หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

วรรณคดีที่เกี่ยวข้อง

<u>มโนทัศน์เกี่ยวกับคำว่า "ตรรกศาสตร์"</u>

คำว่าตรรกศาสตร์มาจากภาษากรีกว่า "Logos" แปลว่าคำพูดหรือเหตุผลหรือการสนทนา เป็นวิชาที่ว่าด้วยการใช้เหตุผล เป็นการสรุปผลจากเหตุหรือสมมติฐานที่ตั้งขึ้นได้อย่างสมเหตุสมผล[1]

ปานใจ สุขสวัสดิ์ กล่าวว่า ตรรกวิทยาเป็นวิชาที่ว่าด้วยหลักการและวิธีการของการให้เหตุผล เพื่อให้เราใช้ความคิดภาษาพูดและภาษาเขียนอย่างมีเหตุผล ไม่ก่อให้เกิดความสำคัญผิด ไม่เข้าใจคนอื่นผิด ๆ และรู้จักตัดสินใจปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างสมเหตุสมผล[2]

อมร โสภณวิเชษฐวงศ์ ได้รวบรวมนิยามของคำว่า "ตรรกศาสตร์" จากนักปราชญ์หลาย ๆ ท่าน ดังนี้

เวทลี (Whately) ให้นิยามว่า ตรรกศาสตร์คือศิลปะและวิทยาศาสตร์แห่งการคิดหาเหตุผล

มิล (Mill) ให้นิยามว่า ตรรกศาสตร์คือวิทยาศาสตร์ที่ว่าด้วยการใช้ความเข้าใจให้เป็นประโยชน์ต่อการประเมินค่าหลักฐานว่าด้วยกระบวนการที่ดำเนินจากความจริง

---

[1]สุชาติ รัตนกุล, <u>คณิตศาสตร์แบบปัจจุบัน เล่ม 2</u> (พระนคร: กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2510), หน้า 3.

[2]ปานใจ สุขสวัสดิ์, ม.ร.ว., และ เสรี วงษ์มณฑา, <u>ตรรกวิทยาเบื้องต้น</u> (กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2517), หน้า 3.

ที่รู้แล้ว ไปสู่ความจริงที่ยังไม่รู้และการใช้ปัญญาทั้งหมดเท่าที่เกื้อกูลต่อกระบวนการนี้

ทอมสัน (Thomson) ให้นิยามว่า ตรรกศาสตร์คือวิทยาศาสตร์ที่ว่าด้วยกฎแห่งความคิด

แฮมิลตัน (Hamilton) ให้นิยามว่า ตรรกศาสตร์คือวิทยาศาสตร์ที่ว่าด้วยกฎอันเป็นแบบแผนแห่งความคิด

อาร์นุลด์ (Arnauld) ให้นิยามว่า ตรรกศาสตร์คือวิทยาศาสตร์แห่งความเข้าใจในการแสวงหาความจริง

นิยามต่าง ๆ เหล่านี้ก็ให้ความหมายของตรรกศาสตร์ในลักษณะต่าง ๆ กัน ซึ่งความหมายของมิล (Mill) กล่าวถึงขอบเขตของตรรกศาสตร์ที่กินความกว้างกว่านิยามอื่น ๆ[1]

ขุนประเสริฐศุภมาตรา ได้สรุปใจความคำว่า "ตรรกศาสตร์" ที่นักปราชญ์ต่าง ๆ ได้ให้ไว้ว่า "ตรรกวิทยาคือวิชาว่าด้วยเงื่อนไขและกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ซึ่งจะต้องใช้ในการคิดหรือในการตรึกตรองหาเหตุผลอย่างถูกต้อง"[2]

เวสเลย์ ซี แซลมอน[3] (Wesley C. Salmon) เฮอร์เบิร์ต แอล เซียเลส[4] (Herbert L. Searles) กีรติ บุญเจือ[5] ปานใจ สุขสวัสดิ์[6] ต่างก็ได้กล่าวถึงการคิด

---

[1]อมร โสภณวิเชษฐวงศ์, ตรรกวิทยา (กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2521), หน้า 17 - 19.

[2]ขุนประเสริฐศุภมาตรา, ตรรกวิทยา (พระนคร: โรงพิมพ์มหามกุฏราชวิทยาลัย, 2494), หน้า 2.

[3]Wesley C. Salmon, Logic, 2d ed. (New Jersey, Prentice-Hall, 1973), p.13.

[4]Herbert L. Searles, Logic and Scientific Method, 2d ed. (New York: The Ronald Press Co., 1956), pp.5-6.

[5]กีรติ บุญเจือ, ตรรกวิทยาทั่วไป (กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, 2521), หน้า 5.

[6]ปานใจ สุขสวัสดิ์, ม.ร.ว., และ เสรี วงษ์มณฑา, ตรรกวิทยาเบื้องต้น (กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2517), หน้า 5.

หาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์นั้นมี 2 วิธีใหญ่ ๆ คือ การให้เหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reasoning) และการให้เหตุผลแบบอุปนัย (Inductive Reasoning)

<u>มโนทัศน์เกี่ยวกับคำว่า "นิรนัย" และ "อุปนัย"</u>

กีรติ บุญเจือ ให้ความหมายว่า วิธีนิรนัย (Deduction) คือวิธีการพิสูจน์โดยอ้างข้อความทั่วไปที่แน่ใจได้ก่อนไปสนับสนุนข้อความทั่วไปที่แน่ใจได้ภายหลัง หรือสนับสนุนประสบการณ์เฉพาะหน่วยให้แน่ใจยิ่งขึ้น ส่วนวิธีอุปนัย (Induction) คือการพิสูจน์โดยอ้างประสบการณ์เฉพาะหน่วยที่แน่ใจแล้วไปสนับสนุนข้อความทั่วไปที่ยังไม่แน่ใจให้มีความแน่ใจมากขึ้น[1]

สุชาติ รัตนกุล ได้ให้ความหมายว่า การสรุปผลแบบนิรนัยเป็นการสรุปหาสิ่งเฉพาะราย (Particular) จากหลักใหญ่ (Universe) การสรุปผลต้องสมเหตุสมผลและจากหลักใหญ่นั้นบังคับให้เกิดการสรุปดังกล่าว ส่วนการสรุปผลแบบอุปนัย เป็นการสรุปเป็นหลักใหญ่จากสิ่งเฉพาะรายเป็นผลสรุปที่ไม่ได้เป็นหลักฐานบังคับ ผลสรุปจะเป็นจริงเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็น[2]

ตัวอย่าง การให้เหตุผลแบบนิรนัยและอุปนัย

ก. นิรนัย ประโยคอ้าง 1 : สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมทุกชนิดมีปอด
ประโยคอ้าง 2 : กระต่ายทุกชนิดเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม
∴ สรุปได้ว่า กระต่ายทุกชนิดมีปอด

ข. อุปนัย ประโยคอ้าง : จากการสังเกตกระต่ายแต่ละตัวมีปอด
∴ สรุปได้ว่า กระต่ายทุกชนิดมีปอด

---

[1]กีรติ บุญเจือ, <u>ตรรกวิทยาทั่วไป</u>, หน้า 4.

[2]สุชาติ รัตนกุล, <u>คณิตศาสตร์แนวปัจจุบัน เล่ม 2</u>, หน้า 3.

<u>วิธีการใช้เหตุผลแบบนิรนัย</u>

ที ซี โอเบรียน และ บี เจ ชาไปโร (T.C., O'Brien, and B.J.Shapiro) ได้กล่าวถึงการศึกษาของ ฮิลล์ (Hill) ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับวิธีการให้เหตุผลโดยวิธีนิรนัย จากสมมติฐาน โดยฮิลล์ได้แบ่งวิธีการให้เหตุผลแบบนิรนัยออกเป็น 3 วิธี คือ

1. Sentential Logic เช่น

(1) ถ้ากระเป๋าใบนี้เป็นสีเขียวแล้วจะเป็นของนิภา
ถ้ากระเป๋าใบนี้ไม่ใช่ของนิภา
เพราะฉะนั้นกระเป๋าใบนี้เป็นสีเขียว (สรุปผิด)

(2) ถ้าสมชายซื้อส้มเขียวหวานแล้วสายพินจะซื้อลำไย
สายพินซื้อลำไย
เพราะฉะนั้นสมชายซื้อส้มเขียวหวาน (สรุปผิด)

2. Classical Syllogism เช่น

(1) ถ้าแมวร้องเมี้ยว-เมี้ยว แล้วมันจะต้องหิว
ถ้าแมวหิวแล้วเขาต้องหาอาหารให้มัน
เพราะฉะนั้นถ้าแมวร้องเมี้ยว-เมี้ยวแล้วเขาต้องหาอาหารให้มัน(จริง)

(2) สมรผิวขาวกว่ารัชนี
นิสาผิวขาวกว่าสมร
เพราะฉะนั้นนิสาขาวกว่ารัชนี (จริง)

3. Logic of Quantification เช่น

(1) นักเรียนทุกคนที่อยู่โรงเรียนชอบเล่นฟุตบอล
เด็กชายถาวรไม่ชอบเล่นฟุตบอล
เพราะฉะนั้นเด็กชายถาวรไม่ได้อยู่โรงเรียนนี้ (จริง)

(2) นักฟุตบอลทีมชาติไทยบางคนเป็นเพื่อนของสมพงศ์
ชัยณรงค์เป็นเพื่อนคนหนึ่งของสมพงศ์

เพราะฉะนั้นชัยณรงค์เป็นนักฟุตบอลทีมชาติ (สรุปผิด)[1]

วิธีการให้เหตุผลแบบอุปนัย

การให้เหตุผลแบบอุปนัย ม.ร.ว. ปานใจ สุขสวัสดิ์ กล่าวไว้ว่ามีด้วยกัน 4 วิธี คือ

1. อุปนัยจากตัวอย่างเฉพาะ (Induction from Specific Instances) วิธีการนี้คือการหาตัวอย่างให้มาก ๆ จากตัวอย่างที่มีอยู่ก็สรุปพาดพิง (Infer) ไปถึงกรณีทั้งหมด เช่น

นาย ก. ใช้สบู่ A แล้วผิวดี
นางสาว ข. ใช้สบู่ A แล้วผิวดี
นาย ค. ใช้สบู่ A แล้วผิวดี
∴ ใคร ๆ ที่ใช้สบู่ A แล้วผิวดี

2. อุปนัยจากผู้มีอิทธิพล (Induction from Authorities) ในที่นี้หมายถึงอ้างตำรา สถาบัน หรือบุคคลที่น่าเชื่อถือมาสนับสนุนการสรุป การอุปนัยแบบนี้มีรูปแบบเป็น

X ยืนยันว่าเรื่อง P เป็นจริง
∴สรุปว่าเรื่อง P เป็นจริง

หรือ X เป็นสถาบันเชื่อถือได้ในเรื่อง P
X ยืนยันว่าเรื่อง P เป็นจริง
∴สรุปว่าเรื่อง P เป็นจริงด้วย

3. อุปนัยจากการอุปมาอุปมัย (Induction from Analogy) ซึ่งเป็น

---

[1]T.C., O'Brien, and B.J. Shapiro, "The Development of Logical Thinking in Children," American Educational Research Journal, 5 (November 1968): 531 - 543.

การนำเอากรณีตั้งแต่ 2 กรณีที่มีคุณสมบัติต่าง ๆ ที่คล้ายกัน มาเปรียบเทียบข้อสรุป เช่น

ก, ข, ค, ง ต่างก็มีคุณสมบัติ ย และ ว

ก, ข, ค ต่างก็มีคุณสมบัติ ร

∴ ง น่าจะมีคุณสมบัติ ร ด้วย

4. วิธีอุปนัยจากความสัมพันธ์ที่เป็นเหตุเป็นผลซึ่งกันและกัน (Induction from Casual Relation) ซึ่งอาจทำได้ 3 อย่าง คือ

4.1 การให้เหตุผลจากสาเหตุไปสู่ผลลัพธ์ (Cause-to-Effect Reasoning) เช่น ในการแข่งขันกรีฑานักเรียนครั้งหนึ่ง เช้าในวันแข่งขันฝนตก เราก็กล่าวว่างานวันนี้ไม่สนุกแน่ เราพูดอย่างนี้เพราะเชื่อว่าฝนตกเป็นสาเหตุของความไม่สนุก

4.2 การให้เหตุผลจากผลลัพธ์ไปสู่สาเหตุ (Effect-to-Cause Reasoning) คือจากผลที่เราสรุปพาดพิงไปถึงสาเหตุที่เราไม่ได้พบได้เห็น เช่น เราตื่นตอนเช้าพบว่าสนามหญ้าเปียก ชายคามีหยดน้ำ เราก็อาจสรุปว่าเมื่อคืนนี้ฝนตกทั้งที่เรานอนหลับสนิทไม่รู้เลยว่าฝนตกจริงหรือไม่

4.3 การให้เหตุผลจากผลลัพธ์ไปสู่ผลลัพธ์ (Effect-to-Effect Reasoning) การให้เหตุผลแบบนี้ก็คือการที่ผลลัพธ์สองอย่างเกิดขึ้นด้วยสาเหตุอันเดียวกัน เมื่อเราพบว่ามีกรณีอันหนึ่งเกิดขึ้นอีกกรณีหนึ่งก็น่าจะเกิดขึ้นด้วย เช่น นักเรียน 2 คน มีระดับสติปัญญาใกล้เคียงกัน ขยันพอกัน ไปศึกษาวิชาพิเศษกับครูคนหนึ่งด้วยกัน เราพบนักเรียนคนหนึ่งบอกว่าได้คะแนน A เราก็สรุปว่านักเรียนอีกคนหนึ่งที่เรายังไม่ได้พบนั้น น่าจะได้คะแนน A ด้วยเช่นเดียวกัน[1]

เฮอร์เบิร์ต แอล เซียเลส (Herbert L.Searles) ได้กล่าวว่าการคิดแบบอุปมานต้องอาศัยการสรุปรวบยอดการอุปมาอุปมัย การจัดเข้าพวก การลำดับตัวเลข ฉะนั้นการคิดแบบอุปมานจะเริ่มจากสิ่งเฉพาะรายหลาย ๆ สิ่งเพื่อที่จะสรุปเป็นหลักใหญ่[2] ซึ่ง

007113

---

[1]ปานใจ สุขสวัสดิ์, ม.ร.ว., และ เสรี วงษ์มณฑา, ตรรกวิทยาเบื้องต้น, หน้า 78 - 83.

[2]Herbert L. Searles, Logic and Scientific Method, pp.229-230.

คำนึง ภูริปริญญา ได้พัฒนาแบบทดสอบโดยอาศัยหลักการคิดแบบอุปมานกังกล่าว[1]

จอห์น สจวต มิลล์ (John-Stuart Mill) เป็นนักตรรกศาสตร์ได้รวบรวมวิธีการสรุปผลแบบอุปนัยเอาไว้สำหรับตรวจสอบดูความสัมพันธ์ของกรณีต่าง ๆ ว่าเป็นสาเหตุหรือผลลัพธ์ต่อกันแท้จริงหรือไม่ วิธีดังกล่าวเรียกว่าวิธีการของมิลล์ (Mill's Method) ซึ่งมีอยู่ 5 วิธี คือ

1. วิธีของความสอดคล้อง (Method of Argreement) หลักการแบบนี้มีใจความว่าถ้าในกรณีตั้งแต่สองกรณีขึ้นไปมีลักษณะต่าง ๆ ผิดแผกกันไปหมด นอกจากลักษณะอย่างหนึ่งเท่านั้นที่เหมือนกันและปรากฏว่าในกรณีทั้งสองนั้นก่อให้เกิดผลลัพธ์อันหนึ่งที่เหมือนกัน ก็แสดงว่าลักษณะที่กรณีทั้งสองมีอยู่เหมือนกันนั้นคือ สาเหตุของผลลัพธ์นั้น อาจเขียนเป็น Diagram ได้ดังนี้

a	b	c	d	.....p
a	x	y	z	.....p
a	l	m	n	.....p

เพราะฉะนั้น a จะต้องเกี่ยวข้องสัมพันธ์ (เป็นเหตุเป็นผล) กับ p ตัวอย่างเช่น สมมุติว่ามีนักเรียน 3 คน คือ ก. ข. และ ค. ได้ไปทัศนาจรร่วมกัน และเมื่อกลับจากทัศนาจร ก. ข. และ ค. มีอาการท้องเสียทั้ง 3 คน จากการสอบถามทั้ง 3 คน ได้รับคำตอบว่าได้รับประทานอาหารต่าง ๆ กันที่เหมือนกันอย่างเดียวคือ มะม่วงดอง ดังจะสรุปตามวิธีการว่าด้วยความสอดคล้องได้ว่าสาเหตุของอาการท้องเสียคือมะม่วงดองนั่นเอง

2. วิธีของความแตกต่าง (Method of Difference) หลักการแบบนี้มีใจความว่าถ้าในกรณีตั้งแต่สองกรณีขึ้นไปมีลักษณะต่าง ๆ เหมือนกันหมด มีอยู่ลักษณะเดียว

---

[1]คำนึง ภูริปริญญา, "พัฒนาการคิดเชิงตรรกของเด็กไทยวัยแรกรุ่น," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชาจิตวิทยา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2518), หน้า 12 - 15.

เท่านั้นที่มีอยู่ในกรณีหนึ่ง และปรากฏว่าในกรณีที่มีลักษณะนั้นอยู่มีผลลัพธ์อย่างหนึ่งเกิดขึ้น แต่ในกรณีที่ไม่มีลักษณะนั้น ไม่มีผลลัพธ์ดังกล่าวเกิดขึ้น อย่างนี้ให้ถือว่าลักษณะที่กรณีหนึ่งมี แต่อีกกรณีหนึ่งไม่มีนั่นแหละเป็นสาเหตุ เขียนเป็น Diagram ได้ดังนี้

a	b	c	d	p
-	b	c	d	p

เพราะฉะนั้น a มีความสัมพันธ์เป็นเหตุเป็นผลกับ p ตัวอย่างของข้อนี้อาจใช้สืบเนื่องมาจากตัวอย่างในข้อ 1 กล่าวคือ สมมุติว่ามีนักเรียนอีก 3 คน คือ ง. จ. และ ฉ. ไปทัศนาจรคราวเดียวกับ ก. ข. และ ค. ทั้ง 3 คนนี้กลับจากทัศนาจรแล้วไม่ได้มีอาการท้องเสียแต่อย่างใดเลย ง. จ. และ ฉ. รับประทานอาหารต่าง ๆ เหมือนกันกับ ก. ข. และ ค. ผิดกันอยู่อย่างเดียวคือ มะม่วงดอง เมื่อเป็นเช่นนี้ด้วยวิธีการว่าด้วยความแตกต่างก็สรุปได้ว่า มะม่วงดองเป็นสาเหตุของอาการปวดท้องได้แน่นอนยิ่งขึ้น

3. วิธีของความสอดคล้องและไม่สอดคล้อง (Method of Agreement and Difference or Joint Method) วิธีการนี้เป็นการนำเอาสองวิธีข้างต้นมาใช้รวมกันเพื่อให้เกิดความแน่ใจมากยิ่งขึ้น อาจเขียนเป็น Diagram ดูได้ดังนี้

a	b	c	d	p
a	c	x	y	p
a	x	b	d	p
-	b	c	x	-
a	y	d	c	p

จากรูปจะเห็นได้ว่า ทุกกรณีที่มี a มีผลลัพธ์ p เกิดขึ้น แต่ที่ไม่มี a จะไม่มี p ส่วนองค์ประกอบตัวอื่น ๆ นั้นกระจายอยู่กันไปอย่างแตกต่างกัน เราจึงสรุปได้ว่า a เป็นสาเหตุ เช่นในกรณีที่คนหลาย ๆ คนไปรับประทานอาหารด้วยกัน มีหลายคนท้องเสียแต่มีคนเดียวที่ไม่ท้องเสียเพราะรับประทานอาหารต่างจากคนอื่นไปคนเดียว เราก็สรุปได้ว่าอาหารที่ทุกคนรับประทาน แต่คนที่ท้องเสียไม่ได้รับประทานนั้นเป็นสาเหตุท้องเสีย ดูจาก Diagram

นาย ก. ข้าวผัด เกาเหลา โอเลี้ยง ไอศครีม ท้องเสีย
นาย ข. ข้าวผัด แกงจืด โคล่า ไอศครีม ท้องเสีย
นาย ค. ขนมจีน เกาเหลา แฟนต้า ไอศครีม ท้องเสีย
นาย ง. ขนมจีน แกงจืด โอเลี้ยง ไอศครีม ท้องเสีย

จาก Diagram ไอศครีมเป็นสาเหตุของท้องเสีย

4. วิธีของเศษที่เหลือ (Method of Residue) หลักการนี้มีใจความว่า ในกรณีหนึ่งที่เกิดขึ้นและมีกรณีอื่นหลายกรณีที่สันนิษฐานได้ว่าน่าจะเป็นสาเหตุ แต่ไม่ใช่ทั้งหมด เราก็พยายามศึกษาสาเหตุนั้นอย่างละเอียดทีละอัน แล้วตัดสาเหตุที่รู้แน่ว่าไม่ใช่ออก เหลือสาเหตุที่แท้จริงไว้ เช่น ได้ทำการค้าอย่างหนึ่ง กิจการไม่เจริญเท่าที่ควร คนซื้อสินค้าน้อย ซึ่งอาจเป็นเพราะการโฆษณาไม่ดี คุณภาพไม่ดี ราคาแพงกว่าสินค้าชนิดอื่นที่ราคาเท่ากัน ประชาชนรายได้ตกต่ำ ความจำเป็นที่ประชาชนใช้มีอยู่ต่ำ เราก็ได้ศึกษาโดยใช้แบบสอบถามและตรวจสอบด้วยวิธีการต่าง ๆ เท่าที่จะทำได้ เราอาจจะพบว่า คุณภาพเป็นเลิศ ราคาถูก การโฆษณามีคนนิยม ความจำเป็นที่ประชาชนอาจจะใช้สินค้ายังมีอยู่มาก สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ก็อาจตัดทิ้งไปได้ว่าไม่ใช่สาเหตุ และดูต่อไปก็พบว่ารายได้ประชาชาติตกต่ำตามสถิติรายงานที่มีอยู่ อย่างนี้ก็สรุปได้ว่า รายได้เป็นสาเหตุของการซื้อสินค้าน้อยทั้ง ๆ ที่มีความจำเป็น พอใจวิธีโฆษณา รู้ซึ้งถึงคุณภาพและทราบว่าราคายุติธรรม

5. วิธีของการเปลี่ยนแปลงร่วมกัน (Method of Concomitant Variation) หลักการนี้มีใจความว่า ถ้าหากว่าในกรณีหนึ่งมีสาเหตุของอีกกรณีหนึ่ง มีองค์ประกอบอยู่หลายอย่าง และเราไม่ทราบว่าองค์ประกอบใดเป็นสาเหตุที่แท้จริง เราก็จะแปรเปลี่ยนองค์ประกอบหนึ่งแล้วรักษาองค์ประกอบอื่นไว้ให้คงที่ แล้วดูการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นที่ผลลัพธ์ หากว่าผลลัพธ์มีการแปรเปลี่ยนร่วมไปกับการแปรขององค์ประกอบ เราก็อาจสรุปได้ว่าองค์ประกอบนั้นเป็นสาเหตุ เช่น นางสาวมาลัย มีใบหน้าเป็นสิว ได้พยายามรักษามานาน โดยใช้อะไรหลาย ๆ อย่างปนกันตามแต่จะมีคนแนะนำ คือ ไข่ขาว ดินสอพอง น้ำผึ้ง และมะกรูด ครีมไข่มุก แป้งน้ำ ในเวลาต่าง ๆ ของวัน ใช้อยู่ระยะหนึ่งสิวหายไปจากใบหน้า นางสาวมาลัยไม่ทราบว่าอะไรเป็นสิ่งที่ทำให้เธอหาย เธอก็จะลองเปลี่ยนแปลงด้วยการลดหรือเพิ่มอย่างใดอย่างหนึ่ง แล้วรักษาอย่างอื่นไว้ให้คงที่แล้วดูการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบนใบหน้าของเธอ ก็อาจจะทราบสาเหตุ

ที่แท้จริงได้ อาจจะเขียนเป็น Diagram ได้ดังนี้

$a \quad b \quad c \quad d \ldots\ldots\ldots p$

$a_1 \quad b \quad c \quad d \ldots\ldots\ldots p_1$

$a_2 \quad b \quad c \quad d \ldots\ldots\ldots p_2$

จากรูป a เป็นสาเหตุของ p[1]

อมร โสภณวิเชษฐวงศ์ ได้ชี้ให้เห็นว่าข้อสรุปของการให้เหตุผลทั้งสองวิธีนี้มีข้อแตกต่าง 3 ประการใหญ่ ๆ ซึ่งยกมาเปรียบเทียบให้เห็นดังนี้

1. การคิดหาเหตุผลแบบนิรนัยเป็นการคิดหาเหตุผลจากหลักทั่วไปไปหาข้อเท็จจริงปลีกย่อย ส่วนการคิดหาเหตุผลแบบอุปนัยเป็นการคิดหาเหตุผลจากข้อเท็จจริงปลีกย่อยไปหาหลักทั่วไป

2. การคิดหาเหตุผลแบบนิรนัย บทสรุปที่ได้มีขอบเขตแคบกว่าประพจน์เหตุ ส่วนการคิดหาเหตุผลแบบอุปนัยบทสรุปที่ได้มีขอบเขตกว้างกว่าประพจน์เหตุ

3. การคิดหาเหตุผลแบบนิรนัย เป็นการใช้ความรู้เดิมพิสูจน์ข้อเท็จจริงให้น่ายอมรับ เชื่อถือมากขึ้น ส่วนการคิดหาเหตุผลแบบอุปนัยก่อให้เกิดความคิดริเริ่มแปลก ๆ ใหม่ ๆ เพิ่มขึ้น[2]

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ออกเป็น 2 แบบ คือ การคิดหาเหตุผลแบบนิรนัยและการคิดหาเหตุผลแบบอุปนัย โดยรวมเป็นฉบับเดียวกัน เพื่อให้สอดคล้องกับความคิดของนักปราชญ์ดังกล่าวมาแล้ว

---

[1]ปานใจ สุขสวัสดิ์, ม.ร.ว., และ เสรี วงษ์มณฑา, ตรรกวิทยาเบื้องต้น, หน้า 84 - 87.

[2]อมร โสภณวิเชษฐวงศ์, ตรรกวิทยา (กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2521), หน้า 184.

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาและความคิดของเพียเจท์

เพียเจท์ได้ศึกษาพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็กตั้งแต่แรกเกิดจนถึงวัยรุ่น เขาเชื่อว่าพฤติกรรมของคนก็คือการปรับตัวของร่างกายที่มีต่อสิ่งแวดล้อมและการจัดระบบซึ่งสิ่งเหล่านี้เองที่ทำให้เกิดการสร้างสังกัปของพัฒนาการทางสติปัญญาขึ้น เมื่ออินทรีย์รับรู้สิ่งแวดล้อมเข้ามาสมองก็มีการจัดระบบและปรับตัว และเนื่องจากได้มีการปะทะสัมพันธ์อย่างต่อเนื่องกัน (Continuous-Interaction) ระหว่างบุคคลกับสิ่งแวดล้อมจึงมีผลทำให้มีการพัฒนาระดับสติปัญญาและความคิดขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งในการพัฒนาการของสติปัญญาจะประกอบด้วยกระบวนการที่สำคัญ 2 อย่าง คือ กระบวนการปรับเข้าสู่โครงสร้าง (Assimilation) และกระบวนการปรับขยายโครงสร้าง (Accomodation)[1]

กระบวนการปรับเข้าสู่โครงสร้าง (Assimilation) เป็นกระบวนการทางสติปัญญาที่เกิดจากกลไกทางสมองได้ผสมผสานเรื่องราว เหตุการณ์ รูปร่างลักษณะต่าง ๆ ให้เข้ากับโครงแบบทางสมองเดิมที่มีอยู่ เช่นในกรณีเด็กเห็นหนูหรือแมว เด็กก็จะปรับสิ่งที่ได้รับรู้ใหม่นี้ไปเข้าในโครงแบบทางสมองเดิมที่มีอยู่คือ โครงแบบของสุนัข ดังนั้นการทำงานของกระบวนการทำให้เด็กเรียกหมูหรือแมววาสุนัข

กระบวนการปรับขยายโครงสร้าง (Accomodation) เป็นกระบวนการทางสติปัญญาที่เกิดจากกลไกทางสมอง ได้ปรับปรุงขยายโครงสร้างแบบอันเดิมที่มีอยู่แล้วเพื่อให้เข้ากับสิ่งเร้าใหม่ ฉะนั้นกระบวนการปรับขยายโครงสร้างจะเกิดขึ้นได้ 2 ลักษณะ คือ

1. การขยายหรือการปรับโครงแบบเดิมให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น
2. หรืออาจสร้างโครงแบบทางสติปัญญาขึ้นมาใหม่ ในกรณีที่ไม่สามารถนำเอาสิ่งที่ได้รับมาใหม่ปรับขยายให้เข้ากับโครงสร้างแบบเดิมได้

เพียเจท์ได้กล่าวถึงลำดับขั้นของการพัฒนาการทางสติปัญญาว่าประกอบด้วยขั้นตอน

---

[1]สุรางค์ โค้วตระกูล, "ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาและความคิดของเพียเจท์," วารสารครุศาสตร์ ฉบับปฐมฤกษ์ (ธันวาคม 2513): 10 - 12.

4 ขั้นใหญ่ ๆ โดยเริ่มแรกเกิดจนเข้าสู่วัยผู้ใหญ่ คือ[1]

1. ขั้นประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหว (The Sensori-Motor Period) เป็นพัฒนาการขั้นแรกของชีวิต เริ่มตั้งแต่แรกเกิดจนกระทั่งอายุประมาณ 2 ปี ในขั้นนี้ทารกจะรับรู้สิ่งแวดล้อมทั้งหมดโดยวิธีเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อทั้งสิ้น แต่ลักษณะการเคลื่อนไหวในระยะแรก ๆ จะเป็นปฏิกิริยาสะท้อน (Reflex) ที่ง่าย ๆ เช่น การดูด การกำมือ การจับฉวยสิ่งของ เป็นต้น เมื่อทารกค่อย ๆ เจริญ พฤติกรรมทั้งหลายก็จะเปลี่ยนจากปฏิกิริยาสะท้อนมาเป็นพฤติกรรมด้วยความตั้งใจ พอถึงระยะท้าย ๆ ของการพัฒนาการขั้นนี้ เด็กจะเริ่มมีสังกัปเกี่ยวกับเรื่องการมีอยู่ของวัตถุ (Permanent Object) สามารถแก้ปัญหาง่าย ๆ ได้ สามารถคิดเกี่ยวกับวัตถุต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลได้ในลักษณะง่ายๆ ไปพร้อม ๆ กับการพัฒนาการด้านภาษา

2. ขั้นการคิดก่อนปฏิบัติการ (The Period of Preoperational Thought) การพัฒนาการขั้นนี้เด็กจะเริ่มมีความสามารถที่จะแสดงการคิดสิ่งต่าง ๆ แต่ยังไม่ถึงขั้นปฏิบัติการได้ จนกว่าเด็กจะมีอายุถึงประมาณ 7 ปี จึงจะพัฒนาการความสามารถในด้านนี้ได้อย่างเต็มที่ ซึ่งเด็กที่มีช่วงอายุประมาณ 2-7 ปี ลักษณะที่สำคัญเด็กจะพัฒนาการจากการใช้ประสาทสัมผัส และการเคลื่อนไหวมาสู่พัฒนาการใช้สัญลักษณ์ ซึ่งจะทำให้เกิดโครงสร้างทางสังกัป (Conceptual Schema)

3. ขั้นปฏิบัติการด้วยรูปธรรม (The Period of Concrete Operation) ขั้นปฏิบัติการด้วยรูปธรรมนี้จะอยู่ในช่วงอายุ 7-11 ปี ในช่วงนี้เด็กมีพัฒนาการของความคิดมากขึ้น การให้เหตุผลของเด็กจะกลายมาเป็นแบบตรรกศาสตร์ ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่เป็นรูปธรรมหรือปัญหาที่สามารถสังเกตได้

---

[1]แบรี่ แวดสเวอร์ธ, ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจท์ แปลโดย ดวงเดือน ศาสตรภัทร์ ภาควิชาจิตวิทยา คณะมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (เอกสารอัดสำเนา), [ม.ป.ป.], หน้า 23 - 74.

4. ขั้นปฏิบัติการด้วยนามธรรม (The Period of Formal Operation) เป็นการพัฒนาการทางสติปัญญาขั้นสุดท้ายของเด็กระหว่างช่วงอายุ 11-15 ปี ในขั้นนี้เด็กจะพัฒนาความคิดความสามารถในการแก้ปัญหาโดยใช้การคิดตามหลักตรรกศาสตร์กับปัญหาทุกชนิด เป็นขั้นที่โครงสร้างทางสติปัญญาพัฒนาอย่างสมบูรณ์ จึงจัดว่าเป็นขั้นของการใช้สติปัญญาอย่างแท้จริงเพราะเด็กสามารถแก้ปัญหาได้ทั้งในเรื่องรูปธรรม นามธรรม การพัฒนาในขั้นนี้สติปัญญาของเด็กจะพัฒนาไปถึงระดับสมบูรณ์

บี อินเฮลเดอร์ และ เจ เพียเจท์ (B. Inhelder and J.Piaget) ได้ใช้รูปแบบตรรกศาสตร์ 2 รูปแบบ ในการอธิบายปฏิบัติงานของเด็กซึ่งแสดงความคิดในขั้นปฏิบัติการในด้านนามธรรม เพื่อหาเหตุผลตามหลักตรรกศาสตร์ในการแก้ปัญหา ซึ่งเด็กในขั้นปฏิบัติการด้วยนามธรรมจะมีลักษณะการให้เหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ 2 รูปแบบ ซึ่งใช้ควบคู่กันเสมอ คือ รูปแบบที่เรียกว่า "ระบบปฏิบัติการคิด 16 คู่" (System of Sixteen Binary Operations) กับ "ระบบปฏิบัติการ 4 กลุ่ม" (Four Groups System) ที่เรียกว่า "กลุ่ม INRC"[1]

ระบบปฏิบัติการ 16 คู่ เป็นระบบปฏิบัติการที่สำคัญที่วัยรุ่นใช้ในการเชื่อมประพจน์ (Propositions) 2 ประพจน์เข้าด้วยกัน ผลของการเชื่อมจะได้ประพจน์ใหม่หรือข้อสรุปที่ถูกต้องตามหลักตรรกศาสตร์ ตัวปฏิบัติการเหล่านี้ได้แก่

1. ตัวร่วมกลุ่ม (Disjunction) ใช้สันธาน "หรือ" เป็นตัวเชื่อม เขียนเป็นสัญลักษณ์ว่า $p \vee q$ การเชื่อมประพจน์เป็นไปได้ในลักษณะที่ว่า ถ้าประพจน์ใดประพจน์หนึ่งเป็นจริง หรือเป็นจริงทั้งสองประพจน์ การเชื่อมด้วยตัวปฏิบัติการร่วมกลุ่มก็จะเป็นจริง เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ดังนี้

---

[1]B. Inhelder and J. Piaget, The Growth of Logical Thinking from Child to Adolescence (New York: Basic Books, 1958), pp.103 - 104.

$$p \vee q = (p \cdot \bar{q}) \vee (\bar{p} \cdot q) \vee (p \cdot q)$$

(เมื่อ p แทนประพจน์ pเป็นจริง, $\bar{p}$ แทนประพจน์ p เป็นเท็จ)

2. ตัวนิเสธของการร่วมกลุ่ม (Negation of Disjunction) เขียนเป็นสัญลักษณ์ว่า $\sim(p \vee q)$ กล่าวคือ $(p \vee q)$ เป็นเท็จแล้ว p เป็นเท็จ และ q เป็นเท็จด้วย ซึ่งเขียนสัญลักษณ์ได้ดังนี้

$$\sim(p \vee q) = \bar{p} \cdot \bar{q}$$

3. ตัวร่วมกลุ่ม (Conjunction) ใช้สันธาน "และ" เป็นตัวเชื่อม เขียนเป็นสัญลักษณ์ว่า p.q หมายถึง p เป็นจริง และ q เป็นจริง

4. ตัวนิเสธของการร่วมกลุ่ม (Negation of Conjunction) เขียนเป็นสัญลักษณ์ว่า $\sim(p.q)$ หมายถึง $(p.q)$ ไม่เป็นจริง แสดงว่า p หรือ q เป็นเท็จหรือเป็นเท็จทั้งสอง ประพจน์ เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ดังนี้

$$\sim(p \cdot q) = (p.\bar{q}) \vee (\bar{p}.q) \vee (\bar{p}.\bar{q})$$

5. ตัวเงื่อนไข (Implication) เชื่อมด้วยสันธาน "ถ้า...ก็..." หรือ "ถ้า...แล้ว...." เขียนเป็นสัญลักษณ์ว่า $p \supset q$ หมายความว่า ถ้าประพจน์หนึ่งเป็นจริงแล้วทำให้อีกประพจน์หนึ่งเป็นจริงด้วย ซึ่งเขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ดังนี้

$$p \supset q = (p.q) \vee (\bar{p}.q) \vee (\bar{p}.\bar{q})$$

6. รูปนิเสธของตัวเงื่อนไข (Negation of Implication) เป็นการบอกว่าเงื่อนไขไม่เป็นจริง เขียนเป็นสัญลักษณ์ว่า $\sim(p \supset q)$ หมายความว่าเงื่อนไขไม่เป็นจริง ทำให้ p เป็นจริง แต่ q เป็นเท็จ สัญลักษณ์คือ

$$\sim(p \supset q) = (p.\bar{q})$$

7. รูปกลับของตัวเงื่อนไข (Converse of Implication) เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ดังนี้

$$q \supset p = (p.q) \vee (p.\bar{q}) \vee (\bar{p}.\bar{q})$$

8. รูปนิเสธของรูปกลับของตัวเงื่อนไข (Negation of Converse Impli-

cation) เขียนสัญลักษณ์แทนได้ดังนี้

$$\sim(q \supset p) = (\bar{p}.q)$$

9. การเท่ากัน (Equivalence) เชื่อมด้วย "ถ้า...ก็และถ้า...ก็" หรือ "ถ้า...ก็ต่อเมื่อ..." หรือ ...ก็ก็...." เขียนสัญลักษณ์แทนด้วย p = q หมายถึง p เท่ากับ q ได้ก็ต่อเมื่อ p เป็นจริง และ q เป็นจริง หรือ p และ q เป็นเท็จ สัญลักษณ์คือ

$$p = q = (p.q) \vee (\bar{p}.\bar{q})$$

10. รูปนิเสธของการเท่ากัน (Negation of Equivalence) เขียนเป็นสัญลักษณ์คือ $(p \vee\vee q) = (p.\bar{q}) \vee (\bar{p}.q)$

11. รูปความสัมพันธ์โดยอิสระ p ต่อ q (Independence of p to q) เขียนเป็นสัญลักษณ์ว่า

$$p \ [q] = (p.q) \vee (p.\bar{q})$$

12. รูปนิเสธของความสัมพันธ์โดยอิสระของ p ต่อ q (Negation of Independence of p to q) สัญลักษณ์แทนคือ

$$\bar{p} \ [q] = (\bar{p}.q) \vee (\bar{p}.\bar{q})$$

13. รูปความสัมพันธ์โดยอิสระของ q ต่อ p (Independence of q to p) สัญลักษณ์แทนคือ

$$q \ [p] = (p.\bar{q}) \vee (p.q)$$

14. รูปนิเสธของความสัมพันธ์โดยอิสระของ q ต่อ p (Negation of Independence of q to p) สัญลักษณ์แทนคือ

$$\bar{q} \ [p] = (p.\bar{q}) \vee (\bar{p}.\bar{q})$$

15. ความถูกต้องทุกประการ (Tautology) สัญลักษณ์แทนคือ p*q โดยที่

$$p * q = (p.q) \vee (p.\bar{q}) \vee (\bar{p}.q) \vee (\bar{p}.\bar{q})$$

16. รูปนิเสธของความถูกต้องทุกประการ (Negation) คือไม่มีอะไรเลย (0) สัญลักษณ์แทนคือ

$$\sim(p * q) = 0$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กลุ่ม INRC เป็นระบบวิเคราะห์หน้าที่ (Function) เพื่อจะอธิบายการสรุปความ กลุ่ม INRC และการปฏิบัติการ 16 คู่ จะใช้ควบคู่กันเสมอ

I หมายถึง ความเป็นเอกลักษณ์ (Identity) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในการปฏิบัติการ

N หมายถึง การนิเสธ (Negation) เช่น $N(p \supset q) = (p.\bar{q})$

R หมายถึง การปฏิบัติการกลับกัน (Reciprocity) เช่น $(p \supset \bar{q}) = R(\bar{p} \supset q)$

C หมายถึง ความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน (Correlativity) ในการเปลี่ยนแปลงการร่วมกลุ่ม (Conjunction .) ไปเป็นตัวรวมกลุ่ม (Disjunction $\vee$) หรือโดยนัยที่กลับกัน แต่ผลที่ได้ไม่เปลี่ยนแปลง คือ $C(p \vee q) = p.q$

N และ R คือ การปฏิบัติการทวนกลับ (Reversibility) นั่นเอง แต่มีความซับซ้อนมากขึ้น

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ความหมายของคำว่า "ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์"

มาร์แชลล์ เอ เนย์ และคณะ (Marshall A. Nay and Associates) ได้กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นการลำดับกิจกรรมหรือลำดับการปฏิบัติการซึ่งกระทำโดยนักวิทยาศาสตร์เพื่อที่จะศึกษาเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติ โดยมีกระบวนการต่าง ๆ ในการจัดเรียงลำดับขั้นการทำงาน[1] .

---

[1]Marshall A. Nay and Associates, "A Process Approach to Teaching Science," Science Education 55 (April - June 1971): 201 - 203.

ลีโอพาร์ด อี ครอพเฟอร์ (Leopard E. Klopfer) กล่าวว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่ใช้ในการสืบสอบความรู้ทางวิทยาศาสตร์[1]

หลุยส์ ไอ กัสแลนด์ และ เอ แฮริส สโตน (Louis I. Kuslan and A. Haris Stone) กล่าวว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์[2]

ประหยัด จันทร์ชมภู และ ประสพสันต์ อักษรมัต ได้ให้ความหมายของคำว่า "ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์" ไว้ว่า หมายถึงความคล่องแคล่วชำนิชำนาญในการเรียนวิทยาศาสตร์[3]

จากคำกล่าวข้างต้นพอจะสรุปได้ว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการค้นคว้าทดลองเพื่อหาข้อเท็จจริง หลักการและกฎ ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและการฝึกฝนความนึกคิดอย่างมีระบบ

ทักษะขั้นต่าง ๆ ของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การศึกษาวิทยาศาสตร์ นักเรียนจำเป็นต้องมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยไม่ว่าระดับชั้นใดก็ตาม เพราะวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ประกอบด้วยความรู้และกระบวนการแสวงหาความรู้ ฉะนั้นวิธีการหนึ่งที่ได้มาซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ก็คือการค้นคว้า

---

[1]Leopard E. Klopfer, "Evaluation of Learning in Science," in Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning, Benjamin S. Bloom et.al. (New York: McGraw-Hill Book Co., 1971), pp.568-573.

[2]Louis I. Kuslan and A. Haris Stone, Teaching Children Science: and Inquiry Approach (California: Wedsworth Publishing Co., 1968), p.229.

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

ทดลอง ซึ่งผู้ทดลองมีโอกาสฝึกฝนในด้านปฏิบัติและพัฒนาความคิดไปด้วย เช่น ฝึกสังเกต บันทึกข้อมูล หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ตั้งสมมติฐานและทำการทดลอง เป็นต้น พฤติกรรมต่าง ๆ ที่เกิดจากการปฏิบัติและการฝึกฝนความนึกคิดอย่างมีระบบ นี่ก็คือทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นั่นเอง

ปีค.ศ.1951 เพียร์สันและดิวอี (Pearson and Dewey) ได้พยายามวิเคราะห์การทำงานของนักวิทยาศาสตร์แล้วสรุปว่าระเบียบวิธีวิทยาศาสตร์สามารถจำแนกได้เป็น 6 ขั้น ดังนี้

1. กำหนดปัญหา (Identification and Statement for the Problem)

2. ตั้งสมมติฐานหลาย ๆ อันเพื่อคาดคะเนคำตอบ (Formulation of Hypotheses)

3. ค้นหาวิธีทดสอบสมมุติฐานแต่ละอัน (Search for Evidence to Test Hypotheses)

4. ทำการทดสอบสมมติฐานแล้วลงข้อยุติ (Assessment of Validity of Hypotheses)

5. ปรับปรุงแก้ไขสมมติฐานถ้าจำเป็น (Revision of Hypotheses if Necessary)

6. นำข้อยุติไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้อง (Application of Conclusions to Similar Problems)[1]

ก่อนที่จะมีการปรับปรุงการสอนวิทยาศาสตร์ครั้งใหญ่ในอเมริกา นักการศึกษาทั่วไปรวมทั้งดิวอี (Dewey) มีความเชื่อว่าการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่พบนั้นถ้าทำตามขั้นตอนตามระเบียบวิธีวิทยาศาสตร์แล้วจะแก้ปัญหาได้สำเร็จ และยังมีความเชื่อมั่นว่า

---

[1]สุวัฒก์ นิยมค้า, การสอนวิทยาศาสตร์แบบพัฒนาความคิด (กรุงเทพมหานคร: วัฒนาพานิช, 2517), หน้า 31.

"การศึกษาทุกวิชาควรได้ฝึกฝนให้เด็กเกิดสติปัญญา รู้จักคิดอย่างมีเหตุผลและรู้จักแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันด้วย ดิวอี (Dewey) คิดว่าระเบียบวิธีวิทยาศาสตร์ (The Scientific Method) ดีที่สุด"[1]

เอ็ม เอ เบอร์เมสเตอร์ (M.A.Burmester) ได้สร้างเครื่องมือวัดความสามารถกระบวนการวิทยาศาสตร์โดยเรียกเครื่องมือนี้ว่าการคิดโดยวิธีวิทยาศาสตร์ (Scientific Thinking) ซึ่งประกอบด้วย

1. การกำหนดปัญหา การตั้งสมมุติฐาน การกำหนดเงื่อนไขการทดลองและการสรุป
2. การพิจารณาข้อจำกัดของปัญหา
3. การเข้าใจวิธีการทดลอง
4. การจัดข้อมูล
5. การเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงต่าง ๆ กับปัญหา
6. การตีความหมายจากข้อมูลและการออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน
7. การประเมินค่าข้อสรุปในแง่ความเป็นเหตุเป็นผล และความสมบูรณ์ของข้อมูล
8. การสร้างข้อสรุปเป็นหลักเกณฑ์[2]

โรเบิร์ต บี ซันด์ และ เลสไล ดับบลิว โทรวบริดจ์ (Robert B. Sund and Leslie W. Trowbridge) กล่าวถึงทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่ควรพัฒนา

---

[1] เรื่องเดียวกัน, หน้า 32.

[2] M.A. Burmester, "The Construction and Validation of a Test to Measure Some of the Inductive Aspects of Scientific Thinking," Science Education 37 (1953): 132.

นักเรียนโปรแกรมวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายไว้เป็น 5 กลุ่มใหญ่คือ

1. ทักษะในการหาความรู้ (Acquisitive Skills)
   1.1 การฟังอย่างตั้งใจ กระตือรือร้นและถามเมื่อสงสัย
   1.2 การสังเกตอย่างถี่ถ้วน สนใจและคิดอย่างเป็นระบบ
   1.3 การค้นหาแหล่งข้อมูลและใช้แหล่งข้อมูลหลายๆแหล่งมาร่วมพิจารณา
   1.4 การเสาะแสวงหาความรู้โดยการสัมภาษณ์หรือเขียนจดหมายสอบถาม
   1.5 การกำหนดปัญหา
   1.6 การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการบันทึกเป็นตารางหรือจำแนกเป็นรายการต่าง ๆ
   1.7 การหาคำตอบของปัญหาที่ตั้งไว้โดยการทำการทดลองวิเคราะห์ผลการทดลอง แล้วสรุปผล
2. ทักษะในการรวบรวมประสบการณ์ (Organizational Skills)
   2.1 การรายงานข้อมูลอย่างมีระบบและสมบูรณ์โดยเขียนเป็นตารางหรือแผนผัง
   2.2 การเปรียบเทียบความเหมือนกันของสิ่งที่สังเกตได้
   2.3 การเปรียบเทียบความแตกต่างของสิ่งที่สังเกตได้
   2.4 การจำแนกข้อมูลออกเป็นหมวดหมู่
   2.5 การเรียงลำดับข้อมูลที่จัดไว้เป็นหมวดหมู่โดยแสดงเป็นลำดับ
   2.6 การกำหนดเค้าโครงออกเป็นหัวข้อใหญ่และหัวข้อย่อย
   2.7 การแสดงหัวข้อที่สำคัญและความสัมพันธ์ของข้อมูล
   2.8 การประเมินผลและปรับปรุงแก้ไข
   2.9 การวิเคราะห์และนำผลไปใช้
3. ทักษะในการสร้างสรรค์ (Creative Skills)
   3.1 การวางแผนล่วงหน้าโดยเล็งเห็นผลที่จะเป็นไปได้และรวมถึง

การตั้งสมมติฐาน

3.2 การกำหนดปัญหาใหม่ วิธีการใหม่ เครื่องมือใหม่และระบบใหม่

3.3 การค้นหาเทคนิควิธีการต่าง ๆ

3.4 การสังเคราะห์โดยการนำสิ่งต่าง ๆ ที่มีอยู่มาประกอบกันเป็นสิ่งใหม่

4. ทักษะในการใช้เครื่องมือ (Manipulative Skills)

4.1 การรู้จักส่วนต่าง ๆ ของเครื่องมือ วิธีทำงาน การปรับเครื่องมือให้เหมาะสมและข้อจำกัดของงาน

4.2 การดูแลรักษาเครื่องมือให้อยู่ในสภาพดีโดยการเก็บและใช้อย่างเหมาะสม

4.3 การสาธิตแสดงส่วนต่างๆ หน้าที่และการทำงานของเครื่องมือ

4.4 การนำเครื่องมือมาใช้ในการทดลอง ซึ่งรวมทั้งการวางแผนการใช้เครื่องมือ การรวบรวมข้อมูล การบันทึกข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลข้อมูลที่ได้จากการใช้เครื่องมือนั้นๆ

4.5 การซ่อมแซมเครื่องมือ

4.6 การสร้างเครื่องมืออย่างง่าย ๆ เพื่อแสดงการทดลอง

4.7 การวัดโดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ เช่น เทอร์โมมิเตอร์ ตาชั่ง เป็นต้น

5. ทักษะในการสื่อความหมาย (Communicative Skills)

5.1 การตั้งคำถาม รู้จักเลือกใช้คำถามที่ดีและเป็นคำถามที่ส่งเสริมให้ค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเอง

5.2 การอภิปราย รู้จักใช้ความคิดของตัวเองและรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น อภิปรายเรื่องที่ตรงประเด็น

5.3 การอภิปรายเน้นสาระสำคัญให้ชัดเจน

5.4 การรายงานด้วยปากเปล่าต่อชั้นเรียนหรือครูโดยเน้นเนื้อหาสาระที่สำคัญทางวิทยาศาสตร์

5.5 การเขียนรายงานการทดลองหรือการสาธิต เพื่อชี้แจงวิธีการทดลอง การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์และการสรุปผลที่ได้

5.6 การพิจารณาในเชิงสร้างสรรค์เพื่อประเมินค่าจากผลที่ได้

5.7 การเขียนกราฟแสดงผลการทดลองและแปลความหมายจากกราฟได้

5.8 สามารถถ่ายทอดความรู้ที่ได้แก่เพื่อนร่วมชั้นเรียนได้[1]

วอลเตอร์ อาร์ บราวน์ (Walter R. Brown) ได้จัดเรียงลำดับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (The Process of Science) จากขั้นง่าย ๆ ไปสู่ขั้นที่ซับซ้อนมากขึ้น ดังนี้

1. การใช้หลักเกณฑ์นำข้อสรุปที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ (Application of Generalizations to New Situations)

1.1 ความสามารถในการนำหลักเกณฑ์มาใช้กับประสบการณ์เฉพาะ

1.2 ความสามารถที่จะทำนายผลนอกขอบเขตของข้อมูล

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล (Collection of Data)

2.1 ความสามารถในการระบุปัญหา

2.2 ความสามารถในการจำกัดขอบเขตของปัญหา

2.3 ความสามารถในการอ่านและเข้าใจข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ

2.4 ความสามารถที่จะเลือกวิธีหาข้อมูลโดยพิจารณาด้วยว่าข้อมูลใดจำเป็นในการใช้แก้ปัญหา

2.5 ความสามารถที่จะเลือกแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้มากที่สุด

---

[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.

3. การวิเคราะห์ข้อมูล (Analysis of Data)
   3.1 ทักษะในการตั้งสมมติฐาน
   3.2 ความสามารถที่จะจัดรายการของข้อสมมติฐาน
   3.3 การเข้าใจความสัมพันธ์ในเชิงเหตุและผล
   3.4 ทักษะในการทดสอบสมมติฐาน
4. การสังเคราะห์ข้อมูล (Synthesis of Data)
   4.1 ความสามารถในการสังเคราะห์ข้อมูลขึ้นเป็นหลักฐาน
   4.2 การไม่รีบด่วนตัดสินใจสรุปผลจนกว่าจะมีข้อมูลเพียงพอ
5. การประเมินค่าข้อมูล (Evaluation of Data)
   5.1 ความสามารถในการประเมินหลักฐานโดยพิจารณาความเชื่อมั่น (Reliability) และความเที่ยงตรง (Validity)
   5.2 ทักษะในการประเมินค่าของข้อสรุปโดยไม่ลำเอียง
   5.3 ทักษะในการจำแนกระหว่างข้อตกลงเบื้องต้น (Assumptions) สมมุติฐาน (Hypothesis) ทฤษฎี (Theories) และหลักเกณฑ์ที่แน่นอน (Established Principles)[1]

สมาคม AAAS (American Association for the Advancement of Science) ได้กล่าวว่าในการเรียนวิทยาศาสตร์นั้นผู้เรียนไม่ควรรับเอาแต่ความจริงหรือหลักการแต่เพียงอย่างเดียว แต่ควรจะได้เรียนรู้ถึงกระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์ด้วย ซึ่งสมาคม AAAS ได้สร้างแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษาที่เรียกว่า Science - A Process Approach (SAPA) โดยแยกแบบทดสอบออกเป็น 2 ระดับดังนี้

---

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

1. ทักษะขั้นต้น (Basic Skills) ประกอบด้วย

1.1 การสังเกต (Observing)

1.2 การใช้ความสัมพันธ์ระหว่างมิติ (Using Space Time Relationships)

1.3 การจำแนก (Classifying)

1.4 การใช้จำนวนตัวเลข (Using Numbers)

1.5 การวัด (Measuring)

1.6 การสื่อความหมาย (Communicating)

1.7 การพยากรณ์ (Predicting)

1.8 การสรุปอ้างอิง (Inferring)

ทักษะทั้ง 8 นี้ จะเน้นปลูกฝังนักเรียนตั้งแต่เกรด 3 ขึ้นไปถึงเกรด 6 โดยคาดหวังว่านักเรียนจะสามารถนำทักษะเหล่านี้มาบูรณาการ (Integrated) ในระดับชั้นมัธยมศึกษาที่เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ซับซ้อนยิ่งขึ้นไปได้

2. ทักษะขั้นสูง (Integrated Process Skills) ประกอบด้วย

2.1 การจำแนกและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables)

2.2 การตีความหมายของข้อมูล (Interpreting Data)

2.3 การสร้างสมมติฐาน (Formulating Hypotheses)

2.4 การให้นิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally)

2.5 การวางแผนและปฏิบัติการทดลอง (Experimenting)[1]

---

[1]The American Association for the Advancement of Science, Science A Process Approach, Commentary for Teacher (Washington D.C.: AAAS, 1970), pp.33 - 176.

มาร์แชลล์ เอ เนย์ และคณะ (Marshall A. Nay and Associates) ได้กล่าวว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นลำดับกิจกรรมหรือการปฏิบัติการที่นักวิทยาศาสตร์จะศึกษาธรรมชาติ ซึ่งมี 5 กระบวนการใหญ่ ๆ และแยกออกเป็นกระบวนการย่อย 17 กระบวนการ ซึ่งได้จัดเรียงลำดับขั้นการทำงาน แต่สภาพความเป็นจริง นักวิทยาศาสตร์อาจไม่ได้ปฏิบัติตามลำดับขั้นเหล่านี้ทั้งหมด และอาจดำเนินการลำดับใดก่อนหลังก็ได้ ซึ่งมีดังนี้

ก. ความคิดริเริ่ม (Initiation)

1. การกำหนดขอบเขตของปัญหา (Identifying and Formulating A Problem)

1.1 การคาดคะเนปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

1.2 การกำหนดตัวแปรต่างๆ

1.3 การสังเกต

1.4 การกำหนดขอบเขตของปัญหา

2. การหาข้อมูลขั้นต้น (Seeking Relevant Background Information)

2.1 การใช้ความรู้เดิมและประสพการณ์

2.2 การค้นคว้าเอกสารต่างๆ

2.3 การปรึกษาจากบุคคลอื่น

3. การทำนาย (Prediting)

4. การตั้งสมมติฐาน (Hypothesizing)

5. การออกแบบสำหรับใช้เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการทดลอง (Design for Collection Data through Field Work and/or Experimentation)

5.1 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

5.2 การกำหนดลำดับขั้นอย่างต่อเนื่อง

5.3 การกำหนดอุปกรณ์ วัสดุต่าง ๆ และเทคนิค

5.4 การกำหนดข้อควรระวังเกี่ยวกับความปลอดภัย

5.5 การกำหนดวิธีการบันทึกข้อมูล

ข. การเก็บรวบรวมข้อมูล (Collection of Data)

6. การปฏิบัติ (Procedure)

6.1 การเก็บรวบรวม การสร้างและจัดอุปกรณ์

6.2 การทำการทดลอง

6.3 การกำหนดขอบเขต

6.4 การทำการทดลองซ้ำ

6.5 การบันทึกข้อมูล เช่น ทำตาราง แผนภาพ

7. การสังเกต (Observing and Observation)

7.1 การหาข้อมูลเชิงคุณภาพ

7.2 การหาข้อมูลเชิงปริมาณหรือกึ่งปริมาณ

7.3 การรวบรวมตัวอย่าง

7.4 การหาข้อมูลที่แสดงโดยกราฟ

7.5 การให้ข้อสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นที่ไม่คาดหมาย

7.6 การสังเกตความถูกต้องเที่ยงตรงของข้อมูล

7.7 การตัดสินความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นของข้อมูล

ค. การจัดกระทำกับข้อมูล (Processing of Data)

8. การจัดข้อมูล (Organizing the Data)

8.1 การจัดลำดับเพื่อให้ง่ายขึ้น

8.2 การจำแนกประเภท

8.3 การเปรียบเทียบ

9. การแสดงข้อมูลโดยกราฟ (Representing the Data Graphically)

9.1 การเขียนกราฟ แผนภูมิ แผนผัง แผนที่

9.2 การเติมข้อความในแผนภาพ

10. การจัดกระทำข้อมูลโดยทางคณิตศาสตร์ (Treating the Data Mathematically)

10.1 การคำนวณโดยใช้เครื่องคำนวณ

10.2 การใช้ค่าสถิติ

10.3 การพิจารณาความไม่แน่นอนของผลที่ได้

ง. การสร้างมโนทัศน์จากข้อมูล (Conceptualization of Data)

11. การแปลความหมายจากข้อมูล (Interpreting the Data)

11.1 การคาดคะเนและอธิบายข้อมูล

11.2 การสรุปหลักเกณฑ์จากข้อมูล

11.3 การประเมินความเที่ยงตรง การทำนายและสมมุติฐาน

12. การสร้างนิยามเชิงปฏิบัติการ (Formulating Operational Definitions)

12.1 เป็นคำพูด

12.2 เป็นตัวเลข

13. การแสดงข้อมูลในรูปของความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ (Expressing Data in the Form of a Mathematical Relationship)

14. การเชื่อมโยงข้อค้นพบใหม่กับทฤษฎีที่มีอยู่เดิม (Incorpolating the New Discovery into the Existing Theory)

จ. ปลายเปิด (Openendedness)

15. ค้นหาหลักฐานต่อไปเพื่อ (Seeking Further Evidence to)

15.1 เพิ่มระดับความเชื่อมั่นของคำอธิบายหรือข้อสรุป

15.2 ทดสอบขอบเขตของคำอธิบายที่ใช้หรือข้อสรุป

16. การระบุปัญหาใหม่เพื่อสืบสอบความรู้ของ (Identifying New Problems for Investigation because of)

16.1 ความต้องการที่จะศึกษาผลของตัวแปรใหม่

16.2 สิ่งที่สังเกตพบโดยบังเอิญ

16.3 ความไม่สมบูรณ์และความไม่แน่นอนของทฤษฎี

17. การนำความรู้ที่ค้นพบไปประยุกต์ใช้ (Applying the Discovered Knowledge)[1]

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของ ESLI (Elementary Science Learning by Investigating) ประกอบด้วย 9 ทักษะ คือ

1. การสังเกต (Observation) หมายถึง การรับรู้ด้วยประสาทสัมผัสและการนำเสนอข้อมูลจากการรับรู้นั้น

2. การจัดกระทำต่อข้อมูล (Data Treatment) หมายถึง การเก็บรวบรวมการบันทึก การวิเคราะห์ และนำข้อมูลที่ได้เสนอด้วยตนเองหรือกลุ่มในชั้นเรียน

3. การพยากรณ์และตั้งสมมติฐาน (Prediction and Hypothesis Formation) หมายถึง แนวคิดที่นำไปสู่การตั้งสมมติฐานและวิธีที่จะทดสอบสมมติฐานนั้น การสร้างสมมติฐานนั้นรวมถึงทักษะในการที่จะปฏิเสธหรือยอมรับสมมติฐานโดยอาศัยข้อมูลหรือหลักฐานที่เป็นข้อพิสูจน์ซึ่งรวบรวมมาได้

4. การจำแนก (Classification) หมายถึง การจัดกลุ่มโดยดูจากความแตกต่างและคล้ายคลึงซึ่งรวมไปถึงการพิจารณาถึงคุณลักษณะที่สิ่งนั้นมีอยู่ด้วย

5. การบ่งชี้ (Identification) หมายถึง ในการบอกสมาชิกในกลุ่มได้โดยดูจากคุณสมบัติและลักษณะที่ผิดแผกไปจากกลุ่ม

6. การวัด (Measurement) หมายถึง ความสามารถบอกปริมาณที่แน่นอนและถูกต้อง โดยใช้ระบบการวัดที่เป็นมาตรฐาน และรู้ถึงความแตกต่างกันในด้านปริมาณ สามารถบอกได้ว่าอะไรมากกว่าหรือน้อยกว่า

7. การพัฒนาเทคนิควิธีปฏิบัติในห้องทดลอง (Development of Acceptable Laboratory Techniques) หมายถึงความสามารถในการสร้าง การ

---

[1]Marshall A. Nay and Associates, "A Process Approach to Teaching Science," : 201 - 203.

เลียนแบบ และการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์[1]

เจมส์ อาร์ โอเค และ โรนาล์ด แอล ฟิล (James R. Okey and Ronald L. Fiel) ได้กล่าวว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ควรจะมีด้วยกัน 10 ประการคือ

1. การกำหนดตัวแปร (Identifying Variables) หมายถึงความสามารถที่จะกำหนดลงไปว่าอะไรเป็นตัวแปรอิสระและอะไรเป็นตัวแปรตาม

2. การสร้างตารางข้อมูล (Constructing a Table of Data) หมายถึง ความสามารถที่จะสร้างตารางข้อมูลจากกราฟหรือข้อความต่าง ๆ ที่ได้จากการจัดในการทดลองแต่ละครั้งได้อย่างถูกต้อง

3. การเขียนกราฟ (Constructing a Graph) หมายถึง ความสามารถที่จะเขียนกราฟได้จากคำอธิบายสั้น ๆ หรือจากตารางข้อมูลหรือจากการทดลอง

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

5. การรวบรวมและจัดกระทำข้อมูล (Acquiring and Processing Your Own Data) หมายถึง ความสามารถที่จะดำเนินการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล สร้างตารางข้อมูล เขียนกราฟและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้

6. การวิเคราะห์กระบวนการทำการทดลอง (Analyzing Investigations) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม การควบคุมตัวแปรภายนอกสำหรับการทดลองนั้น และการบ่งชี้สมมติฐานที่จะทดสอบเมื่อได้รับคำอธิบาย

---

[1]Nell Garland, Brewer A.C., Thomas F. Edwards, Ann Marshall and Jerome J. Notkin, Elementary Science Learning by Investigation Teacher's Edition, 2nd ed. (New York : McGraw-Hill Book Co., 1973): 3.

เกี่ยวกับการทดลองนั้น

7. การตั้งสมมติฐาน (Constructing Hypothesis) หมายถึง ความสามารถที่จะตั้งสมมติฐานเมื่อกำหนดปัญหามาให้

8. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Variables Operationally) หมายถึง ความสามารถในการสร้างคำนิยามปฏิบัติการของตัวแปรต่าง ๆ หมายถึงกำหนดลงไปว่าตัวแปรอิสระและตัวแปรตามในการทดลองนั้นสามารถวัดได้อย่างไร

9. การออกแบบการทดลอง (Designing Investigations) หมายถึง ความสามารถที่จะออกแบบการทดลองได้เมื่อกำหนดสมมติฐานมาให้

10. การดำเนินการทดลอง (Experimenting) หมายถึง ความสามารถในการตั้งสมมติฐานออกแบบการทดลอง และดำเนินการทดลองตามแผนการทดลองเพื่อที่จะรวบรวมข้อมูลสำหรับพิสูจน์สมมติฐาน เมื่อกำหนดปัญหามาให้[1]

อี คลิงค์มานน์ (E. Klinckmann) ได้พัฒนาแบบทดสอบของ BSCS (BSCS Test Grid Categories) เพื่อใช้ในหลักสูตร BSCS (Biological Science Curriculum Study) โดยที่ภาคหนึ่งของแบบทดสอบนี้เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้แก่

1. การแปลความหมายข้อมูลเชิงคุณภาพ (Interpret Qualitative Data)

2. การแปลความหมายข้อมูลเชิงปริมาณ (Interpret Quantitative Data)

3. การเข้าใจความเกี่ยวพันของข้อมูลกับปัญหา (Understand Relevance of Data to Problem)

4. การเลือกวิธีการ การออกแบบและการดำเนินการทดลอง (Screen- and Judge Design and Experiments)

---

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

5. การตั้งสมมติฐาน (Screen Hypotheses)

6. การระบุปัญหาและคำถามที่ยังไม่ทราบคำตอบ (Identify Problems and Unanswered Questions)

7. การระบุข้อตกลงเบื้องต้นและหลักการในการสืบสอบหาความรู้และขยายการใช้และขอบเขตให้กว้างขวางขึ้น (Identify Assumptions and Principles of Inquiry and Extend their Application and Scope)

8. การวิเคราะห์ปัญหาตามวิธีทางวิทยาศาสตร์ (Analyze Scientific Problems)[1]

สมาคม NAEP (The National Assessment of Educational Process) ได้กล่าวถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นสำหรับการทำงานทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมี 10 ทักษะ ดังนี้คือ

1. สามารถระบุปัญหาวิทยาศาสตร์ได้ (Define a Scientific Problem)

2. สามารถเสนอแนะหรือรู้สมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ได้ (Suggest or Recognize a Scientific Hypothesis)

3. สามารถเสนอหรือเลือกวิธีการที่เหมาะสมในด้านเหตุผลและการปฏิบัติได้ (Propose or Select Validity Procedure both Logical and Impirical)

4. สามารถหาข้อมูลที่ต้องการได้ (Obtain Requisite Data)

5. สามารถตีความหมายข้อมูลได้ (Interpret Data)

6. สามารถตรวจสอบความถูกต้องอย่างมีเหตุผลของสมมุติฐานกับกฎข้อเท็จจริง การสังเกต หรือการดำเนินการทดลอง (Check the Logical Consistency of Hypothesis with Relevant Laws, Facts,Observatins or Experiments)

---

[1]E. Klinckmann, "The BSCS Guide for Test Analysis, in Measuring the Process of Science Objectives," Rodney L. Doran Science Education 62 (1978): 25.

7. สามารถให้เหตุผลทั้งด้านปริมาณและสัญลักษณ์ได้ (Reason Quantitively and Symbolically)

8. สามารถจำแนกความแตกต่างระหว่างข้อเท็จจริง สมมติฐานและการลงความเห็น สิ่งที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ไม่ได้เกี่ยวข้อง และรูปแบบของสิ่งที่สังเกตพบได้ (Distinguish between Fact, Hypothesis and Opinions, the Relevant from the Irrelevant and the Model from the Observations)

9. สามารถวิเคราะห์และวิจารณ์เอกสารทางวิทยาศาสตร์ได้ (Read Scientific Materials Critically)

10. สามารถใช้กฎและหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้ทั้งในสถานการณ์คุ้นเคยและไม่คุ้นเคย (Employ Scientific Laws and Principles in Familiar and Unfamiliar Situations)[1]

วิลลาร์ด เจ จาคอปสัน และ แอบบี เบอร์รี เบอร์กแมน (Willard J. Jacobson and Abby Barry Bergman) ได้กล่าวว่าถ้าเด็กได้มีการพัฒนาทักษะโดยการนำเอากระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์หลาย ๆ กระบวนการมาใช้นั้นเป็นสิ่งสำคัญในวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์เหล่านี้ได้แก่

1. การกำหนดปัญหา (Defining Problems)
2. การวางแนวทางในการค้นคว้า (Designing Investigations)
3. การควบคุมการดำเนินการทดลอง (Controlled Experiments)
4. การสังเกต (Observing)
5. การวัด (Measuring)
6. การจำแนก (Classifying)
7. การสรุปลงความเห็น (Inferring)

---

[1] Rodney L. Doran, "Measuring the Process of Science Objectives," Science Education 62 (1, 1978): 25.

8. การตั้งสมมุติฐาน (Formulating Hypotheses)

9. การรวบรวมและจัดกระทำข้อมูล (Collecting and Handling Data)

10. การแปลความหมายข้อมูล (Interpreting Data)

11. การค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวพัน (Literature Search)

12. การสร้างความสัมพันธ์กับทฤษฎี (Relating to Theory)

13. การลงความเห็นในแบบแผน (Drawing Conclusions)[1]

เนื่องจากวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ประกอบด้วยความรู้และกระบวนการแสวงหาความรู้ ซึ่งกระบวนการแสวงหาความรู้ก็มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าเนื้อหาความรู้ โดยที่กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการหนึ่งที่ทำให้ได้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก็คือ การค้นคว้าทดลองเพื่อหาข้อเท็จจริง หลักการและกฎ ผู้ทดลองมีโอกาสฝึกฝนในด้านปฏิบัติและพัฒนาความคิดไปด้วย เช่น ฝึกสังเกต บันทึกข้อมูล หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ตั้งสมมติฐานและดำเนินการทดลอง เป็นต้น ได้มีนักการศึกษาไทยที่ค้นคว้าเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่จะทำให้เด็กนักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น

ประหยัด จันทร์ชมภู และ ประสพสันต์ อักษรมัต ได้เน้นทักษะทางด้านปฏิบัติการทดลอง และใช้ความคิดเพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ซึ่งมี 6 ประการ ดังนี้

1. ทักษะในการทำหรือการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ครูต้องสอนให้นักเรียนรู้สิ่งต่อไปนี้

1.1 ให้เด็กเกิดทักษะในการหยิบ การใช้เครื่องมืออย่างถูกต้อง ชำนาญ รวดเร็ว และปลอดภัย

1.2 ให้เด็กมีทักษะในการแก้ปัญหาและล้างทำความสะอาด

1.3 ให้เด็กรู้จักประดิษฐ์ทำเครื่องมืออย่างง่าย ๆ

---

[1] Willard J. Jacobson and Abby Barry Bergman, Science for Children, Englewood Cliffs, (New Jersey: Prentice-Hall, 1980), pp. 450 - 451.

1.4 ให้เด็กสามารถสังเกต พิจารณาบันทึก การชั่ง ตวง วัด และ และทำการทดลองต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

1.5 ให้เกิดความเข้าใจความหมายของศัพท์วิทยาศาสตร์

2. ทักษะในการแก้หรือขบปัญหาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ คือมีทักษะความสามารถในเชิงสติปัญญา และการใช้ความคิดเพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง มีเหตุผล พฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดแก่เด็กที่เรียนวิทยาศาสตร์มี

2.1 การใช้วิธีการวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ

2.2 การนำความรู้เดิมประยุกต์เข้ากับความรู้ใหม่และนำมาอธิบายได้

2.3 สามารถคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นต่อไปเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง

2.4 รู้จักค้นคว้าหาความรู้จากสิ่งต่าง ๆ

2.5 อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ตามหลักความจริงอย่างมีเหตุผล

2.6 มีความกระตือรือร้นที่จะหาทางทดสอบหรือหาคำตอบปัญหาต่างๆ ด้วยการปฏิบัติการทดลอง

2.7 ถ้าทำการทดลองไม่ได้ สามารถตัดสินใจใช้วิธีอื่นที่เหมาะสมได้ทันที

2.8 สามารถรวมสิ่งต่าง ๆ ที่พบเห็นมารายงานหรือเขียนได้[1]

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ว่าควรเน้นทั้งด้านเนื้อหาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้เรียนได้มีโอกาสฝึกฝนทั้งในด้านการปฏิบัติและพัฒนาความคิดไปด้วย ในการเรียนวิทยาศาสตร์จึงได้นำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ด้วย ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกำหนด มีดังนี้

1. ทักษะในการสังเกต หมายถึง ความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 สังเกตปรากฏการณ์และการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ได้อย่างละเอียด ถูกต้อง รวดเร็ว

---

[1]ประหยัด จันทร์ชมภู และ ประสพสันต์ อักษรมัต, วิธีสอนวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษา, หน้า 23 - 24.

และต้องสังเกตอย่างตรงไปตรงมา สังเกตอย่างไรก็รายงานไปอย่างนั้น ไม่เอาความรู้เดิมมาสัมพันธ์เกี่ยวข้องด้วย

2. ทักษะในการเลือกและใช้เครื่องมือ หมายถึง ความสามารถในการเลือกเครื่องมือเครื่องใช้ได้อย่างเหมาะสม ใช้เครื่องมือนั้น ๆ ในการทดลองได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว รวมทั้งการอ่านหรือประมาณค่าที่ได้จากการวัดนั้นได้อย่างถูกต้องหรือใกล้เคียง

3. ทักษะในการบันทึกข้อมูลและสื่อความหมาย หมายถึง ความสามารถในการบันทึกผลการสังเกตและการทดลอง การบันทึกข้อมูลอย่างมีระบบ จะช่วยให้ได้หลักฐานสำหรับในการวิเคราะห์ในขั้นต่อไป การให้นิยามรวมทั้งการรายงานด้วยปากเปล่า โดยใช้ภาษาที่กระทัดรัดเข้าใจง่าย ถือเป็นทักษะในการสื่อความหมายอีกด้วย

4. ทักษะในการจัดกระทำกับข้อมูล หมายถึง ความสามารถที่จะนำเอาข้อมูลต่าง ๆ มาจัดกระทำเสียใหม่ให้อยู่ในรูปที่มีความหมายหรือความสัมพันธ์กันมากขึ้น เพื่อให้ง่ายต่อการแปลความหมายในขั้นต่อไป การจัดกระทำกับข้อมูลในขั้นนี้อาจทำได้หลายแบบ เช่น นำข้อมูลเหล่านั้นมาจัดจำแนกหรือจัดรูปเสียใหม่เป็นตาราง แผนภูมิ หรือสมการทางคณิตศาสตร์

5. ทักษะในการแปลความหมายของข้อมูลและการสรุป หมายถึง ความสามารถในการแปลความหรือสรุปความจากข้อมูลต่าง ๆ ที่รวบรวมไว้อย่างสมเหตุสมผลและรวดเร็ว

6. ทักษะในการสร้างสมมติฐาน หมายถึง ความสามารถในการคาดการณ์หรือคาดคะเนความสัมพันธ์ขององค์ประกอบที่มีอยู่ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ อย่างมีเหตุมีผลและอาจพิสูจน์ได้โดยการทดลอง

7. ทักษะในการออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการคิดหาวิธีทดลอง และทำเป็นการทดลอง พิสูจน์สมมติฐานหรือตอบปัญหาข้อข้องใจต่าง ๆ

8. ทักษะในการคิดคำนวณ หมายถึง ความสามารถในการคิดคำนวณหรือแปลความหมายของจำนวนต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง แม่นยำและรวดเร็ว

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

จากวรรณคดีที่กล่าวมาข้างต้นพอสรุปได้ว่าทักษะกระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็นในการเสาะแสวงหาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งก็มีกระบวนการต่าง ๆ หลายกระบวนการ และในการปฏิบัติอาจจะใช้กระบวนการใดก่อนหลังก็ได้ นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ทั่วไปก็ได้พยายามนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้สอนในโรงเรียน เพื่อฝึกให้นักเรียนได้ฝึกฝนในด้านปฏิบัติ และพัฒนาความคิดทางวิทยาศาสตร์ หลักสูตรของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีก็ได้เน้นทักษะที่เห็นว่าทำให้นักเรียนมีความสามารถในการค้นคว้าทดลองเพื่อให้ได้ผลตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ มี 9 ทักษะ ดังกล่าวข้างต้น ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วบางทักษะสร้างแบบทดสอบขึ้นมาวัดได้ยากต้องอาศัยการสังเกตจากในห้องเรียนหรือห้องปฏิบัติการทดลอง เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการบันทึกและสื่อความหมาย เป็นต้น สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้สร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์ขึ้น โดยใช้วัดนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ มี 5 ทักษะ ดังนี้

1. ทักษะในการจัดกระทำกับข้อมูล
2. ทักษะในการแปลความหมายของข้อมูลและการสรุป
3. ทักษะในการสร้างสมมติฐาน
4. ทักษะในการออกแบบทดลองและดำเนินการทดลอง
5. ทักษะในการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติ[2]

---

[1]สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สาขาวิจัยและประเมินผล, รายงานการสร้างแบบทดสอบทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ (เอกสารโรเนียว, 2518), หน้า 8 - 9.

[2]เรื่องเดียวกัน.

ซึ่งแต่ละทักษะมีลักษณะของข้อสอบดังนี้

1. ทักษะในการจัดกระทำกับข้อมูล

1.1 ให้เขียนกราฟจากข้อมูลที่มีอยู่ในตารางหรือพิจารณาว่ากราฟในข้อใดเขียนจากข้อมูลที่กำหนดให้

1.2 ให้ออกแบบตารางจากคำอธิบายวิธีทำการทดลองหรือพิจารณาว่าตารางบันทึกผลการทดลองใดสอดคล้องกับคำอธิบายวิธีทำการทดลองที่กำหนดให้

1.3 ให้ออกแบบตารางจากกราฟ หรือพิจารณาว่าตารางบันทึกข้อมูลใดสอดคล้องกับกราฟที่กำหนดให้

2. ทักษะในการแปลความหมายของข้อมูลและการสรุป

2.1 ให้สรุปและแปลความหมายจากตาราง

2.2 ให้สรุปและแปลความหมายจากกราฟ

2.3 ให้สรุปและแปลความหมายจากข้อมูล

2.4 ให้สรุปและแปลความหมายจากรูปภาพ

3. ทักษะในการสร้างสมมติฐาน

3.1 มีผลการทดลองให้การทดลองหนึ่งแล้วถามว่าถ้าเปลี่ยนเงื่อนไขการทดลองนั้นแล้วให้คาดการณ์ว่าผลการทดลองที่จะเกิดขึ้นคืออะไร

3.2 กำหนดคำอธิบายวิธีการทำการทดลองหรือข้อความหรือภาพแสดงสถานการณ์ทดลองมาให้ แล้วให้วิเคราะห์หาสมมติฐาน

3.3 มีตารางบันทึกผลการทดลองซึ่งมีแต่หัวตารางให้โดยไม่มีชื่อตารางและไม่มีข้อมูลให้ แล้วถามว่าสมมติฐานของการทดลองนี้คืออะไร

4. ทักษะในการออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลอง

4.1 มีสมมติฐานและขั้นตอนในการทำการทดลองต่าง ๆ ให้ แล้วถามว่าขั้นตอนใดจำเป็นหรือขั้นตอนใดไม่จำเป็นในการทดสอบสมมติฐานนั้น ๆ

4.2 ถามว่าจะต้องควบคุมตัวแปรใดบ้างในการทดลอง เพื่อทดสอบสมมุติฐานหรือจุดมุ่งหมายที่กำหนดให้

4.3 บรรยายการทดลองให้แล้วให้นักเรียนวิเคราะห์ว่าการทดลองนี้

สมบูรณ์หรือไม่ จะต้องเพิ่มเติมหรือเปลี่ยนแปลงตรงไหน ถ้าจะใช้การทดลองนี้ทดสอบสมมติฐานที่กำหนดให้

4.4 บรรยายการทดลองด้วยข้อความหรือรูปภาพหรือแผนผังหลาย ๆ แบบ แล้วให้เลือกว่าแบบไหนตรงจุดมุ่งหมายที่สุด

5. ทักษะในการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติ

5.1 กำหนดภาพวัตถุมาให้ ถ้าตัดวัตถุตามแนวที่กำหนดให้ ให้บอกภาพของส่วนที่ถูกตัด

5.2 กำหนดรูปร่างของแผ่นกระดาษมาให้ แล้วให้พับตามเส้นประที่กำหนดให้หาลักษณะรูปทรงที่ได้

5.3 หาทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อมีวัตถุหลาย ๆ อันมาสัมพันธ์กัน

5.4 กำหนดรูปภาพหลายรูป แล้วให้หาว่าจะใช้รูปใดบ้างมาประกอบกันให้ได้รูปทรงตามต้องการ[1]

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวกับความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์

ในปีค.ศ.1952 เคนเนท อี บราวน์ และฟิลลิปส์ จี จอห์นสัน (Kenneth E. Brown and Phillip G. Johnson) ได้ใช้แบบทดสอบมาตรฐานหลายชุดเพื่อหาว่าองค์ประกอบที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการเรียนวิทยาศาสตร์มีองค์ประกอบอะไรบ้าง ซึ่งปรากฏว่าองค์ประกอบที่ส่งผลต่อความสำเร็จในการเรียนวิทยาศาสตร์มีดังนี้

1. เหตุผลด้านปริมาณ (Quantitative Reasoning) หมายถึง ตัวเลขที่ต้องใช้เหตุผลและโจทย์ปัญหาต่าง ๆ

2. ความเข้าใจทางภาษา (Verbal Comprehension) ผู้ที่เรียน

---

[1] เรื่องเดียวกัน.

วิทยาศาสตร์ได้ดีต้องมีความสามารถในการอ่าน การใช้ภาษาและเข้าใจความหมายของภาษาได้ดีด้วย

3. เหตุผลทางการใช้เครื่องกล (Mechanical Reasoning) แบบทดสอบนี้ใช้ค้นหาความสามารถในการเป็นนักวิทยาศาสตร์

4. เหตุผลแบบนามธรรม (Abstract Reasoning) แบบทดสอบนี้วัดสมรรถภาพการแปลความสัมพันธ์ของรูปที่เขียนขึ้นประกอบคำอธิบาย ซึ่งมักจะเป็นรูปหรือความหมายที่แปลความและเข้าใจได้ยาก

5. การมองเห็นมิติสัมพันธ์แบบต่าง ๆ (Spatial Visualization)[1]

ในปี ค.ศ.1973 ริชาร์ด เคนนาด เฟลทเชอร์ (Richard Kenard Fletcher) ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของพื้นฐานทางการศึกษาของนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาฟิสิกส์ โดยทดลองกับนักเรียนเกรด 10, 11 และ 12 จำนวน 64, 48 และ 95 คน ตามลำดับ ซึ่งคัดเลือกมาจากโรงเรียนต่าง ๆ ในรัฐเวอร์จิเนีย ให้นักเรียนเรียนวิชาฟิสิกส์ที่จัดขึ้นเฉพาะ และมีเนื้อหาอยู่ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีการทดสอบก่อนและหลังการสอน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนเกรด 10 ต่ำกว่านักเรียนเกรด 11 และ 12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อนำผลสัมฤทธิ์ของวิชาฟิสิกส์ไปเปรียบเทียบกับผลสัมฤทธิ์ของวิชาวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ๆ ปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ของวิชาฟิสิกส์ต่ำที่สุด และเมื่อทดสอบระดับสติปัญญา (I.Q.) ของนักเรียนที่นำมาทดลองนี้ ปรากฏว่านักเรียนเกรด 11 มีระดับสติปัญญาสูงที่สุด และนักเรียนเกรด 10 มีระดับสติปัญญาสูงกว่านักเรียนเกรด 12 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการทดลองนี้

---

[1]Kenneth E. Brown and Phillip G. Johnson, "Education for the Talented in Mathematics and Science," Bulletin Office of Education Washington 15 (1952): 3 - 4.

ย่อมแสดงว่าพื้นฐานทางการศึกษาย่อมมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์[1]

ในปีค.ศ.1973 เจฟฟรีย์ ที ฟอกซ์ (Geoffrey T. Fox) ได้ทำการทดลองสอนวิชาฟิสิกส์โดยใช้การเล่นเกมเป็นกิจกรรมประกอบการเรียน ซึ่งผลการทดลองสรุปได้ว่า มโนทัศน์เกี่ยวกับพลังงาน โมเมนตัม ความเร่ง ความเร็ว และกำลัง มีความเกี่ยวพันกับปัญหาต่าง ๆ เสมอ ประสบการณ์ของนักเรียนทำให้คนพบปัญหาต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง ถ้าครูฟิสิกส์รู้จักกระตุ้นให้นักเรียนสังเกตปัญหาที่เกิดขึ้นจากการเล่นเกมต่าง ๆ จะทำให้นักเรียนเข้าใจกฎเกณฑ์เบื้องต้นของวิชาฟิสิกส์ได้ดี[2]

ในปีค.ศ.1975 สตีฟ แซย์ และ แดนเนียล ดับบลิว บอล (Steve Sayre and Daniel W.Ball) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ระหว่างระดับคะแนนวิชาวิทยาศาสตร์กับความสามารถของนักศึกษาในการที่จะปฏิบัติภารกิจระดับปฏิบัติการด้วยนามธรรม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับเกรด 7-9 จำนวน 214 คน ระดับเกรด 10-12 จำนวน 205 คน ในรัฐโคโลราโด ความสามารถในการปฏิบัติภารกิจระดับปฏิบัติการด้วยนามธรรมวัดโดยใช้การสอบเชิงสัมภาษณ์เกี่ยวกับภารกิจของเพียเจท์ (Piagetian Task Instrument = P.T.I.)ซึ่งพัฒนาโดยเพียเจท์ และ อินเฮลเดอร์ ผลปรากฏว่านักศึกษาที่มีระดับการคิดหาเหตุผลด้านนามธรรมสูงถึงระดับปฏิบัติการด้วยนามธรรม มีระดับผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักศึกษาที่ยังมีการพัฒนายังไม่ถึงขั้นปฏิบัติการด้วยนามธรรมอย่างมีนัยสำคัญ

---

[1] Richard Kenard Fletcher, "The Effects of Grade Level and Other Factors and the Achievement in Projects Physics among High School Physics Students," Dissertation Abstracts International (February 1973): 4442-A.

[2] Geoffrey T. Fox, "On the Physics of Drag Racing," American Journal of Physics 41 (March 1973): 311.

ทางสถิติ[1]

ในปีค.ศ.1978 จอห์น เวน แมคไบร์ (John Wynn McBride)ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการคิดหาเหตุผลแบบสัดส่วน (Proportional Reasoning) ตามแนวของเพียเจท์ กับความสามารถของนักเรียนในด้านความรู้ ความเข้าใจ และการนำไปใช้เรื่องเครื่องกล โครงสร้างของสสาร และเศษส่วนที่เท่ากัน กลุ่มตัวอย่างประชากรจำนวน 136 คน เลือกมาโดยการสุ่มจากประชากร 444 คน ซึ่งเป็นคนชั้นกลางที่เป็นนักเรียนระดับเกรด 9 ที่เรียนวิทยาศาสตร์กายภาพ ผลปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กับการคิดหาเหตุผลแบบสัดส่วน และผู้มีความสามารถในการคิดหาเหตุผลแบบสัดส่วนเชิงปริมาณ (มีการพัฒนาขั้นการคิดด้วยนามธรรม) มีผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่าพวกที่คิดให้เหตุผลแบบสัดส่วนเชิงคุณภาพ (มีการพัฒนาอยู่ในขั้นปฏิบัติการคิดด้วยรูปธรรม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ[2]

ในปีค.ศ.1980 ลูทซ์ โลเรน (Lutes Loren) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ ขั้นรูปธรรมและนามธรรมตามความคิดของเพียเจท์ ซึ่งได้ศึกษากับเด็กในระดับเกรด 9 ของโรงเรียนรัฐบาลในเมืองวิชิตาร์ (Wichita Public School) โดยให้นักเรียนทำแบบทดสอบความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของ ISCS (Intermediate Science

---

[1]Steve Sayre and Daniel W. Ball, "Piagetian Cognitive Development and Achievement in Science," Journal of Research in Science Teaching 12 (April 1975): 165 - 174.

[2]John Wynn McBride, "The Relationship between Proportional Thinking and Achievement of Selected Science and Mathematics Concepts at the Knowledge, Comprehension, and Application Levels," Dissertation Abstracts International 38 (June 1978): 7254-A.

Curriculum Study) รวมทั้งพื้นความรู้ในระดับ 5 และ 6 ด้วย จากผลการวิจัยพบว่า พื้นความรู้ในระดับ 5 และ 6 ไม่มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ แต่พบว่าเด็กที่สามารถทำคะแนนความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ได้ดีก็จะทำคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ของ ISCS ได้ดีด้วย[1]

ในปี ค.ศ.1981 จูเลียนา เทรมเพลอณ์ เทกซ์เล่ย์ (Juliana Trempler Texley) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบทดสอบการคิดหาเหตุผลแบบปฏิบัติการด้วยนามธรรม (Formal Operational Logic) ที่จะใช้ในวิชาวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม กลุ่มตัวอย่างประชากรประกอบด้วยนักเรียนระดับเกรด 7-12 จำนวน 270 คน ในโรงเรียนประจำตำบล ตัวแปรที่ศึกษาประกอบด้วย อายุ เกรดในวิชาวิทยาศาสตร์ และคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบการคิดหาเหตุผลแบบปฏิบัติการด้วยนามธรรม ในแขนงวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ ซึ่งจัดทำโดยศูนย์กลางการศึกษาทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ วิทยาลัยเชลซ์(Cheslesea), ประเทศอังกฤษ จากการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่า คะแนนจากแบบทดสอบการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์มีความสัมพันธ์กับเกรดวิชาวิทยาศาสตร์ในทางบวก และสัมพันธ์กับอายุในทางบวกเช่นกันแต่น้อย[2]

สำหรับผลการศึกษาของคนไทยเกี่ยวกับความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ ส่วนมากมักศึกษาเกี่ยวกับการคิดหาเหตุผลแบบนิรนัยหรืออุปนัยอย่างใดอย่างหนึ่ง

---

[1]Lutes Loren, "The Relationship between Piagetian Logical Operations Level and Achievement in Intermediate Science Curriculum Study," Dissertation Abstracts International 40 (June 1980):6135-A.

[2]Juliana Trempler Texley, "The Development of A Group Test of Formal Operational Logic in The Content Area of Environmental Science," Dissertation Abstracts International 41 (April 1981): 4351-A.

เท่านั้น ซึ่งผลการวิจัยที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ด้านวิทยาศาสตร์ที่น่าสนใจมีดังต่อไปนี้

ในปีพ.ศ.2512 สามารถ วีระสัมฤทธิ์ ได้ทำการศึกษาสมรรถภาพทางสมองบางประการที่มีความสัมพันธ์กับการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมปีที่ 7 จำนวน 444 คน พบว่า สมรรถภาพด้านเหตุผลเป็นองค์ประกอบร่วมที่สำคัญอันหนึ่งต่อการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์[1]

ในปี พ.ศ.2515 ดวงเดือน ศาสตรภัทร์ ได้เปรียบเทียบการคิดหาเหตุผลด้านหลักอนุรักษ์โดยวิธีวัดความสามารถในการคิดแบบทวนกลับ (Reversibility) การคิดแบบทดแทน (Compensation) และการคิดแบบอิงลักษณะเด่น (Identity) พบว่า พัฒนาการของแบบการคิดให้เหตุผลตามหลักตรรกศาสตร์สูงขึ้นตามลำดับอายุคือเด็กที่มีช่วงอายุ 9-11 ปี มีพัฒนาการในด้านการให้เหตุผลสูงกว่ากลุ่มเด็กอายุ 7-8 ปี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ[2]

ในปีพ.ศ.2517 ทองหล่อ วงษ์อินทร์ ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นประถมปีที่ 5 จำนวน 480 คน จากการวิจัยพบว่า การคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ[3]

---

[1]สามารถ วีระสัมฤทธิ์, "สมรรถภาพสมองบางประการที่สัมพันธ์กับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมปีที่ 7," (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร, 2512).

[2]ดวงเดือน ศาสตรภัทร์, "การเปรียบเทียบการคิดหาเหตุผลตามหลักการอนุรักษ์," (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร, 2515).

[3]ทองหล่อ วงษ์อินทร์, "ความสัมพันธ์ระหว่างการคิดหาเหตุผลในเชิงตรรกศาสตร์ผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์และความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียนที่จบชั้นประถมศึกษาตอนต้นปีการศึกษา 2514 ภาคการศึกษา 5," (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร, 2517).

ในปีพ.ศ.2522 ชัยสงคราม เครือหงส์ ได้ศึกษาความสามารถในการวิเคราะห์ผลเชิงตรรกศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มประชากรที่ใช้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในจังหวัดสงขลา จำนวน 286 คน โดยแบบทดสอบความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ แบ่งเป็น 2 ฉบับ คือการคิดหาเหตุผลแบบนิรนัยและการคิดหาเหตุผลแบบอุปนัย ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการคิดหาเหตุผลแบบนิรนัยและแบบอุปนัยมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.592 และ 0.615 ตามลำดับ และมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01[1]

ในปีพ.ศ.2524 สุรินทร์ ผลกล้วย ได้ศึกษาเปรียบเทียบการพัฒนาการคิดหาเหตุผลตามหลักตรรกศาสตร์ในขั้นปฏิบัติการด้วยนามธรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของเด็กไทยในเมืองและชนบท โดยศึกษากับกลุ่มประชากรที่เป็นนักเรียนระดับอายุ 11-16 ปี ปีการศึกษา 2522 จำนวน 150 คน ผลการวิจัยพบว่า การคิดหาเหตุผลตามหลักตรรกศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันในทางบวกโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.808 และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01[2]

---

[1]ชัยสงคราม เครือหงส์, "ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2522).

[2]สุรินทร์ ผลกล้วย, "การศึกษาเปรียบเทียบการพัฒนาการคิดหาเหตุผลตามหลักตรรกศาสตร์ ในขั้นปฏิบัติการด้วยนามธรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของเด็กไทยในเมืองและชนบท," (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2524).

งานวิจัยที่เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ในปีค.ศ.1971 จอห์น คับบลิว บัทโซ (John W.Butzow) ได้ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยทดลองสอนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 8 จำนวน 92 คน ทำการสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ 5 บทแรก โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วัดทักษะของนักเรียนก่อนสอน (Pre-Test) และภายหลังสอน (Post-Test) ผลการวิจัยปรากฏว่านักเรียนมีความสามารถในการสังเกต การเปรียบเทียบ การจัดจำพวก การวิเคราะห์ การวัด การสรุปอ้างอิง และการทดลองเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่านักเรียนที่มีระดับสติปัญญาดีจะมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดีด้วย[1]

ในปี ค.ศ.1972 โรเบิร์ต เอ็ดเวิร์ด วีดดีน (Robert Edward Weeden) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้ทำการศึกษากับนักเรียนจำนวน 555 คน และครู 26 คน โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง ได้รับการสอนวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการสอนแบบเดิม จากผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองมีทักษะเกี่ยวกับด้านความรู้หรือความคิด (Cognitive Domain) สูงกว่ากลุ่มควบคุม และความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของครูมีผลต่อการพัฒนาด้านความรู้ของนักเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ[2]

---

[1]John W. Butzow, "The Process Learning Components of Introductory Physical Science: A Pilot Study," Research in Education 6 (October 1971): 85.

[2]Robert Edward Weeden, "A Comparison of the Academic Achievement in Reading and Mathematics of Negro Children Whose Parents are Interested, or Involved in a Program of Suzuki Violin," Dissertation Abstracts International 32 (January 1978): 3582 - A.

ในปีค.ศ.1973 ยูจีเนีย แอน โปโปราด วาเนค (Eugenia Ann Poporad Vanek) ได้ศึกษาเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทัศนคติต่อวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยสอน 2 แบบ คือ แบบที่มีการทดลอง และแบบใช้ตำราเป็นศูนย์กลาง ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนเกรด 3 จำนวน 54 คน และเกรด 4 จำนวน 56 คน ผลการวิจัยพบว่า การสอนแบบที่มีการทดลองมีผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่าการสอนแบบใช้ตำราเป็นศูนย์กลาง และการสอนทั้ง 2 แบบ ทำให้นักเรียนมีทัศนคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน[1]

ในปีค.ศ.1975 โจเซฟ ฟิลลิป ไรเลย์ (Joseph Phillip Riley) ได้ศึกษาผลของการฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ และทัศนคติต่อการฝึกแบบสืบสอบ กลุ่มประชากรเป็นนักศึกษาฝึกสอน โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกเป็นกลุ่มทดลองซึ่งฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการปฏิบัติจริง กลุ่มที่สองเป็นกลุ่มทดลองเช่นกัน ซึ่งฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการเรียนรู้เฉพาะทฤษฎี ส่วนกลุ่มที่สามเป็นกลุ่มควบคุมโดยให้ทำกิจกรรมวิทยาศาสตร์ทั่ว ๆ ไป ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มทดลองทั้ง 2 กลุ่ม มีคะแนนในด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคะแนนความเข้าใจในวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ[2]

---

[1]Eugenia Ann Poporad Vanek, "A Comparative Study of Selected Science Teaching Materials (ESS) and a Textbook Approach on Classifying Skills, Science Achievement and Attitudes," Dissertation Abstracts International 35 (September 1974): 1522-A.

[2]Joseph Phillip Riley, "The Effect of Science Process Training on Preservice Elementary Teachers' Process Skills - Abilities, Understanding of Science, Attitudes toward Science and Science Teaching," Dissertation Abstracts International 35 (February 1975): 5152-A.

ในปีค.ศ.1976 โรเบิร์ต พี ธีล และ เคนเนท ดี จอร์จ (Robert P. Thiel and Kenneth D. George) ได้ศึกษาองค์ประกอบต่าง ๆ ที่อาจมีผลต่อการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในด้านการพยากรณ์ กลุ่มตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนเกรด 3, 4, 5 อย่างละ 30 คน รวม 90 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบทดสอบวัดทักษะการพยากรณ์ จากผลการวิจัยพบว่า ระดับชั้นและชนิดของกฎเกณฑ์ในการพยากรณ์ ซึ่งได้แก่การจำแนกและการจัดลำดับไม่มีผลต่อทักษะในการพยากรณ์[1]

ในปีค.ศ.1977 โรนาลด์ ชาลส์ เซอร์ลิน (Ronald Charles Serlin) ได้ศึกษาผลของการเรียนด้วยการปฏิบัติการแบบการค้นพบ (Discovery Laboratory) ต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะในการแก้ปัญหาและความคิดสร้างสรรค์ ตัวอย่างประชากรเป็นนักศึกษาเทอมที่ 3 ซึ่งเรียนวิชาแคลคูลัสที่จะใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนวิชาฟิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่า การปฏิบัติการแบบการค้นพบ (Discovery Laboratory) มีผลในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน แต่ไม่มีผลต่อนักเรียนในด้านอื่นๆ[2]

ในปีค.ศ.1977 ดูโรเท แอล เกเบิ้ล และ ปีเตอร์ เอ รับบา (Dorothy L. Gable and Peter A. Rubba) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของการสอนและประสบการณ์ของการฝึกสอนที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มประชากรเป็นนักศึกษาครูแผนกวิชาประถมศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนวิชาฟิสิกส์ จำนวน 58 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ

---

[1]Robert P. Thiel and Kenneth D. George, "Some Factors Affecting the Use of the Science Process Skill of Prediction by Elementary School Children," Journal of Research in Science Teaching 13 (March 1976): 155-166.

[2]Ronald Charles Serlin, "The Effects of a Discovery Laboratory on the Science Process, Problem-Solving, and Creative Thinking Abilities of Undergraduates," Dissertation Abstracts International 37 (March 1977): 5729-A.

แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากผลการวิจัยพบว่านักศึกษาครูที่ได้รับการฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการเพิ่มเติมจะมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าผู้ที่ไม่ได้รับการฝึกเพิ่มเติม[1]

ในปีค.ศ.1978 ทรูแมน เจ สตีเวน และ โรนาลด์ เค เอทวูด (Truman J. Stevens and Ronald K.Atwood) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสนใจในวิชาวิทยาศาสตร์กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนเกรด 7 จำนวน 345 คน, เกรด 8 จำนวน 196 คน และเกรด 9 จำนวน 529 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดความสนใจในวิชาวิทยาศาสตร์ จากผลการวิจัยพบว่านักเรียนทั้ง 3 ระดับ ที่มีความสนใจในวิชาวิทยาศาสตร์สูงจะมีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงด้วย[2]

การวิจัยเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยได้มีผู้วิจัยไว้บ้างแต่เป็นส่วนน้อย ซึ่งผู้ที่วิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้มีดังต่อไปนี้

ในปีพ.ศ.2516 พยอม ตันมณี ได้ทดลองสอนแบบสืบสวน-สอบสวน เพื่อศึกษาบทบาทของการสอนสืบสวน-สอบสวนที่ส่งผลต่อการพัฒนาบุคลิกภาพทางแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ความคิดในการสร้างสังกัป และผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์ โดยทำการทดลองสอนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2515 มีกลุ่มทดลอง 133 คน และกลุ่มควบคุม 135 คน รวมกลุ่มตัวอย่างประชากรทั้งหมด 268 คน โดยกลุ่มทดลองสอนแบบสืบสวน-สอบสวน ส่วนกลุ่มควบคุมสอนแบบเดิม ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองสอนแบบสืบสวน-สอบสวนมีผลสัมฤทธิ์วิชา

---

[1] Dorothy L.Gable and Peter A. Rubba, "The Effect of Early Teaching and Training Experience on Physics Achievement, Attitude Towards Science and Science Teaching, and Process Skill Proficiency," Science Education 61 (Oct.-Dec. 1977): 503-511.

[2] Truman J. Stevens and Ronald K. Atwood, "Interest Scores as Predictors of Science Process Performance for Junior High Students," Science Educations 62 (Jul.-Sept. 1978): 303-308.

วิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ[1]

ในปีพ.ศ.2517 อุทัย ชีวะธนรักษ์ ได้ศึกษาเปรียบเทียบการสอนแบบสืบสวน-สอบสวน โดยเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง (Integrated Process Skill) กับการสอนแบบเดิม กลุ่มตัวอย่างประชากรเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาปีที่ 1 สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป จำนวน 67 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลอง 34 คน ใช้วิธีสอนแบบสืบสวน-สอบสวน และกลุ่มควบคุม จำนวน 33 คน ใช้วิธีสอนแบบเดิม จากการวิจัยพบว่ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ[2]

ในปีพ.ศ.2518 สุมาลี พิตรากูล ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกริยาร่วมทางวาจากับการเรียนรู้ทักษะขั้นสูงของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษา กลุ่มตัวอย่างประชากรเป็นนักศึกษาวิทยาลัยครูธนบุรีชั้นปีที่ 1 ระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษา เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบวิเคราะห์กริยาร่วมทางวาจาระหว่างครูและนักเรียน และแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง จากผลการวิจัยปรากฏว่าเพศชายและหญิงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน[3]

ในปีพ.ศ.2522 บุญญรัตน์ ศิริอาชากุล ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทาง

---

[1]พยอม ตันมณี, "บทบาทการสอนแบบสืบสวน-สอบสวนที่ส่งผลพัฒนาการทางด้านบุคลิกภาพทางแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ความคิดในการสังกัปและผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์," (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร, 2516).

[2]อุทัย ชีวะธนรักษ์, "การเปรียบเทียบผลการสอนแบบสืบสวน-สอบสวน (โดยเน้นทักษะขั้นสูงของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์) กับการสอนแบบเดิมในวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษา," (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2517).

[3]สุมาลี พิตรากูล, "ความสัมพันธ์ระหว่างกิริยาร่วมทางวาจากับการเรียนรู้ทักษะเชิงซ้อนของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษา," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2518).

การเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างนักเรียน ม.ศ.1 กับ ม.1 ในเขตการศึกษา 6 ผลการวิจัยส่วนหนึ่งพบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น ม.ศ.1 สูงกว่าชั้น ม.1 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05[1]

ในปี พ.ศ.2523 ชำนาญ เชาวกีรติพงศ์ ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทัศนคติเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โปรแกรมวิทยาศาสตร์ จำนวน 360 จากผลการวิจัยพบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทัศนคติเชิงวิทยาศาสตร์สัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนชายและหญิงมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน[2]

<u>สรุปเกี่ยวกับการวิจัยที่เกี่ยวข้อง</u>

1. ความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์มีความสัมพันธ์กับสติปัญญาโดยทั่วไป

2. ความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์ทุกระดับ

3. ความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์มีความสัมพันธ์กับระดับอายุ

---

[1]บุญญรัตน์ ศิริอาชากุล, "การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนชั้น ม.ศ.1 กับ ม.1 ในเขตการศึกษา 6," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2522).

[2]ชำนาญ เชาวกีรติพงศ์, "ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์และทัศนคติเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4," (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2523).

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์

5. เพศชายและหญิงมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน

6. การเรียนโดยฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีผลให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

จากผลการวิจัยดังกล่าวจะเห็นว่า ตรรกศาสตร์เป็นรากฐานสำคัญอันหนึ่งของวิทยาศาสตร์และการเรียนวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก็เป็นการเรียนที่ฝึกนักเรียนให้มีการทำงานแบบนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งก็ต้องใช้กระบวนการคิดหาเหตุผลประกอบกันกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กันไป จากการสรุปเกี่ยวกับการวิจัยดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ซึ่งยังไม่มีผู้ใดทำการวิจัยมาก่อน ผู้วิจัยจึงมีความสนใจ และทำการวิจัยเรื่องนี้ว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่เพียงใด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย