หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

วรรณคดีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาวรรณคดีที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง "ความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย" จาก ตำรา เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยจะนำเสนอในหัวข้อต่อไปนี้ คือ

1. ความหมายของวิทยาศาสตร์
2. ลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์
3. ประเภทของความรู้ทางวิทยาศาสตร์
4. แบบวัดความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความหมายของวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ไทยได้ให้ความหมายของ "วิทยาศาสตร์" ไว้ดังนี้

จำนง พรายแย้มแข (2514: 6) ได้วิเคราะห์ว่าความหมายของวิทยาศาสตร์มีหลักสำคัญ 3 ประการ คือ

1. การรวบรวม และการเรียนรู้ปรากฏการณ์ของธรรมชาติอย่างมีระเบียบ (Systematized Learning)
2. การค้นคว้าหาความรู้ด้วยวิธีวิทยาศาสตร์ (Scientific Method)
3. เจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Attitude)

สุวัฒก์ นิยมค้า (2517: 11) ได้กล่าวถึงวิทยาศาสตร์ว่า "...วิทยาศาสตร์ที่แท้จริงเป็นทั้งตัวความรู้และกระบวนการที่ได้ความรู้นั้นมาโดยไม่แยกจากกัน..."

มังกร ทองสุขดี (2521: 4) กล่าวไว้ว่า "วิชาวิทยาศาสตร์ คือขบวนการอันมีระบบที่จะช่วยแก้ปัญหาหรือสรุปว่าวิทยาศาสตร์เป็นขบวนการที่รวบรวมหรือจัดระเบียบเพื่อความรู้ (Organization of Knowledge) นั่นเอง"

ทบวงมหาวิทยาลัย (2525: 5) ได้กล่าวถึงความหมายของวิทยาศาสตร์ไว้ว่า

> วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ค้นหาความจริงเกี่ยวกับธรรมชาติ โดยใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีความหมายว่า ที่เรียกว่าวิทยาศาสตร์นั้นไม่ใช่ตัวความรู้วิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียว แต่ยังประกอบด้วยกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งทำให้ได้ความรู้นั้น ๆ อีกด้วย

นิคม ทาแดง และสุจินต์ วิศวธีรานนท์ (2525: 11) ได้กล่าวไว้ว่า มีผู้ให้คำนิยามที่เน้นลักษณะสำคัญของวิทยาศาสตร์ไว้ต่าง ๆ กัน ไม่มีคำนิยามใดที่ให้ความหมายโดยสมบูรณ์ แต่อย่างไรก็ตามถ้าพิจารณาให้ดีแล้วจะเห็นว่า มีแกนของแนวความคิดที่ร่วมกันอยู่ กล่าวคือ

> 1. วิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับประสบการณ์ตรง กับปรากฏการณ์ตามธรรมชาติและการรวบรวมข้อมูล
> 2. วิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการจัดกระทำ (Organization) และตีความหมาย (Interpretation) ของข้อมูลที่รวบรวมได้โดยวิธีการทางตรรกศาสตร์
> 3. วิทยาศาสตร์มีลักษณะของความคิดสร้างสรรค์ เพราะวิทยาศาสตร์พยายามที่จะอธิบายและขยายขอบเขตของประสบการณ์มนุษย์ให้ลึกซึ้งกว่าสิ่งที่รับรู้จากประสาทสัมผัสโดยตรง ทั้งนี้เพื่อทำความเข้าใจต่อสิ่งแวดล้อมทั้งปวง

ประชุมสุข อาชวอำรุง (2526: 66) ได้ให้คำนิยามคำว่า "วิทยาศาสตร์" ไว้ว่า "วิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์ที่ว่าด้วยความรู้ความเข้าใจในปรากฏการณ์ธรรมชาติ แวดล้อม ที่ทำให้เห็นประจักษ์ได้ วิธีการควบคุมและการทำนายเหตุการณ์ต่าง ๆ"

พจนานุกรม เวบส์เตอร์ นิวเวิลร์ด ของภาษาอังกฤษ (Webster's New World of American Language) ของ โนอา เวบส์เตอร์ (Noah Webster 1954: 1305) ได้ให้ความหมายของ "วิทยาศาสตร์" ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์คือ สภาพข้อเท็จจริงของความรู้

2. วิทยาศาสตร์คือ ความรู้ที่เป็นระบบซึ่งได้จากการสังเกต ศึกษาและทดลอง เพื่อให้ธรรมชาติหรือหลักเกณฑ์ของสิ่งที่ทำการศึกษาสิ่งนั้น ๆ

3. วิทยาศาสตร์คือ สาขาหนึ่งของวิทยากรหรือการศึกษา โดยเฉพาะที่เกี่ยวกับการสร้างและจัดระบบของข้อเท็จจริงหลักเกณฑ์และวิธีการซึ่งมีการตั้งสมมติฐานและทดสอบโดยการทดลอง

สารานุกรมของโคลัมเบีย (The Columbia Encyclopedia 1965: 1910) ให้ความหมายของวิทยาศาสตร์ ไว้ว่า "วิทยาศาสตร์ คือ ความรู้ที่สะสมไว้และจัดไว้อย่างมีระบบ ความรู้นี้ได้มาจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ ความรู้วิทยาศาสตร์ที่เจริญก้าวหน้านั้น ไม่เพียงแต่จะได้ศึกษาการสะสมความรู้ไว้เท่านั้น แต่จะมีการใช้ระเบียบวิธีวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย"

อาร์เธอร์ เอ คาริน (Arthur A. Carin 1970: 13) ได้นำเอาวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ไปรวมเป็นคำใหม่ เรียกว่า "กระบวนการทางวิทยาศาสตร์" และได้เรียบเรียงนิยามของวิทยาศาสตร์เสียใหม่ว่า "วิทยาศาสตร์ เป็นความรู้ที่ได้ผ่านการทดสอบยืนยันมาแล้ว และได้สะสมไว้อย่างมีระบบ รวมทั้งกระบวนการที่ใช้ไปในการค้นหาความรู้นั้นมาด้วย"

จอห์น ดับบลิว เรนเนอร์ (John W. Renner 1973: 2-3) ได้รวบรวมคำนิยามของวิทยาศาสตร์จากนักวิทยาศาสตร์ และผู้ที่เกี่ยวข้องไว้ดังนี้

"วัตถุประสงค์ของวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างขอบข่ายประสานสัมพันธ์ของมวลประสบการณ์และจัดให้เข้าระบบทางตรรกศาสตร์" (Albert Einstein)

"งานของวิทยาศาสตร์มุ่งที่จะขยายขอบข่าย และลดลำดับขั้นตอนของประสบการณ์ของเราเอง" (Niels Bohr)

"วิทยาศาสตร์สอนให้คนรู้คุณค่าของการคิดตามเหตุและผล ความสำคัญของเสรีภาพความคิดและผลดีจากข้อสงสัยในความจริงของสิ่งทั้งปวงที่อธิบายไว้แล้ว" (Richard P. Feynman)

"วิทยาศาสตร์คือความพยายามของมนุษย์ที่จะอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ตามธรรมชาติ" ((Duane Roller)

"วิทยาศาสตร์คือ การสำรวจและการแปลความหมายของเหตุการณ์ในสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติและในร่างกายของเราเอง" (Willard Jacobson)

นาเรนเดอรา ไวยดยา (Narendera Vaidya 1974: 38) ได้รวบรวมความหมายของคำว่า "วิทยาศาสตร์" ของผู้เกี่ยวข้องกับวงการศึกษาวิทยาศาสตร์หลาย ๆ คนไว้ด้วยกัน เช่น ของ เอฟ ฟิทซ์แพททริค (F. Fitzpatrich)

> วิทยาศาสตร์เป็นชุดลำดับของการสังเกตทางประสบการณ์ที่รวมเป็นกลุ่มและไม่รู้จบ ชุดลำดับนี้เป็นผลจากการสร้างมโนมติและทฤษฎีต่าง ๆ ซึ่งทั้งมโนมติและทฤษฎีมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงการสังเกตทางประสบการณ์ต่อไปข้างหน้า วิทยาศาสตร์เป็นทั้งระบบแห่งความรู้และกระบวนการของการได้มาซึ่งความรู้และทำให้ได้ความรู้ดีขึ้น

จากการให้ความหมายของคำว่า "วิทยาศาสตร์" ที่นำมากล่าวไว้ข้างต้นนั้น ทำให้สามารถสรุปความหมายของวิทยาศาสตร์ไว้ว่า "วิทยาศาสตร์หมายถึง ความรู้ที่ได้จากการแสวงหาประสบการณ์จากธรรมชาติอย่างมีระบบ โดยอาศัยกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์"

<u>ลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์</u>

นักปรัชญาและนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไว้ต่าง ๆ กัน เช่น

สุวัฒก์ นิยมค้า (2517: 14) กล่าวว่า "วิทยาศาสตร์ต่างกับศิลปที่ว่า ความรู้วิทยาศาสตร์นั้น มีความถูกต้องในตัวของมันเองไม่มีข้อโต้แย้งได้ มีความเป็นปรนัยอยู่ในตัว ส่วนศิลปนั้นมีความซับซ้อนอยู่ในตัวมาก หากกฎเกณฑ์ที่แน่นอนตายตัวไม่ได้ และธรรมชาติของความรู้ก็มีลักษณะเป็นอัตนัย ในตัวของมันเอง"

นิดา สะเพียรชัย (2520: 4) กล่าวถึงลักษณะของวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์ที่ว่าด้วยวิธีเสาะแสวงหาความรู้ (Mode of Inquiry)

2. วิธีการเสาะแสวงหาความรู้นี้นำมาซึ่งความรู้ใหม่ ๆ และการขยายขอบเขตของความรู้นำมาซึ่งหลักเกณฑ์ และเกิดเป็นโครงสร้างที่มองเห็นความสัมพันธ์ของความรู้

3. ความรู้นี้ครอบคลุมสิ่งแวดล้อม และทำให้มีการเปลี่ยนแปลงความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับสิ่งแวดล้อม ฉะนั้นวิทยาศาสตร์จึงเป็นแรงผลักดันทางสังคม หรืออิทธิพลทางสังคม และส่วนสำคัญของวัฒนธรรม

นิดา สะเพียรชัย (2520: 5) ได้กล่าวเพิ่มเติมเกี่ยวกับขอบเขตของวิทยาศาสตร์ว่า

ปัจจุบันนี้เราทราบดีว่าวิทยาศาสตร์เป็นขอบเขตจำกัด หากพูดกันตามหลักปรัชญาแล้ว จะเห็นว่าในวิธีการอนุมานนั้นมีข้อผิดพลาดปนอยู่ และวิธีอนุมานก็เป็นกิจกรรมที่สำคัญในวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่นำไปสู่การตั้งทฤษฎีหรือกฎต่าง ๆ การสังเกตของมนุษย์ที่ใช้ประสาททั้ง 5 ก็มีขอบเขตจำกัดและมีข้อผิดพลาด การใช้เครื่องมือวัดก็มีข้อผิดพลาด ไม่ว่าเครื่องมือนั้นจะดีปานใด ฉะนั้นความเข้าใจธรรมชาติจากการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ จึงเป็นเพียงความเข้าใจบางส่วนไม่ใช่ความจริงที่สมบูรณ์

วิทย์ วิศทเวทย์ (2520: 116-118) ได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญบางประการของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ได้จากประสบการณ์และทดสอบด้วยประสบการณ์
2. วิทยาศาสตร์ต้องเป็นสาธารณะ
3. วิทยาศาสตร์ต้องมีลักษณะสากล
4. วิทยาศาสตร์ต้องช่วยในการคาดหมายอนาคต

มังกร ทองสุขดี (2521: 3-9) ได้อธิบายลักษณะของวิทยาศาสตร์ (The Nature of Science) พอสรุปได้ดังนี้

1. วิชาวิทยาศาสตร์คือขบวนการอันมีระบบที่จะช่วยแก้ปัญหา
2. วิทยาศาสตร์เป็นขบวนการรวบรวมหรือจัดระเบียบแห่งความรู้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก้าวหน้าอยู่เสมอ

4. ความรู้แห่งธรรมชาติ ที่ได้มานั้นจะต้องเป็นสิ่งที่มนุษย์ใช้ศักยภาพ (Potential) แห่งตน บังคับ และควบคุมได้ นักวิทยาศาสตร์ปัจจุบันจึงพยายามทำการศึกษากฎเกณฑ์การจัดระบบของธรรมชาติและพยายาม หาวิธีการต่าง ๆ ที่นำผลของการศึกษาค้นคว้าไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

5. ความรู้เท่านั้นจะช่วยให้มนุษย์บรรลุเป้าประสงค์ต่าง ๆ ได้ โดยไม่ต้องอาศัยมายาหรืออำนาจลึกลับเหนือธรรมชาติ (Magic Superstition)

6. ข้อเท็จจริง ทางวิทยาศาสตร์ต้องผ่านการทดลองวินิจฉัยอย่างละเอียดละออสามารถเรียนรู้ (Literally) ได้ และมีความถูกต้องมากที่สุด ซึ่งต้องเป็นข้อเท็จจริงที่ไม่มีการบังคับให้ยอมรับรู้ด้วยวิธีการใด ๆ

7. ความสัมฤทธิ์ผลของผลงานที่นักวิทยาศาสตร์ได้กระทำนั้น ช่วยปรับปรุงสภาพของความเป็นอยู่ทั้งทางด้านวัตถุนิยม (Materialism) สภาวะทางด้านสังคมนิยม (Socialism) และสวัสดิการแห่งสังคมให้เจริญก้าวหน้าไปอย่างกว้างขวาง

นอกจากนี้แล้ว มังกร ทองสุขดี (2522: 26) ได้กล่าวถึงลักษณะของวิทยาศาสตร์ต่อไปอีกว่า

> ความรู้ใด ๆ ที่เกิดจากกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์จะต้องเป็นสิ่งที่
> 1. ทดสอบได้ (Testability)
> 2. มีความเชื่อถือได้ (Reliability)
> 3. มีคำจำกัดความและความเที่ยงตรงที่แน่นอน
> 4. มีระบบโครงสร้างที่แน่นอน (Systematic Structure)
> 5. สามารถทำความเข้าใจได้ (Comprehensiveness)

ทบวงมหาวิทยาลัย (2528: 6-8) ได้อธิบายไว้ในหนังสือชีววิทยา เล่ม 1 ว่า

> แท้จริงแล้ววิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่เกี่ยวกับหลักปรัชญา แนวความคิด และเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ การสร้างแนวความคิดที่จะหาคำตอบของการเกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ มีการทดลองเพื่อพิสูจน์แนวความคิดหรือสมมติฐานหรือทฤษฎีที่ได้คิดยกขึ้นมาอธิบาย เขาอาจกล่าวถึงวิทยาศาสตร์ใน 2 ประเด็นคือ

1. วิทยาศาสตร์เป็นแหล่งรวมแห่งความรู้ที่มนุษย์บางกลุ่มได้ขวนขวายหามา และแสดงให้เห็นถึงความมีระเบียบหรือความไม่มีระเบียบของธรรมชาติแล้วแต่กรณี

2. วิทยาศาสตร์เป็นวิธีการของผู้ที่อยากรู้อยากเห็น และพยายามขวนขวายหาวิธีการเพื่อให้ได้คำตอบ ที่ต้องการจะทราบจากการตั้งคำถาม เช่น ทำไมถึงเป็นเช่นนั้น เพราะอะไร เกิดขึ้นได้อย่างไร

มารค ตามไท (2524: 467-468) กล่าวถึงเกณฑ์ที่ใช้ในการแยกข้อความที่เป็นวิทยาศาสตร์ออกจากข้อความที่ไม่เป็นวิทยาศาสตร์ ดังนี้

เกณฑ์ที่ 1 ข้อความใดจะมีความหมายเชิงวิทยาศาสตร์หรือไม่ ขึ้นอยู่กับประเภทของคำที่ปรากฏอยู่ในข้อความนั้น ๆ ซึ่งจะต้องเป็นคำทางตรรก (เช่น "และ" "หรือ" "ทุก ๆ") หรือต้องบ่งสิ่งถึงสิ่งที่สังเกตเห็นได้ (เช่น"โต๊ะ" "ตุ้มน้ำหนัก" "แขน")

เกณฑ์ที่ 2 ข้อความซึ่งมีความหมายเชิงวิทยาศาสตร์ต้องเป็นข้อความซึ่งอาจพิสูจน์ได้ว่าจริง โดยอ้างหลักฐานซึ่งสังเกตเห็นได้

เกณฑ์ที่ 3 ข้อความซึ่งมีความหมายเชิงวิทยาศาสตร์ต้องเป็นข้อความซึ่งอาจเท็จได้ อาจแสดงความเท็จโดยอาศัยหลักฐานซึ่งสังเกตเห็นได้ ข้อความที่มีความหมายเชิงวิทยาศาสตร์จะต้องสามารถจัดกับข้อมูลที่อาจเกิดขึ้นได้บ้างไม่ใช่สอดคล้องกับทุกสิ่งทุกอย่าง

เกณฑ์ที่ 4 ต้องอาจพิสูจน์ได้ว่าจริง เพียงแต่มีการตั้งเงื่อนไขอ่อนลง คือ กล่าวว่าข้อความที่จะมีความหมายเชิงวิทยาศาสตร์ต้องสามารถนำไปทดสอบและหาหลักฐานมาสนับสนุนได้

และ มารค ตามไท (2524: 468-470) ได้พิจารณาว่าทั้ง 4 เกณฑ์ มีข้อบกพร่อง จึงแสวงหาเกณฑ์อื่น ๆ และได้เสนอว่า เกณฑ์ที่เหมาะสมที่สุดจะต้องให้หน่วยของการเป็นวิทยาศาสตร์ เป็นชุดของข้อความหรือทฤษฎี และชุดที่มีความหมายเชิงวิทยาศาสตร์ก็คือชุดที่อาจมีข้อมูลมาสนับสนุนได้

นิคม ทาแดง และสุจินต์ วิศวธีรานนท์ (2525: 12-13) ได้อธิบายถึง "ความรู้ทางวิทยาศาสตร์" และ "ลักษณะความเป็นปรนัยของวิทยาศาสตร์" ไว้ว่า

> ความเป็นปรนัย หมายถึง ความมีอยู่ ความเป็นอยู่โดยไม่เปลี่ยนแปลง ไม่ขึ้นอยู่กับประสาทสัมผัสและความคิดเห็นของบุคคล เช่น ความแข็งของแท่งเหล็ก ไม่ว่าจะให้ใคร ๆ สัมผัสหรือให้ทดสอบในเวลาและสถานที่เช่นใด ทุกคนหรือทุกครั้งของการทดสอบก็จะได้ผลว่าแท่งเหล็กมีความแข็ง

ส่วนความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น เป็นความรู้ที่นักวิทยาศาสตร์ค้นพบ มีหลายประการ เช่น ข้อเท็จจริง มโนมติ หลักการ สมมติฐาน และกฎ ขอจำกัดให้เหลือเพียง 3 ลักษณะ คือ

1. คอนกรีตา (Concreta)
2. อีลเลตา (Illata)
3. แอบสแตรคตา (Abstracta)

1. คอนกรีตา คือ สิ่งที่เป็นอยู่ มีอยู่ ที่สามารถสังเกต สัมผัสแตะต้อง รับรู้ลักษณะความเป็นอยู่ มีอยู่ของมันได้โดยตรงด้วยประสาทสัมผัสของเรา ข้อความที่กล่าวถึงคอนกรีตาจึงเป็นข้อความที่พูดถึงประสบการณ์ของเราจากการสังเกตทดลองเกี่ยวกับสิ่งนั้นโดยตรง

2. อีลเลตา คือ สิ่งที่เป็นอยู่ มีอยู่ ที่เราไม่สามารถสังเกตสัมผัสแตะต้องสิ่งนั้นได้โดยตรงแต่รู้ได้โดยอนุมาน (Infer) จากผลการปฏิบัติสัมพันธ์ของสิ่งนั้นกับสิ่งที่เราสามารถสังเกตแตะต้องได้โดยตรงอีกทอดหนึ่ง เช่น เราทราบว่ามีไฟฟ้า ก็เพราะว่าทุกครั้งที่เปิดสวิตช์ไฟ เราก็เห็นแสงสว่าง แต่เราไม่เคยเห็นและไม่สามารถสัมผัสตัวไฟฟ้าได้เลย ดังนั้น ข้อความที่กล่าวถึงอีลเลตา จึงมีความคิดเห็นที่ใช้ในการอนุมานรวมอยู่ด้วยคือมีอัตราส่วนของความเป็นอัตนัยมากขึ้นกว่าคอนกรีตา

3. แอบสเตรคตา คือสิ่งที่เป็นนามธรรม ถึงแม้จะไม่มีอยู่จริง แต่ก็เป็นแก่นสาระ เป็นผลรวมของ คอนกรีตาและอีลเลตาต่าง ๆ เช่น ความแข็ง มโนมติ เป็นต้น

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ลักษณะนั้น นักวิทยาศาสตร์ถ่ายทอดหรือสื่อความหมายกันด้วยภาษา รวมเรียกว่า "ข้อความทางวิทยาศาสตร์" ดังนั้นเมื่อจะพิจารณาลักษณะความเป็นนัยทางวิทยาศาสตร์ ก็คือการพิจารณาลักษณะความเป็นปรนัยของ "ข้อความทางวิทยาศาสตร์"

ข้อความทางวิทยาศาสตร์ใด ๆ ก็ตาม ที่จะนับว่ามีความเป็นปรนัย ก็ต่อเมื่อข้อความทางวิทยาศาสตร์นั้น ๆ สามารถทดสอบได้ และได้ผลอย่างเดิมทุกครั้งไปไม่ว่าจะเป็นการทดสอบโดย

1. บุคคลคนเดียว ทำการทดลองเมื่อทดสอบหลาย ๆ ครั้ง ต่างเวลาหรือสถานที่ก็ได้ผลเหมือนเดิม และ/หรือ

2. บุคคลแต่ละคน ทำการทดลอง เพื่อทดสอบ ต่างเวลา ต่างสถานที่ก็ได้ผลเหมือนกัน

นอกจากนี้ข้อความทางวิทยาศาสตร์ทุกข้อความจะต้องอนุมานไปสู่วิธีทดสอบได้ และไม่มีข้อความทางวิทยาศาสตร์ใดเลยที่จะมีความเป็นปรนัยสมบูรณ์ นักวิทยาศาสตร์จึงต้องบอกลักษณะของความเป็นปรนัย ของวิทยาศาสตร์ในอัตราส่วนของความเป็นไปได้ เช่น สังเกตหรือทดลอง 100 ครั้ง ได้ผลกี่ครั้งหรือ 1000 ครั้งได้ผลกี่ครั้ง

ยงยุทธ ยุทธวงศ์ และคณะ (2525: คำนำ) ได้กล่าวถึงลักษณะของวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

> ลักษณะที่สำคัญของวิทยาศาสตร์ คือ ความมีเอกภาพ นั่นคือ หลักการของวิทยาศาสตร์ ไม่ว่าสาขาใดก็ตามจะเป็นจริงเสมอ และสามารถนำมาใช้ได้กับวิทยาศาสตร์สาขาอื่นทั้งหมด ไม่เฉพาะแต่เพียงสาขาเท่านั้น ในสมัยกรีกโบราณ เมื่อวิทยาศาสตร์เริ่มมีกำเนิดขึ้นอย่างจริงจังนั้น วิทยาศาสตร์ก็คือการศึกษาธรรมชาติทั้งหมด ต่อมาเมื่อความรู้เรื่องธรรมชาติมากขึ้น ก็เกิดความจำเป็นที่นักวิทยาศาสตร์ต้องเลือกศึกษาเฉพาะส่วน สาขาวิชาต่าง ๆ จึงเกิดขึ้นมา คือวิทยาศาสตร์กายภาพและวิทยาศาสตร์ชีวภาพ การจำแนกนี้ก็เพื่อความสะดวกเท่านั้น ที่จริงแล้วหลักการต่าง ๆ ของวิทยาศาสตร์กายภาพก็เป็นหลักการของธรรมชาติ ซึ่งโลกของสิ่งมีชีวิตต้องยึดถือเช่นกัน เอกภาพของวิทยาศาสตร์นับวันจะเด่นชัดขึ้นเรื่อย ๆ ในเมื่อได้เห็นซ้ำแล้วซ้ำเล่าในทุกระดับว่า หลักการของเคมีและฟิสิกส์นั้นเป็นหลักการของวิทยาศาสตร์ชีวภาพเช่นกัน

จอห์น จี เคเมนี (John G. Kemeny 1959: 85-183) นักปรัชญาวิทยาศาสตร์ได้กล่าวไว้ว่า "ลักษณะที่สำคัญที่สุดของวิทยาศาสตร์ก็คือ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ เราบอกได้ว่าอะไรเป็นวิทยาศาสตร์ได้โดยดูจากวิธีการหาความรู้ของวิชานั้น ไม่ใช่ดูจากเนื้อหาวิชา"

เฟดเดอริค แอล ฟิทซ์แพททริก (Federick L. Fitzpatrick 1960: 7) ได้กล่าวถึงขอบข่ายของวิทยาศาสตร์ว่า "วิทยาศาสตร์ เป็นทั้งความรู้วิชาการ กระบวนการหาความรู้ และการปรับปรุงความรู้ที่มีอยู่ให้ถูกต้องดียิ่งขึ้น คุณลักษณะที่สำคัญของวิทยาศาสตร์ก็คือ ความไม่หยุดนิ่ง"

วิคเตอร์ เอ็ม โชวอลเตอร์ (Victor M. Showalter 1974: 1-8) ได้แยกองค์ประกอบต่าง ๆ ซึ่งถือว่าเป็นตัวแทนของลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. เป็นความจริงชั่วคราว (Tentative) ความรู้วิทยาศาสตร์จะต้องเปลี่ยนไปตลอดเวลา ไม่มีอะไรเป็นอมตะสำหรับวิทยาศาสตร์
2. เป็นสาธารณะ (Public) เนื่องจากวิทยาศาสตร์อาศัยข้อมูลที่ได้จากการสังเกต ซึ่งเป็นสิ่งที่ใคร ๆ ก็สังเกตได้ บุคคลที่พบกับสภาพการณ์คล้าย ๆ กัน ก็ควรจะได้ข้อสรุปคล้าย ๆ กัน
3. สามารถกระทำซ้ำได้ (Replicate) ผลการทดลองครั้งหนึ่งนั้นสามารถทำให้เกิดขึ้นใหม่ได้ภายใต้สภาวะคล้ายกัน แม้ว่าเวลาและสถานที่จะเปลี่ยนไป

4. เป็นเรื่องของโอกาสที่จะเป็นไปได้ (Probabilistic) ตรงกันข้ามกับความเป็นอมตะ

5. เป็นเรื่องที่เกี่ยวกับมนุษยชาติ (Humanistic) วิทยาศาสตร์เป็นผลของความพยายามของมนุษย์ที่จะทำความเข้าใจ หรือหาแบบแผนของธรรมชาติ และตัวความรู้ถูกทำให้เป็นระเบียบ โดยองค์ประกอบต่าง ๆ อันเป็นผลของวัฒนธรรมที่เปลี่ยนแปลงมาเรื่อย ๆ

6. เป็นสิ่งที่ต่อเนื่องมาจากอดีต (Historic) ความรู้ในอดีตเป็นพื้นฐานในการพบความรู้ใหม่ ๆ ในปัจจุบัน และความรู้ในปัจจุบันจะเป็นพื้นฐานในการค้นพบสิ่งใหม่ ๆ ในอนาคต

7. มีลักษณะเฉพาะตัว (Unique) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้จากวิธีการเสาะแสวงหา ซึ่งเป็นผลจากความพยายามของมนุษย์ และในขณะเดียวกันก็แตกต่างไปจากความรู้และวิธีการในสาขาอื่น ๆ

8. มีลักษณะเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน (Holistic) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากความรู้เฉพาะสาขานั้นจะช่วยเสริมสร้างขอบข่ายมโนมติอันเดียวกัน

9. เป็นสิ่งที่ได้จากการสังเกต หรือทดลอง (Empirical)

สรุปได้ว่า "ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตามแนวความคิดของนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ที่ได้กล่าวมาแล้ว มีลักษณะเป็นโครงสร้างที่มีความสัมพันธ์กัน ระหว่างความรู้ทางวิทยาศาสตร์สาขาย่อยต่าง ๆ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถทดสอบได้ เป็นความรู้ที่เปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา เป็นความรู้ที่ไม่หยุดนิ่ง มีลักษณะเป็นสากลและช่วยในการคาดหมายอนาคตได้"

<u>ประเภทของความรู้ทางวิทยาศาสตร์</u>

สุวัฒก์ นิยมค้า (2517: 28) ได้อธิบายไว้ว่า

> ความรู้วิทยาศาสตร์อาจจะแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ประเภทแรกเป็นวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ (Pure Science) คือความรู้ขั้นมูลฐานล้วน ๆ ประกอบด้วยสิ่งที่เป็นความจริงเดี่ยว (Fact) ความจริงหลัก (Principle) กฎ (Law) ทฤษฎี (Theory) และความคิดรวบยอด (Concept) นักวิทยาศาสตร์ค้นคว้าหาความรู้ประเภทนี้เพื่อความใคร่รู้ เพื่อสนองความต้องการของจิตใจโดยไม่คิดหวังผลประโยชน์จากการค้นคว้านี้เลย ความรู้ประเภทที่สองเป็นความรู้ที่มุ่งหวังเอาไปใช้ประโยชน์ให้แก่สังคมโดยตรง เรียกว่า วิทยาศาสตร์ประยุกต์ หรือเทคโนโลยี (Applied Science or Technology)

ทบวงมหาวิทยาลัย (2525: 6) ได้กล่าวถึงประเภทของความรู้วิทยาศาสตร์ไว้ว่า "ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งได้มาจากการใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ค้นคว้านั้น อาจจำแนกได้เป็นข้อเท็จจริง (Fact) มโนมติ (Concept) หลักการ (Principle) สมมติฐาน (Hypothesis) กฎ (Law) และทฤษฎี (Theory)"

ความหมายของความรู้ประเภทต่าง ๆ ของวิทยาศาสตร์นั้น นักการศึกษาได้อธิบายไว้ใกล้เคียงกัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ข้อเท็จจริง (Fact)

นิคม ทาแดง และสุจินต์ วิศวธีรนันท์ (2525: 22) กล่าวเกี่ยวกับข้อเท็จจริงไว้ดังนี้

> ข้อเท็จจริง เป็นความรู้เกิดจากการสังเกตปรากฏการณ์ธรรมชาติ และสิ่งต่าง ๆ โดยตรงหรือใช้อุปกรณ์ช่วยในการสังเกต และสิ่งที่สังเกตเห็นนั้นจะต้องคงเป็นจริงเสมอ โดยที่ทำการทดลองซ้ำแล้วได้ผลเหมือนกัน และลำพังตัวข้อเท็จจริง มีความหมายน้อยมาก ต้องนำมาประกอบกัน จึงจะมีความหมายมากขึ้น

ทบวงมหาวิทยาลัย (2525: 6-7) ได้ให้ตัวอย่างและรายละเอียดเกี่ยวกับข้อเท็จจริงไว้ว่า

> ตัวอย่างของข้อเท็จจริง เช่น "น้ำแข็งลอยน้ำได้" "แสงสีขาวประกอบด้วยแสงสีต่าง ๆ 7 สี" และในการเสนอข้อเท็จจริงของนักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องบอกด้วยว่า วิธีใช้ในการทดลองเป็นอย่างไร เพื่อให้ผู้อ่านสามารถตัดสินใจว่า ควรเชื่อถือ ข้อเท็จจริงนั้นหรือไม่ และผู้สนใจจะได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อเท็จจริงนั้น ๆ ได้อีกด้วย

เจมส์ บี โคแนนท์ (James B. Conant 1964: 35,43) ได้กล่าวถึงข้อเท็จจริงไว้ว่า "ข้อเท็จจริง จะต้องสังเกตได้โดยตรง และต้องคงความเป็นจริง โดยสามารถทดสอบได้ผลเหมือนเดิมทุกครั้ง"

012634

กล่าวสรุปได้ว่า "ข้อเท็จจริง หมายถึง ความรู้ที่ได้จากการสังเกต และสิ่งที่สังเกตเห็นนั้นต้องทดสอบได้ว่าเป็นจริงเสมอทุกครั้ง"

มโนมติ (Concept)

ทบวงมหาวิทยาลัย (2525: 7) ได้ให้ความหมายของมโนมติไว้ว่า "มโนมติ หมายถึง ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยนำเอาการเรียนรู้มาสัมพันธ์กับประสบการณ์ของแต่และบุคคล"

นิคม ทาแดง และสุจินต์ วิศวธีรานนท์ (2525: 24-25) กล่าวถึง มโนมติว่า

> มโนมติในวิชาวิทยาศาสตร์เป็นความรู้วิทยาศาสตร์ประเภทหนึ่ง ที่เกิดจากความคิดโดยสรุปของบุคคลที่มีต่อวัตถุหรือปรากฏการณ์ มโนมติเป็นผลจากการพิจารณาจัดระบบข้อเท็จจริงและการสังเกตที่เกี่ยวข้อง มโนมติในวิชาวิทยาศาสตร์อาจจำแนกได้เป็น
>
> 1. มโนมติเกี่ยวกับการจัดแบ่งประเภท เป็นมโนมติที่บ่งถึงคำจำกัดความ คำอธิบาย หรือชี้แจงคุณสมบัติของสิ่งของ ปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์ ตัวอย่างเช่น
>
> 1.1 มโนมติของดาวฤกษ์ ที่ว่าดาวฤกษ์เป็นดาวที่มีแสงระยิบระยับและมีแสงในตัว
>
> 1.2 มโนมติของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ที่ว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเป็นสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง มีเลือดอุ่น เลี้ยงลูกด้วยนม มีหัวใจ 4 ห้อง มีฟันฝังในขากรรไกร
>
> 2. มโนมติเกี่ยวกับความสัมพันธ์ บ่งถึงความสัมพันธ์ของเหตุการณ์หรือสิ่งของทั้งในเชิงเปรียบเทียบ และในเชิงเป็นเหตุเป็นผลต่อกัน ได้แก่ มโนมติ ที่แสดงว่าเท่ากัน สูงกว่า ต่ำกว่า ระหว่าง น้อย ถ้า...แล้ว เป็นต้น ตัวอย่างเช่น
>
> 2.1 มโนมติของแรง ที่ว่าแรงเป็นความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับความเร่ง
>
> 2.2 มโนมติของความหนาแน่น ที่ว่าความหนาแน่นเป็นความสัมพันธ์ระหว่างมวลกับปริมาตร
>
> 3. มโนมติเกี่ยวกับสิ่งที่มองไม่เห็น เป็นมโนมติที่เกิดจากจินตนาการของนักวิทยาศาสตร์ ในการพยายามอธิบายคุณลักษณะของสิ่งบางสิ่งที่ไม่อาจสังเกตได้โดยตรง แต่มีหลักฐานบางประการสนับสนุนว่าเป็นไปได้ ตัวอย่างเช่น

3.2 มโนมติของอิเลคตรอน ที่ว่าอิเลคตรอนเคลื่อนที่ได้

3.3 มโนมติของแสงที่ว่า แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

วอลเตอร์ เอ ฟาร์เมอร์ และ มากาเร็ต เอ ฟาร์เรล (Walter A. Farmer and Margaret A. Farrell 1980: 76) ได้กล่าวไว้ว่า "มโนมติ คือการจัดลำดับของความคิด หรือการจัดลำดับของความมุ่งหมาย หรือเป็นการจัดลำดับชุดของเหตุการณ์ที่ปรากฏขึ้นในความคิด มโนมติโดยตัวของมันเองอยู่ในลักษณะของนามธรรม"

นอกจากนั้น อาร์เธอร์ เอ คาร์ริน และ โรเบิร์ต บี ซันด์ (Arthur A. Curin and Robert B. Sund 1980: 9) ได้อธิบายเกี่ยวกับมโนมติไว้ดังนี้ "มโนมติ คือความคิดที่กล่าวไว้อย่างกว้าง ๆ จากเหตุการณ์เฉพาะรายและเหตุการณ์ตรง เช่น แม่เหล็กไฟฟ้า พืช เซล และเสียง

กล่าวโดยสรุปเกี่ยวกับมโนมติได้ว่า "มโนมติเป็นความรู้วิทยาศาสตร์ประเภทหนึ่ง ซึ่งเกิดจากการประมวลข้อเท็จจริงและการสังเกตมาจัดเป็นระบบความสัมพันธ์ของการเรียนรู้กับประสบการณ์ของตนเอง"

หลักการ (Principle)

สุวัฒก์ นิยมค้า (2517: 17) กล่าวถึงหลักการไว้ว่า

> หลักการเกิดมาจากมโนมตินั้นเอง แต่เป็นมโนมติที่ได้ผ่านการกลั่นกรองอย่างรอบคอบที่สุดแล้ว มีความเป็นปรนัยเกิดขึ้นในตัวของมัน ทุกคนอ่านแล้วเข้าใจตรงกัน ทดสอบแล้วได้ผลอย่างเดียวกัน ตัวอย่างของหลักการ เช่น ก๊าซเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว มาจากมโนมติหลายมโนมติ ได้แก่
>
> 1. ก๊าซออกซิเจนเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว
> 2. ก๊าซไฮโดรเจนเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว
> 3. ก๊าซฮีเลียมเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว
> 4. อากาศเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว ฯลฯ

ทบวงมหาวิทยาลัย (2525: 8) ได้ให้คำจำกัดความของหลักการไว้ว่า

ถ้านำมโนมติที่สัมพันธ์กันมาผสมผสานกัน และสามารถใช้อ้างอิงได้ก็จะได้หลักการ ดังนั้นหลักการจะต้องเป็นความจริงที่สามารถทดสอบได้ และได้ผลเหมือนเดิม มีความเป็นปรนัยในตัวเอง หลักการจึงเป็นมโนมติ แต่มโนมติไม่จำเป็นต้องเป็นหลักการเสมอไป โดยบางมโนมติอาจจะเป็นแต่บางมโนมติอาจจะไม่เป็น เช่นข้อความที่ว่า

1. การแพร่ คือ การกระจายโมเลกุลของสารจากที่ซึ่งมีความเข้มข้นของสารนั้นมากไปสู่ที่ซึ่งมีความเข้มข้นของสารน้อย : จัดเป็นทั้งมโนมติและหลักการ

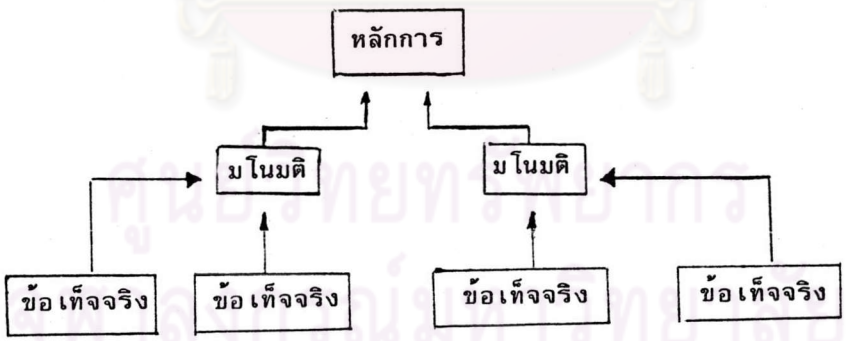
2. ข้าวเป็นสารคาร์โบไฮเดรต : เป็นเพียงมโนมติเท่านั้น

ที่เป็นเช่นนี้เพราะมโนมติเป็นความคิดหลักของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งแต่ละคนอาจมีมโนมติของสิ่งเดียวกัน แตกต่างกันออกไป แต่เมื่อได้กลั่นกรองอย่างรอบคอบที่สุดแล้วก็จะจัดเป็นหลักการ ตัวอย่างของหลักการเช่น

1. คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน เป็นสารให้พลังงานแก่สิ่งมีชีวิต

2. เมื่อสสารได้รับความร้อนจะขยายตัว

นิคม ทาแดง และสุจินต์ วิศวธีรานนท์ (2525: 26) ได้นำความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริง มโนมติ และหลักการ มาเขียนแผนภูมิแสดงไว้ดังนี้



หลักการอาจเกิดมาจากการอุปมานมวลมโนมติที่เกี่ยวข้อง จนได้เป็นหลักการขึ้น แต่หลักการบางหลักการ เกิดจากการอนุมานจากทฤษฎีด้วย

โรเบิร์ต บี ซันด์ และ เลสลี ดับบลิว โธรวบริดจ์ (Robert B. Sund and Leslie W. Trowbridge 1973: 9) ได้ให้ความหมายของหลักการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า "หลักการ คือ กฎหรือข้อบังคับเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่น โลหะขยายตัวเมื่อถูกความร้อน"

อาร์ เธอ เอ คาร์ริน และ โรเบิร์ต บี ซันด์ (Arthur A. Carin and Robert B. Sund 1980: 9) อธิบายเกี่ยวกับหลักการไว้ว่า "หลักการ คือ ข้อความที่กล่าวไว้อย่างกว้าง ๆ ประกอบด้วย มโนมติ หลาย ๆ มโนมติที่เกี่ยวข้องกัน เช่น โลหะขยายตัวเมื่อถูกความร้อน ข้อความนี้ประกอบด้วย มโนมติ 3 มโนมติ คือ โลหะ ความร้อน และขยายตัว"

กล่าวสรุปได้ว่า "หลักการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประเภทหนึ่งซึ่งเกิดจากการรวบรวมมโนมติหลาย ๆ มโนมติเข้าด้วยกัน และยังคงมีความปรนัยในตัวเอง"

สมมติฐาน (Hypothesis)

ทบวงมหาวิทยาลัย (2525: 9) ให้คำอธิบายเกี่ยวกับสมมติฐานว่า

สมมติฐานเป็นข้อความซึ่งเป็นคำตอบที่อาจจะเป็นไปได้ของปัญหาที่นักวิทยาศาสตร์กำลังศึกษาหรือสนใจ สมมติฐานมักได้จากการคาดคะเน ซึ่งอาจเกิดจากความเชื่อหรือความบันดาลใจของนักวิทยาศาสตร์ สมมติฐานใดจะเป็นที่ยอมรับหรือไม่ขึ้นอยู่กับหลักฐานหรือเหตุผลที่จะสนับสนุนหรือคัดค้าน สมมติฐานที่พิสูจน์ได้ว่าถูกต้องเป็นที่ยอมรับในสมัยหนึ่ง อาจเปลี่ยนแปลงหรือยกเลิกไปได้ เมื่อมีผู้ค้นพบความจริงหรือหลักฐานที่คัดค้าน บางสมมติฐานที่ตั้งขึ้นไว้เป็นเวลานานจนเป็นที่เชื่อถือได้ โดยไม่มีผลจากการสังเกต หรือการทดลองมาหักล้างได้ สมมติฐานนั้นก็จะกลายเป็นกฎ เช่น สมมติฐานของอาโวกาโดร ที่กล่าวว่า "แกสทุกชนิดเมื่อมีปริมาตรเท่ากัน ภายใต้อุณหภูมิและความดันเดียวกัน จะมีโมเลกุลของแกสเท่ากัน" ปัจจุบันยอมรับว่าเป็นกฎของอาโวกาโดร เพราะเป็นข้อความที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ และจำนวนโมเลกุลของแกสได้อย่างถูกต้อง

ในแง่ของการเรียนการสอนแล้ว สมมติฐานจะต้องเป็นสิ่งซึ่งยังไม่เคยรู้หรือเรียนรู้มาก่อน หากได้เคยเรียนรู้มาก่อนก็จัดเป็นเพียงข้อเท็จจริงหรือหลักการเท่านั้น

ตัวอย่างของสมมติฐาน เช่น

1. ก้อนหินที่มีตะไคร่น้ำหรือพืชเล็ก ๆ เกาะอยู่จะผุพังเร็วกว่าก้อนหินที่ไม่มีตะไคร่น้ำจับ

2. ถ้าปริมาณของตัวถูกละลายเพิ่มขึ้น จุดเดือดของสารละลายจะเพิ่มขึ้นด้วย

นิคม ทาแดง และสุจินต์ วิศวธีรานนท์ (2525: 29) กล่าวถึงสมมติฐานไว้ดังนี้

> นอกจากสมมติฐานจะเป็นความพยายามในการตอบปัญหาของนักวิทยาศาสตร์แล้ว สมมติฐานยังเป็นความพยายามในการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติด้วย สำหรับสมมติฐานที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์นั้น เพื่อมีการพิสูจน์ได้ว่าเป็นจริงก็จะกลายเป็นทฤษฎี ทฤษฎีบางทฤษฎีอาศัยการคาดคะเนเป็นพื้นฐาน กล่าวได้ว่าสมมติฐานเป็นทฤษฎีที่ยังไม่ได้พิสูจน์นั่นเอง

พอล บี ไวส์ (Paul B. Weisz 1963: 6) ได้กล่าวอธิบายเกี่ยวกับสมมติฐานไว้ดังนี้

> สมมติฐาน หมายถึง ข้อความที่นักวิทยาศาสตร์ได้คิดค้นเพื่อพยายามหาคำตอบของปัญหา หรือเป็นการลองตอบปัญหา ปัญหาหนึ่ง ๆ อาจมีคำตอบที่เป็นไปได้จำนวนมาก แต่มีเพียงคำตอบเดียวที่ถูกต้อง คำตอบนั้นจะรู้ว่าถูกหรือผิดก็ขึ้นอยู่กับการตรวจสอบโดยการทดลอง ถ้าการทดลองชี้ว่าคำตอบนั้นผิด นักวิทยาศาสตร์ต้องตั้งสมมติฐานใหม่ และทดลองตรวจสอบใหม่ จนกว่าจะได้คำตอบที่ถูกต้อง นักวิทยาศาสตร์ที่มีประสบการณ์จะสามารถตั้งสมมติฐานที่ใกล้เคียงกับความเป็นไปได้เร็วกว่านักวิทยาศาสตร์ที่ขาดประสบการณ์

นอกจากนั้น หลุยส์ ไอ คัสลาน และ แฮริส เอ สโตน (Louis I. Kuslan and Harris A. Stone 1969: 27) ได้สรุปความความของสมมติฐานไว้ว่า "สมมติฐานเป็นความคิดเบื้องต้นเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของการสังเกตเหตุการณ์หลาย ๆ เหตุการณ์ สมมติฐานอาจจะสมบูรณ์หรืออาจจะไม่ถูกต้องทั้งหมด แต่สมมติฐานก็ใช้อธิบายและทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกันอย่างง่าย ๆ ได้"

กล่าวสรุปได้ว่า "สมมติฐานก็คือ ข้อความที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการอธิบายและทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติ ข้อความนี้อาจถูกต้องหรือไม่ถูกต้องก็ได้ ซึ่งต้องผ่านการตรวจสอบความถูกต้องโดยการทดลอง"

กฎ (Law)

สุวัฒก์ นิยมค้า (2517: 23) กล่าวถึงกฎไว้ดังนี้ "กฎเป็นรูปหนึ่งของความจริงหลัก (Principle) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุกับผล ข้อความในกฎและความจริงหลักนี้มีอยู่แล้วในธรรมชาติไม่ใช่สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นมา นักวิทยาศาสตร์เป็นแต่เพียงผู้ไปเจอเท่านั้น สิ่งที่นักวิทยาศาสตร์สร้างเองก็คือทฤษฎี"

นิคม ทาแดง และสุจินต์ วิศวธีรานนท์ (2525: 33) กล่าวถึงกฎไว้ว่า

> กฎเป็นความรู้วิทยาศาสตร์ประเภทหนึ่ง มีลักษณะคล้ายกับหลักการ กฎและหลักการสามารถใช้แทนกันได้ เพราะกฎเป็นหลักการอย่างหนึ่ง แต่เป็นหลักการที่มักจะเน้นในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล ซึ่งอาจเขียนเป็นสมการแทนได้ กฎมีลักษณะทั่วไปเช่นเดียวกับหลักการ กล่าวคือ กฎเป็นความเป็นจริงในตัวเอง มีความเป็นปรนัย และสามารถทดสอบได้ผลตรงกันทุกครั้ง ถ้าหากมีผลการทดลองใดที่ขัดแย้งกับกฎแล้ว กฎนั้นจะต้องยกเลิกไป
>
> แม้ว่ากฎจะเป็นหลักการที่มีความสัมพันธ์ระหว่างเหตุกับผล เขียนเป็นสมการแทนได้ แต่กฎไม่สามารถอธิบายให้เข้าใจได้ว่า ทำไมความสัมพันธ์ระหว่างเหตุกับผลจึงเป็นเช่นนั้น สิ่งที่จะสามารถอธิบายความสัมพันธ์ภายในตัวกฎได้ก็คือ ทฤษฎี
>
> กฎ อาจเกิดมาได้ 2 ทางด้วยกัน คือ
>
> 1. จากการอุปมานข้อเท็จจริง โดยการรวบรวมข้อเท็จจริงหลาย ๆ ข้อเท็จจริงมาสรุปรวมเป็น มโนมติ หลักการ
>
> 2. จากการอนุมานทฤษฎี โดยการดึงส่วนย่อยของทฤษฎีมาเป็นกฎ เช่น กฎสัดส่วนพหุคูณ แยกย่อยมาจากทฤษฎีอะตอมของดาลตัน เป็นต้น

ทบวงมหาวิทยาลัย (2525: 10-11) ให้ตัวอย่างกฎไว้ดังนี้

ตัวอย่างกฎ เช่น

1. กฎสัดส่วนคงที่ "อัตราส่วนระหว่างมวลสารของธาตุที่รวมกันเป็นสารประกอบชนิดใดชนิดหนึ่ง

2. กฎแห่งการแยก (Law of Independent Assortment) "ในขณะการสร้างเซลสืบพันธุ์ ยีนคู่หนึ่ง ๆ จะแยกจากกันไปสู่เซลสืบพันธุ์เซลจะมียีนเดียว"

คาร์ล จี เฮมเพล (Carl G. Hampel 1966: 54) ได้อธิบายลักษณะของกฎไว้ว่า

1. กฎเป็นข้อความที่อยู่ในรูปของข้อความสเกล เช่น "เมื่อไรก็ตามที่อุณหภูมิของก๊าซเพิ่มขึ้น ขณะที่ความดันคงที่ ปริมาตรของก๊าซจะเพิ่มขึ้น
2. กฎเป็นข้อความที่เป็นจริงและไม่ใช่เป็นจริงโดยบังเอิญ เช่น "ก้อนหินทุกก้อนในกล่องนี้มีส่วนผสมของเหล็ก" เป็นข้อความที่จริงโดยบังเอิญ เทียบกับ "เทียนไขเมื่อนำมาอยู่ในหม้อต้มแล้วเทียนไขจะละลาย" ไม่เป็นข้อความที่จริงโดยบังเอิญเพราะพูดถึงเทียนไขอันใดก็ได้

นอกจากนั้น จอห์น ฮอสเปอร์ (John Hospers 1977: 229-236) ได้ให้ความหมายของกฎไว้ใกล้เคียงกันว่า "กฎในวิทยาศาสตร์ หมายถึง กฎธรรมชาติ (Law of Nature) ซึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. เป็นข้อความสากล
2. เป็นข้อความที่เป็นจริงในทุกสถานที่และเวลา
3. เป็นข้อความเงื่อนไข
4. เป็นข้อความที่มีการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
5. มีระดับของการเป็นข้อความทั่วไปสูง

จากความหมายของกฎดังกล่าวที่นำมาเสนอพอจะสรุปได้ว่า "กฎคือความจริงหลักที่มีอยู่ในธรรมชาติ ซึ่งเน้นความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล มีความเป็นปรนัย พร้อมทั้งเขียนแทนได้ด้วยสมการ"

ทฤษฎี (Theory)

สุวัฒก์ นิยมค้า (2517: 24) ให้คำอธิบายเกี่ยวกับทฤษฎีว่า

ทฤษฎีไม่ว่าจะสร้างขึ้นมาโดยวิธีการอย่างใดก็ตาม การที่เราจะยอมรับว่าทฤษฎีนั้น เป็นความจริงหรือไม่ อยู่ในเงื่อนไข 3 ประการคือ
1. ทฤษฎีนั้นจะต้องอธิบายกฎความจริงหลัก ความจริงเดี่ยว ที่อยู่ในอาณาเขตของมันได้
2. ทฤษฎีนั้นจะต้องอนุมานออกไปเป็นกฎหรือความจริงหลักบางอย่างได้
3. ทฤษฎีนั้นจะต้องทำนายปรากฏการณ์ที่อาจจะเกิดตามมาได้

นิคม ทาแดง และสุจินต์ วิศวธีรานนท์ (2525: 30) อธิบายความหมายเกี่ยวกับทฤษฎีไว้ดังนี้

ทฤษฎี เป็นความรู้วิทยาศาสตร์ประเภทหนึ่ง มีลักษณะเป็นข้อความที่ใช้ในการอธิบายหลักการและกฎต่าง ๆ หรือกล่าวได้ว่า ทฤษฎีเป็นข้อความที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ทั้งหลาย

ในการสร้างทฤษฎี หรือข้อความที่อธิบายปรากฏการณ์ทั้งหลายนั้น นักวิทยาศาสตร์อาจทำได้ 2 ทาง คือ

1. สร้างทฤษฎีโดยการศึกษาข้อมูลที่ได้จากการสังเกต หรือทดลองเสียก่อน แล้วจึงใช้วิธีอุปมานรวมกับการสร้างจินตนาการ สร้างเป็นแบบจำลองหรือข้อความที่ใช้อธิบายผลการสังเกตนั้นให้ได้

2. สร้างทฤษฎี โดยอาศัยความคิดสร้างสรรค์ แต่เพียงอย่างเดียว ไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหรือการทดลอง สร้างเป็นแบบจำลองหรือข้อความที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ในเรื่องนั้น ๆ ขึ้นมาก่อน ต่อมาภายหลัง เมื่อเกิดปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีนั้นขึ้น นักวิทยาศาสตร์ก็อาศัยทฤษฎีที่สร้างไว้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้

ทบวงมหาวิทยาลัย (2525: 12) ได้ให้ตัวอย่างของทฤษฎีไว้ดังนี้

ตัวอย่างทฤษฎี เช่น

1. ทฤษฎีมิวเตชัน "มิวเตชัน ทำให้เกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต"

2. ทฤษฎีวิภาคของคลื่น "แสงเป็นได้ทั้งคลื่นและอนุภาค โดยเดินทางเป็นคลื่น แต่แสดงสมบัติเป็นอนุภาค"

พอล บี ไวส์ (Paul B. Weisz 1963: 8) ได้อธิบายเกี่ยวกับทฤษฎีไว้ว่า

ทฤษฎีได้มาจากสมมติฐานที่ผ่านการยืนยันจากการทดลองที่น่าเชื่อถือ และเป็นข้อสรุปที่ได้จากการทดลอง ด้วยวิธีการที่แตกต่างกันหลาย ๆ ครั้ง ทฤษฎีที่ดีจะมีคุณค่าในการทำนายผลที่แน่นอน ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่มีสิ้นสุด ทฤษฎีหนึ่งอาจใช้ได้ดีเวลาหนึ่ง ถ้ามีข้อมูลใหม่ทฤษฎีอาจต้องเปลี่ยนไป แต่มิได้หมายความว่าทฤษฎีเดิมไม่ถูกต้อง แต่เป็นเพราะว่ามันพ้นยุคสมัย

โรเบิร์ต บี ซันด์ และ เลสลี ดับบลิว โธรวบริดจ์ (Robert B. Sund and Leslie W. Trowbridge 1973: 9) ให้ความหมายของทฤษฎีไว้ดังนี้ ว่า

ทฤษฎีเป็นการรวบรวมหลักการไว้ด้วยกันมากกว่าหนึ่งหลักการ และมีลักษณะดังนี้

1. ทฤษฎี เป็นคำอธิบายที่ใช้ตรวจสอบข้อเท็จจริงหรือปรากฏการณ์ธรรมชาติ และความสัมพันธ์เฉพาะตัวข้อมูลหลาย ๆ ชุด

2. ทฤษฎี ใช้อธิบาย ทำนาย และจัดระบบคุณค่า

อาร์เธอ เอ คาริน และโรเบิร์ต บี ซันด์ (Arthur A. Carin and Robert B. Sund 1980: 9) กล่าวถึงทฤษฎีไว้ว่า "ทฤษฎีคือ ความสัมพันธ์กันอย่างกว้าง ๆ ของหลักการทางวิทยาศาสตร์ ทฤษฎีใช้อธิบาย สรุป และทำนาย ปรากฏการณ์การสังเกตหรือผลการทดลองได้ง่ายและมีประสิทธิภาพที่สุด"

ความหมายของทฤษฎี จากนักการศึกษาดังกล่าว ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ทฤษฎีหมายถึง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีพื้นฐานมาจากข้อเท็จจริง ซึ่งถูกรวบรวมมาจากการสังเกตและผลการทดลอง ทฤษฎี ใช้ในการอธิบาย สรุป และทำนาย ปรากฏการณ์ธรรมชาติ ทฤษฎีเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น และอาจเปลี่ยนแปลงได้ ถ้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องเปลี่ยนแปลง หรือมีการพบหลักฐานใหม่

<u>แบบวัดความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์</u>

ปีเตอร์ เอ รับบา และฮานส์ โอ แอนเดอเสน (Peter A. Rubba and Hans O. Andersen 1978: 449-458) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาเครื่องมือที่ใช้วัดความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา (Nature of Scientific Knowledge Scale) มีชื่อย่อว่า NSKS โดยใช้ขั้นตอนการสร้างและพัฒนาเครื่องมือ 7 ขั้นตอนด้วยกัน คือ

ขั้นที่ 1 สร้างแบบจำลองลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยกำหนดว่าลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ด้าน คือ

1. ด้านการนำไปใช้อย่างมีคุณธรรม (Amoral) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทำให้มนุษย์มีความสามารถนานานับประการ แต่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก็ไม่ได้กำหนดไว้ว่ามนุษย์จะต้องนำไปใช้อย่างไร คุณธรรมของมนุษย์เท่านั้นที่จะเป็นตัวกำหนดถึงการนำไปใช้ ไม่ใช่ตัวความรู้วิทยาศาสตร์เองที่จะเป็นผู้กำหนด

2. ด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ (Creative) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นผลมาจากความฉลาดของมนุษย์ชาติ ประดิษฐ์กรรมต่าง ๆ จำเป็นต้องอาศัยจินตนาการที่สร้างสรรค์เช่นเดียวกับงานของศิลปิน ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้รวบรวมความคิดสร้างสรรค์

ที่สำคัญ ๆ ของขบวนการสืบสวนทางวิทยาศาสตร์ไว้ด้วยกัน

3. ด้านการพัฒนาการของความรู้ (Developmental) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่เคยพิสูจน์ให้เห็นว่าเป็นความจริงที่สมบูรณ์แล้ว มันสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ถูกตัดสินให้มีข้อจำกัดเพียง ความน่าจะเป็นเท่านั้น ความรู้ความเชื่อต่าง ๆ ที่ปรากฏให้เห็นและยอมรับอยู่ในช่วงเวลาหนึ่ง อาจถูกตีค่าต่างกันเมื่อพบข้อมูลใหม่

4. ด้านการใช้ข้อความกระทัดรัด (Parsimonious) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์พยายามทำให้เกิดความไม่ซับซ้อน แต่ก็ไม่ปฏิเสธความซับซ้อนนั้น เป็นการสรุปที่มุ่งไปสู่ความเฉพาะเจาะจง มีความพยายามต่อเนื่องกันมาในวิทยาศาสตร์ที่จะพัฒนาโนมติต่าง ๆ ให้เหลือจำนวนน้อยที่จะใช้อธิบายสิ่งต่าง ๆ ได้มากมาย

5. ด้านการตรวจสอบได้ (Testable) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถที่จะตรวจสอบได้อย่างเปิดเผย ความตรงของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ถูกทดสอบซ้ำแล้วซ้ำเล่าก่อนที่จะถูกยอมรับความคงที่แน่นอนของผลการทดสอบเป็นสิ่งที่จำเป็น แต่เป็นก็ไม่ได้ เป็นเงื่อนไขที่จำเป็นสำหรับความตรงของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

6. ด้านสหวิชา (Unified) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกิดขึ้นมาจากความพยายามที่จะเข้าใจความเป็นเอกภาพของธรรมชาติ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นผลของการนำความเชี่ยวชาญจากวิทยาศาสตร์สาขาต่าง ๆ มารวบรวมเป็น สหสาขาของกฎ ทฤษฎี และมโนมติ องค์กรที่เป็นระบบของวิทยาศาสตร์ ทำให้วิทยาศาสตร์มีอำนาจในการพยากรณ์และอธิบายสิ่งต่าง ๆ ได้

ขั้นที่ 2 กำหนดลักษณะของแบบวัดให้เป็นแบบของลิเคิร์ท (Likert Type Scale) ชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับ คือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง แล้วนำแต่ละองค์ประกอบของลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาเขียนแบบทดสอบเป็นข้อความเชิงนิมานและข้อความเชิงนิเสธ จำนวน 12 ถึง 14 ข้อ รวมได้ข้อความทั้งสิ้น 124 ข้อ

ขั้นที่ 3 ตรวจสอบข้อความของแบบวัดทุกข้อที่สร้างขึ้นโดยให้นักเรียนเกรด 6 ที่ผ่านการคัดเลือกจำนวน 9 คน อ่านข้อความของแบบวัดทั้ง 124 ข้อ

ขั้นที่ 4 นำข้อความทุกข้อให้นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ 10 คน ตรวจสอบความคลุมเครือของคำหรือภาษาที่ใช้ตลอดจนพิจารณาถึงเนื้อหาของวิทยาศาสตร์ด้วย

ขั้นที่ 5 นำแบบทดสอบซึ่งมีข้อความเหลืออยู่ 114 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา จำนวน 31 คน

ขั้นที่ 6 นำแบบทดสอบ 114 ข้อ ให้ผู้เชี่ยวชาญ 9 คนตรวจความตรงตามเนื้อหา ผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย นักปรัชญาวิทยาศาสตร์ นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ และครูที่มีประสบการณ์ทางการสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา อย่างละ 2 คน และนักจิตวิทยาการวัดผลอีก 1 คน

ขั้นที่ 7 นำแบบทดสอบ 72 ข้อ ซึ่งผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญไปทดลองใช้กับนักเรียน จำนวน 674 คน เพื่อหาค่าสถิติต่าง ๆ ของแบบทดสอบ แล้วคัดเลือกไว้เพียง 48 ข้อ เป็นแบบวัดความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยข้อความเชิงนิมาน 24 ข้อ ข้อความเชิงนิเสธ 24 ข้อ โดยแต่ละองค์ประกอบจะวัดด้วยข้อความเชิงนิมาน 4 ข้อ และข้อความเชิงนิเสธ 4 ข้อ

ความเที่ยงของแบบทดสอบนี้หาโดยวิธีสอบซ้ำกับนักเรียน 2 กลุ่ม คือ นักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์ทั่ว ๆ ไป และนักเรียนกลุ่มที่เรียนเคมีชั้นสูง ได้ค่าความเที่ยง 0.59 และ 0.87 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</u>

1. งานวิจัยเกี่ยวข้องภายในประเทศ

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากต่างประเทศ

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและพัฒนาแบบวัดความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้แบบวัดความเข้าใจ ลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. งานวิจัยเกี่ยวข้องภายในประเทศ

งานวิจัยภายในประเทศเกี่ยวกับการวัดความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เท่าที่ผ่านมามีเพียงชิ้นเดียว คือ

กนกศักดิ์ ทองตั้ง (2529: 32-33) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตัวอย่างประชากรที่ใช้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 1,699 คน ผลการวิจัยพบว่า โดยเฉลี่ยแล้วนักเรียนได้คะแนนความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 180.628 จากคะแนนเต็ม 240 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 75.262 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนมีค่าเท่ากับ 0.5765 โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากต่างประเทศ

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและพัฒนาแบบวัดความเข้าใจลักษณะความรู้ทางวิทยาศาสตร์

วิคเตอร์ วาย บิลเลห์ และ มูฮัมหมัด เอ็ม มาลิค (Victor V. Billeh and Muhammad M. Malik 1977: 549-571) ได้วิจัยเรื่อง การพัฒนาแบบทดสอบความเข้าใจลักษณะของวิทยาศาสตร์และนำแบบทดสอบไปใช้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องมือวัดความเข้าใจลักษณะของวิทยาศาสตร์ และเพื่อศึกษาความเข้าใจลักษณะของวิทยาศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์ในประเทศปากีสถาน ที่จบปริญญาตรีทางการศึกษาวิทยาศาสตร์ ปริญญาโททางการศึกษาวิทยาศาสตร์ และระดับปริญญาโททางศิลปศาสตร์ ตัวอย่างประชากร คือ นักศึกษาครูของมหาวิทยาลัยปัญจาบ จำนวน 191 คน ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. แบบทดสอบที่ได้พัฒนาขึ้น ได้นำไปทดลองใช้กับตัวอย่างประชากร 3 กลุ่ม ได้ค่าความเที่ยง 0.96 0.89 และ 0.91

2. ผู้ที่จะเป็นครูสอนวิทยาศาสตร์ มีความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่เพียงพอ อาจเนื่องมาจากเนื้อหาวิชาที่ให้เรียนมีส่วนที่เกี่ยวกับลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์น้อยเกินไป หรือการจัดกิจกรรมที่จะส่งเสริมความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ยังไม่เพียงพอ

3. นักศึกษาระดับปริญญาโททั้ง 2 สาขา มีความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน และยังพบว่านักศึกษาระดับปริญญาโทมีความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ดีกว่านักศึกษาระดับปริญญาตรี

4. หลักสูตรการศึกษาระดับปริญญาโทช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

5. ประสบการณ์การสอนไม่มีส่วนช่วยให้เกิดความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

บารี เจ ฟราเซอร์ (Barry J. Fraser 1978: 79-84) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาแบบวัดความเข้าใจวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบวัดความเข้าใจวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งระดับประถมและมัธยมศึกษาในประเทศออสเตรเลีย ตัวอย่างประชากร คือ นักเรียนระดับ 7 จำนวน 176 คน สุ่มมาจากโรงเรียนในกรุงเมลเบิร์น ผลการวิจัยทำให้ได้แบบวัดที่ประกอบด้วยเนื้อหา 3 ส่วน ดังนี้

1. เกี่ยวกับปรัชญาของวิทยาศาสตร์ ได้ค่าความเที่ยง 0.55
2. วิทยาศาสตร์ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับสังคม ได้ค่าความเที่ยง 0.61
3. ลักษณะโดยทั่วไปของนักวิทยาศาสตร์ ได้ค่าความเมี่ยง 0.60

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้แบบวัดความเข้าใจลักษณะของความรู้วิทยาศาสตร์

รัสเซล แอล คาเรย์ และ นีลส์ จี สเตาส์ (Russell L. Carey and Nyles G. Stauss 1968: 358-363) ได้วิจัยเรื่อง "การวิเคราะห์ความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาที่เป็นครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา" วัตถุประสงค์เพื่อต้องการศึกษามโนมติเกี่ยวกับลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของผู้ที่จะเป็น

ครูสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา และเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับตัวแปรต่าง ๆ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้คือ แบบวัดกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของวิสคอนซิน (Wisconsin Inventory of Science Process) ตัวอย่างประชากรที่ใช้คือ นักศึกษามหาวิทยาลัยจอร์เจีย จำนวน 17 คน ที่เรียนวิชาวิธีสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาจำนวน 12 คน มีมโนทัศน์เกี่ยวกับลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ว่าวิทยาศาสตร์ คือ ความพยายามของมนุษย์และมีนักศึกษาจำนวน 10 คน มีความเห็นว่าวิทยาศาสตร์คือ วิธีเสาะแสวงหาความรู้ และพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ระหว่างความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับระดับคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาสาขาชีววิทยา และวิทยาศาสตร์กายภาพมีค่าเท่ากับ 0.427 และ 0.251 ตามลำดับ

เคนเนธ เอฟ เจอร์กินส์ (Kenneth F. Jerkins 1969: 399-401) ได้ทำการวิจัยเรื่อง การวัดความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อรวบรวมผลจากการใช้แบบทดสอบความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ที่มีชื่อย่อว่า TOUS (Test on Understanding Science, Form JY) ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับ 7 8 9 จำนวน 1,220 คน เครื่องมือที่ใช้คือแบบทดสอบความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ชื่อย่อ TOUS ผลการวิจัยพบว่าโดยเฉลี่ยแล้ว นักเรียนระดับ 7 8 9 ได้คะแนนความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ตามลำดับต่อไปนี้ คือ 18.5 20 22 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 4.9 - 2.9 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดนี้คือ 0.78

โรเจอร์ จี โอล์สตัค (Roger G. Olstad 1969: 9-11) ได้วิจัยเรื่องผลของวิธีสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความเข้าใจวิทยาศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการศึกษาความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาชั้นปีที่ 3 และ 4 ของมหาวิทยาลัยวอชิงตัน ที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนประถมศึกษา และต้องการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์กับความเข้าใจลักษณะของวิทยาศาสตร์ของนักศึกษากลุ่มนี้ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แบบทดสอบวิทยาศาสตร์ทั่วไปชั้นสูง (Advanced General Science Test) ซึ่งใช้วัดความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

(Test on Understanding Science) ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษามีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ค่อนข้างสูงมาก และคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจลักษณะของวิทยาศาสตร์ซึ่งทดสอบก่อนและหลังการเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยหลังการเรียนมีค่าเฉลี่ยของคะแนนสูงกว่าก่อนเรียน และพบว่าคะแนนความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์กับคะแนนความเข้าใจลักษณะของวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนประถมศึกษาและหลังจากเรียนวิชานี้ มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.59 และ 0.65 ตามลำดับ

ยอร์ช ฟิลลิป เดอร์กี (George Phillip Durkee 1975: 2121-A) ได้วิจัยเรื่อง การศึกษาแนวคิดของนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ในวิทยาลัยและมหาวิทยาลัยเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ สำรวจแนวคิด ความเชื่อเกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์ ศึกษาทัศนะที่แตกต่างกันระหว่างนักวิทยาศาสตร์และนักปรัชญาวิทยาศาสตร์และสำรวจความสัมพันธ์ระหว่างทัศนะของนักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์กับตัวแปรต่าง ๆ โดยมีอาชีพ วุฒิทางการศึกษาสูงสุด ฯลฯ เป็นตัวแปรอิสระ และคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบ ทัศนะที่เกี่ยวกับลักษณะของวิทยาศาสตร์ (Inventory of Views on the Nature of Science) เป็นตัวแปรตาม ตัวอย่างประชากร คือนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์จากวิทยาลัยและมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ในสหรัฐอเมริกา จำนวน 318 คน และนักปรัชญาวิทยาศาสตร์จำนวน 23 คน ผลการวิจัยพบว่า

1. นักศึกษาส่วนใหญ่เชื่อว่าวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่เกิดจากการปะทะสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับโลก

2. นักศึกษาส่วนใหญ่ยอมรับว่าวิทยาศาสตร์เกิดจากการปะทะสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างทางความคิดของมนุษย์กับการเปลี่ยนแปลงทางสังคม ซึ่งส่งผลให้เกิดทฤษฎีที่ยอมรับ

3. นักศึกษาส่วนใหญ่ยอมรับว่าจุดมุ่งหมายของวิทยาศาสตร์คือ การค้นหารูปแบบความจริง กฎ ทฤษฎี

4. นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่ากฎเกณฑ์ต่าง ๆ ใช้ได้อย่างกว้างขวางและการนำกฎไปใช้นี้เป็นการยืนยันทฤษฎี

วิคเตอร์ วาย บิลเลห์ และ โอมาร์ อี ฮาสัน (Victor Y. Billeh and Omar E. Hasan 1975: 209-219) ได้วิจัยเรื่อง องค์ประกอบที่มีผลทำให้ครูมีความเข้าใจลักษณะของวิทยาศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการศึกษาผลที่เกิดขึ้นภายหลังจากครูได้รับการฝึกอบรม เกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์และตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับความเข้าใจลักษณะของวิทยาศาสตร์โดยมีสมมติฐานในการวิจัยว่า

1. เมื่อครูได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์แล้ว ครูจะมีความเข้าใจลักษณะของวิทยาศาสตร์มากขึ้น

2. ความเข้าใจลักษณะของวิทยาศาสตร์จะไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรต่าง ๆ คือ จำนวนปีที่ศึกษาในระดับวิทยาลัย วิชาวิทยาศาสตร์ที่สอน และประสบการณ์การสอน

ตัวอย่างประชากร ได้แก่ ครูวิทยาศาสตร์ของประเทศจอร์แดน จำนวน 186 คน ซึ่งจะแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองซึ่งประกอบด้วยครูสอนวิชาเคมี วิทยาศาสตร์กายภาพ และวิชาฟิสิกส์ ส่วนกลุ่มควบคุม คือ กลุ่มครูสอนวิชาชีววิทยา เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบทดสอบลักษณะของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science Test) เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบจำนวน 60 ข้อ ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับสิ่งที่ยอมรับว่าเป็นจริงทางวิทยาศาสตร์ ผลผลิตของวิทยาศาสตร์ กระบวนการวิทยาศาสตร์ และจริยธรรมของวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า

1. หลังจากที่ครูได้รับการอบรม ครูจะมีความเข้าใจลักษณะของวิทยาศาสตร์มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 และยังพบว่าครูสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพและวิชาเคมีมีความเข้าใจลักษณะของวิทยาศาสตร์มากขึ้นกว่าครูที่สอนวิชาฟิสิกส์ และวิชาชีววิทยา

2. ความเข้าใจลักษณะของวิทยาศาสตร์ไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรเหล่านี้ คือจำนวนปีที่ศึกษาวิทยาศาสตร์ วิชาวิทยาศาสตร์ที่สอน และประสบการณ์การสอนวิทยาศาสตร์

เจนิช โอลริช เดวิส (Janice Oelrich Davis 1979: 211-A) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ผลของวิธีสอน 3 วิธี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับ 5

และ 6 วัตถุประสงค์ของการวิจัย เพื่อศึกษาผลของการใช้วิธีสอน 3 วิธี คือ การบรรยาย การทดลองตรวจสอบ และการทดลองแบบนิรนัย ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจลักษณะของวิทยาศาสตร์ และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างประชากร คือ นักเรียนระดับ 5 และระดับ 6 โดยแบ่งเป็นระดับละ 3 กลุ่ม โดยใช้วิธีสอนกลุ่มละวิธี เครื่องมือที่ใช้ คือ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเรื่องที่เกี่ยวกับ อวกาศ เวลา พลังงาน และสสาร แบบวัดเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กของ ชริกลีย์ แฮนสัน (Schrigley-Hanson Science Attitude Scale for Children) และแบบวัดความเข้าใจวิทยาศาสตร์ ฟอร์ม อีวี (Test on Understanding Science, Form EV) ผลการวิจัย วิธีการสอน 3 วิธีไม่ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ผลของการสอนด้วยการทดลองแบบนิรนัยมีต่อเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจวิทยาศาสตร์ ของแต่ละกลุ่มนักเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

เอ็ม บี โอกันนิยิ (M. B. Ogunniyi 1982: 25-32) ได้วิจัยเรื่อง การวิเคราะห์ความเข้าใจลักษณะของวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาที่จะเป็นครูวิทยาศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาว่ามโนมติเกี่ยวกับภาษาของวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาที่จะเป็นครูวิทยาศาสตร์ตรงกับนักปรัชญาวิทยาศาสตร์ 7 คน หรือไม่ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ มีชื่อว่า แอล โอ เอส (LOS) ประกอบด้วยข้อความ 64 ข้อ เป็นแบบเลือกตอบ เห็นด้วย และ ไม่เห็นด้วย ตัวอย่างประชากรคือ นักศึกษาที่จะเป็นครูวิทยาศาสตร์ของมหาวิทยาลัย อิบาดาน 53 คน ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาที่จะเป็นครูวิทยาศาสตร์มีทัศนะเกี่ยวกับภาษาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ไม่ตรงกับนักปรัชญา ทั้ง 7 ส่วนใหญ่เห็นด้วยกับ แฮมเพล (Hampel) รองลงมา คือ แนส (Nash) เคเมนี (Kemeny) นาเกล (Nagel) แฟรงค์ (Frank) คาร์แนฟ (Carnap) และสุดท้ายคือ ปอปเปอร์ (Poper)

มาร์กาเร็ต เอ วอเตอร์แมน (Margaret A. Waterman 1983: 2303-A) ได้ทำการวิจัยเรื่อง ความเชื่อของนักศึกษาสาขาชีววิทยาในระดับอุดมศึกษา เกี่ยวกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างประชากรคือนักศึกษาจากมหาวิทยาลัยคอร์เนล จำนวน 691 คน ซึ่งจะตอบแบบสอบถามคนละ 2 ชุด แต่ละชุดจะแสดงให้เห็นความเชื่อทางทฤษฎีการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ 2 ทฤษฎี คือ การค้นพบความรู้ใหม่โดยวิธีอนุมาน และการเปลี่ยนมโนทัศน์ นำแบบสอบถามที่ได้รับคืน 364 ชุด มาวิเคราะห์พบว่า

1. นักศึกษาได้เสนอข้อคิดเห็นเกี่ยวกับลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และการขยายความรู้เป็น 3 แบบ คือ

แบบที่ 1 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสังเกต ซึ่งจะเพิ่มมากขึ้นตามเวลา

แบบที่ 2 ความรู้ตามแบบที่ 1 เปลี่ยนแปลงได้ตามข้อมูลใหม่

แบบที่ 3 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้จากทฤษฎี จะเปลี่ยนแปลงได้โดยเปลี่ยนทฤษฎี

2. นักศึกษาส่วนใหญ่เชื่อว่าการสังเกตและการทดลองในเรื่องใดก็ตามสามารถกระทำได้โดยไม่จำเป็นต้องมีความรู้ในเรื่องนั้นอยู่ก่อน แต่บางส่วนกลับเชื่อว่าการมีความรู้ในเรื่องนั้นอยู่ก่อนเป็นสิ่งจำเป็นในการสังเกตการทดลอง

3. เมื่อนักศึกษาตอบแบบสอบซ้ำอีก 1 ครั้ง ความคิดเห็นของนักศึกษาจะเปลี่ยนแปลงจากเดิมโดยใช้การทดสอบค่าทีเป็นคู่ ๆ (Paired t-test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

4. มีค่าสหสัมพันธ์ทางบวกระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับความคิดเห็นเกี่ยวกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการเปลี่ยนมโนทัศน์

จากงานวิจัยดังกล่าวสรุปได้ว่า

1. วิทยาศาสตร์ คือ ความพยายามของมนุษย์เพื่อเสาะแสวงหาความรู้

2. ความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน นักศึกษา มีความสัมพันธ์กับความเข้าใจลักษณะของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

3. ส่วนที่เกี่ยวกับครูสอนวิทยาศาสตร์ จะเห็นได้ว่าเมื่อครูได้รับการอบรมเกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์ จะทำให้ครูมีความเข้าใจลักษณะของวิทยาศาสตร์มากขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย