หรือสถานการณ์ การสังเกตทั่วไปมักจะเกี่ยวข้องกับการกระทำบางอย่างที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแก่วัตถุเสมอ ดังนั้นสิ่งที่ควรสังเกต คือ ลักษณะของสถานการณ์ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง และลำดับก่อนหลังของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

4. แยกข้อสังเกตออกจากการลงข้อวินิจฉัย (Inferences) ได้ การสังเกตโดยใช้ประสาทสัมผัสต่าง ๆ นั้น ทำให้ได้ข้อมูลซึ่งเป็นความจริง (fact) โดยไม่ใส่ความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไป แต่ถ้าผู้สังเกตใส่ความคิดเห็นของตัวเองลงไป ถือว่าเป็นการลงข้อวินิจฉัยไม่ใช่การสังเกต

2. การใช้ความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับเวลา (Using space/Time Relationships)

เป็นการศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ เกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพของสิ่งต่าง ๆ เพราะมิติ หมายถึง ลักษณะเกี่ยวกับระยะทาง ขนาด ความกว้าง ความยาว ความหนา รูปร่าง ตำแหน่งที่อยู่ การเคลื่อนที่

ทักษะการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับเวลา หมายถึงการกระทำ ดังนี้

1. สามารถวาดภาพสามมิติของวัตถุได้เหมือนของจริง

2. ชี้บ่ง และบอกจำนวนเส้นสมมาตรของรูป 2 มิติ และระนาบสมมาตรของรูป 3 มิติ ได้ เช่น บอกได้ว่า รูปวงรี และสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีเส้นสมมาตร 2 เส้น ส่วนรูปสามเหลี่ยมด้านเท่ามีเส้นสมมาตร 3 เส้น หรือรูปไข่มีระนาบสมมาตร 2 ระนาบ เป็นต้น

3. บอกความสัมพันธ์ระหว่างรูป 2 มิติ และรูป 3 มิติได้

4. บอกความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่งได้ คือบอกได้ว่าวัตถุหนึ่งอยู่ในตำแหน่ง หรือทิศใดของอีกวัตถุหนึ่ง

5. จับเวลาของกิจกรรมต่าง ๆ ออกมาเป็น นาที และวินาทีได้

6. สร้างเวคเตอร์เพื่อแสดงการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ได้ คือ เรื่องการเปลี่ยนแปลงของทิศทาง และอัตราเร็วของการเปลี่ยนแปลง

7. บอกและใช้กฎเพื่อแสดงการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ได้คือ เรื่องการเปลี่ยนแปลงของทิศทางและอัตราเร็วของการเปลี่ยนแปลง

3. การจำแนกประเภท (Classifying)

หมายถึงความสามารถในการแยกสิ่งของ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ออกเป็นประเภท

ต่าง ๆ โดยพิจารณาลักษณะที่เหมือนกัน สัมพันธ์กัน หรือต่างกันของสิ่งของ หรือเหตุการณ์นั้น ๆ ซึ่งอาจมีวิธีแบ่งได้หลายวิธีทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้แบ่ง

ทักษะการจำแนกประเภท หมายถึงการกระทำดังนี้

1. บ่งชี้และบอกชื่อ คุณสมบัติที่สังเกตได้ของวัตถุ ซึ่งใช้ในการจำแนกประเภทของวัตถุ

2. จำแนกวัตถุกลุ่มหนึ่งออกเป็นหลายประเภท โดยบอกเกณฑ์ในการจำแนกประเภทของวัตถุ

3. จำแนกวัตถุกลุ่มหนึ่งออกเป็นหลายประเภท โดยตั้งจุดหมายในการจำแนกแต่ละครั้งแตกต่างกัน

4. สร้างนิยามเชิงปฏิบัติการของการจำแนกประเภท

4. การใช้ตัวเลขหรือการคำนวณ (Using number)

เป็นทักษะขั้นพื้นฐานที่สำคัญของวิทยาศาสตร์ และแตกต่างจากทักษะขั้นพื้นฐานอื่น ๆ คือ ทักษะการใช้ตัวเลข เกี่ยวข้องกับทางคณิตศาสตร์ ซึ่งถือว่าเป็นเครื่องมืออันสำเป็นของวิทยาศาสตร์ เพราะต้องใช้ในการคำนวณหาค่าต่าง ๆ จากผลการทดลอง เพื่อใช้ประโยชน์ในการแปลความ และลงข้อสรุปได้

การใช้จำนวนตัวเลข หมายถึงการกระทำดังนี้

1. บอกชื่อจุดบนเส้นจำนวน (Number Line) โดยใช้เลขจำนวนเต็ม บวก ลบ ศูนย์และเลขทศนิยม

2. บ่งชี้จุดบนเส้นจำนวนได้ เมื่อกำหนดเลขจำนวนเต็ม บวก ลบ ศูนย์ และเลขทศนิยมให้

3. บวก ลบ คูณ หาร จำนวน 2 จำนวน บนเส้นจำนวนได้

4. บอกและใช้กฎเกณฑ์สำหรับการหาค่าเฉลี่ย (Mean) ของจำนวนชุดหนึ่งได้ และสามารถเขียนออกมาในรูปของเส้นตรงของจำนวนได้ หาอัตราการเปลี่ยนแปลงในรูปของอัตราส่วนได้ และแปลงอัตราส่วนให้เป็นทศนิยมได้

5. การวัด (Measuring)

หมายถึงการใช้เครื่องมือต่าง ๆ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลที่ถูกต้อง ควบคู่ไปกับการสังเกต ซึ่งการสังเกตอย่างเดียวจะทำให้ได้ทราบเพียงรูปร่าง ลักษณะ สมบัติทั่ว ๆ ไป ของวัตถุหรือปรากฏการณ์อย่างหยาบ ๆ ไม่อาจให้ปริมาณหรือค่าที่ถูกต้องแน่นอนได้

ทักษะการวัด หมายถึงการกระทำดังนี้

1. เลือกใช้เครื่องมือธรรมดาเพื่อวัดความยาว ความกว้าง ความสูง มวล และเวลาได้

2. ใช้เครื่องมือนั้น ๆ วัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และรวดเร็ว

การวัดสิ่งของใด ๆ จะต้องคำนึงถึงความถูกต้อง (accuracy) และความแม่นยำ (precision) ของการวัดด้วย ความถูกต้องหมายถึงค่าที่วัดได้ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริง ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้วัด ส่วนความแม่นยำ หมายถึง ในการวัดหลายๆ ครั้ง โดยใช้เครื่องมือชุดเดียวกัน ได้ค่าใกล้เคียงกัน

3. อ่านค่าที่ได้จากการวัดได้ถูกต้องรวดเร็ว และใกล้เคียงกับความเป็นจริง พร้อมทั้งมีหน่วยกำกับเสมอ

4. สามารถใช้กฎเกณฑ์เพื่อคำนวณหาจำนวนอนุพันธ์ (Derived quantities) จากการวัดตั้งแต่ 2 ครั้งขึ้นไป โดยปกติแล้วจำนวนอนุพันธ์ไม่สามารถวัดโดยตรงได้ ต้องใช้การวัดหลายอย่างมาประกอบกันแล้วคำนวณหาค่าออกมา จำนวนอนุพันธ์ เช่น ความเร็ว พื้นที่ ความร้อน ความหนาแน่น ปริมาตร การวัดแบบนี้เรียกว่าการวัดทางอ้อม

6. การสื่อความหมาย (Communicating)

เป็นการนำเอาข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด และการทดลอง หรือจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำให้อยู่ในรูปแบบที่มีความหมาย หรือมีความสัมพันธ์กันมากขึ้น จนง่ายต่อการแปลความหมายในขั้นต่อไป ซึ่งอาจจะสื่อความหมายโดยใช้ คำพูดหรือคำบรรยาย สัญลักษณ์ สมการทางคณิตศาสตร์ ไดอะแกรม, แผนที่, แผนภาพ, กราฟ

ทักษะการสื่อความหมาย หมายถึงการกระทำดังนี้

1. อธิบายลักษณะ และสมบัติของวัตถุด้วยรายละเอียดที่เพียงพอ จนผู้ฟังสามารถชี้บ่งวัตถุนั้น ๆ ได้

2. อธิบายการเปลี่ยนแปลงในคุณสมบัติของวัตถุได้

3. สร้างแผนที่เพื่อแสดงตำแหน่งของวัตถุและระยะระหว่างวัตถุได้

4. เขียนกราฟแท่งหรือตัวเลขต่าง ๆ ที่ได้จากการวัด

5. อธิบายความสัมพันธ์และแนวโน้มของตัวแปรบนกราฟได้

7. การพยากรณ์ (Predicting)

หมายถึง การคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ หลักการ กฎ หรือทฤษฎี ในเรื่องนั้น ๆ มาช่วย การที่จะพยากรณ์ได้ ต้องมีการสังเกต การวัดและมีการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ แล้วมีการลงข้อวินิจฉัย จากนั้นจึงนำความสัมพันธ์ที่ได้ไปพยากรณ์ผลที่จะเกิดขึ้นในอนาคต การพยากรณ์จะแม่นยำก็ต่อเมื่อมีการสังเกตอย่างละเอียดรอบคอบและระมัดระวัง และวัดอย่างเที่ยงตรง

การพยากรณ์แบ่งเป็น 2 อย่าง คือ

1. การพยากรณ์ในขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่ (Interpolating)

2. การพยากรณ์นอกขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่ (Extrapolating)

ทักษะการพยากรณ์ หมายถึงการกระทำดังนี้

1. พยากรณ์ภายในขอบเขตของข้อมูล จากเหตุการณ์ที่ได้จากการสังเกตและพยากรณ์นอกขอบเขตของข้อมูลโดยดูลำดับของเหตุการณ์ที่สังเกตได้

2. สามารถทดสอบผลของการพยากรณ์ได้ ด้วยการสังเกตซ้ำอีกครั้ง เพราะการพยากรณ์เป็นการคาดคะเน การพยากรณ์ที่ไม่ได้มีพื้นฐานอยู่บนการสังเกตก็คือ การเดา

8. การลงความคิดเห็นของข้อมูล หรือการลงข้อวินิจฉัย (Inferring)

หมายถึง การอธิบายปรากฏการณ์ที่สังเกตได้ โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูล และอาศัยประสบการณ์เดิม แตกต่างจากการสังเกต คือ การลงความคิดเห็น เป็นการอธิบายสิ่งที่สังเกตได้ในแง่ของการเกิดขึ้น การเปลี่ยนแปลง หรือความสัมพันธ์ของสิ่งที่สังเกตได้ ส่วนการสังเกตเป็นการบอกสิ่งที่สังเกตได้โดยใช้ประสาทสัมผัสโดยตรง

การลงความคิดเห็นจากข้อมูลเดียวกัน อาจลงได้หลายอย่าง เพราะการลงความคิดเห็นนั้นเป็นการคันคว้าสิ่งที่ยังไม่รู้ ดังนั้นการค้นหาทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์มักจะลงความคิดเห็นที่อาจจะเป็นไปได้เอาไว้หลายอย่าง เสร็จแล้วจึงมีการตรวจสอบว่า การลงความเห็นอันไหนมีหลักฐานสนับสนุนบ้าง

ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล หมายถึง การกระทำดังนี้

1. ลงความคิดเห็น 1 แบบ หรือ หลายแบบ จากข้อมูลที่สังเกตมาได้ 1 ชุด

2. บ่งชี้การสังเกตที่สนับสนุนการลงความคิดเห็นนั้น ๆ

3. อธิบายและแสดงให้เห็นการสังเกตเพิ่มเติม เพื่อทดสอบการลงความคิดเห็นจากข้อมูล

4. บ่งชี้การลงความคิดเห็นที่ควรจะยอมรับ ไม่ยอมรับ หรือควรจะปรับปรุงภายหลังจากที่ได้สังเกตเพิ่มเติม

9. การกำหนดและควบคุมตัวแปร (Controlling Variables)

เป็นกระบวนการขั้นสูง ซึ่งจะต้องนำเอากระบวนการขั้นพื้นฐานมาใช้ ในการศึกษาปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ เราสามารถแบ่งตัวแปรออกได้ 3 ประเภทด้วยกัน คือ

1. ตัวแปรอิสระ เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลที่ต้องการศึกษา หรือต้องการทดลองดูว่ามันจะส่งผลให้เกิดเหตุการณ์นั้น ๆ จริงหรือไม่

2. ตัวแปรตาม เป็นตัวแปรที่เป็นผลของตัวแปรอิสระ

3. ตัวแปรควบคุม เป็นตัวแปรอื่น ๆ ที่เรายังไม่สนใจที่จะศึกษาอิทธิพลที่อาจมีผลต่อตัวแปรตามในขณะนั้น จึงจำเป็นต้องควบคุมให้คงที่ไว้ก่อน ทั้งนี้เพราะต้องการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรอิสระ

เพียงข้อเดียวเท่านั้น

ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง การกระทำดังนี้

1. บ่งชี้ตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งอาจจะมีอิทธิพลต่อพฤติกรรม หรือคุณสมบัติทางกายภาพ หรือชีวภาพของระบบได้

2. สามารถแยกออกได้ว่า สภาพการณ์ไหนที่ทำให้ตัวแปรมีค่าคงที่ และสภาพการณ์ไหนที่ไม่ทำให้ค่าตัวแปรคงที่

3. สามารถสร้างวิธีการทดสอบ หาผลที่เกิดจากตัวแปรอิสระหนึ่งตัว หรือหลาย ๆ ตัว

4. สามารถบ่งชี้หรือบอกชื่อ ว่าตัวแปรใดที่ไม่ได้รับการควบคุมให้คงที่ในการทดลอง ถึงแม้ว่าตัวแปรเหล่านั้นจะเปลี่ยนแปลงไปในแบบเดียวกันในทุก ๆ กรณี

5. บ่งชี้ตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งจัดทำขึ้น, ตอบสนอง หรืออยู่คงที่ ในการทดลอง

10. การตีความข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data)

เป็นการพิจารณาข้อมูลทุกแง่ทุกมุม แล้วใส่ความคิดเห็นลงไป ว่าข้อมูลนี้ให้ความหมายอะไรบ้าง เป็นกระบวนการขั้นสูง ต้องอาศัยกระบวนการขั้นพื้นฐานหลาย ๆ อัน อาจจะมีการลงข้อวินิจฉัย พยากรณ์ การตั้งสมมติฐานก็ได้

ทักษะนี้เป็นทักษะที่สำคัญมากสำหรับนักเรียน เพราะสามารถนำไปใช้กับประสบการณ์ต่าง ๆ ทั้งในและนอกโรงเรียนได้ และมีความสำคัญกับวิชาอื่น ๆ รวมทั้งเป็นสิ่งที่ต้องนำไปใช้ในชีวิตประจำวันเสมอ เช่น การดูข่าว การอ่านหนังสือพิมพ์ การอ่านแผนที่อากาศ เป็นต้น

ทักษะการตีความข้อมูลและลงข้อสรุป หมายถึง การกระทำดังนี้

1. สามารถอธิบายถึงข้อสนเทศ (Information) ที่แสดงอยู่บนตารางข้อมูลหรือกราฟได้

2. สามารถสร้างข้อสรุป หรือสมมติฐานหนึ่งอย่าง หรือมากกว่าหนึ่งอย่างจากข้อสนเทศที่กำหนดให้ไว้ในตารางข้อมูล กราฟ รูปภาพ

3. สามารถอธิบายความหมายของข้อมูลที่จัดไว้ในรูปแบบต่าง ๆ ได้ สามารถใช้ค่าเฉลี่ย มัธยฐาน พิสัย และสามารถทำนาย สรุปอ้างอิงหรือตั้งสมมติฐานจากข้อสนเทศที่ได้มานี้

4. แยกความแตกต่างระหว่างความสัมพันธ์แบบเส้นตรงและแบบอื่น

5. อธิบายรายละเอียดที่ได้จากความชันของกราฟ

6. บอกจุด โคออร์ดิเนทส์ (Coordinates) ในกราฟ 3 มิติ

7. สร้างกราฟ 3 มิติ เมื่อกำหนดตัวเลขให้ 3 จำนวน

11. การตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypothesis)

เป็นการคาดคะเนคำตอบที่อาจเป็นไปได้ ก่อนการทดลองโดยอาศัยการลังเกต ความรู้

และประสบการณ์เดิม หรือหลักการ กฎ และทฤษฎีอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง สมมติฐานที่ตั้งขึ้นอาจผิดทั้งหมด หรือถูกทั้งหมด หรือถูกบ้างผิดบ้างในบางส่วนก็ได้ สมมติฐานที่ได้รับการทดสอบยืนยันว่าเป็นความจริงแล้วจะเปลี่ยนสภาพเป็น ทฤษฎี ความจริงหลัก หรือกฎ ตามแต่กรณี

การตั้งสมมติฐานควรมีขอบเขตกว้างขวาง ให้ครอบคลุมประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาให้มากที่สุด

ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึง การกระทำดังนี้

1. สร้างสมมติฐานซึ่งเป็นการสรุปรวบยอด จากผลการสังเกตหรือการลงความคิดเห็นจากข้อมูล

2. สามารถสร้างหรือแสดงให้เห็นถึงวิธีที่จะทดสอบสมมติฐานได้

3. สามารถแยกการสังเกตที่สนับสนุนสมมติฐาน และที่ไม่สนับสนุนสมมติฐานออกจากกันได้

4. สามารถปรับปรุงสมมติฐาน ภายหลังจากการสังเกตเพื่อทดสอบสมมติฐานนั้น

12. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally)

หมายถึง การให้ความหมายของคำ ลักษณะของสิ่งของ วิธีการ ขบวนการ หรือเหตุการณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งนิยามนี้จะต้องสังเกต วัด หรือนำมาปฏิบัติได้ ทักษะนี้มีความสำคัญในวิทยาศาสตร์มาก เพราะวิทยาศาสตร์มีเทอมเฉพาะที่ใช้เป็นจำนวนมาก เช่น คำนิยามของธาตุ สารประกอบ ของผสม การสังเคราะห์แสง เป็นต้น คำพวกนี้สร้างไว้ใช้สำหรับการสื่อความหมายทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกำหนดความหมาย และขอบเขตของมันให้รัดกุมโดยไม่กำกวม สามารถเข้าใจได้ตรงกันทุกคน

สาระสำคัญของนิยามเชิงปฏิบัติการ คือ

1. บอกสิ่งที่จะสังเกต

2. บอกการกระทำซึ่งอาจได้จากการวัด ทดสอบ หรือจากการทดลอง

ตัวอย่างการให้นิยามเชิงปฏิบัติการของก๊าซออกซิเจน คือ ก๊าซออกซิเจน เป็นก๊าซที่ช่วยให้ไฟติด โดยที่ว่าเมื่อเรานำก้านไม้ขีดที่คุแดงแหย่ลงไปในก๊าซนั้นแล้วก้านไม้ขีดไฟจะลุกเป็นเปลวไฟ

ทักษะการให้นิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึงการกระทำดังนี้

1. สามารถแยกนิยามเชิงปฏิบัติการ ออกจากนิยามที่ไม่ใช่นิยามเชิงปฏิบัติการได้

2. สามารถบ่งชี้ตัวแปร หรือคำ ซึ่งต้องใช้ในการให้นิยามเชิงปฏิบัติการแต่ละครั้งเมื่อกำหนด สมมติฐาน การสรุปอ้างอิง ปัญหา กราฟ หรือตารางข้อมูลให้

3. สามารถสร้างนิยามเชิงปฏิบัติการ ซึ่งอธิบายถึงขบวนการ (Procedure) ความคิดรวบยอด (concept) วัตถุหรือคุณสมบัติของวัตถุที่ใช้ในขบวนการนั้นอย่างสมบูรณ์

13. การทดลอง (Experimenting)

เป็นกระบวนการขั้นสูงสุดที่รวบรวมเอากระบวนการขั้นพื้นฐาน และขั้นสูงหลายกระบวนการมาผสมกัน นับตั้งแต่การสังเกต การวัด การใช้จำนวนเลข การสื่อความหมาย การตั้งสมมติฐาน เป็นต้น การทดลองเป็นการพิสูจน์ความจริงบางอย่าง หรือเป็นการพิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งไว้

กิจกรรมที่จัดเป็นการทดลอง ต้องประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ประการ คือ

1. ขั้นการวางแผนการทดลอง (Experimetal planning) ประกอบด้วย
   - การกำหนดปัญหา
   - การตั้งสมมติฐาน
   - การกำหนดวิธีการที่เหมาะสมที่จะทำการทดสอบสมมติฐาน
   - สร้างแบบการทดลอง เป็นการระบุกระบวนการทดลอง
2. ขั้นปฏิบัติการทดลอง

ทักษะการทดลองหมายถึงการกระทำดังนี้

1. สามารถบ่งชี้ตัวแปรต่าง ๆ ที่จะต้องควบคุม สามารถสร้างนิยามเชิงปฏิบัติการตามที่ต้องการ สามารถสร้างและแสดงให้เห็นถึงการทดลอง การรวบรวม และการตีความหมายข้อมูลได้ เมื่อกำหนดสมมติฐานให้ สามารถเขียนรายงานผลการทดลอง รวมทั้งการอภิปรายผลว่าข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้มานั้นสนับสนุนสมมติฐานหรือไม่

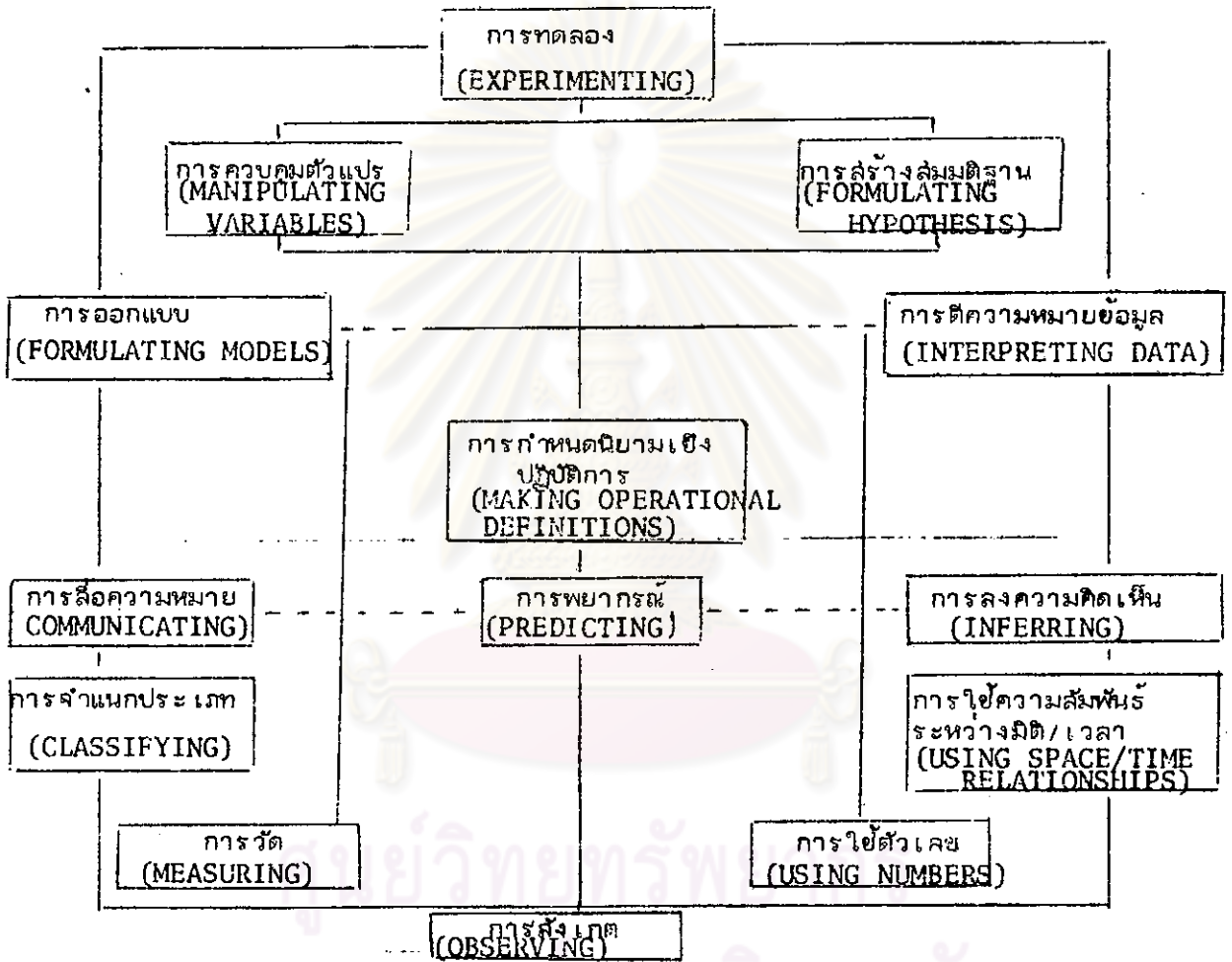
2. สามารถตั้งปัญหา สร้างการทดสอบเพื่อที่จะให้ได้ข้อมูลมาเพื่อตอบปัญหานั้น ๆ บ่งชี้ตัวแปรที่ต้องควบคุม สร้างนิยามเชิงปฏิบัติการ ทำการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูลโดยให้ข้อมูลการสังเกตมา 1 ชุด และสามารถรายงานผลการทดลองได้[1]

---

[1]The American Association for the Advancement of Science, Science, A Process Approach, Commentary for Teacher (Washington, D.C. : AAAS, 1970), pp. 30-176.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โรแนลด์ ดี. แอนเดอร์สัน, และคณะ (Ronald D. Anderson, et al.) ได้กล่าวว่า กระบวนการวิทยาศาสตร์นั้น มีความสำคัญเท่า ๆ กับ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เพราะกระบวนการวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่จะต้องใช้ในการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และได้สร้างแผนภาพแสดงการพัฒนาทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ จากขั้นพื้นฐานไปสู่ขั้นสูงทักษะของ เอ เอ เอ เอส (AAAS) ดังนี้[1]



แผนภาพแสดงทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์
(A model for the Process Skills)

---

[1]Ronald D. Anderson, Alfred De Vito, Odvard Egil Dyrli, Maurice Kellogg, Leonard Kochendorfer and Jame Weigand, Developing Children's Thinking Through Science. (New Jersey : Prentice-Hall, 1970), pp.56-57.

เจมส์ อาร์ โอเค และ โรแนลด์ แอล ฟิล (James R. Okey and Ronald L.Fiel) ได้ค้นคว้าเกี่ยวกับทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ และสรุปว่า ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นสำหรับครูวิทยาศาสตร์ ควรมี 10 ประการ คือ

1. การกำหนดตัวแปร (Identifying Variables) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดได้ว่า อะไรเป็นตัวแปรอิสระ (Independent Variables) และอะไรเป็นตัวแปรตาม (Dependent Variables)

2. การสร้างตารางข้อมูล (Constructing a Table of Data) หมายถึงความสามารถที่จะสร้างตารางข้อมูลจากกราฟ จากข้อความต่าง ๆ หรือจากการทดลองได้อย่างถูกต้อง ในการสร้างตารางข้อมูลนั้น ส่วนมากนิยมขึ้นต้นด้วยตัวแปรอิสระ แล้วต่อมาจึงเป็นตัวแปรตาม และตัวเลข (ซึ่งเป็นค่าที่วัดได้จากการทดลอง) ที่เป็นค่าต่าง ๆ ของตัวแปรอิสระนั้น นิยมจัดเรียงลำดับกันจากน้อยมาหามาก

3. การเขียนกราฟ (Constructing a Graph) หมายถึง ความสามารถในการเขียนกราฟได้จากคำอธิบายสั้น ๆ หรือจากตารางข้อมูล หรือจากการทดลอง การเขียนกราฟนั้นนิยมให้ตัวแปรอิสระอยู่บนแกนนอน (x-axis) ตัวแปรตามอยู่บนแกนตั้ง (y-axis)

4. การอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ (Describing Relationships between Variables) หมายถึง ความสามารถในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรจากกราฟที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้อง

5. การเก็บและรวบรวมข้อมูล (Acquiring and Processing Your Own Data) หมายถึงความสามารถในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลองได้ และสามารถนำข้อมูลนั้นมาสร้างตารางข้อมูล เขียนกราฟ และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้

6. การวิเคราะห์ขบวนการทดลอง (Analyzing Investigation) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม การควบคุมตัวแปรภายนอก และบ่งชี้สมมติฐานที่จะทดสอบโดยการทดลองได้

7. การตั้งสมมติฐาน (Constructing Hypothesis) หมายถึง ความสามารถที่จะตั้งสมมติฐานได้ เมื่อกำหนดปัญหามาให้ ซึ่งก่อนการตั้งสมมติฐาน จะต้องพิจารณาดูว่า มีตัวแปรอะไรบ้างที่เกี่ยวกับการทดลอง โดยจะต้องเลือกตัวแปรอิสระมาเพียงตัวแปรเดียว แล้วจึงตั้งสมมติฐานเพื่อการทดสอบ และควบคุมตัวแปรภายนอกให้หมด การตั้งสมมติฐานนี้อาจจะได้แนวทางมาจากความจริง การลงความคิดเห็นหรือประสบการณ์ก็ได้

8. การให้นิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Variables Operationally) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรต่าง ๆ การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการก็คือการกำหนดลงไปว่าตัวแปรอิสระ และตัวแปรตามในการทดลองนั้นจะสามารถวัดได้อย่างไร

9. การออกแบบการทดลอง (Designing Investigations) หมายถึง ความสามารถในการออกแบบการทดลอง ตามสมมติฐานที่กำหนดมาให้ได้ การออกแบบการทดลองประกอบด้วย

9.1 การให้นิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม

9.2 การกำหนดและควบคุมตัวแปรภายนอก

9.3 การเลือกวัดค่าต่าง ๆ ของตัวแปรอิสระ

10. การทดลอง (Experimenting) หมายถึง ความสามารถในการตั้งสมมติฐานออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลองตามแบบการทดลอง เพื่อรวบรวมข้อมูล สำหรับการพิสูจน์สมมติฐานของปัญหาที่กำหนดมาให้[1]

อี เอส แอล ไอ (ESLI ย่อมาจาก Elementary Science Learning by Investigating) กล่าวว่าในการศึกษาวิทยาศาสตร์นั้น เด็กจำเป็นต้องมีทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ด้วย ไม่ว่าจะอยู่ในระดับชั้นใดก็ตาม และการประเมินผลความก้าวหน้าในการเรียนของนักเรียนจะต้องคำนึงถึงเรื่อง ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์เท่า ๆ กับความเข้าใจในเนื้อหาวิชา ซึ่งทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของ อี เอส แอล ไอ ประกอบด้วยทักษะดังต่อไปนี้

1. การสังเกต (Observation) หมายถึง การรับรู้ด้วยประสาทสัมผัส และการนำเสนอข้อมูลจากการรับรู้

2. การจัดกระทำต่อข้อมูล (Data Treatment) หมายถึง การรายงาน การบันทึก การวิเคราะห์ และนำเสนอข้อมูลที่ได้มาด้วยตนเอง หรือกลุ่มหรือในชั้นเรียน

3. การพยากรณ์ และการตั้งสมมติฐาน (Prediction and Hypothesis Formation) หมายถึง แนวคิดที่จะนำไปสู่การตั้งสมมติฐาน และวิธีที่จะทดสอบสมมติฐานนั้น

4. การจัดจำพวก (Classification) หมายถึง การจัดกลุ่มโดยดูจากความแตกต่างและคล้ายคลึง ซึ่งรวมไปถึงการพิจารณาคุณสมบัติที่สิ่งนั้นมีอยู่ด้วย

5. การบ่งชี้ (Identification) หมายถึงความสามารถบอกสมาชิกภายในกลุ่มให้โดยดูจากคุณสมบัติและลักษณะซึ่งผิดแผกไปจากกลุ่ม

6. การวัด (Measurement) หมายถึงความสามารถบอกปริมาณที่แน่นอนและถูกต้อง โดยใช้ระบบการวัดที่เป็นมาตราฐาน สามารถบอกได้ว่าอะไรมากกว่า หรือน้อยกว่า นอกจากนี้ทักษะด้านนี้ยังรวมถึงการเลือกหน่วยที่เหมาะสมในการวัด และปริมาณที่พอเหมาะที่จะใช้ในการทดลอง

---

[1] James R. Okey and Ronald L. Fiel, Basic Process Skills Program (Bloomington : Indiana University, 1973), pp. 1-10.

7. การพัฒนาเทคนิควิธีปฏิบัติในห้องทดลอง (Development of Acceptable Laboratory Techniques) หมายถึงความสามารถในการสร้าง และใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์อย่างง่าย ๆ และรู้จักเก็บรักษาเครื่องมือได้อย่างถูกต้อง

8. การวิเคราะห์และการสังเคราะห์ (Analysis and Synthesis) หมายถึงความสามารถในการตรวจสอบพิจารณารายละเอียดของปัญหา หรือแนวคิด หรือความคิดรวบยอด (Concept) และรวมถึงการนำข้อมูลย่อย มาพิจารณาร่วมกันเพื่อนำไปสู่หลักเกณฑ์ต่าง ๆ

9. การสื่อความหมาย (Communications) หมายถึงความสามารถในการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกับผู้อื่น เพื่อที่จะแสดงออกถึงความรู้สึกนึกคิดทั้งด้านนามธรรมและรูปธรรม[1]

สมาคม เอน เอ อี พี (NAEP ย่อมาจาก The National Assessment of Education Progress) ได้กล่าวถึงความสามารถในทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นสำหรับการทำงานทางวิทยาศาสตร์ 10 ทักษะ คือ

1. ความสามารถในการนิยามปัญหาทางวิทยาศาสตร์
2. ความสามารถบอกหรือทราบสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์
3. ความสามารถเสนอ หรือเลือกกระบวนการทดสอบความเที่ยงตรง ทั้งทางด้านเหตุผลและการปฏิบัติ
4. ความสามารถเก็บข้อมูล
5. ความสามารถตีความข้อมูล
6. ความสามารถตรวจสอบความสอดคล้องอย่างมีเหตุผลของสมมติฐานกับกฎ ความจริง การสังเกต หรือการทดลอง
7. ความสามารถให้เหตุผลทางด้านปริมาณและสัญญลักษณ์ได้
8. ความสามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างข้อเท็จจริง สมมติฐานและความคิดเห็น สิ่งที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้อง และรูปแบบจากการสังเกต
9. สามารถวิเคราะห์เอกสารทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีวิจารณญาณ
10. สามารถใช้กฎทางวิทยาศาสตร์ และหลักการได้ทั้งในสถานการณ์ที่คุ้นเคยและไม่คุ้นเคย[2]

---

[1]Nell Garland, Brewer A.C., Thomas F. Edwards, Ann Marshall and Jerame J. Notkin, Elementary Science Learning by Investigation. Teacher's Edition, 2 nd. ed, (Chicago : Rand Mc Nally s Company, 1973), p. 3.

[2]Rodney L. Doran, "Measuring the "Processes of Science" Objectives", Science Education 62 (January, 1978) : p. 25.

ในการปลูกฝังทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะให้กับเด็กนั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงการพัฒนาการทางความคิดของเด็กด้วย เพราะเด็กแต่ละวัยมีการพัฒนาความคิดแตกต่างกันออกไป ดังเช่น

ฌีน เพียเจท์ (Jean Piaget) ได้กล่าวถึงพัฒนการทางความคิดของมนุษย์ว่า เป็นไปตามลำดับขั้น และได้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นใหญ่ ๆ ดังนี้

1. ขั้นประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหว (The Sensory-Motor Period) พัฒนาการขั้นนี้ เริ่มตั้งแต่เกิดจนถึงอายุ 2 ปี ในช่วงนี้พฤติกรรมจะอยู่ในรูปของการเคลื่อนไหว และเกิดในรูปปฏิกริยาย้อนกลับ พฤติกรรมที่เด็กแสดงออก เช่น การดูดนิ้ว การไขว่คว้า ฯลฯ เป็นพฤติกรรมที่ไม่เกี่ยวกับการเรียนรู้ ต่อมาทารกจะสร้างปฏิกริยาสะท้อนที่ซับซ้อนขึ้น เช่น ในเรื่องของการกระทำซ้ำ ๆ กัน เพราะเกิดความสนใจในผลของพฤติกรรมนั้น เริ่มมีการแก้ปัญหาอย่างง่าย ๆ โดยใช้ประสบการณ์ในอดีตมาช่วย มีการเลียนแบบพฤติกรรมของคนที่อยู่ใกล้ ๆ ตน และพัฒนาความรู้เริ่มแบบลองผิดลองถูก

2. ระดับพัฒนาความคิดรวบยอด (Conceptual Thought Phase) เพียเจท์ได้แบ่งพัฒนาการขั้นนี้ออกเป็นขั้นย่อย ๆ 3 ขั้น ดังนี้

2.1 ขั้นความคิดเกิดก่อนความคิดรวบยอด (Preconceptual Thought Phase) (2-4 ปี) เป็นระยะที่เด็กเริ่มสามารถใช้ภาษา และเข้าใจความหมายของสัญญลักษณ์ เข้าใจสิ่งต่าง ๆ เฉพาะที่เกี่ยวกับตัวเองเท่านั้น ยังไม่สามารถเข้าใจความหมายของความคิดรวบยอดที่ลึกซึ้งได้ และมักจะมองเห็นแง่เดียว

2.2 ขั้นความคิดนึกรู้เอง (Intuitive Thought Phase) (4-7 ปี) เป็นระยะที่เด็กยังไม่สามารถที่จะใช้เหตุผลในการตัดสินใจได้ ความคิดความเข้าใจขึ้นกับการรับรู้ของเด็กเป็นส่วนมาก และขึ้นอยู่กับสิ่งที่เด็กมองเห็นขณะนั้น

2.3 ขั้นคิดปฏิบัติการด้วยรูปธรรม (Concrete Operations Thought Phase) (7-11ปี) เด็กในวัยนี้เริ่มมีความสามารถในการสร้างกฎเกณฑ์ รู้จักที่จะแบ่งสิ่งแวดล้อมออกเป็นหมวดหมู่ได้ และเข้าใจความหมายของการเปรียบเทียบ

3. ระดับปฏิบัติการด้วยนามธรรม (Cognitive Thought Phase หรือ Formal Operations) (11-12 ปี-- ขึ้นไป)

ระยะนี้พัฒนาการทางสติปัญญา และความคิดของเด็กพัฒนาขึ้นสู่ระดับวุฒิภาวะสูงสุด คือ เด็กในวัยนี้จะเริ่มคิดเหมือนผู้ใหญ่ ความคิดแบบเด็กจะสิ้นสุด เด็กสามารถที่คิดอย่างมีเหตุผล คิดอย่างวิทยาศาสตร์ สามารถที่จะตั้งสมมติฐานและทฤษฎี ตลอดจนเกิดความคิดรวบยอดในสิ่งที่เป็นนามธรรม

นอกเหนือไปจากสิ่งที่ตาของเขาจะมองเห็น[1]

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยต่างประเทศ

แซม เอส. บลัง (Sam S. Blanc) ได้วิเคราะห์แบบเรียนชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยสุ่มแบบเรียนชีววิทยาจากห้องสมุดของโรงเรียนรัฐบาล และมหาวิทยาลัยเดนเวอร์ จำนวน 10 เล่ม โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาว่า ผู้แต่งแบบเรียนชีววิทยาทั้งหลายเน้นเรื่องอะไรมากที่สุด โดยวิเคราะห์ทุก ๆ หน้าของแบบเรียนแต่ละเล่ม ผลการวิจัยพบว่า ผู้แต่งเน้นความสำคัญของเนื้อหาในแบบเรียนจากมากไปหาน้อย ดังนี้

1. การสงวนทรัพยากรธรรมชาติ
2. การศึกษาเกี่ยวกับสรีรวิทยาของมนุษย์
3. การศึกษาเกี่ยวกับพืชดอก
4. การศึกษาเกี่ยวกับพันธุกรรม[2]

คิวบิค ไวท์ โฮวาร์ด (Cubic White Howard) ทำการศึกษาเปรียบเทียบจุดมุ่งหมายวิชาชีววิทยาที่พบในเนื้อหาวิชาของแบบเรียนชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาสมัยต่าง ๆ คือ

สมัยแรก ระหว่าง ค.ศ. 1875 - 1885

สมัยที่ 2 ระหว่าง ค.ศ. 1915 - 1925

สมัยที่ 3 ระหว่าง ค.ศ. 1950 - 1955

วิธีการศึกษาทำโดยบันทึกความมุ่งหมายของวิชาชีววิทยาที่พบในหนังสือแบบเรียน จากบันทึกรายงานของทางโรงเรียน และจากการสอบถามครูที่สอนชีววิทยาของโรงเรียนในกลุ่มทดลอง เพื่อทราบความมุ่งหมายในแต่ละสมัย แล้วจำแนกประเภทของความมุ่งหมายออกเป็น 5 รายการ คือ

1. จุดมุ่งหมายในด้านการให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์ (Functional Information Objective)

2. จุดมุ่งหมายในด้านการให้ความรู้ที่เป็นข้อเท็จจริง (Factual Information Objective)

---

[1]พรรณทิพย์ ศิริวรรณบุศย์, จิตวิทยาพัฒนาการ, (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2520), หน้า 80-98. (อัดสำเนา)

[2]Sam S. Blanc, "Tropical Anabjsis of High School Biology Textbooks" Science Education XLI (April, 1957) : pp. 205-209.

3. จุดมุ่งหมายเกี่ยวกับความซาบซึ้ง (Appreciations Objective)

4. จุดมุ่งหมายในด้านเกี่ยวกับคำสอนทางศาสนา (Religions Implications Objective)

5. จุดมุ่งหมายที่เกี่ยวกับการมีระเบียบวินัยในตนเอง (Mental Discipline Objective)

หลังจากจำแนกประเภทของจุดมุ่งหมายแล้ว จึงนำแบบเรียนที่สุ่มมาในแต่ละสมัยมาวิเคราะห์เนื้อหาวิชาชีววิทยา ว่าตรงกับจุดมุ่งหมายทั้ง 5 ข้อนั้นเพียงใด

ผลการศึกษาพบว่า

1. จุดมุ่งหมายที่เกี่ยวกับข้อเท็จจริงนั้น มีความสำคัญมากทุกสมัย แต่สมัยหลังเน้นข้อเท็จจริงน้อยลง

2. จุดมุ่งหมายที่เกี่ยวกับการให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์ เน้นความสำคัญมากในสมัยที่ 2 และเน้นมากขึ้นในสมัยที่ 3

3. จุดมุ่งหมายเกี่ยวกับความซาบซึ้งมีความสำคัญเพิ่มขึ้นในสมัยหลัง ๆ

4. จุดมุ่งหมายเกี่ยวกับศาสนา และในด้านระเบียบวินัยในตนเอง ในสมัยแรก ๆ มีมาก แต่สมัยหลังไม่พบในหนังสือแบบเรียนเลย[1]

โรเบิร์ต เอดวาร์ด รีดเดอร์ (Robert Edward Reeder) ได้ทำการวิเคราะห์เนื้อหาในแบบเรียนชีววิทยา เคมี และฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษา ซึ่งพิมพ์ในระหว่างปี ค.ศ. 1957-1970 ด้านเกี่ยวกับการเสนอชื่อและผลงานของนักวิทยาศาสตร์ โดยเลือกหนังสือชีววิทยา, เคมี และฟิสิกส์ จากหลักสูตร บี เอส ซี เอส (BSCS), เคมส์ (CHEMS), ซีบีเอ (CBA) และ พี เอส เอส ซี (PSSC) รวมทั้งหมด 45 เล่ม และทำการวิเคราะห์โดยการอ่านหนังสือแต่ละเล่ม และนับจำนวนชื่อของนักวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏในหนังสือแบบเรียน ทั้งนี้ได้แบ่งนักวิทยาศาสตร์ออกเป็น 5 ช่วงด้วยกัน คือ ก่อน ค.ศ.1500, ค.ศ. 1501-1800, 1801-1915, 1916-1950 และ 1951-1970 ต่อจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาคิดเป็นร้อยละ และดูการกระจายของนักวิทยาศาสตร์ในแต่ละช่วง

ผลการวิเคราะห์ปรากฏว่า หนังสือชีววิทยา เคมี และฟิสิกส์ ส่วนมากไม่ได้กล่าวถึงนักวิทยาศาสตร์ ในช่วง 1957-1970 หนังสือชีววิทยาและฟิสิกส์รุ่นใหม่ กล่าวถึง นักวิทยาศาสตร์มากกว่าหนังสือรุ่นเก่า ซึ่งตรงกันข้ามกับหนังสือแบบเรียนเคมี ปรากฏว่า รุ่นใหม่มีการกล่าวถึง

---

[1]Cubic White Howard, "A Comparative Analysis of the Objective and Content of Biology Instrumention in the Secondary Schools in Three Periods as Revealed by Representative Textbooks in the Field During Those Period", Dissertation Abstracts International X, (1959) : pp. 1958-1959.

นักวิทยาศาสตร์น้อยกว่าหนังสือรุ่นเก่า นอกจากนี้ยังพบหนังสือแบบเรียนรุ่นใหม่ที่ใช้บางเล่ม มีการกล่าวถึงนักวิทยาศาสตร์น้อย บางเล่มก็กล่าวถึงเป็นจำนวนมาก และชื่อนักวิทยาศาสตร์ที่ปรากฏในหนังสือแบบเรียนชีววิทยาและเคมี ส่วนมากจะอยู่ในช่วง ค.ศ. 1916-1950 ส่วนวิชาฟิสิกส์ จะอยู่ในช่วง ค.ศ. 1501-1800

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิเคราะห์ คือ ครูที่สนใจเกี่ยวกับนักวิทยาศาสตร์จะได้ไปค้นคว้าจากหนังสือแบบเรียนเล่านี้ได้[1]

เทสล่า คาร์ริค (Tessa Carrick) ได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบหนังสือแบบเรียนวิชาชีววิทยาที่ประกาศใช้ใหม่ โดยเลือกหนังสือแบบเรียนจากผู้แต่งต่าง ๆ กัน ทั้งหมด 13 เล่ม และทำการวิเคราะห์ตามหัวข้อดังนี้

1. เนื้อหาที่ปรากฏในแบบเรียนเกี่ยวกับ โมเลกุล, เซล, เนื้อเยื่อและอวัยวะ สิ่งมีชีวิต, ประชากร, กลุ่มของสิ่งมีชีวิต, โลกของสิ่งมีชีวิต

2. คุณภาพของหนังสือแบบเรียน โดยพิจารณาเกี่ยวกับ คำถาม, กิจกรรม, ภาพวาด แผนภาพ, ภาพถ่าย, บทสรุป, ตารางของบทสรุป, ตารางข้อมูล, กราฟ, การคำนวณ, ลำดับการประวัตินักวิทยาศาสตร์, การทดสอบและเฉลยและการอธิบายศัพท์

3. การใช้คำถามในการทดลอง และไม่ทดลองสำหรับการทดลองได้แยกประเภทของคำถามออกเป็น ถามเพื่อการสังเกต, การเปรียบเทียบ, การปฏิบัติการทดลอง, การลงความเห็น และการนำไปใช้สำหรับคำถามที่ไม่ใช้ในการทดลอง ได้แยกประเภทออกเป็น ถามข้อสนเทศโดยตรง ถามเกี่ยวกับการลงข้อสรุป, คำถามเปิด เป็นต้น

ข้อมูลที่ได้เป็นค่าความถี่ ผู้วิจัยได้ทำให้เป็นค่าร้อยละ และแสดงข้อมูลในรูปของตารางและกราฟ โดยแยกเป็นหัวข้อและเปรียบเทียบให้เป็นความแตกต่างของหนังสือทั้ง 13 เล่ม[2]

โจนส์ เกรซ เมย์-ปิง (Jones, Grace May-ping) ได้ทำการวิเคราะห์และประเมินผลแบบเรียนชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งทำการศึกษา 2 แนวทาง คือ ศึกษาพัฒนา

---

[1]Robert Edward Reeder, "Content Involving Scientists in Selected Secondary School Science Textbook of New and Traditional Curricula Published During 1957-1970", Dissertation Abstracts International 33 (January, 193) : p. 3429-A.

[2]Tessa Carrick, "A Comparison of Recently Plublished Biology Textbools of First Examination", Journal of Biological Education 11 (September, 1977) : pp. 163-175.

เครื่องมือในการประเมินผลซึ่งสามารถใช้ในการประเมินผลแบบเรียนชีววิทยา และศึกษาการนำเครื่องมือประเมินผลนี้ไปใช้ประเมินผลแบบเรียนชีววิทยา 9 เล่ม จากแบบเรียนที่มีจำหน่ายอยู่ 10 เล่ม โดยการนำเครื่องมือประเมินผลที่ได้ปรับปรุงและจัดพิมพ์ไว้แล้ว กับแบบประเมินผลของสถาบันการศึกษาของรัฐ ที่ตั้งอยู่ในสภาพภูมิศาสตร์ที่แตกต่างกันมาตรวจสอบ และใช้เครื่องมือประเมินผลทั้งสองอย่างนี้มาเป็นแนวทางในการศึกษา ซึ่งผลจากการศึกษาปรากฏว่า เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีประสิทธิภาพในการกำหนดความแตกต่างระหว่างแบบเรียนทั้ง 9 เล่ม ในด้านจำนวนหน้า ผู้เขียนเนื้อหา ดรรชนี บรรณานุกรม และสิ่งพิมพ์อื่น ๆ ที่ช่วยเหลือนักเรียนจากความแตกต่างนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้แบบเรียนไม่ควรใช้แบบเรียนเล่มใดเล่มหนึ่งเพียงเล่มเดียว ในการสอนชีววิทยาในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย[1]

จอห์น เอ สจ๊วต (John A. Stuart) ได้ทำการวิเคราะห์หนังสือแบบเรียนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาเกี่ยวกับความคิดรวบยอด (Concept) ทางชีววิทยา โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้ คือ

1. เพื่อสร้างเนื้อหาเกี่ยวกับชีววิทยาในหนังสือแบบเรียนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมต้น 7 เล่ม และมัธยมปลาย 8 เล่ม

2. เพื่อหาความสัมพันธ์ในแต่ละความคิดรวบยอด (Concept) จากหัวข้อเรื่องดังนี้

2.1 สรีรวิทยา (Physiology)

2.2 สัณฐานวิทยา (Morphology)

2.3 พันธุศาสตร์ (Genetics)

2.4 วิวัฒนาการ (Evolution)

2.5 นิเวศน์วิทยา (Ecology)

2.6 ชีววิทยาประยุกต์ (Applied Biology)

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ โดยอ่านแบบเรียนทุกหน้าทั้ง 15 เล่ม และบันทึกจำนวนที่เกี่ยวข้องกับชีววิทยาตามหัวข้อต่าง ๆ และความคิดรวบยอด (Concept) ใดที่ไม่สามารถจัดแยกประเภทได้ก็จะถูกจัดไว้อีกกลุ่มหนึ่ง นำข้อมูลที่ได้มาคิดเป็นร้อยละ และหาค่าเฉลี่ยของความคิดรวบยอด (Concept) ในหนังสือแบบเรียนระดับมัธยมต้น และมัธยมปลายเพื่อเปรียบเทียบกัน

ผลการวิเคราะห์ปรากฏว่า หนังสือแต่ละเล่มมีความคิดรวบยอด (Concept) เกี่ยวกับชีววิทยาแตกต่างกันออกไป ความคิดรวบยอด (Concept) เกี่ยวกับชีววิทยาที่พบมากที่สุดในหนังสือแบบเรียนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมต้น คือ ความคิดรวบยอด (Concept) เกี่ยวกับนิเวศน์วิทยา มีถึงร้อยละ 34.6

---

[1]Jones, Grace May-Ping, "Analysis and Evaluation of High School Biology Textbooks", Dissertation Abstracts International (January,1979): p. 4165-A.

สำหรับระดับมัธยมตอนปลายความคิดรวบยอด (Concept) เกี่ยวกับสรีรวิทยา มีมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 34.4 และความคิดรวบยอด(Concept) เกี่ยวกับสัณฐานวิทยา, พันธุศาสตร์, วิวัฒนาการ ชีววิทยาประยุกต์ ปรากฏกระจายอยู่ทั้งในหนังสือระดับมัธยมต้น และมัธยมปลาย[1]

วรรณทิพา โรดรังกา (Vantipa Roadrangka) ได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบหนังสือแบบเรียนชีววิทยาในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายของประเทศไทย ซึ่งจัดทำขึ้นโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กับหนังสือแบบเรียนชีววิทยาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายของเท็กซัส (Texas) ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 2 อย่าง คือ

1. ต้องการเปรียบเทียบในด้านจุดมุ่งหมาย ซึ่งแบ่งออกเป็นด้านความรู้ ด้านความเข้าใจ ด้านทักษะในการใช้เครื่องมือด้านกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการสืบส่วนสอบส่วน และด้านการนำไปใช้

2. เปรียบเทียบความแตกต่างของจุดมุ่งหมายด้านต่าง ๆ ของหนังสือแต่ละเล่มโดยใช้การทดสอบไคสแควร์ (χ^2-test)

หนังสือที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ หนังสือแบบเรียนชีววิทยาของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งพิมพ์ในปี 2520 ทั้ง 4 เล่ม กับหนังสือแบบเรียนชีววิทยาของเท็กซัสซึ่งประกาศออกใช้อีก 5 เล่ม การวิเคราะห์ครั้งนี้ใช้เกณฑ์ของคลอบเฟอร์ (Klopfer's Table of Specifications for Science Education)

ผลการวิเคราะห์ปรากฏว่า หนังสือแบบเรียนชีววิทยาของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มุ่งให้นักเรียนได้รับความรู้ร้อยละ 87.34 ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการสืบส่วนสอบส่วนคิดเป็นร้อยละ 9.76 ทักษะการใช้เครื่องมือ คิดเป็นร้อยละ 2.40 และการนำความรู้ไปใช้ คิดเป็นร้อยละ 0.50 สำหรับหนังสือแบบเรียนชีววิทยาของเท็กซัสทั้ง 5 เล่ม นั้นมุ่งให้ความรู้นักเรียนเป็นส่วนใหญ่ รองลงมาคือ ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการสืบส่วนสอบส่วน ทักษะการใช้เครื่องมือ และการนำไปใช้ตามลำดับ และหนังสือแต่ละเล่มก็มีค่าร้อยละของจุดมุ่งหมายแต่ละด้านแตกต่างกันออกไป[2]

---

[1]John A. Stuart, "An Identification of Life Science Concepts in Selected Secondary School Science Textbooks, Dissertation Abstracto International 41 (August, 1980) : p. 523-A.

[2]Vantipa Roadrangka, "A Comparative Content Analysis of Texas and Thai High School Biology Textbooks," Dissertation Abstracts International 42 (September, 1981) : p. 1087-A.

งานวิจัยในประเทศ

เมื่อเริ่มมีการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ก็ได้มีการมีการปรับปรุงแบบเรียนพร้อมกันไปด้วย สำหรับแบบเรียนชีววิทยาที่สร้างขึ้นครั้งแรกนั้นเป็นเพียงฉบับร่าง และได้ทดลองใช้ในโรงเรียนกลุ่มหนึ่ง มีผู้ทำการวิเคราะห์แบบเรียนเล่มนี้เพียงคนเดียว คือ

สาสี ตังคสิวางกูร ได้วิเคราะห์เนื้อหาแบบเรียนชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฉบับ พ.ศ. 2516 โดยนำเนื้อหาแบบเรียนออกมาวิเคราะห์ร่วมกับผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน พร้อม ๆ กัน ว่าเนื้อหาแบบเรียนตรงกับความมุ่งหมายที่ตั้งไว้ 4 ข้อ คือ ความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และกระบวนการวิทยาศาสตร์มากน้อยเพียงใด ผลการวิจัยสรุปได้ว่า แบบเรียนชีววิทยาฉบับนี้ เสนอเนื้อหาตรงกับความมุ่งหมายข้อที่ว่า ความรู้มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 71.32 รองลงมาคือ กระบวนการวิทยาศาสตร์ ร้อยละ 18.33 ความเข้าใจ ร้อยละ 8.63 และที่น้อยที่สุดคือ จุดมุ่งหมายข้อที่ว่าด้วยการนำไปใช้ คิดเป็นร้อยละ 1.72[1]

ส่วนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์แบบเรียนในช่วงระยะเวลาต่อมา เป็นการวิเคราะห์แบบเรียนวิทยาศาสตร์ในด้านต่าง ๆ เช่น ด้านคุณภาพของแบบเรียนได้แก่ วุฒิผู้แต่ง, ภาษา, ตัวอย่าง, ภาพประกอบ, ขนาดตัวอักษร, ความหนาของหนังสือ, คุณภาพของกระดาษ,แบบปกหนังสือ, บทสรุป เป็นต้น และนอกจากนี้ก็วิเคราะห์เนื้อหาเกี่ยวกับจุดมุ่งหมาย, ความยากง่าย การใช้คำถาม เป็นต้น ดังเช่นงานวิจัยต่อไปนี้

บพิตร เอกะวิภาต ได้วิเคราะห์เนื้อหาแบบเรียนวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยทำการสำรวจเนื้อหาแบบเรียนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น (ม.ศ.1-2-3) จำนวน 9 เล่ม ว่าแต่ละเล่มประกอบด้วยเนื้อหาประเภทต่าง ๆ คือ ข้อเท็จจริง กฎเกณฑ์ทั่วไป เชิงสรุป คำจำกัดความ คำถามที่สามารถตอบได้ทันที เพราะมีคำตอบอยู่แล้วในบทเรียน คำถามที่ส่งเสริมให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูล ข้อความที่ส่งเสริมให้นักเรียนสรุปด้วยตนเอง ข้อความที่เป็นแนวทางแนะนำให้นักเรียนทำการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง คำถามประเภทเร้าให้ค้นหาความจริงต่อไป และคำถามที่หาเหตุผลจากการทดลองในปริมาณเฉลี่ยเท่ากัน หรือต่างกันอย่างไร โดยใช้ตารางวิเคราะห์เนื้อหาแบบเรียนของ วิลเลียม ดี โรมีย์ มาใช้วิเคราะห์ประเภทเนื้อหา ซึ่งได้จากการสุ่มตัวอย่างทุกบท บทละ 10 หน้า ผลการวิจัยพบว่า แบบเรียนทุกเล่มมีเนื้อหาประเภทข้อเท็จจริงมากที่สุด

---

[1]สาสี ตังคสิวางกูร, "การวิเคราะห์เนื้อหาแบบเรียนชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีที่ 4 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฉบับ พ.ศ.2516" (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร, 2517), หน้า 56-57.

เนื้อหาประเภทอื่น ๆ น้อยมาก ปริมาณสูงสุดไม่เกินประเภทละ 1 ข้อความต่อ 10 หน้า และแบบเรียนทุกเล่มไม่ปรากฏมีเนื้อหาประเภทคำถามที่ส่งเสริมให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูลเลย[1]

หลังจากที่มีการประกาศใช้แบบเรียนวิทยาศาสตร์ ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีประกอบกับจุดมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ ได้เน้นที่จะปลูกฝังทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนแล้ว จึงมีผู้สนใจวิเคราะห์แบบเรียน ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขึ้นโดยวิเคราะห์เกี่ยวกับคุณภาพของแบบเรียน และทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้แก่งานวิจัยต่อไปนี้

บรรพต วงศ์แล่วง ได้วิเคราะห์แบบเรียนฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 1 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นการสอบถามความคิดเห็นของครูเกี่ยวกับคุณภาพของแบบเรียน ในด้านการจัดรูปเล่ม การพิมพ์ ภาพประกอบ หนังสืออุเทศ แบบฝึกหัด กระบวนการสืบเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ความเหมาะสมกัน ระหว่างเนื้อหากับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ส่วนตอนที่ 2 เป็นการวิเคราะห์ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ ที่ปรากฏในหนังสือ โดยใช้เกณฑ์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งแบ่งประเภทของทักษะออกเป็น 13 ทักษะ ผลการวิเคราะห์พบว่า ส่วนประกอบของแบบเรียนส่วนมากดีแล้ว แต่ยังต้องปรับปรุงด้านสภาพกระดาษ ปกหนังสือ เนื้อหา และภาพประกอบ หนังสืออุเทศ แบบฝึกหัดเกี่ยวกับกระบวนการสืบเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ตลอดจนความเหมาะสมกันระหว่างเนื้อหาและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมบ้างเป็นบางเรื่อง สำหรับผลการวิเคราะห์ด้านทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ในหนังสือแบบเรียน และคู่มือครูวิชาฟิสิกส์พบว่า มีทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ครบทั้ง 13 ทักษะ บางทักษะพบในทุกบท บางทักษะพบเป็นเพียงบางบท ทักษะที่พบมากที่สุด คือ ทักษะการคำนวณ คิดเป็นร้อยละ 35.39 ของทักษะทั้งหมด และทักษะการจำแนกพบน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 0.20 ของทักษะทั้งหมด[2]

---

[1] บพิตร เอกะวิภาต, "การวิเคราะห์เนื้อหาแบบเรียนวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2518), หน้า 44-48.

[2] บรรพต วงศ์แล่วง, "การวิเคราะห์แบบเรียนวิชาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 1" (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2523), หน้า 88-101.

I15588498

จากการสำรวจรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ยังไม่มีใครทำการศึกษาวิเคราะห์แบบเรียนชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายทุกบท ในด้านทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ โดยละเอียด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ ที่ปรากฏในแบบเรียนชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เล่ม 1-4 ของกระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งจัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทั้งนี้ โดยใช้เกณฑ์การจำแนกทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ของ เอ เอ เอ เอส (AAAS) และเปรียบเทียบทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐานกับขั้นสูงที่ปรากฏในหนังสือแบบเรียนด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย