บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประเด็นสำคัญของการวิจัย ดังลำดับหัวข้อ ต่อไปนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
   1.1 หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน
   1.2 ความสาคัญของวิทยาศาสตร์
   1.3 ธรรมชาติและลักษณะเฉพาะของวิทยาศาสตร์
   1.4 เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
   1.5 วิสัยทัศน์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   1.6 การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   1.7 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   1.8 คุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบช่วงชั้นที่ 4 (ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6)
   1.9 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์
   1.10 คุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
2. สมรรถนะทางการเรียน
   2.1 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับสมรรถนะ
   2.2 ลักษณะของสมรรถนะ
   2.3 สมรรถนะทางสมองกับการเรียน
3. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์
4. แนวคิดและทฤษฎีที่เป็นแนวในการสร้างแบบทดสอบวัดความรู้
   4.1 การวัดความรู้
   4.2 แบบทดสอบวัดความรู้
   4.3 การสร้างแบบทดสอบวัดความรู้
   4.4 หลักในการเขียนข้อสอบแบบเลือกตอบ
   4.5 คุณลักษณะของแบบทดสอบวัดความรู้ทางการเรียนที่ดี
5. เจตคติทางวิทยาศาสตร์
   5.1 ความหมายของเจตคติ
   5.2 ลักษณะของเจตคติ

5.3 องค์ประกอบของเจตคติ

5.4 การเกิดเจตคติ

5.5 การสร้างและการเปลี่ยนแปลงเจตคติ

5.6. หลักการวัดเจตคติ

5.7 ความหมายของเจคติต่อวิทยาศาสตร์

5.8 ลักษณะของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

5.9 เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ กับจุดมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์

5.9.1 ด้านความรู้ความคิด หรือพุทธิพิสัย (C)

5.9.2 ด้านความรู้สึก หรือจิตพิสัย (A)

5.9.3 ด้านทักษะปฏิบัติ หรือปฏิบัติพิสัย (P)

5.10 หลักการสร้างเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

6. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

6.1 ความหมายทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

6.2 ประเภทของทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์

6.3 การสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์

7. พื้นฐานคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์

7.1 เวกเตอร์

7.1.1 ปริมาณเวกเตอร์ที่จำเป็น

7.1.2 การดำเนินการ (Operations) ที่เกี่ยวข้องกับเวกเตอร์

7.2 ฟังก์ชัน

7.3 ลิมิตของฟังก์ชัน

7.3.1 ทฤษฎีบทเกี่ยวกับลิมิต

7.3.2 ฟังก์ชันต่อเนื่อง

7.4 แคลคูลัสของตัวแปรอิสระตัวเดียว (Calculus of a single variable)

7.4.1 อนุพันธ์ (Derivative)

7.4.2 อินทิกรัล (Integral)

7.5 พื้นที่ใต้กราฟและการอินทิกรัลแบบมีลิมิต (Definite Integral)

7.5.1 เส้นตรงและเส้นโค้งบนระนาบ

7.6 อนุกรมเทย์เลอร์ (Taylor's Series)

8. การออกแบบการจัดการเรียนรู้อิงมาตรฐาน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

8.1 การจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างเข้าใจ

8.2 การออกแบบการจัดการเรียนรู้อิงมาตรฐาน

8.3 การจัดทำโครงสร้างรายวิชา

8.4 การจัดทำหน่วยการเรียนรู้

9. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E

9.1 ทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้

9.1.1 ความหมายของทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้

9.1.2 หลักการของทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้

9.1.3 คุณลักษณะของทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้

9.1.4 การเรียนรู้ตามทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้

9.1.5 รูปแบบการสอนตามทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้

9.2 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E

10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

10.1 งานวิจัยในประเทศ

10.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. เอกสารที่เกี่ยวกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.1 หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กระทรวงศึกษาธิการได้ประกาศใช้หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ให้เป็นหลักสูตรแกนกลางของประเทศ โดยกำหนดจุดหมาย และมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายและกรอบทิศทางในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีคุณภาพชีวิตที่ดีและมีขีดความสามารถในการแข่งขันในเวทีระดับโลก (กระทรวงศึกษาธิการ, 2544) พร้อมกันนี้ได้ปรับกระบวนการพัฒนาหลักสูตรให้มีความสอดคล้องกับเจตนารมณ์แห่งพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 ที่มุ่งเน้นการกระจายอำนาจทางการศึกษาให้ท้องถิ่นและสถานศึกษาได้มีบทบาทและมีส่วนร่วมในการพัฒนาหลักสูตร เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพ และความต้องการของท้องถิ่น (สำนักนายกรัฐมนตรี, 2542)

แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550 – 2554) ชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการปรับเปลี่ยนจุดเน้นในการพัฒนาคุณภาพคนในสังคมไทยให้ มีคุณธรรม และมีความรอบรู้อย่างเท่าทัน ให้มีความพร้อมทั้งด้านร่างกาย สติปัญญา อารมณ์ และศีลธรรม สามารถก้าวทันการ

เปลี่ยนแปลงเพื่อนำไปสู่สังคมฐานความรู้ได้อย่างมั่นคง แนวการพัฒนาคนดังกล่าวมุ่งเตรียมเด็กและเยาวชนให้มีพื้นฐานจิตใจที่ดีงาม มีจิตสาธารณะ พร้อมทั้งมีสมรรถนะ ทักษะและความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการดำรงชีวิต อันจะส่งผลต่อการพัฒนาประเทศแบบยั่งยืน (สภาพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2549) ซึ่งแนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับนโยบายของกระทรวงศึกษาธิการในการพัฒนาเยาวชนของชาติเข้าสู่โลกยุคศตวรรษที่ 21 โดยมุ่งส่งเสริมผู้เรียนมีคุณธรรม รักความเป็นไทย ให้มีทักษะการคิดวิเคราะห์ สร้างสรรค์ มีทักษะด้านเทคโนโลยี สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น และสามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมโลกได้อย่างสันติ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

จากข้อค้นพบในการติดตามผลการใช้หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ที่ผ่านมา ประกอบกับข้อมูลจากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 เกี่ยวกับแนวทางการพัฒนาคนในสังคมไทย และจุดเน้นของกระทรวงศึกษาธิการในการพัฒนาเยาวชนสู่ศตวรรษที่ 21 จึงเกิดการทบทวนหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 เพื่อนำไปสู่การพัฒนาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่มีความเหมาะสม ชัดเจน ทั้งเป้าหมายของหลักสูตรในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียน และกระบวนการนำหลักสูตรไปสู่การปฏิบัติในระดับเขตพื้นที่การศึกษาและสถานศึกษา โดยได้มีการกำหนดวิสัยทัศน์ จุดหมาย สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน คุณลักษณะอันพึงประสงค์ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดที่ชัดเจน เพื่อใช้เป็นทิศทางในการจัดทำหลักสูตร การเรียนการสอนในแต่ละระดับ นอกจากนั้นได้กำหนดโครงสร้างเวลาเรียนขั้นต่ำของแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้ในแต่ละชั้นปีไว้ในหลักสูตรแกนกลาง และเปิดโอกาสให้สถานศึกษาเพิ่มเติมเวลาเรียนได้ตามความพร้อมและจุดเน้น อีกทั้งได้ปรับกระบวนการวัดและประเมินผลผู้เรียน เกณฑ์การจบการศึกษาแต่ละระดับ และเอกสารแสดงหลักฐานทางการศึกษาให้มีความสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ และมีความชัดเจนต่อการนำไปปฏิบัติ

เพื่อให้การจัดการศึกษาเป็นไปอย่างมีคุณภาพ จึงได้กำหนดโครงสร้างของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานได้ ดังนี้

1.1 ระดับช่วงชั้น กำหนดหลักสูตร 4 ช่วงชั้น ตามระดับพัฒนาการของผู้เรียน ดังนี้

- ช่วงชั้นที่ 1 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 – 3
- ช่วงชั้นที่ 2 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 – 6
- ช่วงชั้นที่ 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 3
- ช่วงชั้นที่ 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6

1.2 สาระการเรียนรู้ กำหนดสาระการเรียนรู้ตามหลักสูตรซึ่งประกอบด้วย องค์ความรู้ ทักษะ หรือกระบวนการเรียนรู้และคุณลักษณะ หรือค่านิยม คุณธรรมจริยธรรมของผู้เรียน 8 กลุ่มสาระ คือ ภาษาไทย คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ สังคมศึกษาศาสนาและวัฒนธรรม สุขศึกษาและพลศึกษา

ศิลปะ การงานอาชีพและเทคโนโลยี ภาษาต่างประเทศ สาระการเรียนรู้ทั้ง 8 กลุ่มนี้ เป็นพื้นฐานสำคัญที่ผู้เรียนต้องได้เรียนรู้ โดยจัดเป็น 3 กลุ่ม คือ

- กลุ่มที่ 1 กลุ่มสาระที่จำเป็นสำหรับเป็นพื้นฐานทางวิชาการและการเรียนรู้ ได้แก่ ภาษาไทย ภาษาอังกฤษ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และคอมพิวเตอร์

- กลุ่มที่ 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้พื้นฐานการอยู่ร่วมกันในสังคม ได้แก่ ประวัติศาสตร์ ภูมิศาสตร์ ศีลธรรม จริยธรรมหน้าที่พลเมือง เศรษฐศาสตร์และสุขศึกษา ควรใช้เวลาเรียนในห้องเรียนในสัดส่วนเท่าๆ กัน

- กลุ่มที่ 3 กลุ่มสาระวิชาพื้นฐานเพื่อการพัฒนาสุขภาพ สุนทรียภาพ บุคลิกภาพ การแสดงออกและทักษะการจัดการได้แก่ ดนตรี กีฬา ศิลปะ การงานอาชีพและกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนสามารถจัดการเรียนการสอนนอกห้องเรียน

1.2 ความสาคัญของวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับชีวิตของทุกคน ทั้งในการดำรงชีวิตประจำวันและในงานอาชีพต่างๆ เครื่องมือเครื่องใช้ตลอดจนผลผลิตต่างๆ ที่คนได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและในการทำงาน ล้วนเป็นผลของความความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่นๆ ความรู้วิทยาสาสตร์ช่วยให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีอย่างมาก ในทางกลับกันเทคโนโลยีก็มีส่วนสำคัญมากที่จะให้มีการศึกษาค้นคว้าความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างไม่หยุดยั้ง

วิทยาศาสตร์ทำให้คนได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge based society) ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy for all) เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจโลกธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้นและนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ มีคุณธรรม ความรู้วิทยาศาสตร์ไม่เพียงแต่นำมาใช้ในการพัฒนาคุณภาพชีวิตที่ดีแต่ยังช่วยให้สังคมมีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ การดูแลรักษา ตลอดจนการพัฒนาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติอย่างสมดุลและยั่งยืน และที่สำคัญอย่างยิ่งคือ ความรู้วิทยาศาสตร์ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาเศรษฐกิจ สามารถแข่งขันกับนานาประเทศและดำเนินชีวิตอยู่ร่วมกันในสังคมโลกได้อย่างมีความสุข

1.3 ธรรมชาติและลักษณะเฉพาะของวิทยาศาสตร์

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้มาด้วยความพยายามของมนุษย์ ที่ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Scientific Inquiry) การสังเกต สำรวจตรวจสอบ ศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบและการสืบค้นข้อมูล ทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่เพิ่มพูนตลอดเวลา ความรู้และกระบวนการดังกล่าวมีการถ่ายทอดต่อเนื่องกันเป็นเวลายาวนาน ความรู้วิทยาศาสตร์ต้องสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ เพื่อนำมาใช้อ้างอิงทั้งในการสนับสนุน หรือโต้แย้งเมื่อมีการค้นพบข้อมูล หรือหลักฐานใหม่ หรือแม้แต่ข้อมูลเดิมเดียวกัน ก็อาจเกิดความขัดแย้งขึ้นได้ ถ้านักวิทยาศาสตร์แปลความหมายด้วยวิธีการหรือแนวคิดที่แตกต่างกัน ความรู้วิทยาศาสตร์จึงอาจเปลี่ยนแปลงได้

วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องที่ทุกคนสามารถมีส่วนร่วมได้ไม่ว่าจะอยู่ในส่วนใดของโลก วิทยาศาสตร์จึงเป็นผลจากการสร้างเสริมความรู้ของบุคคล การสื่อสารและการเผยแพร่ข้อมูลเพื่อให้เกิดความคิดในเชิงวิเคราะห์วิจารณ์ มีผลให้ความรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นอย่างไม่หยุดยั้งและส่งผลต่อคนในสังคม การศึกษาค้นคว้าและการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงต้องอยู่ภายในขอบเขต คุณธรรมจริยธรรมเป็นที่ยอมรับของสังคมความรู้วิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยี เทคโนโลยีเป็นกระบวนการในงานต่างๆ ทักษะ ประสบการณ์ จินตนาการและความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ของมนุษย์ โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ตอบสนองความต้องการและแก้ปัญหาของมวลมนุษย์ เทคโนโลยีเกี่ยวข้องกับทรัพยากร กระบวนการและระบบการจัดการ จึงต้องใช้เทคโนโลยีในทางสร้างสรรค์ต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม

1.4 เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของการเรียนรู้เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติและนำผลมาจัดระบบ หลักการ แนวคิดและทฤษฎี ดังนั้นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และค้นพบด้วยตนเองมากที่สุด นั่นคือให้ได้ทั้งกระบวนการและองค์ความรู้ ตั้งแต่วัยเริ่มแรกก่อนเข้าเรียน เมื่ออยู่ในสถานศึกษาและเมื่อออกจากสถานศึกษาไปประกอบอาชีพแล้ว การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในสถานศึกษามีเป้าหมายสำคัญ ดังนี้

1.4.1 เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี ที่เป็นพื้นฐานในวิทยาศาสตร์

1.4.2 เพื่อให้เข้าใจขอบเขต ธรรมชาติและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์

1.4.3 เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1.4.4 เพื่อพัฒนาการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการทักษะในการสื่อสารและความสามารถในการตัดสินใจ

1.4.5 เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสิ่งแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน

1.4.6 เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต

1.4.7 เพื่อให้เป็นคนจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

1.5 วิสัยทัศน์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วิสัยทัศน์ว่าเป็นมุมมองภาพในอนาคตที่มุ่งหวังว่าจะให้มีการพัฒนาอะไร อย่างไร ซึ่งจะสอดคล้องกับการปรับเปลี่ยนของสังคม วิสัยทัศน์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์กำหนดไว้เพื่อเป็นแนวทางให้กับผู้บริหารสถานศึกษา ผู้สอน บุคลากรทางการศึกษา ผู้เรียน และชุมชนร่วมกันพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์ และปฏิบัติร่วมกันสู่ความสำเร็จ ในการกำหนดวิสัยทัศน์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ใช้กรอบความคิดในเรื่องของการพัฒนาการศึกษาเพื่อเตรียมคนในสังคมแห่งการเรียนรู้และสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2551 ดังนี้

1.5.1 หลักสูตรและการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จะเชื่อมโยงเนื้อหา แนวคิดหลัก และกระบวนการที่เป็นสากล แต่มีความสอดคล้องกับชีวิตจริงทั้งระดับท้องถิ่นและระดับประเทศและมีความยืดหยุ่น หลากหลาย

1.5.2 หลักสูตรและการเรียนการสอนต้องตอบสนองผู้เรียนที่มีความถนัดและความสนใจแตกต่างกันในการใช้วิทยาศาสตร์ สำหรับการศึกษาต่อและการประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

1.5.3 ผู้เรียนทุกคนจะได้รับการส่งเสริมให้พัฒนากระบวนการคิด ความสามารถในการเรียนรู้ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ กระบวนการแก้ปัญหา และการคิดค้นสร้างสรรค์องค์ความรู้

1.5.4 ใช้แหล่งเรียนรู้ในท้องถิ่น โดยถือว่ามีความสำคัญควบคู่กับการเรียนในสถานศึกษา

1.5.5 ใช้ยุทธศาสตร์การเรียนการสอนหลากหลายเพื่อตอบสนองความต้องการ ความสนใจและวิธีการเรียนที่แตกต่างกันของผู้เรียน

1.5.6 การเรียนรู้เป็นกระบวนการสำคัญที่ทุกคนต้องได้รับการพัฒนาเพื่อให้สามารถเรียนรู้ตลอดชีวิตจึงจะประสบความสำเร็จในการดำเนินชีวิต

1.5.7 การเรียนการสอนต้องส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียนให้มีเจตคติ คุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมที่เหมาะสมต่อวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อม

วิสัยทัศน์การเรียนวิทยาศาสตร์ ตามมาตรฐานหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานกำหนดได้ ดังนี้

- การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นการพัฒนาผู้เรียนให้ได้รับทั้งความรู้ กระบวนการและเจตคติ ผู้เรียนทุกคนควรได้รับการกระตุ้นส่งเสริมให้สนใจและกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีความสงสัย เกิดคำถามในสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับโลกธรรมชาติรอบตัว มีความมุ่งมั่นและมีความสุขที่จะศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้เพื่อรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผล นำไปสู่คำตอบของคำถาม สามารถตัดสินใจด้วยการใช้ข้อมูลอย่างมีเหตุผล สามารถสื่อสารคำถาม คำตอบ ข้อมูลและสิ่งที่ค้นพบจากการเรียนรู้ให้ผู้อื่นเข้าใจได้

- การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิต เนื่องจากความรู้วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องราวเกี่ยวกับโลกธรรมชาติ (Natural World) ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทุกคนจึงต้องเรียนรู้เพื่อนำผลการเรียนรู้ไปใช้ในชีวิตและการประกอบอาชีพ เมื่อผู้เรียนได้เรียนวิทยาศาสตร์โดยได้รับการกระตุ้นให้เกิดความตื่นเต้นท้าทายกับการเผชิญสถานการณ์หรือปัญหา มีการร่วมกันคิด ลงมือปฏิบัติจริง ก็จะเข้าใจและเห็นความเชื่อมโยงของวิทยาศาสตร์กับวิชาอื่นและชีวิต ทำให้สามารถอธิบาย ทำนาย คาดการณ์สิ่งต่างๆ ได้อย่างมีเหตุผล การประสบความสำเร็จในการเรียนวิทยาศาสตร์ จะเป็นแรงกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจ มุ่งมั่นที่จะสังเกต สำรวจตรวจสอบ สืบค้นความรู้ที่มีคุณค่า เพิ่มขึ้นอย่างไม่หยุดยั้ง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจึงต้องสอดคล้องกับสภาพจริงในชีวิต โดยใช้แหล่งเรียนรู้หลากหลายในท้องถิ่น และคำนึงถึงผู้เรียนที่มีวิธีการเรียนรู้ความสนใจและความถนัดแตกต่างกัน

- การเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐาน เป็นการเรียนรู้เพื่อความเข้าใจ ซาบซึ้งและเห็นความสำคัญของธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ หลาย ๆ ด้าน เป็นความรู้แบบองค์รวม อันจะนำไปสู่การสร้างสรรค์สิ่งต่างๆ และพัฒนาคุณภาพชีวิต มีความสามารถในการจัดการ และร่วมกันดูแลรักษาโลกธรรมชาติอย่างยั่งยืน

1.6 การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์ว่าเป็นกลุ่มสาระการเรียนรู้หลักในโครงสร้างหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 หลักสูตรและการจัดการเรียนการสอน ตลอดจนการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้ มีความสำคัญอย่างยิ่งในการวางรากฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนแต่ละระดับชั้นให้ต่อเนื่องเชื่อมโยงตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 6 ดังนั้น จึงจำเป็นที่จะต้องจัดหลักสูตรแกนกลางที่มีการเรียงลำดับความยากง่ายของเนื้อหาสาระในแต่ละระดับชั้น การเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่จะให้ผู้เรียนพัฒนาความคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ รวมถึงมีทักษะในการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลและการจัดการ

สาระการเรียนรู้ที่กำหนดไว้นี้เป็นสาระหลักของวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ที่นักเรียนทุกคนต้องเรียนรู้ประกอบด้วยส่วนที่เป็นเนื้อหา แนวคิดหลักวิทยาศาสตร์และกระบวนการ

สาระที่เป็นองค์ความรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 8 สาระหลัก ดังนี้

- สาระที่ 1 : สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต
- สาระที่ 2 : ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม
- สาระที่ 3 : สารและสมบัติของสาร
- สาระที่ 4 : แรงและการเคลื่อนที่
- สาระที่ 5 : พลังงาน
- สาระที่ 6 : กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก
- สาระที่ 7 : ดาราศาสตร์และอวกาศ
- สาระที่ 8 : ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

1.7 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กรมวิชาการ (2551, หน้า 14 – 16) ได้กำหนด มาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นข้อกำหนดคุณภาพของผู้เรียนด้านความรู้ ความคิด ทักษะ กระบวนการเรียนรู้ คุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม ซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายที่จะพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะ อันพึงประสงค์ ประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐาน สำหรับนักเรียนทุกคนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน และมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น สำหรับนักเรียนทุกคนเมื่อจบการศึกษาในแต่ละช่วงชั้น มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐานของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีดังนี้

1.7.1 สาระที่ 1 : สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

- มาตรฐาน ว 1.1 : เข้าใจหน่วยพ้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มี กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

- มาตรฐาน ว 1.2 : เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทาง พันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทาง ชีวภาพที่มีผลต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการ สืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1.7.2 สาระที่ 2 : ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

- มาตรฐาน ว 2.1 : เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่ เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

- มาตรฐาน ว 2.2 : เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่นประเทศและโลกมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

1.7.3 สาระที่ 3 : สารและสมบัติของสาร

- มาตรฐาน ว 3.1 : เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการ สืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งทีเรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

- มาตรฐาน ว 3.2 : เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยาเคมี มีกระบวนการ สืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1.7.4 สาระที่ 4 : แรงและการเคลื่อนที่

- มาตรฐาน ว 4.1 : เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และ แรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่ เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

- มาตรฐาน ว 4.2 : เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสาร สิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1.7.5 สาระที่ 5 : พลังงาน

- มาตรฐาน ว 5.1 : เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยน รูปพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้ พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1.7.6 สาระที่ 6 : กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

- มาตรฐาน ว 6.1 : เข้าใจกระบวนการต่างๆ ทีเกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง ภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสัณฐานของโลก มีกระบวนการ สืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำ ความรู้ไปใช้ประโยชน์

1.7.7 สาระที่ 7 : ดาราศาสตร์และอวกาศ

- มาตรฐาน ว 7.1 : เข้าใจวิวัฒนาการของระบบสุริยะและกาแล็กซี ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ และผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก มีกระบวนการ สืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

- มาตรฐาน ว 7.2 : เข้าใจความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศที่นำมาใช้ในการสำรวจ อวกาศและทรัพยากรธรรมชาติ ด้านการเกษตรและการสื่อสาร มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่ เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างมีคุณธรรมต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

1.7.8 สาระที่ 8 : ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

- มาตรฐาน ว 8.1 : ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการ สืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและ ตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความ เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

1.8 คุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

1. เข้าใจการรักษาดุลยภาพของเซลล์และกลไกการรักษาดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต

2. เข้าใจกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม การแปรผัน มิวเทชัน วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตและปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อมต่างๆ

3. เข้าใจกระบวนการ ความสำคัญและผลของเทคโนโลยีชีวภาพต่อมนุษย์ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

4. เข้าใจชนิดของอนุภาคสำคัญที่เป็นส่วนประกอบในโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ การเกิดปฏิกิริยาเคมีและเขียนสมการเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

5. เข้าใจชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคและสมบัติต่างๆ ของสารที่มีความสัมพันธ์กับแรงยึดเหนี่ยว

6. เข้าใจการเกิดปิโตรเลียม การแยกแก๊สธรรมชาติและการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบ การนำผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมไปใช้ประโยชน์และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

7. เข้าใจชนิด สมบัติ ปฏิกิริยาที่สำคัญของพอลิเมอร์และสารชีวโมเลกุล

8. เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบต่างๆ สมบัติของคลื่นกล คุณภาพของเสียงและการได้ยิน สมบัติ ประโยชน์และโทษของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์

9. เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลกและปรากฏการณ์ทางธรณีที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

10. เข้าใจการเกิดและวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี เอกภพและความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ

11. เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีประเภทต่างๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้า ผลของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

12. ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้

13. วางแผนการสำรวจตรวจสอบเพื่อแก้ปัญหาหรือตอบคำถาม วิเคราะห์ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์หรือสร้างแบบจำลองจากผลหรือความรู้ที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบ

14. สื่อสารความคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบโดยการพูด เขียน จัดแสดงหรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

15. อธิบายความรู้และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิต การศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงงานหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

16. แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบและซื่อสัตย์ในการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้องเชื่อถือได้

17. ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ แสดงถึงความชื่นชม ภูมิใจ ยกย่อง อ้างอิงผลงาน ชิ้นงานที่เป็นผลจากภูมิปัญญาท้องถิ่นและการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย

18. แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการป้องกัน ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

19. แสดงถึงความพอใจ และเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้ พบคำตอบ หรือแก้ปัญหาได้

20. ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็นโดยมีข้อมูลอ้างอิงและเหตุผลประกอบ เกี่ยวกับผลของการพัฒนาและการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

1.9 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้คณิตศาสตร์

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2551 หน้า 2) ได้กำหนด มาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เป็นข้อกำหนดคุณภาพของผู้เรียนด้านความรู้ ความคิด ทักษะ กระบวนการเรียนรู้ คุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม ซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายที่จะพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะ อันพึงประสงค์ ประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐาน สำหรับนักเรียนทุกคนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน และมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น สำหรับนักเรียนทุกคนเมื่อจบการศึกษาในแต่ละช่วงชั้น มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐานของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีดังนี้

1.9.1 สาระที่ 1 จำนวนและการดำเนินการ

- มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจถึงความหลากหลายของการแสดงจำนวนและการใช้จำนวนในชีวิตจริง

- มาตรฐาน ค 1.2 เข้าใจถึงผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการของจำนวนและความสัมพันธ์ระหว่างการดำเนินการต่างๆ และสามารถใช้การดำเนินการในการแก้ปัญหา

- มาตรฐาน ค 1.3 ใช้การประมาณค่าในการคำนวณและแก้ปัญหา

- มาตรฐาน ค 1.4 เข้าใจระบบจำนวนและนำสมบัติเกี่ยวกับจำนวนไปใช้

1.9.2 สาระที่ 2 การวัด

- มาตรฐาน ค 2.1 เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการวัด วัดและคาดคะเนขนาดของสิ่งที่ต้องการวัด

- มาตรฐาน ค 2.2 แก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัด

1.9.3 สาระที่ 3 เรขาคณิต

- มาตรฐาน ค 3.1 อธิบายและวิเคราะห์รูปเรขาคณิตสองมิติและสามมิติ

- มาตรฐาน ค 3.2 ใช้การนึกภาพ (Visualization) ใช้เหตุผลเกี่ยวกับปริภูมิ (Spatial Reasoning) และใช้แบบจำลองทางเรขาคณิต (Geometric model) ในการแก้ปัญหา

1.9.4 สาระที่ 4 พีชคณิต

- มาตรฐาน ค 4.1 เข้าใจและวิเคราะห์แบบรูป (Pattern) ความสัมพันธ์ และฟังก์ชัน

- มาตรฐาน ค 4.2 ใช้นิพจน์ สมการ อสมการ กราฟ และตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical model) อื่นๆ แทนสถานการณ์ต่างๆ ตลอดจนแปลความหมาย และนำไปใช้แก้ปัญหา

1.9.5 สาระที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลและความน่าจะเป็น

- มาตรฐาน ค 5.1 เข้าใจและใช้วิธีการทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล

- มาตรฐาน ค 5.2 ใช้วิธีการทางสถิติและความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์ได้อย่างสมเหตุสมผล

- มาตรฐาน ค 5.3 ใช้ความรู้เกี่ยวกับสถิติและความน่าจะเป็นช่วยในการตัดสินใจและแก้ปัญหา

1.9.6 สาระที่ 6 ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์

- มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์และการนำเสนอ การเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

หมายเหตุ

1. การจัดการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีคุณภาพนั้นจะต้องให้มีความสมดุลระหว่างสาระด้านความรู้ ทักษะและกระบวนการ ควบคู่ไปกับคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ ได้แก่ การทำงานอย่างมีระบบมีระเบียบ มีความรอบคอบ มีความรับผิดชอบ มีวิจารณญาณ มีความเชื่อมั่นในตนเอง พร้อมทั้งตระหนักในคุณค่าและมีเจตคติที่ดีต่อคณิตศาสตร์

2. ในการวัดและประเมินผลด้านทักษะและกระบวนการ สามารถประเมินในระหว่างการเรียนการสอน หรือประเมินไปพร้อมกับการประเมินด้านความรู้

1.10 คุณภาพของผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2551 หน้า 5) ได้กล่าวถึงผู้เรียนที่จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ควรมีความรู้ ความคิด ทักษะ กระบวนการ และจิตวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1.10.1 มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับระบบจำนวนจริง ค่าสัมบูรณ์ของจำนวนจริง จำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์ และจำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะ หาค่าประมาณของจำนวนจริงที่อยู่ในรูปกรณฑ์ และจำนวนจริงที่อยู่ในรูปเลขยกกำลังโดยใช้วิธีการคำนวณที่เหมาะสมและสามารถนำสมบัติของจำนวนจริงไปใช้ได้

1.10.2 นำความรู้เรื่องอัตราส่วนตรีโกณมิติไปใช้คาดคะเนระยะทาง ความสูง และแก้ปัญหาเกี่ยวกับการวัดได้

1.10.3 มีความคิดรวบยอดในเรื่องเซต การดำเนินการของเซต และใช้ความรู้เกี่ยวกับแผนภาพเวนน์-ออยเลอร์แสดงเซตไปใช้แก้ปัญหา และตรวจสอบความสมเหตุสมผลของการให้เหตุผล

1.10.4 เข้าใจและสามารถใช้การให้เหตุผลแบบอุปนัยและนิรนัยได้

1.10.5 มีความคิดรวบยอดเกี่ยวกับความสัมพันธ์และฟังก์ชัน สามารถใช้ความสัมพันธ์และฟังก์ชันแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้

1.10.6 เข้าใจความหมายของลำดับเลขคณิต ลำดับเรขาคณิต และสามารถหาพจน์ทั่วไป ได้เข้าใจความหมายของผลบวกของ n พจน์แรกของอนุกรมเลขคณิต อนุกรมเรขาคณิต และหาผลบวก n พจน์แรกของอนุกรมเลขคณิต และอนุกรมเรขาคณิตโดยใช้สูตรและนำไปใช้ได้

1.10.7 รู้และเข้าใจการแก้สมการ และอสมการตัวแปรเดียวดีกรีไม่เกินสอง รวมทั้งใช้กราฟของสมการ อสมการ หรือฟังก์ชันในการแก้ปัญหา

1.10.8 เข้าใจวิธีการสำรวจความคิดเห็นอย่างง่าย เลือกใช้ค่ากลางได้เหมาะสมกับข้อมูลและวัตถุประสงค์ สามารถหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต มัธยฐาน ฐานนิยม ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปอร์เซ็นไทล์ของข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และนำผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลไปช่วยในการตัดสินใจ

1.10.9 เข้าใจเกี่ยวกับการทดลองสุ่ม เหตุการณ์ และความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ สามารถใช้ความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นในการคาดการณ์ ประกอบการตัดสินใจ และแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ได้

1.10.10 ใช้วิธีการที่หลากหลายแก้ปัญหา ใช้ความรู้ ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม ให้เหตุผลประกอบการตัดสินใจและสรุปผลได้อย่างเหมาะสม ใช้ภาษาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร การสื่อความหมาย และการนำเสนอ ได้อย่างถูกต้อง และชัดเจน เชื่อมโยงความรู้ต่างๆ ในคณิตศาสตร์ และนำความรู้ หลักการ กระบวนการทางคณิตศาสตร์ไปเชื่อมโยงกับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

2. สมรรถนะทางการเรียน

2.1 แนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับสมรรถนะ

จากการศึกษาความหมาย ของ สมรรถนะ (Competency) พบว่า ได้มีผู้ให้ความหมายของสมรรถนะ ในมุมมองต่างๆ ที่น่าสนใจ ดังต่อไปนี้

ฮอนบี้และทอมมัส (Hornby; & Thomas.1989 : 53) กล่าวถึง สมรรถนะ หมายถึง ความรู้ทักษะและคุณสมบัติของบุคคลในการบริหารจัดการและการเป็นผู้นำที่มีประสิทธิภาพ

โบยาท์ซิส (Boyatzis.1982. The Competency manader.) ได้กล่าวถึง สมรรถนะ หมายถึง ลักษณะของบุคคลที่เกี่ยวข้องกับแรงจูงใจ คุณลักษณะ ทักษะและการยอมรับในตนเอง บทบาทในสังคมและความรู้ของบุคคลซึ่งต้องใช้ในการปฏิบัติงานตามหน้าที่

วูดฟ์ ราฟ (Woodruffe. 1992:17) ได้กล่าวไว้ว่า สมรรถนะ หมายถึง กลุ่มของพฤติกรรมตามความต้องการของตำแหน่งงานที่จะนำไปสู่ความสำเร็จในงานและหน้าที่ ซึ่งประกอบด้วย ความรู้ ทักษะและแรงจูงใจหรือคุณลักษณะของบุคคลนั้น

ลูเซีย และ เรฟซิงร์เกอร์ (Lucia: & Lepsinger. 1999: 51) ได้กล่าวไว้ว่า สมรรถนะ หมายถึง ทักษะ ความรู้และคุณลักษณะที่อยู่ในตัวบุคคล ที่จำเป็นต่อการปฏิบัติงานของบุคคลโดยสมรรถนะจะช่วยส่งเสริมให้การปฏิบัติของบุคคลประสบผลสำเร็จ

เดชา เดชะวัฒนไพศาล (2543:12) ได้กล่าวถึง สมรรถนะ หมายถึง ทักษะ ความรู้และความสามารถหรือพฤติกรรมของบุคคลที่จำเป็นในการปฏิบัติงานใดงานหนึ่ง กล่าวคือ ในการทำงานหนึ่งเราต้องรู้อะไร เมื่อมีความรู้หรือข้อมูลแล้ว เราต้องรู้ว่าจะทำงานนั้น ๆ อย่างไร และเราควรมีความประพฤติหรือคุณลักษณะเฉพาะอย่างไร จึงจะทำงานได้อย่างประสบความสำเร็จ หรืออาจกล่าวได้ว่า สมรรถนะ หมายถึง ความสามารถหลักของบุคคลในการปฏิบัติงานให้ประสบความสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีองค์ประกอบสนับสนุน ซึ่ง หมายถึง ทักษะ ความรู้ ความสามารถหรือพฤติกรรมสนับสนุนเพิ่มเติมจากความสามารถหลัก

อุกฤษณ์ กาญจนเกตุ (2543: 20) ได้กล่าวถึง สมรรถนะ หมายถึง ความสามารถ ทักษะ ความชำนาญในด้านต่างๆ ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ ให้บุคคลสามารถกระทำการหรืองดเว้นการกระทำการในกิจการใดๆ ให้ประสบผลสำเร็จหรือล้มเหลว ซึ่งความสามารถเหล่านี้ได้มาจากการเรียนรู้ ประสบการณ์ การฝึกฝนและการปฏิบัติเป็นนิสัย

อภิรักษ์ วรรณสาธพ (2545: 19) ได้กล่าวไว้ว่า สมรรถนะ หมายถึง ทักษะ ความรู้ ไปจนถึงบทบาทในสังคม บุคลิกภาพและส่วนที่ลึกลงไปจนอยากที่จะวัดได้ เช่น เจตคติ ค่านิยม อุปนิสัยและแรงบันดาลใจ ส่วนสมรรถนะหลัก หมายถึง สมรรถนะ ที่เป็นแก่นหรือแกนหลักขององค์กรนั้นๆ ซึ่งทุกคนในองค์กรต้องมีสมบัติที่เหมือนกัน เพราะความสามารถหรือคุณสมบัติประเภทนี้เป็นตัวกำหนดหรือผลักดันให้องค์กรบรรลุตามวิสัยทัศน์และพันธกิจที่วางไว้ตลอดจนยังเป็นการสะท้อนถึงค่านิยมที่คนในองค์กรมีและถือปฏิบัติร่วมกัน

สุบรรณ เอี่ยมวิจารณ์ (2548: 52) ได้กล่าวถึง สมรรถนะ หมายถึง องค์ประกอบของความรู้ทักษะและเจคติของบุคคลที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อผลสัมฤทธิ์ของการทำงานของบุคคลนั้นๆ และเป็นบทบาทหรือความรับผิดชอบ ซึ่งสัมพันธ์กับผลงานหรือความสามารถ วัดค่าเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานและสามารถพัฒนาได้โยการฝึกอบรมและพัฒนา

ปิยะชัย จันทรวงศ์ไพศาล กล่าวถึง สมรรถนะ ว่ามีลักษณะทีสำคัญ 3 ประการ คือ

1. สมรรถนะภาพ ส่วนที่มองเห็นได้ชัด ได้แก่ ทักษะและความรู้ และส่วนที่ซ่อนเร้นอยู่ ได้แก่ พฤติกรรมที่สะท้อนมาจากค่านิยม อุปนิสัย ทัศนคติ และแรงขับ

2. สมรรถนะภาพ ต้องแสดงให้เห็นถึงผลงาน

3. ผลงานนั้นต้องสามารถวัดค่าได้ทั่วไป

ดังนั้น สมรรถนะ จึงเป็นความสามารถของบุคคลในการปฏิบัติงานให้ประสบผลสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นคุณลักษณะที่ซ่อนอยู่ภายในตัวบุคคลนั้นๆ จะมีองค์ประกอบ ได้แก่

- ทักษะ เป็นสิ่งที่บุคคลกระทำได้
- ความรู้ เป็นความรู้เฉพาะด้านของบุคคล
- ความเชื่อใจตน เป็นสิ่งที่บุคคลเชื่อว่าตนเองเป็น
- คุณลักษณะ เป็นบุคคลลักษณะประจำตัวบุคคลหรือสิ่งที่อธิบายถึงบุคคลนั้น
- เจตคติ ซึ่งเป็นตัวกำหนดพฤติกรรมของบุคคล

อย่างไรก็ตาม การที่พิจารณาว่าสิ่งใดที่สามารถเรียกว่าสมรรถนะได้นั้น จะต้องประกอบด้วยลักษณะสำคัญ 4 ประการ ได้แก่

1. เป็นความรู้ ความสามารถ ทักษะและคุณลักษณะต่างๆของบุคคลซึ่งสะท้อนออกมาในรูปของพฤติกรรมการทำงาน

2. มีความสัมพันธ์กับงานหรือสะท้อนถึงผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น จากการปฏิบัติงาน

3. สังเกตได้ วัดหรือประเมินได้อย่างเป็นระบบด้วยวิธีการหรือเครื่องมือที่เหมาะสม

4. สร้างหรือพัฒนาให้มีในตัวบุคคลได้ (ปิยะชัย จันทรวงศ์ไพศาล. 2548: 71)

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า สมรรถนะ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการปฏิบัติงานให้ประสบความสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นคุณลักษณะที่ซ่อนอยู่ในบุคคลนั้น ๆ ซึ่งประกอบด้วย ความรู้ ทักษะและเจตคติ โดยความรู้ หมายถึง สิ่งที่บุคคลได้เรียนรู้มา ข้อมูลข่าวสาร ความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งต่างๆ ทักษะ หมายถึง สิ่งที่บุคคลกระทำได้ซึ่งเป็นผลมาจากการฝึกปฏิบัติเป็นประจำจนเกิดความชำนาญ และเจตคติ หมายถึง คุณลักษณะของบุคคลซึ่งเป็นตัวกำหนดพฤติกรรมของบุคคลนั้นๆ

2.2 ลักษณะของสมรรถนะ

เดชา เดชะวัฒนไพศาล (2543:18) และสุบรรณ เอี่ยมวิจารณ์ (2548: 52) ได้กล่าวไว้ว่าองค์กรส่วนใหญ่มักนิยมจับกลุ่มสมรรถนะออกเป็นแบบต่างๆ ดังนี้

1. สมรรถนะแบบผู้นำ หมายถึง บุคลิกลักษณะของบุคคลที่สะท้อนให้เห็นถึงความรู้ ทักษะ ทัศนคติ ความเชื่อและอุปนิสัย ที่จะช่วยส่งเสริมให้บุคคลนั้น สามารถสร้างผลงานในการปฏิบัติงานตามตำแหน่งนั้นๆได้สูงกว่ามาตรฐาน

2. สมรรถนะแบบมืออาชีพ หมายถึง บุคลิกลักษณะของบุคคลที่สะท้อนให้เห็นถึง ความรู้ความเข้าใจและความสามารถในการแก้ไขปัญหาเชิงสร้างสรรค์ อดทนต่อความกดดันและสามารถควบคุมตนเองได้เป็นอย่างดี ซึ่งบุคคลสามารถเพิ่มศักยภาพหรือความเชี่ยวชาญในงานของตน โดย

กระบวนการฝึกอบรม การเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง ตลอดจนได้รับมอบหมายงานที่แตกต่างกันออกไป หรือระดับที่สูงขึ้น

3. สมรรถนะในแบบเทคนิค หมายถึง บุคลิกลักษณะของบุคคลที่สะท้อนให้เห็นถึงการคิดเชิงวิเคราะห์ การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ การใส่ใจเรื่องคุณภาพและความชำนาญด้านเทคนิค ซึ่งบุคคลจำเป็นต้องมีเพื่อใช้ในการปฏิบัติหน้าที่ของตน โดยทั่วไปแล้วจะมีความแตกต่างกันตามลักษณะงานและตามภาระหน้าที่ ความรับผิดชอบในงาน บุคลากรสามารถเพิ่มสมรรถนะหรือความเชี่ยวชาญในส่วนความรู้ในงานของตนได้โดยกระบวนการฝึ อบรม การเรียนรู้จากทฤษฎีและการปฏิบัติงานจริงตลอดจนการทำงานที่แตกต่างกันไป

อภิรักษ์ วรรณสาธพ (2545: 22-24) ได้แบ่งสมรรถนะออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. ประเภทที่ต้องมีทั้ง องค์กร คือ สมรรถนะ ที่เป็นแก่นหรือแกนหลักขององค์กรนั้นๆ ซึ่งทุกคนในองค์กรต้องมีสมบัติที่เหมือนกัน เพราะความสามารถหรือคุณสมบัติประเภทนี้เป็นตัวกำหนดหรือผลักดันให้องค์กรบรรลุตามวิสัยทัศน์และพันธกิจที่วางไว้ ตลอดจนยังเป็นการสะท้อนถึงค่านิยมที่คนในองค์กรมีและถือปฏิบัติร่วมกัน

2. ประเภทที่ต้องมีตามลักษณะงานหรือมีเฉพาะด้าน คือ สมรรถนะที่กำหนดไว้สำหรับงานในแต่ละด้านหรือตามลักษณะงาน ซึ่งมีขั้นความสามารถแตกต่างกันไปตามหน้าที่ ที่ได้รับมอบหมายหรือคาดหวัง สมรรถนะภาพประเภทนีส้ ะท้อนถึงความลึกซึ้ง ของความสามารถที่พนักงานต้องมีก่อนที่จะได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติงานหนึ่งๆ

3. ประเภทที่ต้องมีตามระดับตำแหน่งหรือสายการบริหาร คือ สมรรถนะ ที่พนักงานในแต่ระดับหรือตำแหน่งจะต้องมีและจะแตกต่างกันไปตามระดับของความรับผิดชอบหรือตามสายงานบริหาร ซึ่งสมรรถนะภาพประเภทนี้จะสะท้อนถึงความคาดหวัง ความกว้างขวางและความลึกซึ้งของความสามารถที่พนักงานต้องมีก่อนที่จะได้รับการเลื่อนระดับความรับผิดชอบในการบริหารจัดการและความก้าวหน้าในโครงการ

นอกจากความหมายของ สมรรถนะ ดังกล่าวข้างต้นแล้วยังได้มีการกล่าวถึงลักษณะของสมรรถนะที่น่าสนใจดังต่อไปนี้ คือ

สุบรรณ เอี่ยมวิจารณ์ (2548: 53-55) ได้กล่าวไว้ว่า สมรรถนะ นัน้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ดังนี้ คือ

1. สมรรถนะหลัก เป็นสมรรถนะในระดับแก่นขององค์กร และเป็นสิ่งที่องค์กรนั้นๆ ทำได้ดีกว่าหรือเหนือคู่แข่งขัน รวมเป็นสิ่งที่ยากแก่การเรียนแบบตลอดจนเป็นสิ่งที่มีคุณค่าต่อลูกค้าสมรรถนะหลักนี้หากพิจารณาในบริบทที่ต่างกันได้ ดังนี้

1.1 สมรรถนะหลักขององค์กร คือ คุณลักษณะที่องค์กรต้องการมีหรือเป็นเพื่อให้มีขีดความสามารถตามที่ผู้บริหารองค์กรต้องการ รวมถึงช่วยสนับสนุนให้องค์กรบรรลุเป้าหมายตามที่วิสัยทัศน์ได้

1.2 สมรรถนะหลักของพนักงานในองค์กร คือ คุณลักษณะที่ทุกคนในองค์กรพึงมีพึงเป็น ซึ่งจะสะท้อนค่านิยม วัฒนธรรมขององค์กร วิสัยทัศน์ พันธกิจและเสริมรับกับกลยุทธ์ขององค์กรในการดำเนินงาน ทั้งนี้สมรรถนะหลักของพนักงานในองค์กรมักถูกกำหนดจากสมรรถนะหลักของพนักงานในองค์กรที่ควรเป็น คือ การพัฒนาตนเองและบุคคลอื่นๆ การทำงานเป็นทีมและการทำงานแบบมุ่งผลสัมฤทธิ์ สมรรถนะหลักของพนักงานในองค์กรยังสามารถแบ่งย่อยออกเป็น 3 ประเภท

1.2.1 สมรรถนะในงาน หมายถึง บุคลิกลักษณะของบุคคลที่สะท้อนให้เห็นถึงความรู้ ทักษะ ทัศนคติ ความเชื่อและอุปนิสัย ที่ช่วยส่งเสริมให้บุคลากรนั้นๆ สามารถสร้างผลงานในการปฏิบัติงานตำแหน่งนั้นๆ ได้สูงกว่ามาตรฐาน

1.2.2 สมรรถนะแบบมืออาชีพ หมายถึง บุคลิกลักษณะของบุคคลที่สะท้อนให้เห็นถึงความรู้ความเข้าใจในองค์กร เข้าใจและมีความสามารถในการแก้ไขปัญหาเชิงสร้างสรรค์อดทนต่อความกดดันและสามารถควบคุมตัวเองได้เป็นอย่างดี

1.2.3 สมรรถนะทางเทคนิค หมายถึง บุคลิกลักษณะที่สะท้อนให้เห็นถึงการคิดวิเคราะห์ การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ การใส่ใจในเรื่องคุณภาพและความชำนาญในด้านเทคนิค

2. สมรรถนะพิเศษของบุคคล คือ คุณลักษณะของบุคคลที่สะท้อนให้เห็นถึงความรู้ ทักษะ เจตคติ ความเชื่อและอุปนิสัย ที่ทำให้บุคคลนั้น มีความสามารถในการกระทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งได้มากกว่าคนทั่วไปหรืออาจเรียกได้ว่า ความสามารถพิเศษของบุคคลเฉพาะบุคคลนั้นๆ

สุกัญญา รัศมีธรรมโชติ (2547: 49-50) ได้กล่าวไว้ว่า สมรรถนะประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ประการ ดังนี้ คือ

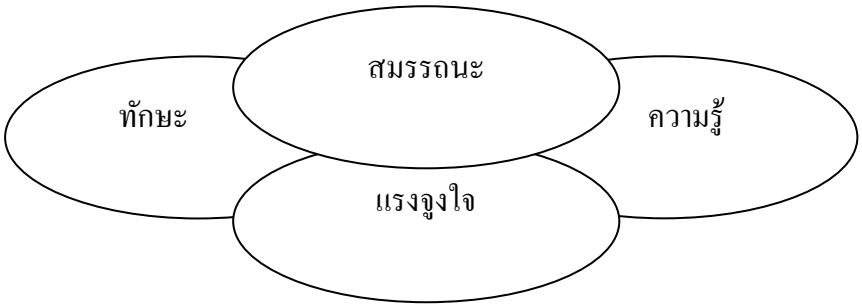
1. ทักษะ หมายถึง สิ่งที่บุคคลกระทำได้และฝึกปฏิบัติเป็นประจำจนเกิดความชำนาญ
2. ความรู้ หมายถึง ความรู้เฉพาะด้านของบุคคล
3. แรงจูงใจ หมายถึง แรงจูงใจหรือแรงขับภายในซึ่งทำให้บุคคลแสดงพฤติกรรมที่มุ่งไปสู่สิ่งที่เป็นเป้าหมาย

องค์ประกอบทางด้านความรู้และทักษะ ถือว่าเป็นส่วนที่แต่ละคนสามารถพัฒนาให้มีขึ้นได้ไม่ยากนักด้วยการศึกษาค้นคว้า (ทำให้เกิดความรู้) และฝึกฝนปฏิบัติ (ทำให้เกิดทักษะ) ในขณะที่องค์ประกอบที่เหลือ คือ เจตคติ ค่านิยมและความคิดเห็นเกี่ยวกับภาพลักษณ์ของตน บุคลิก ลักษณะประจำตัวของบุคคล แรงจูงใจหรือแรงขับภายในของแต่ละบุคคล ดังนั้น สมรรถนะ จึงเป็นสิ่งที่ประกอบขึ้นมาจากความรู้ ทักษะ และเจตคติ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. สมรรถนะขั้นพื้นฐาน หมายถึง ความรู้หรือทักษะพื้นฐานที่บุคคลจำเป็นต้องมีในการทำงาน ซึ่งสมรรถนะพื้นฐานเหล่านี้ไม่ทำให้บุคคลมีผลงานแตกต่างจากบุคคลอื่นๆ หรือไม่สามารถทำให้บุคคลมีผลงานแตกต่างไปจากคนอื่น

2. สมรรถนะที่ทำให้บุคคลแตกต่างจากบุคคลอื่นๆ หมายถึง ปัจจัยที่ทำให้บุคคลมีผลการทำงานสูงกว่ามาตรฐานหรือดีกว่าบุคคลทั่วไป ซึ่งสมรรถนะ ในกลุ่มนี้จะมุ่งเน้นการใช้ความรู้ทักษะและคุณลักษณะอื่นๆ รวมถึง ค่านิยม แรงจูงใจและเจตคติ เพื่อช่วยให้เกิดผลสำเร็จที่ดีเลิศในงาน

จากการศึกษาเอกสารดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ความรู้ ทักษะและเจตคติเพียงอย่างใดอย่างหนึ่งนั้น ไม่ใช่สมรรถนะ แต่เป็นส่วนประกอบที่ก่อให้เกิดสมรรถนะ ดังภาพประกอบ 2 (สุ-กัญญา รัศมีธรรมโชติ. 2547: 49-50)



ภาพประกอบ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ ทักษะ และแรงจูงใจ

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะและลักษณะของสมรรถนะสามารถนำมาสรุปได้ ดังตาราง 1

ตาราง 1 การสังเคราะห์ความหมายสมรรถนะ (Competency)

ชื่อ – สกุล	ความสามารถของสมรรถนะ (Competency)			
	ความรู้	ทักษะ	ความสามารถ	คุณลักษณะส่วนบุคคล
Hornby & Thomas	✓	✓		✓
Boyatzis	✓	✓		✓
Woodruffe	✓	✓		✓
Lucia & Lepsinger	✓	✓		✓
McClelland	✓	✓		✓
สุบรรณ เอี่ยมวิจารณ์	✓	✓	✓	✓
เดชา เดชะวัฒนไพศาล	✓	✓	✓	✓
อุกฤษณ์ กาญจนเกตุ	✓	✓		
อภิรักษ์ วรรณสาธพ	✓	✓		✓
ปิยะชัย จันทรวงศ์ไพศาล	✓	✓		✓
สุกัญญา รัศมีธรรมโชติ	✓	✓		✓

จากตาราง 1 สามารถสรุปและสังเคราะห์ความหมายของสมรรถนะได้ว่า สมรรถนะ หมายถึง ความสามารถที่เกิดจากความรู้ ทักษะและคุณลักษณะที่ซ่อนอยู่ในตัวบุคคล เช่น ลักษณะ นิสัย แรงจูงใจ เจตคติที่บุคคลมีต่อตนเอง เจตคติที่จะทำให้บุคคลนั้นสามารถปฏิบัติงานต่างๆ ได้สำเร็จ ไปตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ โดยความรู้ หมายถึง ความรู้ที่บุคคลได้เรียนมา ข้อมูลข่าวสาร ความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งต่างๆ ทั้งในด้านทั่วไป และด้านเฉพาะเจาะจง รวมทั้งต้องสามารถนำความรู้นั้นมาใช้ประโยชน์ในการปฏิบัติงานได้ ทักษะ หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติงานที่ต้องอาศัยความชำนาญการฝึกฝนหรือการฝึกปฏิบัติมาอย่างดี เจตคติ หมายถึง คุณลักษณะที่อยู่ในตัวบุคคลซึ่งจะเป็นตัวกำหนดพฤติกรรมตัวบุคคล โดยบุคคลนั้นต้องแสดงออกถึงการเห็นคุณค่า เห็นประโยชน์ สนใจ ใส่ใจ มุ่งมั่นที่จะสร้างสรรค์และปฏิบัติงานให้ดีที่สุดและนอกจากนั้นแล้ว สมรรถนะยังสามารถ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้ดังนี้ คือ

1. สมรรถนะหลัก หมายถึง ความสามารถหลักของบุคคลในการปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งประกอบด้วย ความรู้ ทักษะและเจตคติ เช่น ความรู้ในเนื้อหาวิชาที่สอน ทักษะการสอนและเจตคติทางบวกต่อการสอน

2. สมรรถนะเฉพาะด้าน หมายถึง สมรรถนะที่กำหนดขึ้นตามลักษณะงานหรือตามบทบาทหน้าที่ โดยบุคคลที่ปฏิบัติงานได้ตำแหน่งนั้นๆ จำเป็นต้องมี เช่น ครูสอนวิทยาศาสตร์ต้องสามารถสอนวิทยาศาสตร์โดยต้องมีความเชี่ยวชาญ

2.3 สมรรถนะทางสมองกับการเรียน

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2542 : 12) พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 มาตราที่ 22 กล่าวว่าการจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถในการเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุดในกระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มศักยภาพ มีนักวิชาการหลายท่านที่ได้ทำการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับสมรรถนะและให้ความหมายของสมรรถนะไว้ในทัศนะต่างๆ กัน ดังนี้

พัชรี เกตุแก่นจันทร์ (2540: 2) ให้ความหมายของสมรรถนะมนุษย์ ไว้ว่า เป็นลักษณะที่แฝงอยู่ในตัวอยู่อย่างเงียบๆ เพื่อรอโอกาสในการพัฒนาเป็นความสามามารถของมนุษย์แต่ต้องให้โอกาสในการเรียนรู้จึงจะมีพัฒนาการปรากฏ มิฉะนั้ ก็จะสลายไปเหมือนไม่มีอะไรเลย

กองการวิจัยการศึกษา กรมวิชาการ (2543 : 3) กล่าวว่า สมรรถนะ หมายถึง ผลการเรียนรู้ที่เกิดจากกระบวนการเรียนการสอนในโรงเรียนผสมผสานกับคุณสมบัติ และคุณลักษณะที่ตกตะกอนติดตัว นอกจากความรู้ในเนื้อ หาวิชาหรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งทักษะ และคุณลักษณะพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในสังคมยุคโลกาภิวัฒน์ 3 องค์ประกอบหลักรวมกัน 9 ด้าน ดังนี้

1. ทักษะพื้นฐานที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในอนาคต ประกอบด้วย 3 ด้าน คือ ทักษะการเรียน ทักษะการคิดและทักษะการสื่อสาร

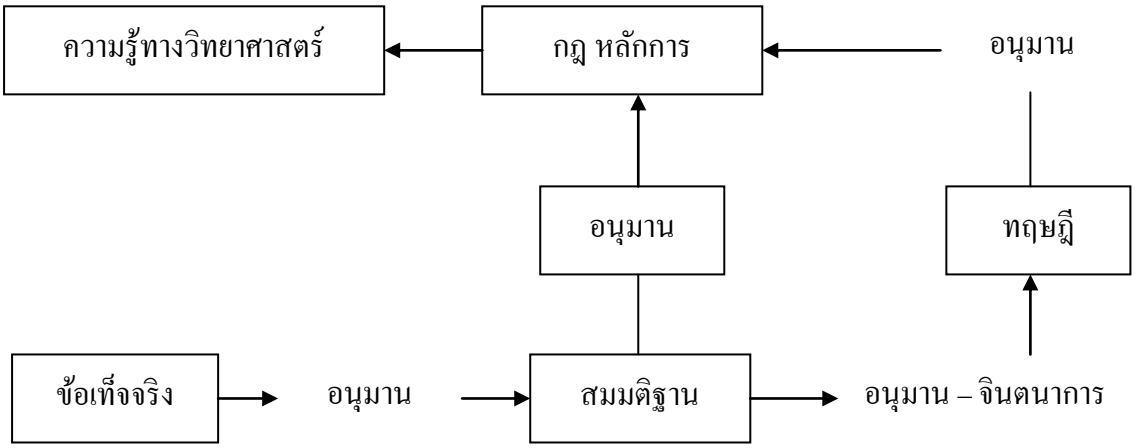
2. ทักษะพื้นฐานที่จำเป็นต่อการทำงาน ประกอบด้วย 3 ด้านคือ ทักษะการจัดการ การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ ความขยัน อดทน ประหยัดและอดออม

3. ทักษะพื้นฐานที่จำเป็ นในการอยู่ร่วมกันในสังคม ประกอบด้วย 3 ด้านคือ การควบคุมตัวเองได้ ความรับผิดชอบ และความมีวินัยในตนเอง การช่วยเหลือผู้อื่น เสียสละ มุ่งมั่น และพัฒนา

จากความหมายของสมรรถนะที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า สมรรถนะ เป็นพลังที่สร้างสมอยู่ในสมองของมนุษย์โดยการกระตุ้นจากสิ่งแวดล้อม สะสม พัฒนาเชื่อมโยงเส้นใยประสาทเป็นประสบการณ์แห่งการเรียนรู้ สมรรถนะของมนุษย์จะแสดงออกในลักษณะที่มีความสามารถ ซึ่งจะมากน้อยเพียงไรขึ้นอยู่กับการกระตุ้นจากสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ ได้แก่ กระบวนการจัดการเรียนการสอน บทบาทของผู้สอนสู่ยุทธศาสตร์การสอนที่ผู้เรียนเป็นสำคัญ ได้แก่ การกระตุ้น และการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง พัฒนาและส่งเสริมสมรรถนะของผู้เรียนให้เต็มขีดความสามารถอย่างไปตามธรรมชาติ การที่จะพัฒนาผู้เรียนให้เต็มขีดความสามารถนั้ มีปัจจัยที่เกื้อหนุนหลายด้านและโดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้สอนจะต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสมองของมนุษย์ซึ่งเป็นขุมพลังแห่งการเรียนรู้

3. ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์ หมายถึง ส่วนที่เป็นความรู้ (Body of Knowledge) ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการตรวจสอบอย่างเป็นระบบ จนเป็นที่เชื่อถือได้ และส่วนที่เป็นกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Process of Scientific Inquiry) (สมจิต สวธนไพบูลย์. 2546 : 94) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คือ ส่วนที่เป็นผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ โดยทั่วไปความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะเกิดขึ้น หลังจากที่ได้มีกระบวนการแสวงหาความรู้ ดำเนินการค้นคว้า สืบเสาะตรวจสอบจนเป็ นไปได้ ความรู้นั้นจะถูกรวบรวมไว้เป็นหมวดหมู่ ซึ่งสรุปความรู้สัมพันธ์ได้ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 แสดงความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์

สมจิต สวธนไพบูลย์ (2546:101-103) กล่าวว่า กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการคิดการกระทำอย่างมีระบบในการค้นหาข้อเท็จจริงต่างๆ จากประสบการณ์ ธรรมชาติ และจากสถานการณ์ที่อยู่รอบตัวเราโดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ตามลำดับขั้นตอนดังนี้ คือ ระบุปัญหา ตั้งสมมติฐาน พิสูจน์หรือทดลอง สรุปผลและการนำไปใช้ การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากจะใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์แล้ว ผลการศึกษาค้นคว้าจะมีประสิทธิภาพเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะนิสัยของบุคคลนั้นๆ เป็นองค์ประกอบอีกด้วย คุณลักษณะที่จะก่อให้เกิดประโยชน์ในการแสวงหาความรู้นี้เรียกว่า เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย ความละเอียดถี่ถ้วน อุตสาหะ ความอดทน ความใจกว้าง ยอมรับฟังความคิดเห็นของคนอื่นไม่ยึดมั่นในความคิดของตนเองฝ่ายเดียว มีความกระตือรือร้นที่จะค้นหาความรู้ มีความซื่อสัตย์สุจริต สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นและยอมรับการเปลี่ยนแปลงและความก้าวหน้า

ดังนั้น ในการวัดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อให้ผู้เรียนได้ทั้งเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จะต้องวัดทั้งเนื้อหาความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้วยเช่นกัน

ไพศาล หวังพานิช (2533:137) กล่าวว่า ความรู้ หมายถึง คุณลักษณะและประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากการฝึกอบรมหรือจากการสอน จึงเป็นการตรวจสอบความสามารถหรือความรู้ของบุคคลว่าเรียนรู้แล้วเท่าไร มีความสามารถแบบใด

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2529:29) ได้ให้ความหมายของความรู้ หมายถึง คุณลักษณะความสามารถของบุคคลอันเป็นผลมาจากการเรียนการสอน หรือ คือ มวลประสบการณ์ทั้งปวง ที่บุคคลได้รับมาจากการเรียนการสอน ทำให้บุคคลเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่างๆของสมรรถภาพของสมอง

จากความหมายดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า ความรู้ หมายถึง คุณลักษณะความสามารถและประสบการณ์ ของบุคคลอันเกิดจากการเรียนการสอนและเป็นผลมาจากการเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่างๆ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้จาก การวัดความรู้

4. แนวคิดและทฤษฎีที่เป็นแนวในการสร้างแบบทดสอบวัดความรู้

ในการสร้างแบบทดสอบวัดความรู้ แนวความคิดในการวัดที่นิยมใช้กันได้แก่ การเขียนข้อสอบวัดตามการจัดประเภทจุดมุ่งหมายทางการศึกษา ด้านพุทธพิสัย (Cognitive) ของบลูม (วารี ถิระจิตร. 2534 : 220-221; อ้างอิงจาก Boom. *Taxonomy of Educational Objectives handbook 1 : Cognitive Domain.*) ซึ่งจำแนกจุดมุ่งหมายทางการศึกษาด้านพุทธพิสัยออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่

1. ความจำเป็นเรื่องที่ต้องการรู้ว่าผู้เรียนระลึกได้จำข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงได้ เพราะข้อเท็จจริงบางอย่างอย่างมีคุณค่าต่อการเรียนรู้

2. ความเข้าใจ แสดงถึงระดับความสามารถ การแปลความ การตีความ และขยายความ ในเรื่องราวและเหตุการณ์ต่างๆ ได้ เช่น การจับใจความได้ อธิบายความหมาย และขยายเนื้อหาได้

3. การนำไปใช้ ต้องอาศัยความเข้าใจเป็นพื้นฐานในการช่วยตีความของข้อมูล เมื่อต้องการทราบว่าข้อมูลนั้น มีประเด็นสำคัญอะไรบ้างต้องอาศัยการรู้จักเปรียบเทียบแยกแยะความแตกต่าง พิจารณานำข้อมูลไปใช้โดยใช้เหตุผลได้

4. การวิเคราะห์ เป็นทักษะทางปัญญาในระดับที่สูง จะเน้นการแยกแยะข้อมูลออกเป็นส่วนย่อยๆ และพยายามมองหาส่วนประกอบว่ามีความสัมพันธ์และการจัดรวบรวม บลูม (Boom) ได้แยกจุดหมายของการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ระดับ คือ การพิจารณาหรือการจัดองค์ประกอบต่างๆ การ

สร้างความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น และการคำนึงถึงหลักการที่ได้จัดรวบรวมไว้แล้ว

5. การสังเคราะห์ การนำเอาองค์ประกอบต่างๆ ที่แยกแยะกันอยู่มารวมเข้าด้วยกันในรูปแบบใหม่ ถ้าสามารถสังเคราะห์ได้ก็สามารถประเมินได้ด้วย

6. การประเมินค่า หมายถึง การใช้เกณฑ์และมาตรฐานเพื่อพิจารณาว่าจุดมุ่งหมายที่ต้องการบรรลุผลหรือไม่ การที่ให้นักเรียนสามารถประเมินค่าได้ต้องอาศัยเกณฑ์หรือมาตรฐานเป็นแนวทางในการตัดสินคุณค่า การตัดสินใดๆที่ไม่ได้อาศัยเกณฑ์ น่าจะเป็นลักษณะความคิดเห็นมากกว่าเป็นการประเมินค่า

จากข้อความดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า แบบทดสอบความรู้ที่ครูสร้างขึ้น ควรคำนึงถึงจุดมุ่งหมายของการศึกษาด้านพุทธพิสัย และให้นักเรียนบรรลุผลสำเร็จในแง่ของความรู้ทักษะทางด้านต่างๆ ตามแนวคิดและทฤษฎีในการเขียนข้อสอบของบลูม

4.1 การวัดความรู้

การวัดความรู้ เป็นการวัดดูว่านักเรียนมีพฤติกรรมต่างตามที่กำหนดไว้ในจุดมุ่งหมายของการเรียนตามที่กำหนดไว้ในจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนมากน้อยเพียงใด เป็นการตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆ ของสมรรถภาพของสมอง ซึ่งเป็นผลมาจากการได้รับฝึกอบรมในช่วงที่ผ่านมา (วารี ว่องพินัยรัตน์. 2530:1) และในการวัดความรู้ สามารถวัดได้ 2 แบบ ตามจุดมุ่งหมายและลักษณะวิชาที่สอนดังนี้

1. การวัดด้านปฏิบัติ เป็นการตรวจสอบระดับความสามารถในการปฏิบัติ หรือทักษะของผู้เรียน โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนได้แสดงความสามารถดังกล่าว ในรูปการกระทำจริงให้เป็นผลงาน เช่น วิชาศิลปศึกษา พลศึกษา การช่าง เป็นต้น การวัดแบบนี้จึงต้องใช้สอบภาคปฏิบัติ (Performance Test)

2. การวัดด้านเนื้อหา เป็นการตรวจสอบความสามารถเกี่ยวกับเนื้อหาวิชา ซึ่งเป็นประสบการณ์การเรียนของผู้เรียน รวมถึงพฤติกรรมความสามารถด้านต่างๆ สามารถวัดได้โดยใช้ข้อสอบวัดความรู้

จากข้อความดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า ในการวัดความรู้ในแต่ละวิชานั้น มี 2 แบบ คือ การวัดด้านปฏิบัติ และการวัดด้านเนื้อหา ตามจุดมุ่งหมายและลักษณะของวิชาที่สอน ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วัดความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การสอนพื้นฐานคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ เรื่องไฟฟ้ากระแสตรง ในด้านเนื้อหาวิชา โดยวัดจากแบบทดสอบวัดความรู้ของนักเรียน เป็นปรนัย 4 ตัวเลือก ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

4.2 แบบทดสอบวัดความรู้

แบบทดสอบวัดความรู้ เป็นแบบทดสอบที่วัดความรู้ของนักเรียนที่เรียนไปแล้วซึ่งมักจะเป็น ข้อคำถามให้นักเรียนตอบด้วยกระดาษและดินสอ (Paper and pencil Test) กับนักเรียนปฏิบัติจริง (Performance Test) แบบทดสอบประเภทนี้แบ่งได้เป็น 2 พวก คือ แบบทดสอบของครูที่สร้างขึ้น กับแบบทดสอบมาตรฐาน (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2528: 146-147)

1. แบบทดสอบของครู หมายถึง ชุดของข้อคำถามที่ครูเป็นผู้สร้างขึ้น ซึ่งเป็นข้อคำถามที่เกี่ยวกับความรู้ที่นักเรียนได้เรียนรู้ในห้องเรียน ว่านักเรียนมีความรู้มากเพียงใด บกพร่องที่ใด จะได้สอนซ่อมเสริม หรือวัดดูความพร้อมที่จะขึ้นบทเรียนใหม่ ฯลฯ ตามแต่ที่ครูปรารถนา

2. แบบทดสอบมาตรฐาน แบบทดสอบประเภทนี้สร้างขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาหรือจากที่ครูสอนวิชานั้น แต่ผ่านการทดลองหาคุณภาพหลายครั้งจนกระทั่งมีคุณภาพดีพอจึงสร้างเกณฑ์ปกติ (Norm) ของแบบทดสอบนั้นสามารถใช้เป็นหลักและเปรียบเทียบผล เพื่อประเมินค่าการเรียนการสอนในเรื่องใดๆ ก็ได้ จะใช้วัดอัตราความงอกงามของเด็กแต่ละวัยในแต่ละกลุ่มแต่ละภาคก็ได้ จะใช้สำหรับให้ครูวินิจฉัยความรู้ระหว่างวิชาต่างๆ ในเด็กแต่ละคนก็ได้

นอกจากนี้บุญชม ศรีสะอาด (2545:50) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบความรู้ หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ความสามารถของบุคคลในด้านวิชาการ ซึ่งเป็นผลมาจากการเรียนรู้ในเนื้อหาสาระและตามจุดประสงค์ของวิชา หรือเนื้อหาที่สอบนั้น โดยทั่วไปจะวัดความรู้ในวิชาต่างๆ ที่เรียนในโรงเรียน วิทยาลัย มหาวิทยาลัย หรือสถาบันการศึกษาต่างๆ อาจจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. แบบทดสอบอิงเกณฑ์ (Criterion Referenced test) หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม มีคะแนนจุดตัดหรือคะแนนเกณฑ์สำหรับใช้ตัดสินว่า ผู้สอบมีความรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ การวัดตรงตามจุดประสงค์เป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบในแบบทดสอบประเภทนี้

2. แบบทดสอบอิงกลุ่ม (Norm Referenced Test) หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งสร้างขึ้น เพื่อวัดให้ครอบคลุมหลักสูตร จึงสร้างตามตารางวิเคราะห์หลักสูตร ความสามารถในการจำแนกผู้สอบตามความเก่งอ่อนได้ดี เป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบในแบบทดสอบประเภทนี้ การรายงานผลการสอบอาศัยคะแนนมาตรฐานซึ่งเป็นคะแนนที่สามารถให้ความหมายแสดงถึงสถานภาพความสามารถของบุคคลนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับบุคคลอื่นๆ ที่ใช้เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ

จากข้อความดังกล่าว สรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดความรู้ หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ความสามารถของบุคคล ซึ่งเป็นผลมาจากการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชาที่สอบนั้น ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบทดสอบวัดความรู้ทางการเรียนที่เป็นแบบทดสอบอิงเกณฑ์และเป็นแบบทดสอบมาตรฐาน

4.3 การสร้างแบบทดสอบวัดความรู้

แบบทดสอบวัดความรู้ ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบทดสอบอิงเกณฑ์ ซึ่งการสร้างแบบทดสอบวัดความรู้ทางการเรียนแบบอิงเกณฑ์ได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. วิเคราะห์จุดประสงค์ เนื้อหาวิชาและทำตารางกำหนดลักษณะข้อสอบขั้น แรกสุดจะต้องทำการวิเคราะห์ ว่าวิชาหรือหัวข้อที่จะสร้างข้อสอบวัดนั้น มีจุดประสงค์ของการสอนหรือจุดประสงค์ของการเรียนรู้อะไร ทำการวิเคราะห์เนื้อหาวิชาว่ามีโครงสร้างอย่างไร จัดเขียนหัวข้อใหญ่ หัวข้อย่อย ทุกหัวข้อพิจารณาความเกี่ยวโยง ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาเหล่านั้น จากนั้นก็ทำตารางกำหนดลักษณะข้อสอบหรือที่เรียกกันว่าตารางหลักสูตร ตารางนี้มี้ 2 มิติ คือ ด้านเนื้อหา กับด้านสมรรถภาพที่ต้องการวัด และพิจารณาว่าออกข้อสอบทั้งหมดกี่ข้อ เขียนจำนวนข้อลงในช่องรวมช่องสุดท้าย จากนั้นพิจารณาว่าหัวข้อเรื่องใดสำคัญมากน้อย เขียนเรียงลำดับความสำคัญลงไป แล้วกำหนดจำนวนข้อสอบที่จะวัดในแต่ละหัวข้อตามอันดับความสำคัญ จากนั้นกำหนดจำนวนข้อสอบที่จะวัดในแต่ละช่องว่าเรื่องนั้นต้องการให้เกิดสมรรถภาพด้านใดมาก

2. กำหนดรูปแบบของคำถามและศึกษาวิธีเขียนข้อสอบ ทำการพิจารณาและตัดสินใจว่าจะใช้คำถามรูปแบบใด ศึกษาวิธีการเขียนข้อสอบ หลักในการเขียนข้อคำถาม ศึกษาวิธีเขียนข้อสอบสมรรถภาพด้านต่างๆ ศึกษาเทคโนโลยีในการเขียนข้อสอบเพื่อนำมาใช้เป็นหลักในการเขียนข้อสอบ

3. เขียนข้อสอบ ลงมือเขียนข้อสอบ ใช้ตารางกำหนดลักษณะของข้อสอบที่จัดทำไว้ในขั้นที่ 1 เป็นกรอบซึ่งจะทำให้สามารถออกข้อสอบวัดได้ครอบคลุมทุกหัวข้อเนื้อหา และทุกสมรรถภาพ รูปแบบและเทคนิคในการเขียนข้อสอบยึดตามที่ศึกษาในขั้นที่ 2

4. ตรวจทานข้อสอบ นำข้อสอบที่เขียนไว้ในขั้นที่ 3 มาพิจารณาทบทวนอีกครั้งหนึ่ง โดยพิจารณาถึงความถูกต้องตามหลักวิชา พิจารณาว่าแต่ละข้อวัดในเนื้อหาและสมรรถภาพตามตารางกำหนดลักษณะข้อสอบหรือไม่ ภาษาที่ใช้เขียนมีความชัดเจนเข้าใจง่ายเหมาะสมดีแล้วหรือไม่ ตัวถูกตัวลวงเหมาะสมเข้าหลักเกณฑ์หรือไม่ หลังจากพิจารณาเองแล้ว นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดผล และด้านเนื้อหาสาระ พิจารณาข้อบกพร่อง แล้วนำเอาข้อวิจารณ์เหล่านั้น มาพิจารณาปรับปรุง แก้ไขให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

5. พิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง นำแบบทดสอบทั้งหมดมาพิมพ์แบบทดสอบ โดยจัดพิมพ์คำชี้แจงหรือคำอธิบายวิธีทำแบบทดสอบไว้ที่ปกของแบบทดสอบอย่างละเอียดและชัดเจน การจัดพิมพ์วางรูปแบบให้เหมาะสม

6. ทดลองใช้ วิเคราะห์คุณภาพ และปรับปรุง โดยนำแบบทดสอบไปทดสอบกับกลุ่มที่คล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างที่จะสอบจริง ซึ่งได้เรียนในวิชาหรือเนื้อหาที่สอนแล้ว นำผลการสอบมาตรวจสอบให้คะแนนทำการวิเคราะห์แบบอิงเกณฑ์ คัดเลือกเอาข้อสอบที่มีคุณภาพเข้าเกณฑ์ตามจำนวนที่ต้องการ ถ้าข้อที่เข้าเกณฑ์มีจำนวนมากกว่าจำนวนที่ต้องการก็ตัดข้อที่มีเนื้อหาที่มากกว่าต้องการ ซึ่ง

เป็นข้อที่มีอำนาจจำแนกต่ำสุด ออกตามลำดับ นำเอาผลการสอบที่คิดเฉพาะข้อสอบที่เข้าเกณฑ์เหล่านั้นมาคำนวณหาค่าความเชื่อมั่น

7. พิมพ์แบบทดสอบฉบับจริง นำข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกและระดับความยากง่ายเข้าเกณฑ์ ตามจำนวนที่ต้องการในข้อที่ 6 มาพิมพ์เป็นแบบทดสอบฉบับจริงที่จะใช้จริง ซึ่งต้องมีคำชี้แจงวิธีทำด้วย และในการพิมพ์นอกจากจะใช้รูปแบบที่เหมาะสมแล้วควรคำนึงถึงความประณีต ความถูกต้อง ซึ่งจะต้องตรวจทานให้ดี

จากข้อความดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า การสร้างแบบทดสอบวัดความรู้ทางการเรียนอิงเกณฑ์นั้น ควรจะสร้างตามลำดับขั้นตอน เริ่มจากการวิเคราะห์จุดประสงค์ เนื้อหาวิชา และทำตารางวิเคราะห์ข้อสอบกำหนดรูปแบบของข้อคำถามและศึกษาวิธีเขียนข้อสอบ ตรวจทานข้อสอบ พิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง ทดลองใช้ วิเคราะห์คุณภาพและปรับปรุง และพิมพ์แบบทดสอบฉบับจริง ข้อควรคำนึงถึงอีกประการหนึ่ง คือ หลักในการเขียนข้อสอบแบบเลือกตอบ

4.4 หลักในการเขียนข้อสอบแบบเลือกตอบ

เนื่องจากข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบเป็นที่นิยมกันมากที่สุด จึงมีผู้เสนอแนะหลักการสร้างไว้หลายท่านซึ่ง วิเชียร เกตุสิงห์ (2530 : 34-42) ได้สรุปหลักของ ธอร์นไดร์ เฮกเกน และชวาล แพรัตกุล รวบรวมไว้ดังนี้

1. ควรใช้ตัวนำ (Stem) ให้เป็นประโยคสมบูรณ์ แต่ถ้าจะใช้แบบให้ต่อกันได้สนิททุกตัวเลือก

2. พยายามใช้ตัวเลือกสั้นๆ โดยตัดคำซ้ำออกหรือนำคำซ้ำไปไว้ในตัวคำถามก็ได้

3. ถ้าไม่จำเป็นแล้วไม่ควรใช้คำถามปฏิเสธ ถ้าจำเป็นก็แสดงให้เห็นว่าเป็นคำถามปฏิเสธอย่างชัดเจน

4. เขียนตัวคำถามให้ชัดเจน อ่านแล้วเข้าใจว่าถามอะไร และตัวเลือกก็ควรเป็นคำตอบที่ตรงคำถาม (ไม่ว่าจะผิดหรือถูก) กล่าวคือ ทั้งตัวคำถามและตัวลวงปนกันได้อย่างเหมาะสมนั่นเอง

5. ตัวเลือกที่ใช้เป็นตัวลวงต้องมีเหตุผลพอที่จะเป็นตัวลวงได้ กล่าวคือ ถ้าเด็กไม่รู้อาจเลือกตอบข้อเหล่านั้นไม่ผิดจนเห็นได้ชัด

6. อย่าใช้คำฟุ่มเฟือยในตัวคำถาม ข้อความใดที่ไม่จำเป็นก็ตัดทิ้งเสีย (ยกเว้นกรณีที่ต้องการให้อ่านจับใจความ)

7. อย่าพยายามใช้ตัวเลือกที่ผูกพันกัน เช่น ข้อหนึ่งเกี่ยวพันไปถึงข้ออื่น หรือมีความหมายคลุมเครือไปถึงข้ออื่นๆ ด้วย

8. ระวังการใช้ตัวเลือกปลายเปิด (Open End) เช่น ไม่มีข้อใดถูก หรือ ผิดทุกข้อ ถ้าจะใช้ต้องใช้ให้เหมาะ คือ ให้มีโอกาสเป็นข้อถูกด้วยและถ้าเป็นตัวลวง ก็ต้องมีคุณค่าพอที่เด็กไม่รู้จริง อาจเลือกตอบด้วย และที่ต้องระวังเป็นพิเศษก็คือ อย่าใช้กับข้อสอบที่มีคำตอบที่ไม่ถูกต้อง 100% เป็นอันขาด

9. เรียงลำดับตัวเลือกที่เป็นตัวเลือก หรือปริมาณที่บอกความมากน้อย สูงต่ำ เพื่อสะดวกสำหรับนักเรียน ที่จะหาคำตอบ

10. พยายามกระจายตัวถูก ให้อยู่คละกัน คือ ให้ตัวถูกอยู่ข้อ ก. บ้าง ข. บ้าง ค.บ้าง ง. บ้าง หรืออย่าเรียงลำดับอย่างมีระบบทางที่ดีควรเรียงตามข้อ 9 หรือเรียงตามความสั้นความยาวของตัวเลือกจะได้เป็นการกระจายตัวเลือกที่ถูกไปในตัวด้วย

11. ภาษาที่ใช้ในการเขียนคำถามและตัวเลือกให้มีความยากง่ายพอเหมาะกับนักเรียนไม่ควรใช้คำศัพท์ยากๆ สำหรับเด็กเล็ก

12. พยายามใช้รูปภาพประกอบ ถ้าสามารถทำได้ การใช้รูปภาพประกอบบางครั้งอาจช่วยให้เด็กเข้าใจคำถามได้แจ่มแจ้งขึ้น หรือบางรูปภาพอาจจะแสดงในสิ่งที่ไม่สามารถเขียนเป็นตัวหนังสือได้ หรือแสดงได้ดีกว่าการใช้ภาษาและการใช้ภาพจะวัดสมองได้ลึกกว่าด้วย

13. ข้อหนึ่งๆ ควรใช้ตัวเลือก 4- 5 ตัว (ยกเว้นข้อสอบเด็กที่ต่ำกว่าชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 อาจใช้ตัวเลือก 3 ตัวก็ได้) เพราะการใช้ตัวเลือกมาก จะช่วยให้โอกาสที่จะเดาถูกลดน้อยลง

14. อย่าแนะนำคำตอบด้วยวิธีการใดๆ ก็ตามจากข้อความดังกล่าวข้างต้น

สรุปได้ว่า ในการเขียนข้อสอบแบบปรนัยเลือกตอบควรคำนึงหลักการเขียนข้อสอบ เช่น คำถามจะต้องมีความชัดเจน ถูกต้องทางภาษา และตัวเลือกจะต้องมีความเหมาะสม เป็นต้น เพื่อจะทำให้ข้อสอบเป็นตัวแทนที่ดีของความรู้ทางการเรียนและสามารถประเมินผลการเรียนของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.5 คุณลักษณะของแบบทดสอบวัดความรู้ทางการเรียนที่ดี

ชวาล แพรัตกุล (2528 : 123-136) กล่าวถึง คุณลักษณะของแบบทดสอบที่ดีไว้ ดังนี้

1. ต้องเที่ยงตรง (Validity) หมายถึง คุณสมบัติที่จะทำให้ผู้ใช้ บรรลุถึงวัตถุประสงค์ แบบทดสอบที่มีความเที่ยงตรงสูง คือ แบบทดสอบที่สามารถทำหน้าที่วัดสิ่งที่ต้องการวัดได้อย่างถูกต้องตามความมุ่งหมาย

2. ต้องยุติธรรม (Fair) คือ โจทย์คำถามทั้งหลายไม่มีช่องทางแนะให้เด็กเดาคำตอบได้ ไม่เปิดโอกาสให้เด็กเกียจคร้านที่จะดูตำราแต่ตอบได้ดี

3. ต้องถามลึก (Searching) วัดความลึกซึ้งของวิทยาการตามแนวดิ่งที่วัดมากกว่าตามแนวกว้างว่ารู้มากน้อยเพียงใด

4. ต้องยั่วยุเป็นเยี่ยงอย่าง (Exemplary) คำถามมีลักษณะท้าทายชักชวนให้คิด เด็กสอบแล้วมีความอยากรู้มากเพียงใด

5. ต้องจำเพาะเจาะจง (Definite) เด็กอ่านคำถามแล้วต้องเข้าใจแจ่มชัดว่าครูถามถึงอะไร หรือให้คิดอะไร ไม่ถามคลุมเครือ

6. ต้องเป็นปรนัย (Objectivity) หมายถึง คุณสมบัติ 3 ประการ คือ

6.1 แจ่มชัดในความหมายของคำถาม

6.2 แจ่มชัดในวิธีการตรวจหรือมาตรฐานการให้คะแนน

6.3 แจ่มชัดในการแปลความหมายของคะแนน

7. ต้องมีประสิทธิภาพ (Efficiency) คือ สามารถให้คะแนนที่เที่ยงตรงและเชื่อถือได้มากที่สุดภายในเวลา แรงงานและเงินน้อยที่สุดด้วย

8. ต้องยากพอเหมาะ (Difficulty)

9. ต้องมีอำนาจจำแนก (Discrimination) คือ สามารถแยกแยะเด็กออกเป็นประเภทๆ ได้ทุกระดับตั้งแต่อ่อนสุดจนถึงเก่งที่สุด

10. ต้องเชื่อมั่นได้ (Reliability) คือ ข้อสอบนั้นสามารถให้คะแนนได้คงที่แน่นอนไม่แปรผัน

จากข้อความข้างต้น สรุปว่า แบบทดสอบที่ดีจะต้องมีลักษณะที่สำคัญ คือ ต้องมีเที่ยงตรง ยุติธรรม ถามลึก คำถามยั่วยุ ต้องจำเพาะเจาะจงเป็นปรนัยมีประสิทธิภาพ ยากพอเหมาะ มีอำนาจจำแนก และต้องเชื่อมั่นได้ จึงเป็นข้อสอบที่ดีมีมาตรฐาน และใช้วัดความรู้ทางการเรียนได้ตรงตามจุดประสงค์ของผู้วัดอย่างแท้จริง

5. เจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific attitude)

5.1 ความหมายของเจตคติ

ทรัสโตน (Thrustone, 1931 อ้างถึงใน มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2545, หน้า 200) กล่าวว่า เจตคติ หมายถึง อารมณ์ หรือความรู้สึกในทางสนับสนุน หรือต่อต้านเป้าหมายทางจิตซึ่งอาจเป็นสิ่งของหรือบุคคล

ออลพอร์ต (Allport, 1935 อ้างถึงใน มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2545, หน้า 200) ให้ความหมายเกี่ยวกับเจตคติไว้ว่า เป็นสภาวะความพร้อมทางจิตและประสาทซึ่งเป็นผลมาจากประสบการณ์ สภาวะความพร้อมนี้มีอิทธิพลต่อการตอบสนองทางวัตถุ สิ่งของหรือสถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง

ไพรัตน์ วงษ์นาม (2547, หน้า 263) ให้ความหมายว่า เจตคติคือ ความรู้สึกต่อวัตถุ เหตุการณ์ บุคคล ความรู้สึกดังกล่าว ก่อให้เกิดพฤติกรรมตามมา เช่น ถ้ามีเจตคติที่ดีก็อยากเข้าใกล้ อยากพบ หรือมีเจตคติที่ไม่ดี จะต่อต้าน เราเรียกสิ่งที่เรามุ่งแสดงความรู้สึกว่า “เป้าเจตคติ” (Target of Attitude)

พรรณณี ช. เจนจิต (2528, หน้า 208) กล่าวว่า เจตคติเป็นเรื่องของความรู้สึกพึงพอใจและไม่พอใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใด ซึ่งมีอิทธิพลทำให้แต่ละบุคคลตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่แตกต่างกันออกไป

โดยสรุปแล้วเจตคติ คือ หมายถึง แนวความคิดของคนที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ เจตคติในทางดี หรือในทางบวก จะเป็นการมองสิ่งนั้นๆ ในด้านดี และเจตคติในทางไม่ดี หรือในทางลบจะเป็นการมองสิ่งนั้นๆ ในด้านไม่ดี ซึ่งสามารถแสดงออกมาทางพฤติกรรมได้

5.2 ลักษณะของเจตคติ

ลักษณะเจตคติของบุคคลมี ดังนี้ (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2545, หน้า 201)

2.1 เจตคติเป็นสิ่งที่เกิดจากการเรียนรู้และประสบการณ์ของบุคคล เจตคติไม่ใช่สิ่งที่เกิดขึ้นเองหรือมีมาแต่กำเนิด แต่เป็นผลมาจากการเรียนรู้และการสั่งสมประสบการณ์ของแต่ละบุคคลทั้งทางตรงและทางอ้อม แหล่งสำคัญที่ก่อให้เกิดเจตคติ ได้แก่ ครอบครัว สื่อมวลชนและบุคคลที่พบปะด้วย เช่น ครู เพื่อน เป็นต้น

2.2 เจตคติต้องมีเป้าหมาย (Target) เจตคติจะเกิดขึ้นลอยๆ โดยไม่มีเป้าหมายหรือที่หมายไม่ได้ เป้าหมายอาจจะเป็นบุคคล สิ่งของ สถานที่ หรือสถานการณ์

2.3 เจตคติมีทิศทาง (Direction) การแสดงความรู้สึกของบุคคลเป็นไปได้ทั้งทางบวกและทางลบ หรือทิศทางที่พึงปรารถนาและไม่พึงปรารถนา เช่น ชอบ – ไม่ชอบ เห็นด้วย – ไม่เห็นด้วย สำคัญ – ไม่สำคัญ เป็นต้น

2.4 เจตคติมีความเข้ม (Intensity) บุคคลอาจมีความรู้สึกเหมือนกันแต่อาจมีระดับความมากน้อยของความรู้สึกแตกต่างกัน

2.5 เจตคติมีลักษณะค่อนข้างคงทน หรือไม่เปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาหนึ่ง เจตคติของบุคคล เป็นผลมาจากการสั่งประสบการณ์มาเป็นเวลานานพอสมควร จึงมีลักษณะค่อนข้างคงทน แต่เจตคติของบุคคลอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้

5.3 องค์ประกอบของเจตคติ

นักจิตวิทยาหลายท่านได้กล่าวถึง องค์ประกอบของเจตคติไว้ ดังนี้

ดวงเดือน พันธุมนาวิน และเพ็ญแข ประจนปัจจนึก (2530, หน้า 55) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของเจตคติไว้ 3 ด้าน คือ

1. องค์ประกอบด้านความรู้ (Cognitive Component) หมายถึงการที่บุคคลจะมีเจตคติต่อสิ่งต่างๆ ได้นั้น บุคคลต้องมีการรับรู้ เกี่ยวกับสิ่งนั้นก่อนเสมอซึ่งเป็นความรู้ ความเชื่อในเชิงประมาณค่าว่าสิ่งนั้นมีคุณหรือโทษอย่างไร และเนื่องจากการรับรู้ที่อาจผิดพลาดหรือบิดเบือนจากความเป็นจริงก็จะทำให้บุคคลมีเจตคติที่ไม่ถูกต้องต่อสิ่งนั้นๆ ได้

2. องค์ประกอบด้านความรู้สึก (Affective Component) หมายถึง ความรู้สึกชอบ ไม่ชอบ ไม่พอใจ หรือไม่แน่ใจ ต่อสิ่งต่างๆ ซึ่งความรู้สึกนั้นเกิดขึ้นเองโดยอัตโนมัติหลังจากที่บุคคลมีความรู้เกี่ยวกับประโยชน์หรือโทษต่อสิ่งนั้นแล้ว องค์ประกอบด้านความรู้สึกนั้นจะสอด คล้องกับองค์ประกอบด้านการรับรู้เสมอ กล่าวคือ ถ้าบุคคลใดรับรู้เกี่ยวกับสิ่งใดในทางที่ดี ย่อมมีความรู้สึกที่ดี พอใจในสิ่งนั้น ตรงกันข้ามกับบุคคลที่ได้รับความรู้ที่เกี่ยวกับสิ่งใดในทางไม่ดีก็ย่อมไม่ชอบ ไม่พอใจต่อสิ่งนั้นตามมา

3. องค์ประกอบด้านการมุ่งกระทำ (Behavior Intention Component) หมายถึงองค์ประกอบที่เกิดขึ้นหลังจากที่บุคคลมีความรู้สึกเชิงประมาณค่าเกี่ยวกับประโยชน์หรือโทษต่อสิ่งต่างๆ และเกิดความรู้สึกพึงพอใจ หรือไม่พอใจต่อสิ่งนั้นๆ แล้ว การกระทำที่เกิดขึ้นตามมานั้นมักจะสอดคล้องกับการรับรู้และความรู้สึกต่อสิ่งนั้นๆ เสมอ

เทรนดิส (Trandis, 1971, pp. 8 – 12) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของเจตคติไว้ 3 ด้าน คือ

1. องค์ประกอบด้านความรู้ (The Cognitive Component) หมายถึง ความรู้ ความเชื่อ ความคิดของบุคคลต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

2. องค์ประกอบด้านความรู้สึก (The Affective Component) หมายถึง ความรู้สึกชอบหรือไม่ชอบ ความรู้สึกทางบวกต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

3. องค์ประกอบด้านพฤติกรรม (The Behavioral Component) หมายถึง แนวโน้มหรือความพร้อมที่บุคคลจะปฏิบัติตามหรือปฏิเสธ

5.4 การเกิดเจตคติ

พรรณี ช. เจนจิต (2528, หน้า 288) กล่าวถึงแหล่งที่มีอิทธิพลต่อการเกิดเจตคติของบุคคลไว้ ดังนี้

1. เจตคติเป็นเรื่องของการเรียนรู้เนื่องจากการอบรมมาตั้งแต่เด็ก เป็นไปในลักษณะของการซึมซาบจากการเลียนแบบของพ่อแม่ และคนข้างเคียง ไม่ต้องมีใครสอน

2. เกิดจากประสบการณ์ของบุคคล

3. เกิดจาการถ่ายทอดจากเจตคติที่มีอยู่แล้ว

4. การสื่อสารมวลชน

กฤษณา ศักดิ์ศรี (2528, หน้า 188 - 189) กล่าวว่าเจตคติเกิดจากประสบการณ์เรียนรู้ไม่ได้มีมาแต่กำเนิด มีขบวนการซับซ้อนมาก แหล่งกำเนิดหรือต้นเหตุของการเกิดเจตคติมีหลายทาง ดังนี้

1. เจตคติเกิดจากประสบการณ์ทางตรงและประสบการณ์ทางอ้อม (Direct & Indirect Experience) ประสบการณ์ที่รู้สึกพอใจจะเกิดเจตคติที่ดีต่อสิ่งนั้น แต่ประสบการณ์ใดไม่พอใจจะเกิดเจตคติที่ไม่ดีต่อสิ่งนั้น

2. การศึกษาเล่าเรียน การอบรมสั่งสอน ทั้งการสอนที่เป็นแบบแผนและไม่เป็นแบบแผน สถาบัน ทำหน้าที่สอนเพื่อปลูกเจตคติมีมากมาย เช่น โรงเรียน วัด บ้าน สิ่งแวดล้อม สื่อมวลชน ตั้งแต่เด็กมาแล้วมักจะได้รับการสอนว่าอย่างไรดี อย่างไรไม่ดี มีคุณหรือโทษอย่างไร เด็กที่อยู่ภายใต้สถาบันใดก็จะได้รับความคิด ความนิยมมาเป็นเจตคติของตนเอง

3. รอยประทับใจ (Impression) ทำให้เกลียดไม่อยากเห็นหน้าหรือรักนับถือจับใจ

4. การสำเร็จสมความปรารถนาหรือไม่ ถ้าประสงค์สิ่งใดแล้วผิดหวังย่อมเกิดเจตคติที่ไม่ดี

5. บุคลิกภาพที่มีผลต่อเจตคติ คนประเภทเก็บตัว (Introvert) มีเจตคติตามแนวคิดของตนเองและคล้อยตามคนอื่น หรือกลุ่มอื่นด้วย

6. สิ่งแวดล้อมและวัฒนธรรม รวมทั้งการอบรมเลี้ยงดูของครอบครัวมีอิทธิพล ที่จะสร้างภาพพจน์หล่อหลอมเป็นเจตคติได้ วัฒนธรรมภายในสังคม ความเชื่อทางศาสนาโน้มทำให้เกิดแนวคิดหรือหลักการในการดำรงชีวิตกลายเป็นเจตคติในการดำรงชีวิต

7. รับการถ่ายทอดหรือเลียนแบบเจตคติจากคนอื่น คนเราย่อมแปลพฤติกรรมคนอื่นมาเป็นเจตคติ ถ้ายอมรับนับถือเคารพใครก็มักจะยอมรับและยึดถือเป็นแบบอย่าง

8. สื่อมวลชน วิทยุ โทรทัศน์ หนังสือพิมพ์สามารถสร้างเจตคติได้

9. ความก้าวหน้าทางวิชาการ การสื่อสารและเครื่องมือสื่อสารมีผลต่อการสร้างเจตคติมาก เทคโนโลยี วิชาการ การสื่อสาร การคมนาคม พัฒนาช่วยให้ความรู้สึกนึกคิดของคนเปลี่ยนแปลงไปได้รับการถ่ายทอดซึมซาบสิ่งใหม่ๆ และเก็บไว้เกิดเจตคติใหม่ๆ

ประพาเพ็ญ สุวรรณ (2526, หน้า 91 – 93) ได้กล่าวถึงการเกิดเจตคติ ดังนี้

1. ประสบการณ์เฉพาะอย่าง (Specific Experiences) วิธีการหนึ่งที่เราเรียนรู้เจตคติ คือ จากการมีประสบการณ์เฉพาะอย่าง กับสิ่งที่เกี่ยวข้องกับเจตคตินั้น เช่น ถ้าเรามีประสบการณ์ที่ดีในการติดต่อกับบุคคลหนึ่ง เราจะมีความรู้สึกชอบกับบุคคลนั้น ในทางตรงกันข้ามถ้าเรามีประสบการณ์ที่ไม่ดี เราก็จะรู้สึกไม่ชอบบุคลนั้น

2. การติดต่อสื่อสารกับบุคคลอื่น (Communication with Others) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับบุคคลในครอบครัว เช่น ถ้าเด็กได้รับการสั่งสอนหรือบอกจากผู้ปกครองเสมอว่า การขโมยสิ่งของเป็นสิ่งไม่ดี เด็กจะเกิดเจตคติเช่นนั้น

3. สิ่งที่เป็นแบบอย่าง (Models) เจตคติบางอย่างถูกสร้างขึ้นจากการเลียนแบบผู้อื่น กระบวนการเกิดเจตคติโดยวิธีนี้ เกิดขึ้นได้โดยขั้นแรกจากเหตุการณ์บางอย่าง บุคคลจะมองเห็นว่าบุคคลอื่นมีการปฏิบัติเช่นไร ขั้นต่อไปบุคคลจะแปลความหมายของการปฏิบัตินั้นในรูปของความเชื่อซึ่งมาจาการปฏิบัติของเขา ตัวบุคคลนั้นให้ความเคารพนับถือยกย่องบุคคลที่แสดงปฏิกิริยานั้นอยู่แล้ว บุคคลนั้นย่อมรับความรู้สึก ความเชื่อถือที่เราคิดว่าบุคคลที่แสดงปฏิกิริยานั้นๆ

กล่าวโดยสรุปได้ว่าเจตคติ ไม่ได้มีมาตั้งแต่กำเนิด แต่เกิดจากการเรียนรู้รวมถึงประสบการณ์ต่างๆ ที่ได้รับ ซึ่งการเรียนรู้และประสบการณ์นั้นหากทำให้เกิดความพอใจก็จะทำให้เกิดเจตคติที่ดีหรือเจตคติทางบวก และหากการเรียนรู้และประสบการณ์ที่ได้รับทำให้เกิดความไม่พอใจก็จะทำให้เกิดเจตคติที่ไม่ดีหรือเจตคติทางลบ

5.5 การสร้างและการเปลี่ยนแปลงเจตคติ

เจตคติเกิดจากประสบการณ์ที่ได้รับและสิ่งเร้าต่างๆ และเป็นสิ่งที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งนักจิตวิทยาได้กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงไว้ ดังนี้

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2534, หน้า 255) ได้กล่าวถึงการสร้างและการเปลี่ยนแปลงเจตคติเพื่อนำไปใช้ในการเรียนการสอนว่า บุคคลที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงเจตคติของนักเรียน คือ ครู เพื่อน และสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ในโรงเรียน ครูควรสร้างเจตคติทางบวกให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียน เห็นความสำคัญของบทเรียนและประโยชน์ที่จะได้รับ โดยอาศัยทฤษฎีการเกิดและการเปลี่ยนแปลงเจตคติ ดังนี้

1. การให้การเสริมแรงแก่นักเรียน ครูควรให้ความสนใจ ให้กำลังใจหรือคำชมเพื่อให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนมากขึ้น

2. การให้การเลียนแบบเจตคติที่ดีโดยดูจากบุคคลสำคัญที่นักเรียนรักและชื่นชม เพื่อจะได้รับเอาเจตคตินั้นมาเป็นของนักเรียน

3. การพิจารณาถึงองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงเจตคติ เช่น การรับข่าวสาร การสื่อความหมาย ครูควรควบคุมองค์ประกอบเหล่านี้ให้ดีจึงจะบังเกิดผลในการสร้างหรือปรับเปลี่ยนเจตคติของนักเรียน

4. ครูต้องให้ข่าวสารหรือสร้างสถานการณ์ที่จะทำให้เกิดการสอดคล้องและขัดแย้งเมื่อต้องการจะเสริมเจตคติให้เข้มหรือลดเจตคติที่ไม่ต้องการ จนกว่านักเรียนจะได้มีความรู้ความเข้าใจและมีความรู้สึกร่วมด้วย

5. การเปลี่ยนแปลงเจตคติของกลุ่มจะง่ายกว่าการเปลี่ยนทีละคน เพราะบุคคลจะต้องการเข้ากลุ่มและเลียนแบบสิ่งแวดล้อมได้ดีจึงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเจตคติ

6. หลักและวิธีการในการเปลี่ยนเจตคติต้องพิจารณาให้เหมาะสม เพราะอาจเหมาะสมกับบางสถานการณ์เท่านั้น

7. การหาวิธีกระตุ้นให้นักเรียนเปลี่ยนเจตคติโดยให้มีส่วนร่วมในการตัดสินใจ เปลี่ยนเจตคติหรือเต็มใจที่จะเปลี่ยนเจตคติด้วยตนเอง

8. การสร้างเจตคติที่ดีต่อตนเอง โดยให้ความรู้ความเข้าใจในความสามารถของตนเอง เพราะบุคคลมักจะแสดงพฤติกรรมที่สอดคล้องกับเจตคติของตนเอง

กมลรัตน์ หล้าสุวงศ์ (2528, หน้า 133) กล่าวถึง การสร้างและการเปลี่ยนแปลงเจตคติในด้านการเรียนเพื่อให้เกิดเจตคติที่ดีต่อการเรียนกระทำได้ ดังนี้

1. การสร้างเจตคติที่ดีต่อการเรียน

1.1 จัดสิ่งแวดล้อมหรือประสบการณ์ทำให้เกิดความพอใจและสนุกสนาน

1.2 ครูต้องเป็นแบบอย่างที่ดีทั้งในด้านความคิด ความประพฤติ และการมีระเบียบวินัยด้านการเรียนรู้และสังคม

2. การเปลี่ยนแปลงเจตคติที่ไม่ดีต่อการเรียน

2.1 ให้การแนะแนวโดยชี้แนะแนวทางการปฏิบัติต่อการเรียนรู้ให้ถูกต้องและเหมาะสม ชี้ให้เห็นแนวโน้มที่จะสนองในทางบวกต่อสิ่งที่ทำคุณประโยชน์ต่อตนเอง

2.2 พยายามให้การเสริมแรงที่ตรงกับความถนัดและความต้องการของแต่ละคนเพื่อให้มีกำลังใจที่จะเรียนรู้มากกว่าการลงโทษ

2.3 พยายามให้ลงมือกระทำเองและมีส่วนร่วมรับผิดชอบต่อสิ่งนั้น เช่น การสอนหัวข้อบางอย่าง ครูแบ่งให้นักเรียนค้นคว้าด้วยตนเอง ผู้เรียนจะเกิดความเข้าใจ ภาคภูมิต่อบทเรียนนั้นๆ ทำให้เจตคติที่ไม่ดีต่อบทเรียนนั้นลดลงและในที่สุดกลายเป็นเจตคติที่ดีไปได้

สิ่งที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและเสริมสร้างเจตคติมีหลายประการ เช่น ครอบครัว โรงเรียน เพื่อน สื่อมวลชน เป็นต้น ดังนั้นหากต้องการให้นักเรียนเกิดเจตคติที่ดีต่อการเรียน ครูควรสร้างบรรยากาศในการเรียน และสนับสนุนให้นักเรียนเกิดความสนุกสนานในการเรียนซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดเจตคติที่ดีและเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.6. หลักการวัดเจตคติ

นักจิตวิทยาหลายท่านที่ศึกษาเกี่ยวกับการวัดเจตคติได้กล่าวถึงการวัดเจตคติไว้ต่างๆ ดังนี้

ไพศาล หวังวานิช (2526, หน้า 147 - 149) กล่าวว่า การวัดเจตคติเป็นสิ่งที่ยุ่งยากพอสมควร เพราะเป็นการวัดคุณลักษณะภายในของบุคคลซึ่งเกี่ยวข้องกับอารมณ์และความรู้สึกหรือ

ลักษณะทางจิตใจ คุณลักษณะดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย อย่างไรก็ตาม เจตคติของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ก็ยังสามารถวัดได้ โดยอาศัยหลักสำคัญ ดังต่อไปนี้

1. การยอมรับข้อตกลงเบื้องต้น (Basic Assumption) เกี่ยวกับการวัดเจตคติ คือ

1.1 ความคิด ความรู้สึก หรือเจตคติของบุคคลนั้นจะคงที่อยู่ช่วงเวลาหนึ่ง นั่นคือความรู้สึกนึกคิดของคนเราไม่ได้เปลี่ยนแปลงหรือผันแปรตลอดเวลา อย่างน้อยจะต้องมีช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ที่ความรู้สึกคงที่ทำให้สามารถวัดได้

1.2 เจตคติของบุคคลไม่สามารถวัดหรือสังเกตได้โดยตรง การวัดจะเป็นแบบวัดทางอ้อม โดยวัดจากแนวโน้มที่บุคคลแสดงออกหรือประพฤติอยู่เสมอ

2. การวัดเจตคติด้วยวิธีใดก็ตามต้องมีองค์ประกอบ 3 อย่าง คือ ตัวบุคคลที่จะถูกวัด สิ่งเร้า การตอบสนอง ซึ่งจะออกมามากหรือน้อย

3. สิ่งเร้าที่นำมาใช้ คือ ข้อความคิดเจตคติ (Attitude Statements) ซึ่งเป็นสิ่งเร้าทางภาษาที่ใช้อธิบายคุณค่า คุณลักษณะของสิ่งนั้น เพื่อให้บุคคลตอบสนองมาในระดับความรู้สึก เช่น มากน้อย เป็นต้น

4. การวัดเจตคติต้องคำนึงถึงความเที่ยงตรง (Validity) ของการวัดเป็นพิเศษ ต้องพยายามให้ผลของการวัดที่ได้ตรงกับสภาพความเป็นจริงของบุคคลทั้งในแง่ทิศทางและระดับ

4.1 ใช้ข้อความที่กล่าวถึงเหตุการณ์หรือเรื่องราวที่เป็นปัจจุบัน

4.2 หลีกเลี่ยงข้อความที่เป็นเท็จ ทำให้ได้ทราบความรู้สึกหรือความคิดของบุคคล

4.3 ข้อความที่ต้องให้คำตอบที่สามารถแปลความหมายได้ เช่น สามารถบอกทิศทางและระดับความรู้สึกของบุคคลได้

4.4 ข้อความนั้นต้องมีความเป็นปรนัย คือ มีความชัดเจน มีความหมายแน่นอนไม่ใช้ภาษาที่วกวนหรือคลุมเครือ

5. ข้อความหนึ่งๆ ควรถามความคิดเพียงอย่างเดียว ถ้าหลายความคิดจะยุ่งยากต่อการเสนอความคิดเห็น เช่น การสอนบรรยายทำให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่าย หรือการสอนแบบบรรยายทำให้ผู้เรียนขาดความริเริ่มสร้างสรรค์ เป็นต้น

6. ข้อความที่ใช้ควรเป็นลักษณะกลางๆ เพื่อให้ตอบสนอง แสดงความคิดเห็นในทางบวกและทางลบ และควรหลีกเลี่ยงในการใช้คำบางคำ เช่น เสมอ ทั้งหมด ไม่ได้เลย เป็นต้น

7. หลีกเลี่ยงข้อความที่ไม่อาจแสดงความคิดได้ เช่น ข้อความที่กล่าวนอกเรื่องที่จะศึกษา

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2536, หน้า 3 – 4) ได้อธิบายวิธีการวัดเจตคติโดยสรุปได้ดังนี้

1. การสัมภาษณ์ (Interview) เป็นวิธีที่ง่ายและตรงไปตรงมาที่สุด การสัมภาษณ์จะต้องเตรียมข้อรายการที่จะซักถามไว้อย่างดี ข้อรายการนั้นต้องเขียนเน้นความรู้สึกที่สามารถวัดเจตคติได้

ตรงเป้าหมาย ผู้สัมภาษณ์จะได้ทราบความรู้สึกหรือความคิดของผู้ตอบที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ข้อเสียคือ ผู้สัมภาษณ์ต้องสร้างบรรยากาศในการสัมภาษณ์ให้เป็นกันเอง ให้ผู้ตอบรู้สึกสบายใจ ไม่เคร่งเครียด และแน่ใจว่าคำตอบของเขาเป็นความลับ

2. การสังเกต (Observation) เป็นวิธีการใช้ตรวจสอบบุคคลอื่นโดยการเฝ้ามองและจดบันทึกพฤติกรรมของบุคคลอย่างมีแบบแผน เพื่อจะได้ทราบว่าบุคคลที่เราสังเกตมีทัศนคติ ความเชื่ออุปนิสัยอย่างไร ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตจะถูกต้องใกล้เคียงกับความจริงหรือไม่เป็นที่เชื่อถือได้เพียงใด มีข้อควรคำนึงหลายประการ กล่าวคือ ควรมีการศึกษาหลายๆ ครั้ง ทั้งนี้เพราะเจตคติของบุคคลมาจากหลายสาเหตุ นอกจากนี้ผู้สังเกตต้องทำตัวเป็นกลางไม่มีความลำเอียง และการสังเกตควรสังเกตหลายๆ ช่วงเวลา

3. การรายงานตนเอง (Self – Report) วิธีนี้ต้องการให้ผู้ถูกวัดแสดงความรู้สึกของตนออกมาอย่างตรงไปตรงมา แบบทดสอบหรือมาตรฐานมีของเธอร์สโตน (Therstone) กัตต์แมน (Guttman) ลิเคอร์ท (Likert) และออสกูด (Osgood) นอกจากที่กล่าวมาก็มีแบบให้ผู้สอบรายงานตนเองและแบบอื่นๆ อีกมาก แล้วแต่จุดมุ่งหมายของการสร้างและการวัด

4. เทคนิคการจินตนาการ (Projective Measurement) การวัดทางนี้อาศัยเครื่องมือไฟฟ้าเหมือนกัลป์วานอมิเตอร์ แต่สร้างเฉพาะเพื่อที่จะวัดความรู้สึกอันจะทำให้พลังไฟฟ้าในร่างกายเปลี่ยนแปลง เช่นดีใจ เข็มก็ชี้อย่างหนึ่ง เสียใจเข็มก็จะชี้อีกอย่างหนึ่ง ใช้หลักการเดียวกับเครื่องจับเท็จ เครื่องมือแบบนี้ยังพัฒนาไม่ดีจึงยังไม่นิยมใช้

5.7 ความหมายของเจคติต่อวิทยาศาสตร์

ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2542 : 118 – 119) ได้ให้ข้อสังเกตเกี่ยวกับวลี “เจตคติต่อ” ว่ามีนิสัยที่เปิดกว้างและจะมีความชัดเจนยิ่งขึ้นก็ต่อเมื่อ ระบะว่าเป็นเจตคติต่ออะไร โดยในส่วนของโครงสร้างของพฤติกรรมด้านเจตคติ ได้ยึดกรอบแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538 : 39 – 30) ดังนี้

1. พอใจในประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
2. ศรัทธาและซาบซึ้งในผลงานทางวิทยาศาสตร์
3. เห็นคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. ตระหนักในคุณและประโยชน์ของการใช้เทคโลยี
5. ตั้งใจเรียนวิทยาศาสตร์
6. เรียนหรือเข้าร่วมกิจกรรมวิทยาศาสตร์อย่างสนุกสนาน
7. เลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ
8. ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยใคร่ครวญไตร่ตรองถึงผลดีและผลเสีย

จากกรอบแนวคิดดังกล่าว เป็นการจัดเรียนพฤติกรรมด้านจิตพิสัยไว้ 2 ลักษณะ คือ

1. พฤติกรรมในระดับความรู้สึกนึกคิด ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรม 1 – 4
2. พฤติกรรมในระดับการแสดงออกซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรม 5 – 7
   2.1 การแสดงออกในระดับการศึกษาเล่าเรียนประกอบด้วยพฤติกรรม 5 – 7
   2.2 การแสดงออกในระดับการนำไปใช้ ได้แก่ พฤติกรรม 8 – 9

พิสิทธิ์พจน์ ไชยานุกูล (2544 : 20 – 25) ได้กล่าวถึง เจตคติต่อวิทยาศาสตร์และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนี้ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์มีความสับสนกับเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ทั้งสองมีลักษณะแตกต่างกัน โดยเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการคิดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ หรือความเชื่อเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ซึ่งบางครั้งนิยมเรียกว่า เจตคติด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Attitude or Orientation) (Haladyna and Shaughnssy. 1982 : 548) ส่วนเจตคติต่อวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับความรู้สึกที่มีต่อวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ จึงเป็นเจตคติด้านจิตพิสัย (Affective Orientation) (Schibeci. 1983 : 567) เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกและความเช่อมั่นของนักเรียนที่มีต่อวิทยาศาสตร์ทั้งด้านดีและไม่ดี เกี่ยวกับคุณประโยชน์ ความสำคัญของเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์

จากข้อความข้างต้น สรุปว่า เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ หมายถึง คุณลักษณะหรือลักษณะนิสัยด้านความรู้สึกของบุคคลที่มต่อวิชาวิทยาศาสตร์ อย่างมีเป้าหมายและเต็มใจที่จะเรียน

5.8 ลักษณะของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

ลักษณะของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1. เจตคติที่เกิดจากการใช้ความรู้
   1.1 กฎเกณฑ์ ทฤษฎี และหลักการต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์
   1.2 การอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติในเชิงวิทยาศาสตร์ โดยถือผลที่เกิดจากการสังเกต ทดลอง ตามที่เกิดจริง โดยอาศัยข้อมูลองค์ประกอบที่เหมาะสม

2 เจตคติที่เกิดจากความรู้สึก

2.1 กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์มุ่งที่ก่อให้เกิดความคิดใหม่ๆ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ คุณค่าสำคัญจึงอยู่ที่การสร้างทฤษฎี

2.2 ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์จะมีมากขึ้นถ้าได้รับการสนับสนุนจากบุคคล

2.3 การเป็นนักวิทยาศาสตร์ หรือการทำงานที่ต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นสิ่งที่น่าสนใจและมีคุณค่า

บุคคลที่มีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์จะต้องเป็นบุคคลที่มีคุณสมบัติ 6 ข้อ ดังต่อไปนี้

1 คุณลักษณะของบุคคลที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์

1.1 เป็นคนที่มีเหตุผล

1.2 จะต้องเป็นคนที่ยอมรับ และเชื่อในความสำคัญของเหตุผล

1.3 ไม่เชื่อโชคลาง คำทำนาย หรือสิ่งศักดิ์สิทธิ์ต่างๆ

1.4 ค้นหาสาเหตุของปัญหาหรือเหตุการณ์ และหาความสัมพันธ์ของสาเหตุกับผลที่เกิดขึ้น

1.5 ต้องเป็นบุคคลที่สนใจปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น และจะต้องเป็นบุคคลที่พยายามค้นหาคำตอบว่า ปรากฏการณ์ต่างๆ นั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร และทำไมจึงเกิดเหตุการณ์เช่นนั้น

2 เป็นคนที่มีความอยากรู้อยากเห็น

2.1 มีความพยายามที่จะเสาะแสวงหาความรู้ในสถานการณ์ใหม่ๆ อยู่เสมอ

2.2 ตระหนักถึงความสำคัญของการแสวงหาข้อมูลเพิ่มเติมเสมอ

2.3 จะต้องเป็นบุคคลที่ชอบซักถาม ค้นหาความรู้โดยวิธีการต่างๆ อยู่เสมอ

3. เป็นบุคคลที่มีใจกว้าง

3.1 เป็นบุคคลที่กล้ายอมรับการวิพากษ์วิจารณ์จากบุคคลอื่น

3.2 เป็นบุคคลที่จะรับรู้และยอมรับความคิดเห็นใหม่ๆ อยู่เสมอ

3.3 เป็นบุคคลที่เต็มใจที่จะเผยแพร่ความรู้และความคิดให้แก่บุคคลอื่น

3.4 ตระหนักและยอมรับข้อจำกัดของความรู้ที่ค้นพบในปัจจุบัน

4 เป็นบุคคลที่มีความซื่อสัตย์ และมีใจเป็นกลาง

4.1 เป็นบุคคลที่มีความซื่อตรง อดทน ยุติธรรม และละเอียดรอบคอบ

4.2 เป็นบุคคลที่มีความมั่นคง หนักแน่นต่อผลที่ได้จากการพิสูจน์

4.3 สังเกตและบันทึกผลต่างๆ อย่างตรงไปตรงมา ไม่ลำเอียง และมีอคติ

5 มีความเพียรพยายาม

5.1 ทำกิจกรรมที่ได้รับมอบหมายให้เสร็จสมบูรณ์

5.2 ไม่ท้อถอยเมื่อผลการทดลองล้มเหลว หรือมีอุปสรรค

5.3 มีความตั้งใจแน่วแน่ต่อการค้นหาความรู้

6 มีความละเอียดรอบคอบ

6.1 รู้จักใช้วิจารณญาณก่อนที่จะตัดสินใจใดๆ

6.2 ไม่ยอมรับสิ่งหนึ่งสิ่งใดจนกว่าจะมีการพิสูจน์ที่เชื่อถือได้

6.3 หลีกเลี่ยงการตัดสินใจ และการสรุปผลที่ยังไม่มีการวิเคราะห์แล้วเป็นอย่างดี

5.9 เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ กับจุดมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์

ในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ทุกสาขาวิชา ทุกระดับชั้นก็ต้องยึดถือหลักการดังกล่าวเช่นเดียวกัน คือ จะต้องสอนให้ผู้เรียนเจริญงอกงามไปพร้อมกันทั้ง 3 ด้าน โดยในแต่

ละระดับชั้น หรือแต่ละหลักสูตอาจมีการเน้นหรือกำหนดสัดส่วนที่แตกต่างกันไปบ้างเท่านั้นซึ่งเจตคติที่สำคัญทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้นประกอบไปด้วย

5.9.1 ด้านความรู้ความคิด หรือพุทธิพิสัย (C)

เป็นจุดมุ่งหมายที่ต้องการพัฒนา ทางด้านสติปัญญา ความคิด หรือพัฒนาสมองของผู้เรียนให้เจริญงอกงาม ซึ่งก็คือการสอนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ทั้งหลายในส่วนที่เป็น ตัวองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Body of scientific knowledges) อันได้แก่ ข้อเท็จจริง (Fact) แนวความคิดหรือสังกัป (Concept) หลักการหรือกฎ (Principle & Law) และทฤษฎี (Theory) ซึ่งจะมีความลึกซึ้ง กว้างขวางแตกต่างกันไปตามระดับชั้นหรือหลักสูตร

5.9.2 ด้านความรู้สึก หรือจิตพิสัย (A)

เป็นจุดมุ่งหมายที่ต้องการทำให้ผู้เรียนได้พัฒนาเจริญงอกงามในส่วนที่เป็นเรื่องของจิตใจและความรู้สึก ที่สำคัญ ได้แก่ ความสนใจ (Interests) ความซาบซึ้ง (Appreciations) ค่านิยมและความเชื่อ (Values & Beliefs) และเจตคติ (Attitudes)

5.9.3 ด้านทักษะปฏิบัติ หรือปฏิบัติพิสัย (P)

เป็นจุดมุ่งหมายที่ต้องการ พัฒนาให้ผู้เรียนได้เจริญงอกงาม มีทักษะ ความชำนาญในการปฏิบัติ หรือทำเป็น

5.10 หลักการสร้างเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

ในการจัดการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์นั้น นอกจากจะมีจุดมุ่งหมายให้นักเรียนมีความรู้ ความสามารถในวิชาวิทยาศาตร์แล้ว ก็ยังต้องปลูกฝังให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้วย เพราะเจตคติในวิชาเรียนมีความสำคัญ เป็นสิ่งที่ทำให้ผู้เรียนตั้งใจเรียน สนใจเรียน หมกมุ่นในการเรียนและแสวงหาความรู้ได้เป็นอย่างดี ถ้าหากนักเรียนมีเจตคติต่อผู้เรียน ต่อกิจกรรมการเรียนการสอน ต่อวิชาที่เรียน ก็จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงด้วย (สำเริง บุญเรืองรัตน์. 2524 : 7) การสร้างเจตคติที่ดีต่อนักเรียน มีดังนี้

1. ให้นักเรียนทราบจุดมุ่งหมายในการเรียน
2. ให้นักเรียนเห็นประโยชน์ในวิชานั้นๆ โดยแท้จริง
3. ให้นักเรียนได้มีโอกาสหรือส่วนร่วมในการเรียนการสอน
4. ให้นักเรียนได้เรียนสอดคล้องกับความสามารถ ความถนัด เพื่อจะให้เกิดผลสำเร็จทางการเรียน อันเป็นผลให้มีเจตคติที่ดีต่อไป
5. การสอนของครูต้องมีการเตรียมตัวอย่างดี ใช้วิธีสอนที่ดี นักเรียนเข้าใจอย่างแจ้มแจ้ง
6. ครูจะต้องสร้างความอบอุ่นใจและความเป็นกันเองกับนักเรียน
7. ครูจะต้องเป็นผู้เสริมสร้างบุคลิกภาพให้เป็นที่น่าเลื่อมใสแก่นักเรียน

8. จัดสภาพแวดล้อมต่างๆ ของโรงเรียน ห้องเรียน ให้มีบรรยากาศที่น่าอยู่และน่าสนใจ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบสอบถามเจตคติที่มีต่อวิชาฟิสิกส์ และการสอนพื้นฐานคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ของ จินตนา ช่วยด้วง. (2547) และหาความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach)

6. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

6.1 ความหมายทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

คลอฟเฟอร์ (Klopfer.1971:568-573) ได้ให้ความหมายทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่ใช้ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

ปีเตอร์สัน (Perterson.1978:153) ได้ให้ความหมายทักษะทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นปฏิบัติการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วย การสังเกต การตั้งคำถาม การทดลอง การเปรียบเทียบ การสรุปพาดพิง การสรุปหลักเกณฑ์ และการสื่อความหมายและการนำไปใช้

แอนเดอร์สัน (Anderson. 1978: 15) ได้ให้ความหมายทักษะทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการเสาะแสวงหาความรู้ ความหมายที่สำคัญของกระบวนการในการเสาะแสวงหาความรู้ ทำให้เกิดพัฒนาการทางด้านสติปัญญา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550: 1) ให้ความหมายทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและการฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ ซึ่งก่อให้เกิดความงอกงามทางสติปัญญา

วรรณทิพา รอดแรงค้า และจิต นวนแก้ว (2533: V) ให้ความหมายทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นทักษะทางสติปัญญาที่นักวิทยาศาสตร์และผู้ที่นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหา ใช้ในการศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้และแก้ไขปัญหาต่างๆ

สุนีย์ คล้ายนิล และคนอื่นๆ (2546: 10) ได้อธิบายว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการหรือกิจกรรมที่ใช้ปฏิบัติจนเกิดความชำนาญ หรือเกิดทักษะในกิจกรรมที่ใช้ปฏิบัติจนเกิดความชำนาญ หรือเกิดทักษะในกิจกรรมนั้นๆ ในทางวิทยาศาสตร์

วิชชุดา งามอักษร (2541:39) ได้สรุปทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้โดยผ่านกระบวนการปฏิบัติและการฝึกฝนอย่างเป็นระบบ จนเกิดความคล่องแคล่ว และชำนาญ

จากการศึกษานิยามความหมายทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ จากนักการศึกษาหลายๆ ท่านที่กล่าวมานี้ ผู้วิจัยสรุปได้ว่าทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์เป็นการปฏิบัติการสืบเสาะหาความรู้

ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้พฤติกรรมที่เกิดจากการฝึกฝน ความคิดอย่างเป็นระบบ และฝึกปฏิบัติ จนเกิดความชำนาญ เพื่อใช้ในการศึกษาค้นคว้า แก้ไขปัญหาและการสืบเสาะหาความรู้

6.2 ประเภทของทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์

สมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์แห่งอเมริกา (นงนุช สหัสดี. 2545:13 อ้างอิงจาก The America Association for the Science.1970:33-176) ได้แบ่งทักษะทางวิทยาศาสตร์เป็น 13 กระบวนการด้วยกัน โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ใหญ่ๆ ดังนี้ คือ

1. ทักษะเบื้องต้น จัดได้เป็น 8 ทักษะ ดังนี้

1.1 การสังเกต (Observing) หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสซึ่งได้แก่ จมูก ตา หู ลิ้น และผิวกาย เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล คุณลักษณะ และรายละเอียดของสิ่งของหรือปรากฏการณ์ อย่างใดอย่างหนึ่ง ทั้งที่เป็นเชิงปริมาณและคุณภาพ

1.2 การวัด (Measurement) หมายถึง การใช้เครื่องมือต่างๆ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล รวมทั้งการกะประมาณค่าที่ควรจะวัดได้

1.3 การใช้จำนวนเลข (Using Number) หมายถึง การนำตัวเลขมากำหนดคุณลักษณะต่างๆ เช่น ความกว้าง ความยาว ความสูง พื้นที่ ปริมาตร หรือจำนวนของต่างๆ รวมทั้งการคำนวณเบื้องต้น เช่น การหาค่าเฉลี่ยหรืออัตราส่วน

1.4 การจัดพวก (Classifying) หมายถึง การจำแนกสิ่งของหรือเหตุการณ์ออกเป็นประเภทต่างๆ โดยพิจารณาจากคุณสมบัติที่เหมือนกัน สัมพันธ์กัน หรือต่างกันของสิ่งของหรือเหตุการณ์นั้นๆ ซึ่งอาจมีวิธีแบ่งได้หลายวิธีทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้

1.5 การสื่อความหมาย (Communicating) หมายถึง การพูดหรือการแสดงสัญลักษณ์ต่างๆ เช่น แผนภูมิ สมการ กราฟ หรืออักษร เป็นต้น เพื่อให้บุคคลอื่นเข้าใจหรือรับทราบความคิดความรู้สึกต่างๆ ได้ตามต้องการ

1.6 การใช้ความสัมพันธ์เกี่ยวกับมิติกับเวลา (Using Space -time Relationship) หมายถึง การนำเอาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับเวลา หรือมิติกับมิติ หรือเวลากับเวลามาอธิบายสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่ง ในที่นี้มิติ หมายถึง คุณสมบัติเกี่ยวกับความกว้าง ความยาว ความสูง รูปร่าง สมมาตร หรือตำแหน่งที่อยู่ของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติ เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างจังหวะการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกากับจังหวะการเต้นของชีพจร ความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับเวลา เช่น การหาตำแหน่งของวัตถุที่เคลื่อนที่เมื่อเวลาเปลี่ยนไป

1.7 การสรุปอ้างอิง (Infering) หมายถึง การอธิบายปรากฏการณ์หรือข้อเท็จจริงต่างๆ โดยอาศัยข้อมูลที่สังเกตได้ประกอบกับประสบการณ์เดิม

1.8 การทำนาย (Predicting) หมายถึง การคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตน่าจะเป็นอย่างไร โดยอาศัยหลักฐานส่วนใหญ่ที่ได้จากการสังเกต หรือการวัดประกอบการสรุปอ้างอิง

2. ทักษะเชิงซ้อน จัดได้ 5 ทักษะ ดังนี้

2.1 การให้นิยามเชิงปฏิบัติการณ์ (Defining Operationally) หมายถึง การให้ความหมายของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ในรูปที่สังเกต วัด หรือนำมาปฏิบัติการได้ด้วยบอกด้วยว่าในสถานการณ์หนึ่งๆ จะมีวิธีสังเกตหรือวิธีวัดสิ่งนั้นอย่างไร

2.2 การกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying, Controllling and Manipulating Variable) การกำหนดตัวแปร หมายถึง การแยกตัวแปรต่างๆ ออกเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรอื่นๆ ที่ต้องการควบคุม การควบคุมตัวแปร หมายถึง การพยายามทำให้สรุปได้ว่าผลการทดลอง (ตัวแปรตาม) เป็นผลมาจากตัวแปรต้น โดยการควบคุมตัวแปรอื่นๆ อาจมีผลต่อตัวแปรตาม

2.3 การสร้างสมมติฐาน (Formulating Hypothesis) หมายถึง การคาดคะเนว่าตัวแปรต่างๆ จะมีความสัมพันธ์กันอย่างไร เป็นการลงข้อสรุปคำอธิบายโดยอาศัยการสังเกตหรือการสรุปอ้างอิงเป็นพื้นฐาน

2.4 การประมวลผลและการตีความหมายข้อมูล (Data Processing and Interpreting) การประมวลผลข้อมูล หมายถึง การรวบรวมข้อมูลให้อยู่ในรูปตาราง ข้อความหรือข้อความกึ่งตาราง หรือกราฟ และการคำนวณค่าสถิติพื้นฐานจากข้อมูล

2.5 การออกแบบการทดลอง (Designing and Investigation) หมายถึง การกำหนดโครงการทดลองเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลมาทดสอบสมมติฐาน โดยคำนึงถึง นิยามปฏิบัติการของตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง การควบคุมตัวแปรต่างๆ เครื่องมือและวิธีการที่จะใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550 :1-16) ได้กล่าวถึงทักษะทางวิทยาศาสตร์ว่ามี 13 ทักษะ ดังต่อไปนี้

1. การสังเกต (Observing) หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ หู ตาจมูก ลิ้น และผิวกาย เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์ โดยมีจุดประสงค์ที่จะหาข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้นๆ โดยไม่ใส่ความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไป

2. การวัด (Measurement) หมายถึง การเลือกใช้เครื่องมือทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่างๆออกมาเป็นตัวเลข ที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง โดยมีหน่วยกำกับเสมอ

3. การจำแนกประเภท (Classifying) หมายถึง การแบ่งพวกหรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์โดยมีเกณฑ์ดังกล่าว อาจใช้ความเหมือนความแตกต่างหรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้

4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา (Space/space Relationship and Space/time Relationship) หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองอยู่ ซึ่งจะมีรูปร่างเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปแล้วสเปสของวัตถุจะมี 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว ความสูง

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับอีกวัตถุหนึ่ง

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุกับเวลา ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา

5. การคำนวณ (Using Number) หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุและการนับตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้มาคิดคำนวณโดยการบวก ลบ คูณ หาร หรือหาค่าเฉลี่ย

6. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Organizing Data and Communition) หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นๆ มาจัดกระทำเสียใหม่ โดยการหาความถี่ เรียงลำดับ จัดประเภท หรือคำนวณค่าใหม่ เพื่อให้คนอื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นดีขึ้น โดยอาจเสนอในรูปของตาราง

7. การลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring) หมายถึง การเพิ่มความเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

8. การพยากรณ์ (Predicting) หมายถึง การสรุปคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทดลอง โดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดซ้ำๆ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่แล้วในเรื่องนั้นๆ มาช่วยในการสรุป

9. การตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypothesis) หมายถึง การคิดหาคำตอบล่วงหน้าจะทำการทดลอง โดยอาศัยหลักการสังเกต ความรู้ ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐานคำตอบที่คิดล่วงหน้านียั้งไม่ทราบหรือยังไม่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีมาก่อน สมมติฐาน หรือคำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้านีจะกล่าวไว้เป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม สมมติฐานที่ตั้งไว้อาจถูกหรือผิดก็ได้ ซึ่งจะทราบได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้

10. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally) หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่างๆ ให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้

11. การกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying, Controllling and Manipulating Variable) หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรที่ต้องการควบคุมในสมมติฐานหนึ่งๆ

- ตัวแปรต้น คือ สิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่างๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

- ตัวแปรตาม คือ สิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไป ตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็นผลจะเปลี่ยนตามไปด้วย

- ตัวแปรควบคุม คือ สิ่งอื่นๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่มีผลต่อการทดลองด้วย ซึ่งจะต้องควบคุมให้เหมือนๆ กัน มิเช่นนั้นอาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน

12. การทดลอง (Experimenting) หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ในการทดลอง จะประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

12.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดลอง เพื่อกำหนดวิธีการทดลอง อุปกรณ์และสารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลอง

12.2 การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองจริง

12.3 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองซึ่งอาจเป็นผลจากการสังเกต การวัด และอื่นๆ

13. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interepretting Data and Conclusion)การแปลความหมายหรือการบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ การตีความหมายข้อมูลในบางครั้ง อาจต้องใช้ทักษะทางวิทยาศาสตร์อื่นๆ ด้วย เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ เป็นต้น การลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ แปลความหมาย หรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้ บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้

ทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ ที่กล่าวมาแบ่งเป็น 2 ประเภท ใหญ่ๆ คือ ทักษะขั้นพื้นฐาน (Basic Science Process Skills) และทักษะขั้นบูรณการ (Integrated Science Process Skills) ซึ่งผู้วิจัยได้นำเอาทักษะขั้นพื้นฐานบางทักษะและทักษะขั้นบูรณาการมาศึกษาในครั้งนี้

6.3 การสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์

1. แบบทดสอบวัดวัดความสามารถจริง

ลักษณะของแบบทดสอบจะเป็นข้อคำถามที่เป็นปัญหาให้ผู้เรียนคิดและเขียนคำตอบเอง โดยปัญหาจะต้องมีความหมายต่อผู้เรียน มีความสำคัญเพียงพอ และเรียนแบบสภาพจริงของผู้เรียน เหมาะสมกับวัยและสภาพจริงของเขา แบบทดสอบทั้งฉบับจะต้องครอบคลุมและเป็นตัวแทนของเนื้อหาวิชาที่กำหนดไว้ในหลักสูตร ในการตอบผู้สอบจะใช้ความรู้ความสามารถหลายด้าน ต้องคิดอย่างลึกซึ้ง มีวิธีการและขั้นตอนที่เห็นถึงการใช้ปัญญา ความรู้สึกและความสามารถในการปฏิบัติของผู้สอบ คะแนนจะต้องมีเกณฑ์การให้คะแนนสมบูรณ์ของคำตอบ หรือขั้นตอนที่ชัดเจนตามเกณฑ์ (Rubric) ที่กำหนดไว้

2. การสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถจริง

ได้มีนักการวัดผลการศึกษาทั้งในและต่างประเทศนำเสนอขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถจริงไว้หลายๆ ท่าน ดังนี้

กลอนลันด์ (Gronlund.1995: 75-76) เสนอกฎการตั้งคำถามแบบทดสอบวัดความสามารถจริงเพื่อให้ข้อสอบมีคุณภาพสูงไว้ ดังนี้

1. ให้ใช้แบบทดสอบวัดความสามารถจริงเพื่อวัดผลการเรียนที่ซับซ้อนเท่านั้น

2. เชื่อมโยงคำถามกับผลการเรียนรู้ที่ต้องการวัดโดยตรงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

3. สร้างคำถามที่นักเรียนเข้าใจอย่างชัดเจน

4. ไม่มีตัวเลือกของคำถามให้นักเรียนเลือกตอบยกเว้นว่าผลการเรียนต้องการให้เป็นเช่นนั้น

5. ให้เวลาในการตอบอย่างเพียงพอ และระบุเวลาไว้ในการตอบคำถามด้วย

ฮอบกินส์ และแอนเตส (Hopkins and Antes. 1990 : 233-234) เสนอข้อแนะนำในการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวัดความสามารถจริงไว้ ดังนี้

1. ใช้แบบทดสอบวัดความสามารถจริงเมื่อต้องการคำตอบของนักเรียนที่เป็นการอธิบาย การเปรียบเทียบความเหมือน การเปรียบเทียบความแตกต่าง การบรรยาย การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ หรือประเมินผล

2. ไม่ใช้แบบทดสอบวัดความสามารถจริงในการวัดความจำ

3. ใช้ถ้อยคำในการตั้ง คำถามที่ชัดเจนและกระชับ

4. ตั้งคำถามด้วยสถานการณ์ใหม่ๆ ที่นักเรียนไม่คุ้นเคย ไม่เช่นนั้นนักเรียนก็จะจำสิ่งที่เรียนมาแล้วนั้นมาตอบแบบเดิมๆ

5. กำหนดขอบเขตในการตอบที่ต้องการไว้ในข้อสอบด้วย และขีดจำกัดในการตอบควรกำหนดตามเนื้อหาที่นักเรียนได้เรียน นอกจากนี้ความยากของคำตอบที่ต้องการก็อาจจะกำหนดโดยเวลา จำนวนข้อ หรือปริมาณที่ว่างในกระดาษคำตอบสำหรับเขียน

6. บอกให้นักเรียนรู้ว่าจะจัดการกับคำศัพท์เฉพาะหรือศัพท์เทคนิคในเนื้อหาที่จะสอบอย่างไร นักเรียนควรรู้ว่าจะต้องให้คำจำกัดความหรืออธิบายคำเหล่านี้ในการตอบด้วยหรือไม่

7. เขียนข้อสอบเป็นข้อๆ เพื่อวัดด้านต่างๆ ที่ได้ศึกษามาและไม่ควรออกข้อสอบที่ให้ผู้สอบนำข้อมูลทั่วไปมาตอบ

8. ถ้อยคำที่ใช้ในการสอบหรือคำสั่งจะต้องมีความหมายชัดเจน

9. ให้นักเรียนแสดงคำตอบข้อสอบด้วยชุดข้อสอบชุดเดียวกันและเหมือนกัน

10. เลือกใช้แบบทดสอบวัดความสามารถจริง เพื่อวัดทักษะการเขียน การสื่อสาร หรือการจัดองค์ประกอบเท่านั้น

เวอร์ด (Ward.1999:130) ให้คำแนะนำสำหรับการเขียนแบบทดสอบวัดความสามารถจริงไว้ 5 รูปแบบ ดังนี้

1. ตั้งคำถามเกี่ยวกับความคิดรวบยอดที่สำคัญ

2. ให้นักเรียนแสดงความรู้ของเขา ไม่ใช้รายงานข้อมูลที่มีอยู่แล้ว

3. ให้นักเรียนแสดงความสามารถของเขาอย่างสมบูรณ์ที่สุดเท่าที่จะทำได้

4. คำถามต้องสั้นและชัดเจนมากกว่าที่จะเป็นคำถามทั่วๆ ไป

5. แจ้งหัวข้อที่จะให้คะแนนให้ผู้สอบทราบก่อนทำข้อสอบทุกครั้ง

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ (2544:34-41) ได้ให้ข้อแนะนำในการสร้างข้อสอบอัตนัยให้มีคุณภาพ ต้องคำนึงถึงจุดอ่อน 2 ประการ คือ ทำอย่างไรจึงจะสร้างคำถามให้สามารถวัดในสิ่งที่ต้องการวัด และทำอย่างไรจึงจะทำให้การตรวจข้อสอบอัตนัยมีความน่าเชื่อถือมากที่สุด ดังนั้น ในการสร้างข้อสอบจะต้องเขียนข้อคำถามและกำหนดแนวการตอบและเกณฑ์สำหรับตัดสินให้คะแนนอย่างละเอียดด้วย สาเหตุหนึ่งที่ทำให้คะแนนในการตรวจเชื่อถือไม่ค่อยได้ เพราะการละเลยส่วนนี้ไป ดังนั้น การสร้างข้อสอบอัตนัยจึงควรคำนึงถึงข้อแนะนำต่อไปนี้

1. วิเคราะห์จุดประสงค์ของวิชาที่จะออกข้อสอบให้ละเอียดครอบคลุมและเลือกรูปแบบคำถามให้เหมาะสมกับจุดประสงค์นั้นๆ

2. เขียนคำถามให้ชัดเจนและตรงจุด ระบุให้แน่ชัดว่าต้องการให้ผู้ตอบทำอย่างไร

3. เขียนคำชี้แจงให้ละเอียดและชัดเจน

4. ควรเขียนข้อสอบแบบจำกัดคำตอบ มากกว่าข้อสอบแบบไม่จำกัดคำตอบ เพื่อให้การตรวจมีเชื่อมั่นสูง

5. หลีกเลี่ยงคำถามประเภทวัดความจำอย่างเดียว เพราะการวัดความจำสามารถใช้ข้อสอบปรนัยอื่นๆ วัดได้ดีกว่า

6. ควรเขียนข้อสอบให้มากข้อ และหลายรูปแบบ เพื่อให้ครอบคลุมเนื้อหา และสิ่งที่ต้องการจะวัด ซึ่งช่วยให้การมีความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) สูงขึ้น

7. ควรกำหนดเวลาที่ใช้ตอบแต่ละข้ออย่างคร่าวๆ การคาดคะเนเวลาที่ควรใช้เขียนตอบจะเป็นการช่วยให้ผู้ตอบสามารถกำหนดขอบเขตในการตอบได้เหมาะสมและสามารถทำข้ออื่นๆ ได้ทัน

8. ควรเฉลยคำตอบไว้ทั้งคำตอบที่ถูกต้องและแนวคำตอบอื่นๆ ที่ควรจะเป็น เพื่อสามารถให้คะแนนได้เชื่อมั่นยิ่งขึ้นและยังเป็นการตรวจสอบดูว่าโจทย์ชัดเจนพอที่จะให้ตอบตามคำเฉลยไว้หรือไม่ อีกทั้งเป็นการคาดคะเนคะแนนและเวลาให้ตอบที่เหมาะสมอีกด้วย

9. ถ้าข้อสอบมีมากข้อ และยากไม่เท่ากัน ควรจัดเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก เพื่อยั่วยุให้ผู้ตอบเกิดกำลังใจในการตอบ การให้ข้อยากไว้ตอนต้นอาจทำให้เด็กตกใจหรือเสียขวัญ ซึ่งจะกระทบกระเทือนคะแนนข้ออื่นๆ ได้ ดังนั้น ควรเขียนคำชี้แจงให้นักเรียนเลือกตอบข้อใดก่อนก็ได้ เพื่อให้นักเรียนเลือกทำข้อง่ายตามความรู้สึกของนักเรียนเอง

10. ถ้าเป็นไปได้ควรออกข้อสอบให้มีความยากใกล้เคียงกัน

11. ให้ผู้อื่นที่มีความรู้ในสาขาวิชาที่ออกข้อสอบ อ่าน วิพากษ์วิจารณ์ เพื่อตรวจสอบข้อบกพร่อง เช่น เขียนคำถามครอบคลุมสิ่งสำคัญที่ต้องการวัดหรือไม่ คำถามยากพอเหมาะหรือไม่

12. หลีกเลี่ยงวิธีการสอบโดยให้เปิดตำรา เพราะการสอบโดยให้เปิดตำราดูได้นี้ เด็กที่เรียนเก่งอยู่แล้วมีความชำนาญในการใช้หนังสือ มีทักษะการอ่าน มีความคล่องแคล่ว มีความพยายามและมีความอดทนสูงกว่าเด็กที่เรียนอ่อน ดังนั้น เด็กเก่งจึงมีแนวโน้มที่จะได้คะแนนสูงกว่าปกติ ส่วนเด็กอ่อนจะมีแนวโน้มที่จะได้คะแนนต่ำลงกว่าเดิม เพราะมัวแต่ค้นหาคำตอบจนไม่สามารถจะตอบได้ทันตามกำหนดเวลา

13. ไม่ควรออกข้อสอบให้เลือกตอบเพียงบางข้อ เพราะนักเรียนอาจจะเลือกตอบข้อต่างกัน ซึ่งจะทำให้เกิดความแตกต่างในตัวข้อสอบเอง คะแนนของแต่ละคนจึงขึ้นอยู่กับข้อที่เลือกทำ

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2539 : 86-88) ได้เสนอหลักการสร้างข้อคำถามแบบวัดความสามารถจริงไว้ 5 ข้อดังนี้

1. ดูจุดประสงค์ของการสอบก่อน แล้วจึงเขียนข้อคำถาม

2. ควรใช้คำถามที่มีความกระจ่างชัดด้วยหลักการถามและหลักภาษา ทั้งนี้เพื่อไม่ให้ผู้สอบเข้าใจผิด หรือมัวตีความหมายของคำถามที่เป็นไปได้หลายแง่หลายมุม

3. คำถามหนึ่งๆ ควรเป็นเรื่องเดียว เพื่อให้ผู้ตอบสามารถตอบตรงเป้าหมายที่ผู้ถามต้องการ

4. คำถามควรคำนึงถึงเวลาที่ผู้ตอบทำการตอบ

5. คำถามทุกคำถามผู้สอบควรทำเฉลยไว้และวางแผนการให้คะแนนแต่ละส่วน ว่าเป็นเท่าไรในเวลาที่จำกัดไว้ คำตอบที่สมบูรณ์ที่สุดควรเป็นอย่างไร เพื่อใช้เปรียบเทียบ

3. กฎเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubric)

1. ความหมายของกฎเกณฑ์การให้คะแนน

สเตนมารค์ (Stenmark.1991:24) ได้อธิบายถึงกฎเกณฑ์การให้คะแนนที่ใช้สำหรับคำถามแบบปลายเปิด (Open- ended QUESTIONS) ซึ่งปรับปรุงมาจาก California Assessment Program Grade 12 Generalizated Rubric ไว้ว่า กฎเกณฑ์การให้คะแนนเฉพาะ (Specific Rubric) เป็นแนวทางในการให้คะแนนเฉพาะของคำถามแบบปลายปิดในแต่ละข้อ สำหรับกฎเกณฑ์การให้คะแนนทั่วไป (General Rubric) จะเป็นตัวแบบของเกณฑ์การคะแนนเพื่อใช้พิจารณากฎเกณฑ์เฉพาะรายละเอียดจะเปลี่ยนแปลงสำหรับระดับคะแนนที่แตกต่างกัน แนวคิดพื้นฐาน สมารถประยุกต์ใช้ได้

คอทนี่ (Courtney.1996:77-79) อธิบายว่า เป็นคำแนะนำที่เกี่ยวกับการให้คะแนนถ้าระบบการให้คะแนนโดยใช้กฎเกณฑ์การให้คะแนนที่มี 5 ระดับ นักเรียนจะได้คะแนนเต็มก็ต่อเมื่อสามารถทำได้ครบทุกอย่างที่ระบุไว้ กฎเกณฑ์การให้คะแนนเน้นการแสดงความสามารถของนักเรียนใน

ด้านความเข้าใจในความคิดรวบยอด ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการหรือขั้นตอนทักษะในการแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ ในการประมวลผลข้อมูล และการสื่อความหมายกับผู้อื่น

เสาวนีย์ เกรียร์ (2540:159) กล่าวว่า เป็นเครื่องมือในการให้คะแนนที่ประกอบด้วยประเด็นต่างๆ(Crteria) ที่จะใช้พิจารณางานหนึ่งๆ และคำอธิบายระดับคุณภาพของแต่ละประเด็นประเมิน ซึ่งอาจเรียงลำดับตั้งแต่ดีเลิศไปจนถึงต้องปรับปรุง หรือให้เป็นระดับตัวเลขตั้งแต่มากที่สุด (เช่น 4) ไปจนถึงน้อยที่สุด (เช่น 0) ประเด็นประเมินอาจกำหนดเพิ่มเติมได้หลายข้อคำอธิบายระดับคุณภาพควรอธิบายให้ชัดเจนที่สุด กระชับที่สุด เป็นคำอธิบายที่สามารถบอกได้ว่าทำไมจึงต้องดีเลิศ ดี ปรับปรุง

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ (2544:90) ให้ความหมายของกฎเกณฑ์การให้คะแนนว่า เป็นชุดของแนวทางในการให้คะแนนผลการปฏิบัติเรื่องใดเรื่องหนึ่ง สำหรับใช้ประเมินคุณภาพการปฏิบัติงานของผู้เรียน แนวทางในการให้คะแนนนั้น อาจทำในรูปของมาตรประเมินค่าหรือแบบตรวจสอบ

รายการจากผลการศึกษาดังกล่าว ผู้วิจัยให้ความหมายของกฎเกณฑ์การให้คะแนนว่าหมายถึง แนวทางที่กำหนดขึ้นเพื่อชี้บอกระดับของพฤติกรรม คุณภาพของกระบวนการทำงานและผลลัพธ์เพื่อสิ่งที่ต้องการ ซึ่งจะต้องมีการกำหนดเป็นมาตรวัดและรายการคุณลักษณะที่บรรยายถึงความสามารถในการแสดงออกของแต่ละจุดในมาตรวัดและรายการคุณลักษณะที่บรรยายถึงความสามารถในการแสดงออกของแต่ละจุดในมาตรวัดอย่างชัดเจน ซึ่งจะทำให้ผู้ตรวจให้คะแนนมีความเข้าใจตรงกันและกฎเกณฑ์การให้คะแนนจะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน ทำให้เป้าหมายการแสดงออกของนักเรียนมีความชัดเจนขึ้น ทำให้นำไปสู่การบรรลุจุดประสงค์หรือสมรรถภาพที่สำคัญของมาตรฐานการศึกษาได้

2. ประเภทของกฎเกณฑ์การให้คะแนน

ชัยเดช ศิลาเดช (2540:29) กล่าวว่า การให้คะแนนของรูบริค เป็นการตอบคำถามว่านักเรียนทำอะไรได้สำเร็จ มีระดับความสำเร็จในขั้นต่างๆ กัน หรือมีผลงานอย่างไรและได้แบ่งการให้คะแนนแบบรูบริคไว้ 2 แบบ คือ

1. แบบรวมองค์ประกอบ (Holistic Rubrics) คือการให้คะแนนงานชิ้นใดชิ้นหนึ่ง โดยดูภาพรวมของชิ้นงานว่ามีความเข้าใจในความคิดรวบยอด การสื่อความหมาย กระบวนการที่ใช้และผลงานเป็นอย่างยิ่ง แล้วเขียนอธิบายคุณภาพของงาน หรือความสำเร็จของงานเป็นชิ้นๆ โดยอาจจะแบ่งระดับคุณภาพตั้งแต่ 0 – 4 หรือ 0 – 6

2. แบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Rubrics) เพื่อให้การมองคุณภาพของงาน หรือความสามารถของนักเรียนได้อย่างชัดเจน จึงได้มีการแยกองค์ประกอบของการให้คะแนนและอธิบาย

คุณภาพของงานในแต่ละองค์ประกอบเป็นระดับ โดยทั่วไปแล้วจะมีการแยกองค์ประกอบของงานเป็น 4 ด้าน คือ

2.1 ความเข้าใจในความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริง เป็นการแสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจในความคิดรวบยอด หลักการในการแก้ปัญหาที่ถามอย่างกระจ่างชัด

2.2 การสื่อความหมาย สื่อสาร คือความสามารถในการอธิบาย นำเสนอ การบรรยายเหตุผล แนวคิดให้ผู้อื่นเข้าใจได้ดี มีความคิดสร้างสรรค์

2.3 การใช้กระบวนการและยุทธวิธี สามารถเลือกยุทธวิธี กระบวนการนำไปสู่ความสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ

2.4 ผลสำเร็จของงาน ความถูกต้องแม่นยำในผลสำเร็จของงาน หรืออธิบายที่มาและตรวจสอบผลงาน

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ (2544:90) กล่าวว่า การพิจารณากฎเกณฑ์การให้คะแนน ถ้าพิจารณาตามลักษณะของงานหรือกิจกรรม แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ กฎเกณฑ์การให้คะแนนแบบทั่วไป (General Rubric) สำหรับใช้ประเมินงานหรือกิจกรรมหลายๆ ชิ้นที่อยู่ในกรอบเนื้อเรื่องเดียวกัน และกฎเกณฑ์การให้คะแนนแบบเฉพาะ (Specific Rubic) เป็นแนวทางในการให้คะแนนทั่วไป ที่เขียนให้เฉพาะเจาะจงกับการปฏิบัติงานหรือกิจกรรมแต่ละชิ้นถ้าพิจารณาตามเกณฑ์ หรือองค์ประกอบของการให้คะแนน ก็ยังแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือเกณฑ์รวม (Holistic) เป็นการพิจารณาผลงานของผู้เรียนในภาพรวมว่ามีคุณภาพในระดับใด และเกณฑ์ย่อย (Analytic) เป็นการพิจารณาผลงานของผู้เรียนแยกเป็นรายด้าน

สำหรับกฎเกณฑ์การให้คะแนนที่ใช้ในการตรวจให้คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้เลือกใช้รูปแบบเฉพาะ (Specific Rubic) โดยในแต่ละทักษะได้กำหนดระดับคุณภาพเป็น 3 ระดับ

3. การสร้างกฎเกณฑ์การให้คะแนน

การสร้างกฎเกณฑ์การให้คะแนนมีขั้นตอนในการดำเนินการ 7 ขั้น ตอน (จำนงค์ สวัสดิรักษ์ ม.ป.ป). ดังนี้

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ของนักเรียน

วิเคราะห์ผลการเรียนของนักเรียนในแต่ละจุดประสงค์ หรือแต่ละหัวเรื่อง (Theme) เมื่อนักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมการเรียนแล้วจะเกิดผลการเรียนรู้อะไรบ้าง ผลของการเรียนรู้ของนักเรียนไม่จำเป็นต้องมีครบทุกประเภท ทุกครั้งที่นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมการเรียน บางครั้งในการวางแผนการสอน ครูควรคาดหวังในผลการเรียนรู้ของนักเรียนเพียงกระบวนการอย่างเดียว บางครั้งครูคาดหวังทั้งกระบวนการและผลงาน

ขั้นที่ 2 กำหนดประเด็นที่จะต้องประเมิน

การกำหนดประเด็นที่ต้องการประเมินอาจจะให้นักเรียน ร่วมกันเสนอความคิดในการกำหนดประเด็นประเมินผลการเรียนรู้แต่ละอย่างของเขาเอง แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากในการวางแผนการสอน ครูผู้สอนได้มีการคาดหวัง ความสำเร็จจากการเรียนรู้ของนักเรียนเอาไว้ล่วงหน้าไว้แล้ว จึงควรกำหนดรายการประเมินที่สำคัญๆ ของความสำเร็จจากการเรียนแต่ละด้านเอาไว้ล่วงหน้าด้วยเพื่อจะได้แจ้งให้นักเรียนทราบและเพื่อการตรวจสอบผลงานของนักเรียนเอง

ขั้นที่ 3 คัดเลือกประเด็นการประเมินที่สำคัญ

การกำหนดประเด็นที่จะต้องประเมิน เราจะพบว่าในผลการเรียนรู้หนึ่งอย่างจะมีประเด็นที่ต้องการประเมินมาก โดยเฉพาะถ้าเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเสนอประเด็นประเมินด้วยแล้ว จะมีมุมมองในการประเมินที่หลากหลาย หรือรวมประเด็นที่สำคัญๆ

ขั้นที่ 4 เลือกรูปแบบในการสร้างเกณฑ์

การสร้างเกณฑ์การประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน เพื่อพิจารณาตัดสินให้คะแนน (Scoring Rubic) มีรูปแบบในการสร้าง 2 รูปแบบ

รูปแบบที่ 1 การให้คะแนนแบบองค์รวม (Holistic Scoring Rubic) การสร้างเกณฑ์การประเมินแบบองค์รวม หมายถึง การให้คะแนนผลการเรียนรู้โดยรวมทุกประเด็นเพื่อการประเมินแล้วเขียนอธิบายคุณภาพของผลการเรียนรู้แต่ละระดับ

ตาราง 2 เกณฑ์การให้คะแนนแบบรวมองค์ประกอบ

ระดับคุณภาพ	คำอธิบาย
3	หมายถึง ตอบคำถามจากเรื่องที่อ่านถูกต้อง บอกเนื้อหาสาระถูกต้องได้ใจความต่อเนื่อง บอกข้อคิดได้ตรงประเด็นสมบูรณ์ เสนอความคิดเห็นเหตุผลและประโยชน์
2	หมายถึง ตอบคำถามจากเรื่องที่อ่านผิดไม่เกิน 3 ข้อ จาก 5 ข้อ บอกเนื้อหาสาระได้ถูกต้องแต่วกวน บอกข้อคิดได้ตรงประเด็นแต่ไม่ต่อเนื่อง เสนอความคิดเห็นด้วยเหตุผล
1	หมายถึง ตอบคำถามจากเรื่องที่อ่านผิดมากกว่า 3 ข้อ ใน 5 ข้อ บอกเนื้อหาสาระได้บ้าง บอกข้อคิดได้บ้าง แต่วกวน เสนอความคิดเห็นแต่ไม่แสดงเหตุผล

รูปแบบที่ 2 การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Scoring Rubic)

การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ หมายถึง การให้คะแนนโดยแยกองค์ประกอบของสิ่งที่จะประเมิน เพื่อให้มองเห็นคุณภาพของงาน หรือความสามารถของนักเรียนได้อย่างชัดเจนผลการประเมินจะบ่งบอกถึงจุดเด่น จุดด้อยของแต่ละประเด็นประเมินได้ชัดเจน การสร้างเกณฑ์การประเมินในรูปแบบนี้ จะต้องเขียนคำอธิบายคุณภาพของงานในแต่ละองค์ประกอบและแต่ละระดับขององค์ประกอบให้ชัดเจน

ตาราง 3 เกณฑ์การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ

ประเด็น	คำอธิบายระดับคุณภาพ		
	3 (ดี)	**2 (พอใช้)**	**1 (ควรปรับปรุง)**
1. การตอบคำถามจากเรื่องที่อ่าน	คำถามถูกต้องทุกข้อ	ตอบคำถามผิดไม่เกิน 3 ข้อ จาก 5 ข้อ	ตอบคำถามผิดมากกว่า 3 ข้อ 5 ข้อ
2. การบอกความสำคัญของเรื่องที่อ่าน	บอกเนื้อหาสาระถูกต้องได้ใจความต่อเนื่อง	บอกเนื้อหาสาระถูกต้อง แต่วกวน	บอกเนื้อหาสาระได้บ้าง
3. การบอกข้อคิดจากเรื่องที่อ่าน	บอกข้อคิดได้ตรงประเด็น สมบูรณ์	บอกข้อคิดได้ตรงประเด็น แต่ไม่ต่อเนื่อง	บอกข้อคิดได้บ้าง แต่วกวน
4. การเสนอความคิดเห็นจากเรื่องที่อ่าน	เสนอความคิดเห็นด้วยเหตุผลและเป็นประโยชน์	เสนอความคิดเห็นด้วยเหตุผล แต่มีประโยชน์น้อย	เสนอความคิดเห็น แต่ไม่แสดงเหตุผล

ขั้นที่ 5 กำหนดค่าระดับคุณภาพในการประเมิน

ค่าระดับคุณภาพ คือ ตัวเลขที่บ่งบอกถึงคะแนนการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งผู้สอนเป็นผู้กำหนด หรืออาจจะให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการกำหนดค่าระดับคุณภาพก็ได้ ตัวเลขค่าระดับคุณภาพอาจจะมีระดับ 0 – 1 – 2 – 3 หรือ 0 – 3 – 4 – 5 – 6 หรือ 0 – 10 – 15 – 20 ในกรณีที่กำหนดค่าระดับต่ำที่สุดที่ 0 นั้น หมายถึง นักเรียนไม่มีผลการเรียนรู้ หรือไม่มีผลงานเข้ารับการประเมิน หรือไม่ได้ดำเนินการตามรายการประเมินนั้นและการกำหนดค่าระดับจาก 0 – 10 แสดงว่าผู้กำหนดค่าระดับคุณภาพ พิจารณาแล้วเห็นว่าคุณภาพของงานหรือสิ่งที่จะประเมินควรมีคะแนนสูงสุดคือ 10

ขั้นที่ 6 บรรยายคุณภาพการประเมินแต่ละระดับ

เมื่อได้เลือกรูปแบบในการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน และกำหนดตัวเลขค่าระดับแล้วจะต้องเขียนคำอธิบายขอบข่าย การพิจารณาตัดสินให้คะแนนแต่ละระดับคุณภาพให้ชัดเจน ผลงานหรือกระบวนการในลักษณะไหน อย่างไร จึงจะมีคุณภาพระดับ 4 ลักษณะไหนอย่างไรจึงมีคุณภาพระดับ 3 ระดับ 2 และระดับ 1 คำบรรยายคุณภาพแต่ละระดับจะเกิดประโยชน์สูงสุด

ตาราง 4 อธิบายคุณภาพ การพูดอภิปราย

ระดับคุณภาพ	คำอธิบาย
0	หมายถึง ไม่มีการอภิปราย
1 ใช้ไม่ได้	หมายถึง มีการนำเสนอข้อเท็จจริงและข้อคิดเห็น แต่ขาดตัวอย่างเพื่อสนับสนุนประเด็นอภิปรายการออกเสียงไม่ถูกต้องชัดเจน ขาดการรักษาเวลา และมารยาทในการพูด
2 ใช้ได้	หมายถึง ไม่มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีการนำเสนอข้อเท็จจริงและข้อคิดเห็น แต่ขาดตัวอย่างสนับสนุนประเด็นอภิปราย มีการออกเสียงถูกต้องชัดเจน แต่ไม่รักษาเวลาและมารยาทในการพูด
3 ดี	หมายถึง มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีการนำเสนอข้อเท็จจริงและแสดงเหตุผลอย่างเหมาะสม แต่ขาดตัวอย่างเพื่อสนับสนุนประเด็นอภิปราย ส่วนการออกเสียง ถูกต้องชัดเจน มีมารยาทในการพูดและรักษาเวลาได้ดี
4 ดีมาก	หมายถึง มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีการนำเสนอข้อเท็จจริงและแสดงเหตุผลอย่างเหมาะสม มีการยกตัวอย่างเพื่อสนับสนุนประเด็นอภิปราย การออกเสียงถูกต้องชัดเจน มีมารยาทในการพูด และรักษาเวลาได้

ขั้นที่ 7 กำหนดคะแนนการตัดสินระดับคุณภาพ

การกำหนดคะแนนการตัดสินระดับคุณภาพ เป็นการกำหนดช่วงคะแนนประเมินผลการเรียนรู้

ตาราง 5 การกำหนดคะแนนการตัดสินระดับคุณภาพ

คะแนน	ระดับคุณภาพ
9 – 12	ดี
5 – 8	พอใช้
1 – 4	ควรปรับปรุง

บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์ (2544:94) กล่าวว่า การสร้างกฎเกณฑ์การให้คะแนนการประเมินผลภาคปฏิบัติต้องมีส่วนประกอบในการดำเนินการที่สำคัญ 3 ขั้นตอน คือ

1. กำหนดการปฏิบัติให้ชัดเจน

1.1 ระบุชนิดของการปฏิบัติว่าเป็นทักษะวิธีการทำหรือผลงานที่สร้างขึ้น

1.2 กำหนดจุดสนใจของการประเมินว่าสนใจเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่ม

1.3 กำหนดกฎเกณฑ์การปฏิบัติที่สะท้อนคุณลักษณะที่สำคัญของการปฏิบัติที่ประสบผลสำเร็จ

2. ออกแบบกิจกรรมสำหรับใช้ประเมิน

2.1 ระบุลักษณะของงานหรือกิจกรรม ได้แก่ นิยามจุดหมายของการปฏิบัติตามที่มอบหมายให้ทำ หรือเป็นการแสดงออกที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ

2.2 กำหนดรายการของงานหรือกิจกรรม ได้แก่ นิยามจุดหมายของการปฏิบัติ เงื่อนไขสถานการณ์ของการปฏิบัติ และเกณฑ์มาตรฐาน

2.3 กำหนดจำนวนชิ้นงานหรือกิจกรรมให้ทำว่าจะใช้เพียงงานเดียวหรือหลายงานจึงจะเพียงพอในสภาพการณ์นั้น

3. ให้คะแนนและจดบันทึกผล ดังนี้

3.1 ระบุรูปแบบการให้คะแนนว่าใช้เกณฑ์ในการให้คะแนนแบบใด เช่น แบบทั่วไป หรือแบบเฉพาะเนื้อหา และแบบเกณฑ์รวมหรือแบบเกณฑ์ย่อย

3.2 กำหนดวิธีการจดบันทึกว่าเป็นแบบตรวจสอบรายการ มาตรประเมินค่าการปฏิบัติ การจดบันทึกพฤติกรรมตามช่วงเวลา หรือการจดจำธรรมดา

3.3 ระบุผู้ประเมินว่าจะให้ใครเป็นผู้สังเกตและประเมิน ผลการปฏิบัติจะเป็นประโยชน์แก่ครูผู้สอน ครูที่เคยสอน ตัวผู้เรียนเอง หรือเพื่อนๆ ในกลุ่ม

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้วิธีผสมผสานจากหลายแนวทางที่กล่าวมาข้างต้น มาสร้างเป็นเกณฑ์การให้คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยเลือกใช้รูปแบบเกณฑ์เฉพาะ (Specific Rubic) จำนวน 5 ทักษะ

7. พื้นฐานคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์

จุดสำคัญของคณิตศาสร์สำหรับฟิสิกส์อยู่ที่การวิเคราะห์อัตราการแปรผันระหว่างตัวแปร จำนวนตัวแปรอาจเป็นคู่หนึ่ง หรืออาจเป็นหลายๆ ตัวแปรก็ได้ ปรากฏการณ์ในสาขาฟิสิกส์หรือศาสตร์สาขาอื้นๆ มักจะบรรยายได้ด้วยการบอกถึงความเปลี่ยนแปลงของตัวแปรหนึ่ง ว่าเปลี่ยนแปลงไปกับการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรอื่นอย่างไร เช่น ตำแหน่งของวัตถุเปลี่ยนแปลงไปกับเวลาอย่างไร เป็นต้น วิชาคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือที่สำคัญมากอย่างหนึ่งสำหรับการวิเคราะห์กฎเกณฑ์ต่างๆ ในสาขาวิชาฟิสิกส์ ในส่วนของเอกสารฉบับนี้อาจารย์หนึ่งขอนำคณิตศาสตร์บางหัวเรื่องที่จำเป็นและใช้มากที่สุดในการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ดังหัวข้อ ต่อไปนี้

7.1 เวกเตอร์

เราให้คำจำกัดความว่า เวกเตอร์ ต้องมีทั้งขนาด (Magnitude) และทิศทาง (Direction) ในสเปซ (Space) ดังนั้นในสเปซประเภท 1 มิติ (One – Dimensinal Spaces) จึงมีทิศทางได้สองทิศทาง คือ ไม่ทางซ้ายมือก็ทางขวามือ แต่ในสเปซที่มีมิติสูงกว่าหนึ่ง เช่น สองมิติ (Two – Dimensional Spaces) สามมิติ (Three – Dimensional Spaces) หลายมิติ (Multi – Dimensional Spaces) มีทิศทางได้มากมายจนนับไม่ถ้วน เราจะสนใจในพวกสามมิติเป็นหลัก ลักษณะที่จะใช้แทนปริมาณเวกเตอร์มีหลากหลายแล้วแต่ใครชอบแบบใด เช่น เป็นตัวพิมพ์เข้ม **A** บ้าง มีลูกศรบนหัว $\vec{A}$ บ้าง ขีดเส้นใต้ $\underline{A}$ บ้าง เพื่อแสดงว่า **A**, $\vec{A}$, $\underline{A}$, ... เป็นปริมาณเวกเตอร์ เราจะเลือกใช้สัญลักษณ์แบบตัวพิมพ์เข้ม **A** และใช้สัญลักษณ์ $|\mathbf{A}|$ แทนขนาดของเวกเตอร์ **A** ในการเขียนรูปเราจะใช้ทิศที่ลูกศรชี้แทนทิศทางและใช้ความยาวของลูกศรแทนขนาดของเวกเตอร์ในสเปซที่เกี่ยวข้องดังภาพประกอบ 4

A

ภาพประกอบ 4 เวกเตอร์ **A**

ขอให้สังเกตว่าไม่ว่า **A** จะเลื่อนไปอยู่ที่ไหนในสเปซ ก็ยังเป็น **A** อยู่ ถ้าขนาดและทิศทางยังคงเท่าเดิม เวกเตอร์ที่ไม่ตรึงอยู่กับที่เรียกว่า เวกเตอร์อิสระ (Non – Localised Vectors) ส่วนเวกเตอร์ที่ตรึงอยู่กับที่เรียกว่า เวกเตอร์ไม่อิสระ (Localised Vector) เช่นตรึงอยู่ที่จุดหนึ่งบนผิววัตถุ หรือตรึงอยู่ที่จุดหนึ่งในเนื้อวัตถุ

ขอให้ตระหนักอย่างหนึ่งว่าสเปซที่เวกเตอร์อยู่ไม่จำเป็นต้องเป็นสเปซธรรมดาที่เราอยู่ (เช่นในห้อง) แต่อาจเป็นสเปซอะไรก็ได้ เช่น สเปซของความเร็ว (Velocity Space) สเปซของความเร่ง (Acceleration Space) หรือสเปซปกติที่เราอยู่ (Ordinary Space, Real Space) ฯลฯ ขนาดของเวกเตอร์จึงมีหน่วยได้หลากหลายแล้วแต่วาสเวกเตอร์นั้นแทนปริมาณทางฟิสิกส์ประเภทใด (ในสเปซใด)

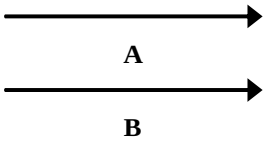
7.1.1 ปริมาณเวกเตอร์ที่จำเป็น

ในการพัฒนาทฤษฎีเกี่ยวกับเวกเตอร์ จะพบว่าเราต้องใช้ เวกเตอร์ศูนย์ (Null Vector) ซึ่งหมายถึงเวกเตอร์ที่มีขนาดเป็นศูนย์หน่วย และทิศทางไม่กำหนด (เพราะว่ากำหนดไม่ได้และไม่จำเป็นต้องกำหนดด้วย) เราใช้สัญลักษณ์ **0** หรือ $\vec{0}$ แทนเวกเตอร์ศูนย์ เวกเตอร์นี้มีบทบาทเดียวกับที่เลขศูนย์มีบทบาทในวิชาพีชคณิต นอกจากเวกเตอร์ศูนย์แล้วเราควรจะพูดถึงเวกเตอร์หน่วย (Unit Vector) ด้วย เวกเตอร์หน่วยนี้เป็นเวกเตอร์ที่มีขนาดเท่ากับ 1 (ไม่มีหน่วย) ดังนั้นชื่อเวกเตอร์หน่วยจึงอาจดูไม่เหมาะสม เพราะไม่ได้ใช้บอกหน่วย เช่น นิวตัน เมตรต่อวินาที เป็นต้น เวกเตอร์หน่วยมีทิศทางตามที่เราเลือกกำหนด เราใช้สัญลักษณ์ $\hat{u}$ หรือ **u** แทนเวกเตอร์หน่วย

7.1.2 การดำเนินการ (Operations) ที่เกี่ยวข้องกับเวกเตอร์

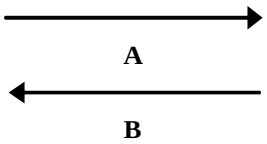
ก. การเท่ากันของเวกเตอร์

ถ้า $\mathbf{A}=\mathbf{B}$ แสดงว่าเวกเตอร์ทั้งสองมีขนาดเท่ากันและทิศทางเดียวกัน แต่ไม่จำเปนต้องเป็นเวกเตอร์เดียวกัน ดังภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 $\mathbf{A}=\mathbf{B}$

ถ้า $\mathbf{A}=-\mathbf{B}$ แสดงว่าเวกเตอร์ทั้งสองมีขนาดเท่ากัน แต่ทิศทางตรงกันข้ามกัน ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 $\mathbf{A}=-\mathbf{B}$

ข. การคูณเวกเตอร์ด้วยปริมาณสเกลาร์

ให้ $\mathbf{A}$ เป็นเวกเตอร์ และ β เป็นปริมาณสเกลาร์ (ปริมาณที่มีแต่ขนาดไม่มีทิศทาง) เราให้คำจำกัดความว่า $\beta\mathbf{A}$ (หรือจะเขียน $\mathbf{A}\beta$ ก็ได้) เป็นเวกเตอร์อีกตัวหนึ่งที่มีขนาดเป็น β เท่าของ $|\mathbf{A}|$ และมีทิศทางเดียวกับ $\mathbf{A}$ ถ้า β เป็นค่าบวก แต่มีทิศสวนกับ $\mathbf{A}$ ถ้า β เป็นค่าลบ ขอให้สังเกตว่า $\beta\mathbf{A}$ จะมีหน่วยเป็นหน่วยของ β คูณกับหน่วยของ $\mathbf{A}$ (ถ้าจะกล่าวให้ถูกต้องในทางฟิสิกส์ **ไม่ใช่**คณิตศาสตร์ ต้องกล่าวว่า ไดเมนชันส์ (Dimensions) ของ $\beta\mathbf{A}$ เป็นคนละอันดับกับไดเมนชันส์ของ $\mathbf{A}$) เช่น ถ้าไดเมนชันส์ของ $\mathbf{A}$ เป็นระยะทางต่อเวลา และของ β เป็นมวลไดเมนชันส์ของ $\beta\mathbf{A}$ จะเป็นมวลคูณระยะทางต่อเวลา (ในหน่วย SI จะได้ $\frac{\mathrm{kg}\cdot\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$)

จากคำจำกัดความของ $\beta\mathbf{A}$ นี้ ทำให้เราเขียนได้ทันทีว่า

$$\mathbf{A}=|\mathbf{A}|\hat{u}$$

เมื่อ $\hat{u}$ เป็นเวกเตอร์หน่วยในทิศของ $\mathbf{A}$

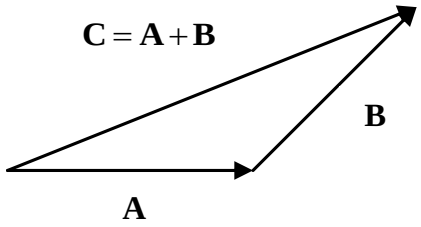
ถ้าเราต้องการหาเวกเตอร์หน่วยในทิศทางของเวกเตอร์ใดก็ตาม เช่นในทิศของเวกเตอร์ $\mathbf{B}$ เราก็เพียงแต่หาค่า $|\mathbf{B}|$ แล้วนำไปหาร $\mathbf{B}$ (หรือนำ $\frac{1}{|\mathbf{B}|}$ ไปคูณ $\mathbf{B}$ ก็ได้) ซึ่งคำจำกัดความของการหารเวกเตอร์ด้วยสเกลาร์แฝงอยู่แล้วในคำจำกัดความของการคูณเวกเตอร์ด้วยสเกลาร์

ในกรณีพิเศษที่ $\beta = 0$ เราจะได้ $\beta\mathbf{A} = \mathbf{0}$ นั่นคือได้เวกเตอร์ศูนย์ เราไม่เขียน $\beta\mathbf{A} = 0$ เพราะผิดหลัก ไม่มีความหมาย ส่วนกรณีที่ $\beta = -1$ ให้ถือว่า $-\mathbf{A}$ มีทิศตรงข้ามกับ $\mathbf{A}$

ค. การบวกเวกเตอร์

เราให้คำจำกัดความการบวกเวกเตอร์ $\mathbf{A}$ กับ $\mathbf{B}$ ดังนี้

เขียน $\mathbf{C}$ แทน $\mathbf{A}+\mathbf{B}$ โดย $\mathbf{C}$ มีทิศทางและขนาดที่หาได้จาก การเลื่อนหางลูกศรของ $\mathbf{B}$ มาที่หัวลูกศรของ $\mathbf{A}$ แล้วลากเวกเตอร์ใหม่จากหางลูกศรของ $\mathbf{A}$ มาที่หัวลูกศรของ $\mathbf{B}$ ทิศทางของลูกศรใหม่นี้คือทิศทางของ $\mathbf{C}$ และขนาดของลูกศรใหม่นี้คือขนาดของ $\mathbf{C}$ ดังภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 $\mathbf{C} = \mathbf{A} + \mathbf{B}$

คำจำกัดความของการบวกเวกเตอร์นี้คลอบคลุมการลบเวกเตอร์ไว้ในตัว เมื่อพิจารณาร่วมกับการคูณด้วยสเกลาร์ นั่นคือเรามองการลบ เช่น $\mathbf{A}-\mathbf{B}$ เป็นการบวกกันระหว่าง $\mathbf{A}$ กับ $(-1)\mathbf{B}$ แล้วก็ใช้คำจำกัดความของการบวกได้ทันที ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องใช้คำจำกัดความของการลบอีกต่างหาก โดย $-\mathbf{B}$ มีทิศตรงข้ามกับ $\mathbf{B}$

พึงสังเกตด้วยว่าถ้า $\mathbf{A}-\mathbf{B} = \mathbf{0}$ ก็หมายความว่า $\mathbf{A} = \mathbf{B}$ ซึ่งการที่ $\mathbf{A} = \mathbf{B}$ มีความหมายเพียงว่า $\mathbf{A}$ และ $\mathbf{B}$ มีขนาดและทิศทางเท่ากัน แต่ไม่จำเป็นต้องเป็นเวกเตอร์เดียวกัน

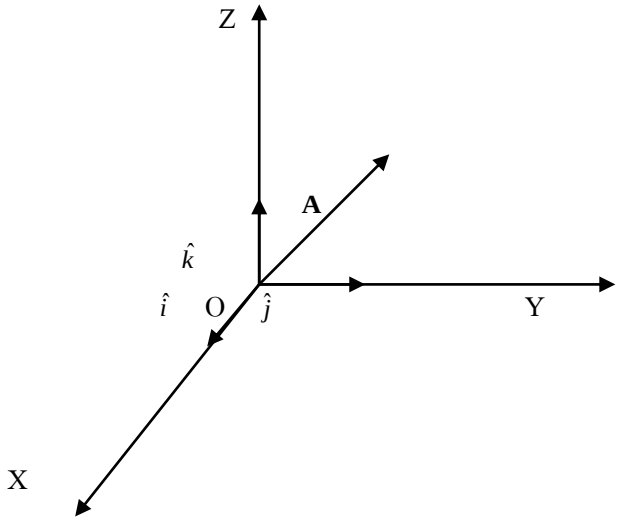
คำจำกัดความของการคูณเวกเตอร์ด้วยสเกลาร์ และคำจำกัดความของการบวกเวกเตอร์นั้นให้ผลตามมาที่สามารถพิสูจน์ได้และมีประโยชน์ ดังนี้

1. $\beta(\alpha\mathbf{A}) = (\beta\alpha)\mathbf{A}$ เมื่อ α เป็นสเกลาร์อีกตัวหนึ่ง
2. $(\beta+\alpha)\mathbf{A} = \beta\mathbf{A} + \alpha\mathbf{A}$
3. $\mathbf{A}+\mathbf{B} = \mathbf{B}+\mathbf{A}$

4. $\mathbf{A}+(\mathbf{B}+\mathbf{C})=(\mathbf{A}+\mathbf{B})+\mathbf{C}$

5. $\beta(\mathbf{A}+\mathbf{B})=\beta\mathbf{A}+\beta\mathbf{B}$

ความที่เราสนใจเวกเตอร์ในสเปซประเภทสามมิติ ถึงจุดนี้เราสามารถที่จะเขียนเวกเตอร์ตัวหนึ่งในเทอมของส่วนประกอบของมันกับเวกเตอร์หน่วยประจำทิศทางในแต่ละแกนอ้างอิง ซึ่งมีสามแกนสำหรับสเปซแบบสามมิติ แกนอ้างอิงเหล่านี้ไม่จำเป็นต้องตั้งฉากกัน แต่ในขั้นต้นนี้เราจะใช้ชนิดที่ตั้งฉากกัน ดังภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 เวกเตอร์หน่วย

ภาพประกอบ 8 XYZO เป็นระบบอ้างอิงแบบคาร์ทีเซียน ชนิดมือขวา (Right – handed Cartesian Coordinate System) มีแกน X ชี้ออกมาจากหน้ากระดาษ และแกน Y กับแกน Z อยู่ในระนาบของกระดาษ (ในรูปนี้ถ้าเราลากแกน Z ชี้ลงล่าง ก็จะได้ระบบมือซ้าย (Left – handed Cartesian Coordinate System)) $\hat{i}$, $\hat{j}$, $\hat{k}$ เป็นเวกเตอร์หน่วยชี้ในทิศบวก (ทิศที่ค่าเพิ่มขึ้น) ของแกน X แกน Y และแกน Z ตามลำดับ ส่วนสเกลบนแกน X,Y,Z นั้นมีหน่วยเป็นอะไรก็ได้ ขึ้นอยู่กับห่วยของเวกเตอร์ที่จะใช้ เช่น หน่วยระยะทาง หน่วยความเร็ว หน่วยโมเมนตัม หน่วยสนามไฟฟ้า หน่วยสนามแม่เหล็ก ฯลฯ และใช้หน่วยต่างกันพร้อมๆ กันเลยก็ได้ ถ้าเวกเตอร์ที่ใช้เป็นปริมาณที่มีหน่วยต่างกัน

ถ้า $\mathbf{A}$ มีห่างลูกศรอยู่ที่จุด 0 และหัวลูกศรอยู่ที่พิกัด $x=A_1, y=A_2, z=A_3$ นั่นคือ มีจุดยอดอยู่ที่ตำแหน่ง (A_1, A_2, A_3) เราสามารถแสดงได้ว่า $\mathbf{A}=A_1\hat{i}+A_2\hat{j}+A_3\hat{k}$ และเรียก A_1, A_2, A_3 ว่าส่วนประกอบ (Components) ของ $\mathbf{A}$

ข้อสังเกต

บางครั้งในการเขียนเวกเตอร์แบบแยกเป็นส่วนประกอบของมันนั้น เราอาจใช้สัญลักษณ์ $\mathbf{A}=(A_1,A_2,A_3)$ ซึ่งในที่นี้ถือสัญลักษณ์ (A_1,A_2,A_3) เป็นเวกเตอร์ ไม่ใช่เป็นจุดในระบบอ้างอิง และเมื่อใช้สัญลักษณ์เช่นนี้เราก็จะเขียนเวกเตอร์หน่วยเป็น $\hat{i}=(1,0,0)$, $\hat{j}=(0,1,0)$, $\hat{k}=(0,0,1)$ ดังนั้น

$$(A_1,A_2,A_3)=A_1(1,0,0)+A_2(0,1,0)+A_3(0,0,1)$$

ซึ่งเป็นที่เข้าใจว่าเราได้ใช้คำจำกัดความของการคูณสเกลาร์กับเวกเตอร์ เป็น

$$\beta(A_1,A_2,A_3)=(\beta A_1,\beta A_2,\beta A_3)$$

เมื่อเราเขียนเวกเตอร์ในรูปของส่วนประกอบของมันแล้ว ความเท่ากันของเวกเตอร์ $\mathbf{A}$ กับ $\mathbf{B}$ จะหมายความว่า

$$\mathbf{A}=\mathbf{B}=A_1\hat{i}+A_2\hat{j}+A_3\hat{k}=B_1\hat{i}+B_2\hat{j}+B_3\hat{k}$$

และ $A_1=B_1, A_2=B_2, A_3=B_3$

แต่ถ้ามีเพียงขนาดของเวกเตอร์เท่ากัน หรือ $|\mathbf{A}|=|\mathbf{B}|$ จะหมายความว่า

$$\sqrt{A_1^2+A_2^2+A_3^2}=\sqrt{B_1^2+B_2^2+B_3^2}$$

เวกเตอร์หน่วยในทิศของ $\mathbf{A}$ จะเขียนได้เป็น

$$\begin{aligned}\hat{u}&=\frac{A_1\hat{i}+A_2\hat{j}+A_3\hat{k}}{\sqrt{A_1^2+A_2^2+A_3^2}}\\&=(\cos\alpha)\hat{i}+(\cos\beta)\hat{j}+(\cos\gamma)\hat{k}\end{aligned}$$

ซึ่งในที่นี้ α เป็นมุมระหว่าง $A_1\hat{i}$ กับ $\mathbf{A}$ นั่นคือ มุมที่ $\mathbf{A}$ ทำกับทิศบวกของแกน X ส่วน β,γ เป็นมุมที่ $\mathbf{A}$ ทำกับทิศบวกของแกน Y และแกน Z ตามลำดับ

สังเกตด้วยว่า $|\hat{u}|=1$ ซึ่งบ่งบอกว่า $(\cos\alpha)^2+(\cos\beta)^2+(\cos\gamma)^2=1$

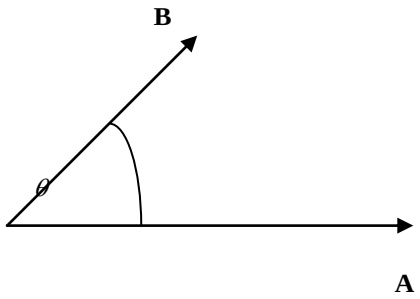
ง. การคูณเวกเตอร์ด้วยเวกเตอร์

เราให้คำจำกัดความสำหรับการคูณเวกเตอร์ด้วยเวกเตอร์ไว้สองแบบ แบบหนึ่งผลคูณออกมาเป็นสเกลาร์ อีกแบบหนึ่งผลคูณออกมาเป็นเวกเตอร์ การให้คำกำจัดความเหล่านี้เกี่ยวข้องโดยตรงกับการประยุกต์ทางฟิสิกส์

แบบที่ 1 การคูณที่ให้ผลเป็นสเกลาร์

การคูณแบบนี้ใช้สัญลักษณ์เป็นจุด $(\cdot)$ ซึ่งมีคำจำกัดความ ดังนี้

$\mathbf{A}$ และ $\mathbf{B}$ เป็นเวกเตอร์ซึ่งทำมุมกัน θ โดย $0\geq\theta\leq180^\circ$ ดังภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 มุมระหว่างเวกเตอร์ $\mathbf{A}$ กับ $\mathbf{B}$

ผลคูณ $\mathbf{A}\cdot\mathbf{B}$ (อ่านว่า $\mathbf{A}$ dot $\mathbf{B}$) เป็นปริมาณสเกลาร์ และถูกจำกัดความให้มีค่าเป็น $\mathbf{A}\cdot\mathbf{B}\equiv|\mathbf{A}||\mathbf{B}|\cos\theta$ และจากคำจำกัดความแบบนี้เราสามารถแสดงต่อได้ทันทีว่าจะให้ผลตามมา ดังนี้

1. $\mathbf{A}\cdot\mathbf{B}=\mathbf{B}\cdot\mathbf{A}$
2. $\beta\mathbf{A}\cdot\mathbf{B}=\mathbf{B}\cdot\beta\mathbf{A}=\beta(\mathbf{A}\cdot\mathbf{B})$
3. $\mathbf{A}\cdot(\mathbf{B}+\mathbf{C})=\mathbf{A}\cdot\mathbf{B}+\mathbf{A}\cdot\mathbf{C}$

และเมื่อเราใช้ผลเหล่านี้กับเวกเตอร์หน่วย $\hat{i},\hat{j},\hat{k}$ ซึ่งทำมุมกัน 90° จะได้

$$\hat{i}\cdot\hat{i}=1,\quad \hat{i}\cdot\hat{j}=0,\quad \hat{i}\cdot\hat{k}=0$$
$$\hat{j}\cdot\hat{i}=0,\quad \hat{j}\cdot\hat{j}=1,\quad \hat{j}\cdot\hat{k}=0$$
$$\hat{k}\cdot\hat{i}=0,\quad \hat{k}\cdot\hat{j}=0,\quad \hat{k}\cdot\hat{k}=1$$

ให้สังเกต $$\mathbf{A}\cdot\mathbf{B} = \left(A_1\hat{i} + A_2\hat{j} + A_3\hat{k}\right)\cdot\left(B_1\hat{i} + B_2\hat{j} + B_3\hat{k}\right)$$
$$= A_1B_1 + A_2B_2 + A_3B_3$$
$$= \sum_{i=1}^{3} A_iB_i$$

หรือ $$\mathbf{A}\cdot\mathbf{A} = \left(A_1\hat{i} + A_2\hat{j} + A_3\hat{k}\right)\cdot\left(A_1\hat{i} + A_2\hat{j} + A_3\hat{k}\right)$$
$$= A_1^2 + A_2^2 + A_3^2$$

บ่งบอกว่า $$|\mathbf{A}||\mathbf{B}|\cos\theta = A_1B_1 + A_2B_2 + A_3B_3$$

และ $$|\mathbf{A}| = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2}$$

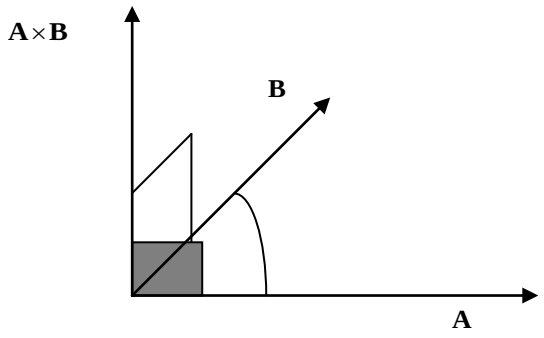
ดังนั้น $$\cos\theta = \frac{A_1B_1 + A_2B_2 + A_3B_3}{\sqrt{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2}\sqrt{B_1^2 + B_2^2 + B_3^2}}$$

จะสังเกตได้ว่า ถ้า $A_iB_i = 0$ โดยที่ $A_i \neq 0, B_i \neq 0$ แสดงว่า $\theta = 90^\circ$

แบบที่ 2 การคูณที่ให้ผลเป็นเวกเตอร์

การคูณแบบนี้ใช้สัญลักษณ์เป็นกากบาทแทน ซึ่งมีคำจำกัดความ ดังนี้

ให้ **A** และ **B** เป็นเวกเตอร์ซึ่งทำมุมกัน θ และวัดจาก **A** ไป **B** ในทางที่ $0 \geq \theta \leq 180^\circ$ เขียน $\mathbf{A}\times\mathbf{B}$ (อ่านว่า **A** cross **B**) ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นเวกเตอร์อีกตัวที่มีขนาดเท่ากับ $|\mathbf{A}||\mathbf{B}|\sin\theta$ และมีทิศตั้งฉากกับทั้งทิศของ **A** และทิศของ **B** โดยที่ **A** และ **B** ประกอบกันกับ $\mathbf{A}\times\mathbf{B}$ เป็นระบบมือขวา ดังภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 การคูณเวกเตอร์ $\mathbf{A}\times\mathbf{B}$

ผลที่ตามมาทันทีจากคำจำกัดความนี้ และสามารถพิสูจน์ได้ คือ

1. $\mathbf{B}\times\mathbf{A}=-\mathbf{A}\times\mathbf{B}$
2. $\beta\mathbf{A}\times\mathbf{B}=\mathbf{A}\times\beta\mathbf{B}=\beta(\mathbf{A}\times\mathbf{B})$
3. $\mathbf{A}\times(\mathbf{B}+\mathbf{C})=\mathbf{A}\times\mathbf{B}+\mathbf{A}\times\mathbf{C}$

ขอให้สังเกตด้วยว่าโดยทั่วไปแล้ว $\mathbf{A}\times(\mathbf{B}\times\mathbf{C})\neq(\mathbf{A}\times\mathbf{B})\times\mathbf{C}$ ยกเว้นกรณีที่ $\mathbf{A},\mathbf{B},\mathbf{C}$ ต่างก็ตั้งฉากซึ่งกันและกัน และในกรณีนั้นจะได้ผลคูณเป็นเวกเตอร์ศูนย์ $\mathbf{0}$ และเมื่อเราใช้ผลที่ตามมาเหล่านี้กับเวกเตอร์หน่วย $\hat{i},\hat{j},\hat{k}$ จะได้

$$\hat{i}\times\hat{i}=0,\quad \hat{i}\times\hat{j}=\hat{k},\quad \hat{i}\times\hat{k}=-\hat{j}$$
$$\hat{j}\times\hat{i}=-\hat{k},\quad \hat{j}\times\hat{j}=0,\quad \hat{j}\times\hat{k}=\hat{i}$$
$$\hat{k}\times\hat{i}=\hat{j},\quad \hat{k}\times\hat{j}=-\hat{i},\quad \hat{k}\times\hat{k}=0$$

ถ้า $\mathbf{A}=\left(A_1\hat{i}+A_2\hat{j}+A_3\hat{k}\right),\quad \mathbf{B}=\left(B_1\hat{i}+B_2\hat{j}+B_3\hat{k}\right)$

จะได้ $\mathbf{A}\times\mathbf{B}=(A_2B_3-A_3B_2)\hat{i}+(A_3B_1-A_1B_3)\hat{j}+(A_1B_2-A_2B_1)\hat{k}$

เป็นเวกเตอร์ตั้งฉากทั้ง $\mathbf{A}$ และ $\mathbf{B}$ แถมยังประกอบกันเป็นระบบมือขวาด้วย ที่น่าสังเกตอย่างหนึ่งสำหรับปริมาณทางขวามือในสมการผลคูณ $\mathbf{A}\times\mathbf{B}$ คือมีลักษณะเหมือนการกระจาย ดีเทอมิแนนต์ (Determinant) และเราสามารถแสดงได้ว่า

$$\mathbf{A}\times\mathbf{B}=\begin{vmatrix}\hat{i} & \hat{j} & \hat{k}\\ A_1 & A_2 & A_3\\ B_1 & B_2 & B_3\end{vmatrix}$$

7.2 ฟังก์ชัน

ฟังก์ชัน เป็นเซตของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรหนึ่งกับตัวแปรอื่นๆ เช่น เราจะกล่าวว่า “ y เป็นฟังก์ชันของ x ” เมื่อมีความสัมพันธ์ระหว่าง x และ y โดยที่เราสามารถหาค่า y ได้เมื่อกำหนดค่า x ให้

เช่น $y=x^2+1$

เรียก y ว่าตัวแปรตาม

เรียก x ว่าตัวแปรต้น

ซึ่งเราสามารถเขียน y ด้วย y(x) หรือ f(x) และจากฟังก์ชันดังตัวอย่างข้างต้นนี้ เราสามารถหาค่าของตัวแปรตาม (y) เมื่อกำหนดค่าของตัวแปรต้น (x) ให้ เช่น

เมื่อ $x = 1$ จะได้ $y(1) = 1^2 + 1 = 2$

$x = 2$ จะได้ $y(2) = 2^2 + 1 = 5$

จากตัวอย่างข้างต้น เรากล่าวได้ว่า ฟังก์ชัน $y = x^2 + 1$ นี้หาค่าได้ที่ ตำแหน่ง $x = 1$ และ $x = 2$

7.3 ลิมิตของฟังก์ชัน

กำหนดฟังก์ชัน $f(x) = 2x - 1$ พิจารณาค่าของ f(x) เมื่อ x มีค่าเข้าใกล้ 2 โดยพิจารณาจากตารางต่อไปนี้

ตาราง 6 เมื่อ x มีค่าเข้าใกล้ 2 ทางซ้ายมือ ($x < 2$)

x	1.9	1.99	1.999	1.9999	1.99999	1.999999
f(x)	2.8	2.98	2.998	2.9998	2.99998	2.999998

จากตาราง 6 จะได้ว่า $\lim_{x \to 2^-} 2x - 1 = 3$

ตาราง 7 เมื่อ x มีค่าเข้าใกล้ 2 ทางขวามือ ($x > 2$)

x	2.1	2.01	2.001	2.0001	2.00001	2.000001
f(x)	3.2	3.02	3.002	3.0002	3.00002	3.000002

จากตาราง 7 จะได้ว่า $\lim_{x \to 2^+} 2x - 1 = 3$

จากตารางทั้งสองจะเห็นว่า เมื่อ x มีค่าเข้าใกล้ 2 ทางซ้ายหรือทางขวา f(x) จะมีค่าเข้าใกล้ 3 ทั้งสองด้าน ซึ่งเราสามารถแสดงได้เป็น

$$\lim_{x\to 2} 2x-1=3$$

เรียกว่าฟังก์ชัน f (x) = 2x – 1 หาลิมิตที่ x เข้าสู่ 2 ได้ และจากฟังก์ชัน f (x) = 2x – 1 นี้ จะเห็นได้ว่า สามารถหาค่าได้ทุกค่าของ x

ฟังก์ชันบางฟังก์ชันอาจหาค่าไม่ได้ที่ตำแหน่งหนึ่งของตัวแปรต้น แต่สามารถหาลิมิตได้ที่ตำแหน่งนั้น เช่น $f(x)=\frac{(2x+3)(x-1)}{(x-1)}$ ซึ่งฟังก์ชันนี้ไม่สามารถหาค่าได้ที่ตำแหน่ง x =1 แต่สามารถหาลิมิตได้ ที่ x มีค่าเข้าใกล้ 1 ดังนี้

ตาราง 8 เมื่อ x มีค่าเข้าใกล้ 1 ทางซ้ายมือ (x < 1)

x	0	0.5	0.75	0.99	0.999	0.9999
f(x)	3	4	4.5	4.98	4.998	4.9998

จากตาราง 8 จะได้ว่า $\lim_{x\to 1^-}\frac{(2x+3)(x-1)}{(x-1)}=5$

ตาราง 9 เมื่อ x มีค่าเข้าใกล้ 1 ทางขวามือ (x > 1)

x	2	1.5	1.1	1.01	1.001	1.0001
f(x)	7	5	5.2	5.02	5.002	5.0002

จากตาราง 9 จะได้ว่า $\lim_{x\to 1^+}\frac{(2x+3)(x-1)}{(x-1)}=5$

ซึ่งจะเห็นได้ว่า $\lim_{x\to 1^-}\frac{(2x+3)(x-1)}{(x-1)}=\lim_{x\to 1^+}\frac{(2x+3)(x-1)}{(x-1)}$

ดังนั้น จะได้ $\lim_{x\to 1}\frac{(2x+3)(x-1)}{(x-1)}=5$ หรือฟังก์ชัน $f(x)=\frac{(2x+3)(x-1)}{(x-1)}$ หาลิมิตที่ x เข้าสู่ 1 ได้แต่หาค่าที่ x=1 หรือ f (1) ไม่ได้

7.3.1 ทฤษฎีบทเกี่ยวกับลิมิต

ถ้า k เป็นค่าคงที่ และ $\lim_{x\to a} f(x) = L, \quad \lim_{x\to a} g(x) = M$ แล้ว

1. $\lim_{x\to a} mx + c = ma + c$
2. $\lim_{x\to a}\left[f(x) \pm g(x)\right] = \lim_{x\to a} f(x) \pm \lim_{x\to a} g(x) = L \pm M$
3. $\lim_{x\to a} f(x)g(x) = \left[\lim_{x\to a} f(x)\right]\left[\lim_{x\to a} g(x)\right] = LM$
4. $\lim_{x\to a} \frac{f(x)}{g(x)} = \frac{\lim_{x\to a} f(x)}{\lim_{x\to a} g(x)} = \frac{L}{M}; M \neq 0$
5. $\lim_{x\to a} \sqrt[n]{f(x)} = \sqrt[n]{\lim_{x\to a} f(x)}$
6. สำหรับ $f(x) = k, \lim_{x\to a} f(x) = \lim_{x\to a} k = k$
7. $\lim_{x\to a}\left[k \pm f(x)\right] = \lim_{x\to a} k \pm \lim_{x\to a} f(x) = k \pm L$
8. $\lim_{x\to a} kf(x) = \lim_{x\to a} k\left(\lim_{x\to a} f(x)\right) = k\left(\lim_{x\to a} f(x)\right)$
9. $\lim_{x\to a} \frac{k}{f(x)} = \frac{\lim_{x\to a} k}{\lim_{x\to a} f(x)} = \frac{k}{\lim_{x\to a} f(x)} = \frac{k}{L}; L \neq 0$

7.3.2 ฟังก์ชันต่อเนื่อง

ฟังก์ชัน f (x) เป็นฟังก์ชันต่อเนื่องที่ a ก็ต่อเมื่อ

1. $f(a)$ หาค่าได้
2. $\lim_{x\to a} f(x)$ หาค่าได้
3. $f(a) = \lim_{x\to a} f(x)$

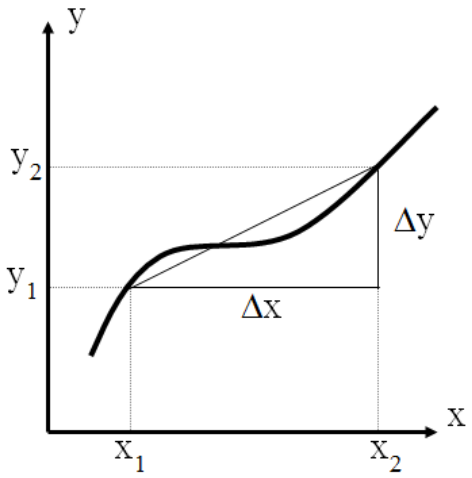
7.4 แคลคูลัสของตัวแปรอิสระตัวเดียว (Calculus of a single variable)

แคลคูลัสเปิดทางให้เราสามารถวิเคราะห์ติดตามปรากฏการณ์ได้อย่างละเอียด จุดต่อจุด การรู้ได้จุดต่อจุดเป็นการรู้ที่ละเอียดที่สุด

7.4.1 อนุพันธ์ (Derivative)

เราอาจจะเริ่มเรียนวิชาแคลคูลัสโดยพิจารณาความสัมพันธ์เชิงฟังก์ชันระหว่างตัวแปร y กับ x ดังภาพประกอบ 11 ซึ่งเรามักจะเขียนเป็นเชิงสัญลักษณ์ เป็น

$$y = y(x)$$



ภาพประกอบ 11 กราฟความสัมพันธ์เชิงฟังก์ชันระหว่างตัวแปร y กับ x

อนุพันธ์ของ y เทียบกับ x จะเท่ากับความชันระหว่างจุดสองจุดของเส้นกราฟ y(x) เมื่อ Δx มีค่าน้อยมากๆ จนเข้าใกล้ศูนย์ ซึ่งเขียนเป็นความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ได้คือ

$$\lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{y(x+\Delta x) - y(x)}{\Delta x}$$

เมื่อ $\Delta y = y_2 - y_1$ และ $\Delta x = x_2 - x_1$

หรือเมื่อผมขอเปลี่ยนรูปฟังก์ชันเป็น $y = f(x)$

เราสนใจปริมาณ $$\lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{f(x+\Delta x) - f(x)}{\Delta x}$$

ซึ่งหมายถึง อัตราการเปลี่ยนของ y เทียบกับ x ในกรณีที่อัตราการเปลี่ยนแปลงของ x นั้นมีค่าน้อยมากจนไม่มีค่าใดน้อยกว่าได้ นั้นคือการเปลี่ยนแปลงที่แทบพูดได้ว่าจากจุดหยุดนิ่งไปจุดที่อยู่ติดกันเลย

สัญลักษณ์ที่ใช้แทน $\lim_{\Delta x \to 0} \frac{\Delta y}{\Delta x}$ มีมากมายหลายรูปแบบแล้วแต่ใครจะชอบ รูปแบบที่นิยมมากที่สุดน่าจะเป็น $\frac{dy}{dx}$ คำจำกัดความของอนุพันธ์ $\frac{dy}{dx}$ ทำให้เกิดผลที่ตามมาซึ่งสามารถพิสูจน์ได้ คือ

ก. $\frac{d(cy)}{dx} = c\frac{dy}{dx}$ เมื่อ c เป็นค่าคงที่

ข. $\dfrac{\mathrm{d}\left(y_1+y_2\right)}{\mathrm{d}x}=\dfrac{\mathrm{d}y_1}{\mathrm{d}x}+\dfrac{\mathrm{d}y_2}{\mathrm{d}x}$

ค. $\dfrac{\mathrm{d}\left(y_1y_2\right)}{\mathrm{d}x}=y_1\dfrac{\mathrm{d}y_2}{\mathrm{d}x}+y_2\dfrac{\mathrm{d}y_1}{\mathrm{d}x}$

ง. $\dfrac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}x}=\dfrac{1}{\left(\dfrac{\mathrm{dx}}{\mathrm{dy}}\right)}$

จ. $\dfrac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}x}=\left(\dfrac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}u}\right)\left(\dfrac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}x}\right)$ เมื่อ $y=y\left(u\right)$ และ $u=u\left(x\right)$

จากคำจำกัดความของ $\dfrac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}x}$ และผลที่ตามมาเหล่านี้ เราสามารถสร้างตารางของสูตรมาตรฐานสำหรับหาอนุพันธ์ที่ควรจำและนำไปใช้ได้ทันที ข้างล่างนี้เป็นเพียงตัวอย่างของสูตรมาตรฐานที่น่าจดจำ

1. $\dfrac{\mathrm{d}c}{\mathrm{d}x}=0$ เมื่อ c เป็นค่าคงที่
2. $\dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}x}=1$
3. $\dfrac{\mathrm{d}x^n}{\mathrm{d}x}=nx^{n-1}$
4. $\dfrac{\mathrm{d}e^x}{\mathrm{d}x}=e^x,\quad e=\lim\limits_{n\to\infty}\left(1+\dfrac{1}{n}\right)^n\approx 2.71828\ldots$
5. $\dfrac{\mathrm{d}\ln x}{\mathrm{d}x}=\dfrac{1}{x},\quad \ln x\equiv\log_e x$
6. $\dfrac{\mathrm{d}\sin x}{\mathrm{d}x}=\cos x$
7. $\dfrac{\mathrm{d}\cos x}{\mathrm{d}x}=-\sin x$
8. $\dfrac{\mathrm{d}\arcsin x}{\mathrm{d}x}=\dfrac{1}{\sqrt{1-x^2}}$
9. $\dfrac{\mathrm{d}\arccos x}{\mathrm{d}x}=-\dfrac{1}{\sqrt{1-x^2}}$

ตัว e เป็นตัวเลขหนึ่งที่สำคัญมากทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะในวิชาฟิสิกส์ ซึ่งใช้คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือ เรามักอ้างถึง e ว่าเป็นฐานของลอการิทึมธรรมชาติ (Natural Logarithm)

7.4.2 อินทิกรัล (Integral)

มาถึงจุดนี้เราจะสังเกตได้ว่าที่ว่าแคลคูลัสถูกคิดมาเพื่อกลศาสตร์นั้นเป็นมาอย่างไร กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตันกล่าวว่า มวลคูณอัตราการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเท่ากับแรง เขียนในภาษาของแคลคูลัสได้เป็น

$$m\frac{\mathrm{d}\mathbf{v}}{\mathrm{d}t}=\mathbf{F}(t)$$

เมื่อ $\mathbf{F}$ เป็นฟังก์ชันของเวลา (t) และคำถามที่ปรากฏขึ้นในใจทันทีก็คือ $\mathbf{v}$ จะเป็นฟังก์ชันรูปใดของเวลา (t) การตอบคำถามนี้ที่แท้ก็คือการย้อนทางหาอนุพันธ์ และวิธีการย้อนทางนี้เป็นแขนงหนึ่งที่สำคัญมากในแคลคูลัสและสาระสำคัญนี้ปรากฏอยู่ในการพยายามตอบคำถามปัญหาข้างล่างนี้

ให้ $y(x)$ เป็นฟังก์ชันซึ่งเราไม่ทราบว่ารูปร่างเป็นอย่างไร แต่เราทราบแค่เพียงว่ารูปร่างของมันก็คือ $\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}x}=g(x)$ ซึ่งในที่นี้เรารู้รูปร่างของ $g(x)$ จากข้อกำหนดนี้ เราอยากหารูปฟังก์ชัน $y(x)$ ว่าเป็นรูปใด ในแคลคูลัสเราตกลงกันเขียนประโยคที่ยาวนี้ในรูปสัญลักษณ์ ดังนี้

$$y(x)=\int g(x)\,\mathrm{d}x=?$$

หรือ

$$\int g(x)\,\mathrm{d}x=?$$

ทุกครั้งที่เราเห็นสัญลักษณ์ $\int g(x)\,\mathrm{d}x$ เราควรตระหนักทันทีว่ามันแทนฟังก์ชันหนึ่งซึ่งมีอนุพันธ์เป็น $g(x)$ ดังนั้นเราจะเห็นสมการข้างล่างนี้เป็นจริงเสมอ

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}x}\int g(x)\,\mathrm{d}x=g(x)$$

สมการที่สำคัญนี้เป็นที่รู้จักกันในชื่อ **ทฤษฎีบทพื้นฐานของแคลคูลัส (The Fundamental Theorem of Calculus)** เราสามารถใช้ทฤษฎีบทนี้กับสูตรมาตรฐานสำหรับหาอนุพันธ์ดังเบื้องต้น สร้าง

ตารางขึ้นมาเพื่อช่วยในการหาค่า $\int g(x)\,\mathrm{d}x$ สำหรับ $g(x)$ ต่างๆ ซึ่งเราจะทำในขั้นต่อไป แต่ก่อนอื่นเราควรศึกษาผลที่ตามมาจากทฤษฎีบทนี้ก่อน เช่นเดียวกับที่เราเคยศึกษาผลที่ตามมาจากคำจำกัดความของ $\frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}x}$ ในเรื่องการหาอนุพันธ์

พิจารณา $\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}x}\int cg(x)\,\mathrm{d}x = cg(x)$ โดย c เป็นค่าคงที่

$$= c\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}x}\int g(x)\,\mathrm{d}x$$

$$= \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}x}\left[c\int g(x)\,\mathrm{d}x\right]$$

จะเห็นว่า $\int cg(x)\,\mathrm{d}x = c\int g(x)\,\mathrm{d}x$

หรือพิจารณา $\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}x}\int\left[g_1(x)+g_2(x)\right]\mathrm{d}x = g_1(x)+g_2(x)$

$$= \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}x}\int g_1(x)\,\mathrm{d}x + \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}x}\int g_2(x)\,\mathrm{d}x$$

$$= \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}x}\left[\int g_1(x)\,\mathrm{d}x + \int g_2(x)\,\mathrm{d}x\right]$$

จะเห็นว่า $\int\left[g_1(x)+g_2(x)\right]\mathrm{d}x = \int g_1(x)\mathrm{d}x + \int g_2(x)\mathrm{d}x$

เราสามารถพิจารณากรณีอื่นๆ อีกและได้ผลตามมาจากทฤษฎีบทพื้นฐานของแคลคูลัส และรวบรวมไว้ดังข้างล่างนี้

ก. $\int cg(x)\,\mathrm{d}x = c\int g(x)\mathrm{d}x$

ข. $\int\left[g_1(x)+g_2(x)\right]\mathrm{d}x = \int g_1(x)\mathrm{d}x + \int g_2(x)\mathrm{d}x$

ค. $\int g(x)\,\mathrm{d}x = \int g(x)\left(\frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}u}\right)\mathrm{d}u$

ง. $\int g_1(x)\left(\frac{\mathrm{d}g_2(x)}{\mathrm{d}x}\right)\mathrm{d}x = g_1(x)g_2(x) - \int g_2(x)\left(\frac{\mathrm{d}g_1(x)}{\mathrm{d}x}\right)\mathrm{d}x$

ทั้งหมดนี้เป็นผลที่ตามมาที่สำคัญซึ่งเราจะใช้เสมอ แต่ก่อนที่จะสร้างตารางเพื่อหารูปอินทิกรัล $\int g(x)\mathrm{d}x$ ขอให้สังเกตจุดสำคัญอีกจุดหนึ่งอันเนื่องมาจากความที่ $\frac{\mathrm{d}c}{\mathrm{d}x}=0$ เราจะเห็นว่า

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}x}\int\left[g(x)+c\right]\mathrm{d}x=\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}x}\int g(x)\mathrm{d}x$$

ซึ่งบ่งบอกว่าในการหาค่า $\int g(x)\mathrm{d}x$ ออกมานั้น เราสามารถได้ $y(x)$ ออกมาดังค่าเดิมเกือบทุกอย่างยกเว้นแต่ค่าคงที่เดี่ยวๆ เท่านั้น นั้นคือแทนที่เราจะตอบว่า $y(x)=\int g(x)\mathrm{d}x$ เราต้องตอบว่า $y(x)=\int g(x)\mathrm{d}x+c$ ซึ่งค่า c นี้เป็นค่าคงที่ที่เรายังไม่รู้ค่าและอาจจะให้ค่าเป็นอะไรก็ได้ (Arbitrary Constant) ซึ่งเราสามารถรู้ค่าแน่นอนของมันได้เมื่อเรากำหนดเงื่อนไขต้น (Initial Conditions) เช่น $y=b$ เมื่อ $x=a$ เป็นต้น เราสามารถสร้างตารางสำหรับหารูปอินทิกรัลโดยพิจารณาสูตรมาตรฐานสำหรับหาอนุพันธ์ร่วมกับผลที่ตามมาในข้อ ก. ข. ค. และ ง ข้างต้นได้ ดังต่อไปนี้

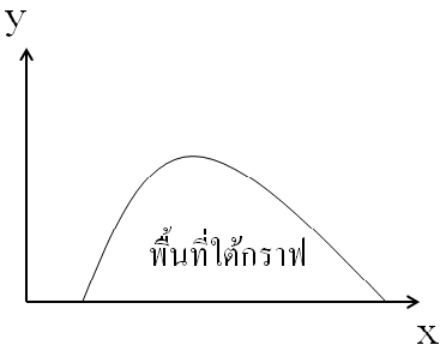
1. $\int 1\mathrm{d}x=x+c$
2. $\int x\mathrm{d}x=\frac{1}{2}x^2+c$
3. $\int x^n\mathrm{d}x=\frac{x^{n+1}}{n+1}+c\,;n\neq-1$
4. $\int\frac{1}{x}\mathrm{d}x=\ln x+c$
5. $\int e^x\mathrm{d}x=e^x+c$
6. $\int\cos x\mathrm{d}x=\sin x+c$
7. $\int\sin x\mathrm{d}x=-\cos x+c$
8. $\int\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}\mathrm{d}x=\mathrm{acsin}\,x+c$

อินทิกรัลที่กล่าวมานั้นเป็นอินทิกรัลที่ยังไม่กำหนดขอบเขต (Indefinite Integrals) การจำกัดขอบเขตที่ว่านี้จะไปเกี่ยวข้องกับการหาพื้นที่ใต้กราฟ สำหรับการอินทิกรัลแบบมีลิมิต หรือจำกัดขอบเขต (Definite integral) สามารถเขียนในรูปการอินทิกรัลได้ ดังนี้

$$\int_a^b f(x)dx = \left[y(x)\right]_a^b = y(b) - y(a)$$

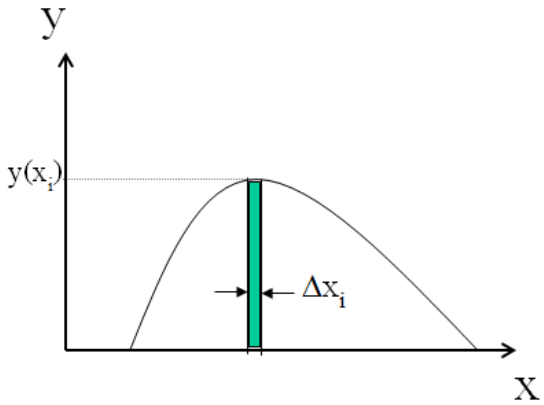
7.5 พื้นที่ใต้กราฟและการอินทิกรัลแบบมีลิมิต (Definite Integral)

พิจารณากราฟของฟังก์ชัน y = y(x) ดังภาพประกอบ 12



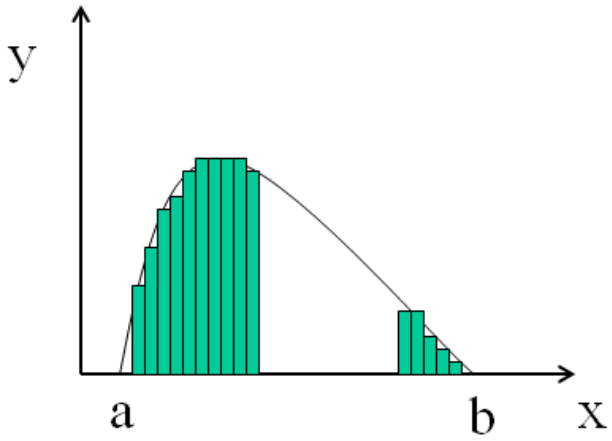
ภาพประกอบ 12 กราฟของฟังก์ชัน y = y(x)

สามารถหาพื้นที่ใต้กราฟได้โดยการแบ่งพื้นที่ใต้กราฟเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมเล็กๆ (พื้นที่สีเขียว) จำนวนมาก ดังภาพประกอบ 13 และภาพประกอบ 14 โดยที่พื้นที่สีเหลี่ยมขนาดเล็กอันใดๆ จะมีขนาดกว้าง Δx_i และสูง $y(x_i)$ ซึ่งมีพื้นที่เท่ากับ $y(x_i)\,\Delta x_i$ ดังนั้นถ้านำพื้นที่ขนาดเล็กเหล่านั้นทั้งหมดมารวมกัน ก็จะสามารถหาพื้นที่ใต้กราฟ ได้



ภาพประกอบ 13 พื้นที่ใต้กราฟเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมเล็กๆ

พื้นที่ใต้กราฟจะเท่ากับอินทิกรัลของฟังก์ชันนั้นจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดสุดท้าย



ภาพประกอบ 14 พื้นที่ใต้กราฟเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมเล็กๆ (พื้นที่สีเขียว) จำนวนมาก

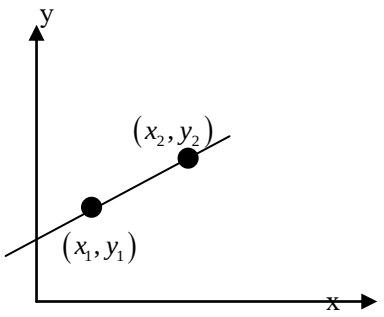
ซึ่งสามารถเขียนเป็นความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ได้ คือ

$$\text{พื้นที่ใต้กราฟ} = \lim_{N\to\infty}\sum_{i=1}^{N} y(x_i)\Delta x_i = \int_a^b y(x)\mathrm{d}x$$

7.5.1 เส้นตรงและเส้นโค้งบนระนาบ

เส้นตรงบนระนาบ

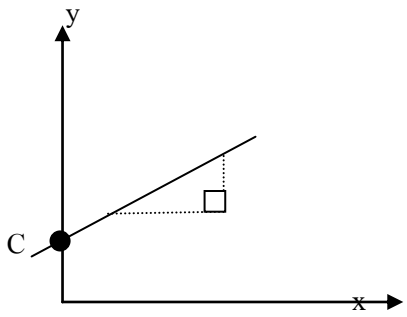
- กรณีรู้จุด 2 จุดบนเส้นตรง ดังภาพประกอบ 15



ภาพประกอบ 15 เส้นตรงบนระนาบ กรณีรู้จุด 2 จุด

$$\frac{x-x_1}{x_2-x_1} = \frac{y-y_1}{y_2-y_1}$$

- กรณีรู้ค่าความชันและจุดตัดแกนตั้ง ดังภาพประกอบ 16 หาความชันของกราฟได้ ดังสมการ



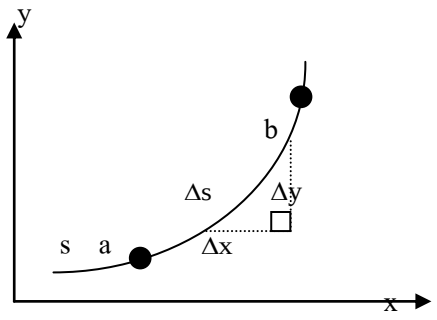
ภาพประกอบ 16 เส้นตรงบนระนาบกรณีรู้ค่าความชันและจุดตัดแกนตั้ง

$$\text{ความชัน (m)} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

$$y = mx + c$$

เส้นโค้งบนระนาบ

- กรณีรู้จุด 2 จุดบนเส้นโค้งและกรณีรู้ค่าความชันและจุดตัดแกนตั้ง ดังภาพประกอบ 17



ภาพประกอบ 17 กรณีรู้จุด 2 จุดบนเส้นโค้งและกรณีรู้ค่าความชันและจุดตัดแกนตั้ง

$$ds = \left[(dx)^2 + (dy)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{ds}{dx} = \left[1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{ds}{dy} = \left[1 + \left(\frac{dx}{dy} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

ความยาวเส้นโค้งจาก a ถึง b $= \int_a^b \left[1+\left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} dx$

$= \int_a^b \left[1+\left(\frac{dx}{dy}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} dy$

ค่าความโค้ง (Curvature) $= \frac{\frac{d^2y}{dx^2}}{\left[1+\left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}$

รัศมีความโค้ง (Radius of Curvature) $= \frac{\left[1+\left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}}{\frac{d^2y}{dx^2}}$

7.6 อนุกรมเทย์เลอร์ (Taylor's Series)

วิธีอนุกรมกำลังเป็นวิธีการพื้นฐานที่ใช้หาคำตอบของสมการเชิงอนุพันธ์แบบเชิงเส้นที่มีสัมประสิทธิ์เป็นตัวแปร ลักษณะของคำตอบจะอยู่ในรูปอนุกรมกำลัง คำตอบในรูปอนุกรมกำลังจะทำให้เกิดฟังก์ชันพิเศษ (Special Function) เช่น ฟังก์ชันเบสเซิล ฟังก์ชันเลอจองด์ เป็นต้น การเขียนฟังก์ชันในรูปอนุกรมกำลังจะเขียนโดยใช้หลักการของอนุกรมแมคลอริน (Maclaurin's Series) หรือหลักการของอนุกรมเทเลอร์ อนุกรมแมคลอรินจะใช้กระจายฟังก์ชันเป็นอนุกรมกำลังในรูป x ยกกำลัง (อนุกรมกำลังรอบจุดศูนย์) ส่วนอนุกรมเทเลอร์จะใช้กระจายฟังก์ชันเป็นอนุกรมกำลังในรูป $x-x_0$ ยกกำลัง (อนุกรมกำลังรอบจุด x_0) ได้สมการเป็น

$$\begin{aligned} f(x) &= \sum_{n=0}^{\infty} a_n (x-x_0)^n \\ &= \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f^n(x_0)}{n!}(x-x_0)^n \\ &= f(x_0)+\frac{f'(x_0)}{1!}(x-x_0)+\frac{f''(x_0)}{2!}(x-x_0)^2+\frac{f'''(x_0)}{3!}(x-x_0)^3+\ldots \end{aligned}$$

เมื่อ $f(x)$ แทนฟังก์ชันวิเคราะห์ (Analytic Function) ที่จุด $x-x_0$

a_n แทนค่าคงที่ เรียกว่า ค่าสัมประสทธิ์ (Coefficient) ของอนุกรมกำลัง

โดย $a_n = \frac{f^n(x_0)}{n!}$

x_0 แทนจุดศูนย์กลางของอนุกรม (Center of Series)

n แทนค่าดัชนี (Index)

หรือสามารถเขียนให้อยู่ในรูปผลบวกได้ ดังนี้

$$f(x)=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{f^{(n)}(x_0)}{n!}(x-x_0)^n$$

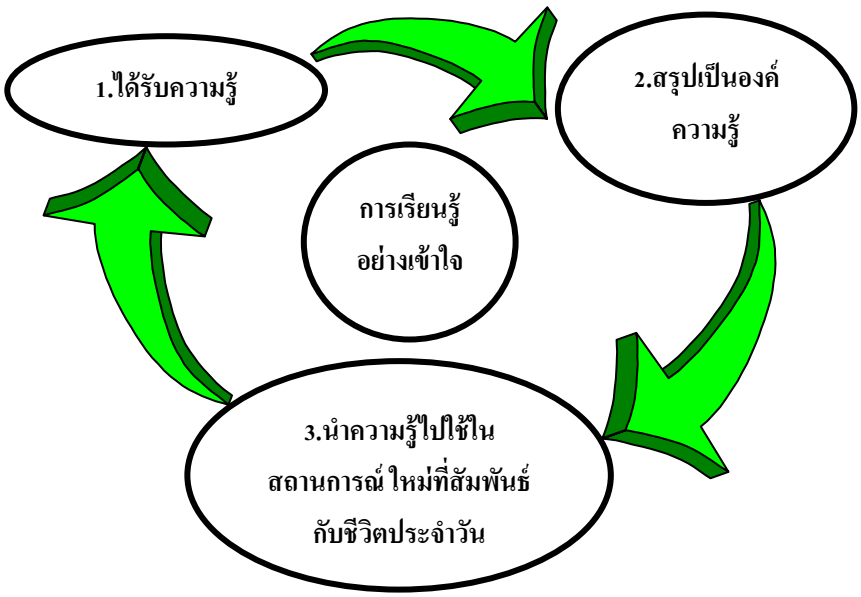
เมื่อ $n!$ แทนตัวประกอบในการคูณของ n

$f^{(n)}(x_0)$ แทนอนุพันธ์อันดับ n ของ f หาค่าที่ x_0

8. การออกแบบการจัดการเรียนรู้ โดยอิงมาตรฐานตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

8.1 การจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างเข้าใจ

ในปี ค.ศ. 2006 Grant Wiggins และ Jay McThighe ได้เสนอวงจรการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างเข้าใจในแต่ละเรื่องไว้ ดังภาพประกอบ 18 ดังนี้



ภาพประกอบ 18 วงจรการจัดการเรียนรู้

ในการจัดการเรียนรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่ง ถ้าจะให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างเข้าใจแล้ว ครูต้องจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้รับความรู้โดยการให้ผู้เรียนศึกษาหาความรู้จากกิจกรรมที่ครูจัดให้ ไม่ใช่ครูบอกความรู้ หรือครูบอกความเข้าใจของครูให้กับผู้เรียน จากนั้น ครูจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนสรุปความรู้ที่ได้รับเป็นองค์ความรู้ (อย่างเข้าใจ) เป็นภาษาของตนเอง เพื่อให้เป็นองค์ความรู้ที่ฝังอยู่ในตัวของผู้เรียน และสุดท้ายต้องจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้นำองค์ความรู้นี้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ที่เป็นสถานการณ์ที่เป็นสภาพจริง สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน หรือสอดคล้องกับการดำรงชีวิต เป็นการนำความรู้ ความเข้าใจที่ได้รับไปใช้ในการดำรงชีวิต จึงจะครบกระบวนการจัดการเรียนรู้สำหรับเรื่องหนึ่ง ๆ ที่เป็นการจัด การเรียนรู้ที่มีความหมายสำหรับผู้เรียน และเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนเรียนรู้เรื่องที่เรียนอย่างเข้าใจ ได้องค์ความรู้ หรือเป็นความเข้าใจที่ฝังอยู่ในตัวของผู้เรียน ที่เรียกว่า “ความเข้าใจที่คงทน (Enduring understanding)”

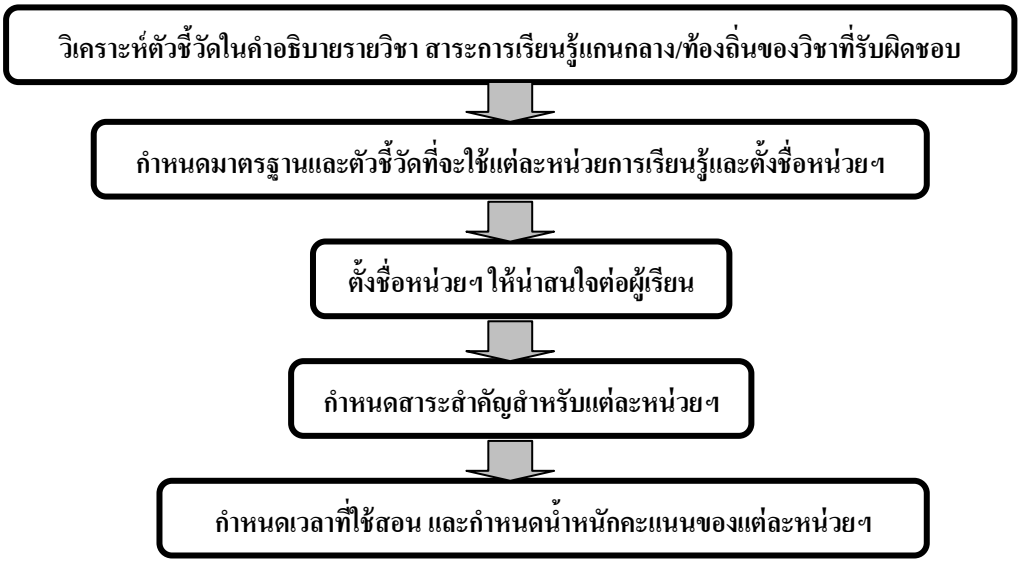
8.2 การออกแบบการจัดการเรียนรู้อิงมาตรฐาน

การออกแบบการจัดการเรียนรู้อิงมาตรฐาน เป็นการออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด เป็นเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ การจัดทำหน่วยการเรียนรู้อิงมาตรฐาน เป็นหน่วยการเรียนรู้ที่มีมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด เป็นเป้าหมายการเรียนรู้ของหน่วย ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้อิงมาตรฐาน ครูผู้สอนต้องจัดทำโครงสร้างรายวิชาก่อน ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้จัดทำโครงสร้างรายวิชา

1. กำหนดเป้าหมายการจัดการเรียนรู้
2. กำหนดหลักฐานที่เป็นผลการเรียนรู้ตามเป้าหมายที่กำหนด(ออกแบบการประเมินผลการเรียนรู้ และกำหนดผลงาน/ชิ้นงาน/ภาระงาน)
3. ออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถตามเป้าหมายที่กำหนด โดยตรวจสอบผลการจัดการเรียนรู้จาก “หลักฐานที่เป็นผลการเรียนรู้”

8.3 การจัดทำโครงสร้างรายวิชา

เมื่อได้รายวิชาลงโครงสร้างของหลักสูตรสถานศึกษาเรียบร้อยแล้ว ครูผู้สอนจัดทำโครงสร้างรายวิชาโดยดำเนินการดังภาพประกอบ 19 ดังนี้

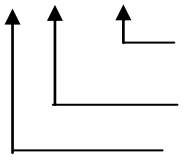


ภาพประกอบ 19 ลำดับการจัดทำโครงสร้างรายวิชา

8.3.1 กำหนดชื่อหน่วยการเรียนรู้ โดยพิจารณาคำ/ข้อความสำคัญ(Key words) หรือเนื้อหา ในตัวชี้วัดของรายวิชามาจัดกลุ่ม โดยนำตัวชี้วัดที่มีเนื้อหาอยู่ในกลุ่มเดียวกัน หรือเป็นเรื่องเดียวกัน มารวมกันจัดเป็น 1 หน่วยการเรียนรู้ ซึ่งใน 1 รายวิชาจะมีหลายหน่วย และแต่ละหน่วย จะมีตัวชี้วัดซ้ำหรือไม่ซ้ำกันก็ได้ อยู่ในดุลพินิจของผู้สอน แต่เวลาที่ใช้จัดการเรียนรู้รวมทั้งหมด ต้อง ไม่เกินจำนวนชั่วโมงที่กำหนดในโครงสร้างหลักสูตรสถานศึกษา แล้วตั้งชื่อหน่วยให้น่าสนใจสำหรับผู้เรียน

8.3.2 ระบุมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดที่นำมาจัดทำเป็นหน่วยการเรียนรู้แต่ละหน่วยการเรียนรู้ โดยเขียนรหัสมาตรฐาน ระดับชั้นและตัวชี้วัดที่นำมาจัดทำหน่วย ทั้งหมด โดยเขียนเป็นรหัส ดังภาพประกอบ 20 ดังนี้

ว 1.1 ป. 1/2

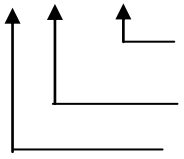


ป.1/2 หมายถึง ตัวชี้วัดชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ข้อที่ 2

1.1 หมายถึง สาระที่ 1 มาตรฐานข้อที่ 1

ว หมายถึง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ว 1.1 ม. 1/2

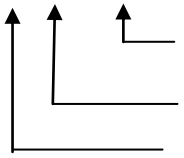


ม.1/2 หมายถึง ตัวชี้วัดชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ข้อที่ 2

1.1 หมายถึง สาระที่ 1 มาตรฐานข้อที่ 1

ว หมายถึง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ว 1.1 ม. 4-6/1



ม.4-6/1 หมายถึง ตัวชี้วัดชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ข้อที่ 1

1.1 หมายถึง สาระที่ 1 มาตรฐานข้อที่ 1

ว หมายถึง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ภาพประกอบ 20 วิธีการเขียนระหัดมาตรฐานการเรียนรู้

8.3.3 กำหนดสาระสำคัญ สำหรับแต่ละหน่วยการเรียนรู้ เป็นข้อความที่ระบุว่าผู้เรียนรู้อะไร มีทักษะอะไร (อาจจะมีคุณลักษณะอย่างไรด้วย) และหน่วยนี้มีคุณค่าต่อผู้เรียนอย่างไรในระยะสั้นและระยะยาวโดยร้อยเรียงข้อมูลของทุกตัวชี้วัด และเขียนเป็น Concept ภาพรวมของหน่วย ที่ต้องการให้เป็นองค์ความรู้ เป็นความเข้าใจที่ฝังติดตัวผู้เรียนไปเป็นเวลานาน และสามารถนำมาใช้ได้เมื่อต้องการ ซึ่งมีวิธีเขียน 4 แนวทาง ได้แก่

8.3.3.1 เขียนลักษณะหลักเกณฑ์ หรือหลักการ เช่น “พืชตอบสนองต่อแสง เสียง และการสัมผัส ซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมภายนอก” “การบวก คือการนำจำนวนตั้งแต่สองจำนวนขึ้นไปมารวมกัน จำนวนที่ได้จากการรวมจำนวนต่างๆ เข้าด้วยกัน เรียกว่า ผลรวม หรือ ผลบวก และใช้เครื่องหมาย + เป็นสัญลักษณ์แสดงการบวก”

8.3.3.2 เขียนลักษณะความคิดรวบยอด เช่น “พืชและสัตว์ต้องการอาหาร น้ำและอากาศ เพื่อการดำรงชีวิต และการเจริญเติบโต” หรือเขียนแบบความเข้าใจที่คงทน เช่น“ความเข้าใจจำนวนนับ สัญลักษณ์ที่ใช้ในสมการ การบวกลบคูณหารจำนวนนับ และความเท่ากัน ทำให้สามารถแก้ปัญหาภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้” “การดำรงชีวิตท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงโดยประยุกต์ใช้แนวคิดปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงทำให้ชีวิตมีความสุข”

8.3.3.3 เขียนลักษณะกระบวนการ (กรณีที่ภาพรวมของหน่วย เน้นกระบวนการ) เช่น หน่วยนี้เน้นกระบวนการแก้ปัญหา เขียนสาระสำคัญได้ คือ “การวิเคราะห์สาเหตุ ของปัญหาอย่าง

กว้างขวางหลายมิติ กำหนดทางเลือกในการแก้สาเหตุของปัญหาอย่างหลากหลาย เลือกทางเลือก ในการแก้ปัญหาอย่างเหมาะสม ดำเนินการแก้ปัญหาตามทางเลือกที่กำหนด ประเมินและปรับปรุง การแก้ปัญหาอย่างรอบคอบเป็นระยะๆ ช่วยให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ"

8.3.3.4 เขียนลักษณะความสัมพันธ์ เช่น "วิธีการดำรงชีวิตของมนุษย์ มีผลกระทบต่อ
ระบบนิเวศในสายน้ำ"

8.3.4 กำหนดระยะเวลา (จำนวนชั่วโมง)สำหรับแต่ละหน่วยการเรียนรู้ รวมทุกหน่วยแล้วมีจำนวนชั่วโมงเท่ากับจำนวนชั่วโมงของรายวิชา

8.3.5 กำหนดน้ำหนักคะแนนของแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ตามความสำคัญของแต่ละหน่วย เพื่อการกำหนดคะแนนสำหรับการประเมินผลการเรียนรู้ของแต่ละหน่วย ให้เหมาะสมตามความสำคัญของแต่ละหน่วย

ตัวอย่างการจัดทำโครงสร้างรายวิชา อาจจะใช้แบบฟอร์มในการบันทึก ดังต่อไปนี้

การจัดทำโครงสร้างรายวิชา.....

โครงสร้างรายวิชา..... กลุ่มสาระการเรียนรู้.....
ชั้น..... เวลา.....ชั่วโมง จำนวน.....หน่วยกิต ภาคเรียนที่.....

ตาราง 10 ตัวอย่างตารางบันทึกการจัดทำโครงสร้างรายวิชา

ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	มฐ. ตัวชี้วัด	สาระสำคัญ	เวลา (ชั่วโมง)	น้ำหนักคะแนน
รวมตลอดปี / ภาค					

8.4 การจัดทำหน่วยการเรียนรู้

การจัดทำหน่วยการเรียนรู้อิงมาตรฐาน เป็นหน่วยการเรียนรู้ที่มีมาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัด เป็นเป้าหมายของหน่วย ขั้นตอนนี้ เป็นขั้นตอนสำคัญที่สุดของการใช้หลักสูตรสถานศึกษา เป็นการนำมาตรฐานการเรียนรู้สู่การปฏิบัติในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผู้เรียน

การออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่ สพฐ.แนะนำ คือ ออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค Backward Design ซึ่งมี 3 ขั้นตอนใหญ่ๆ ได้แก่

1. กำหนดเป้าหมายการเรียนรู้

2. กำหนดหลักฐานที่เป็นผลการเรียนรู้ของผู้เรียนตามเป้าหมายการเรียนรู้ที่กำหนด

3. ออกแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ตามเป้าหมายที่กำหนด ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ จากที่เป็นหน่วยการเรียนรู้อิงมาตรฐาน เป้าหมายการเรียนรู้ของหน่วย ได้แก่

3.1 ชื่อหน่วย

3.2 เป้าหมายการเรียนรู้

3.3 สาระสำคัญ

3.4 ตัวชี้วัด

3.5 คุณลักษณะ

ขั้นที่ 2 กำหนดหลักฐานที่เป็นผลการเรียนรู้ของผู้เรียน เป็นการนำเป้าหมายทุกเป้าหมาย (สาระสำคัญ ตัวชี้วัดทุกตัวชี้วัด และคุณลักษณะ) มากำหนดหลักฐานที่เป็นผลการเรียนรู้ของผู้เรียน อาจจะใช้ตาราง ดังนี้

ตารางที่ 11 ตัวอย่างตารางบันทึกกำหนดหลักฐานที่เป็นผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

เป้าหมาย	หลักฐานที่เป็นผลการเรียนรู้
สาระสำคัญ	(ผลงาน/ชิ้นงาน/ภารเงาน) .....
ตัวชี้วัด ว1.1ม.1/1.....	(ผลงาน/ชิ้นงาน/ภารเงาน) .....
คุณลักษณะ **.....**	(ผลงาน/ชิ้นงาน/ภารเงาน) ……..

การกำหนดหลักฐานที่เป็นผลการเรียนรู้ เป็นการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยการออกแบบการประเมินผลการเรียนรู้ให้เหมาะสม ซึ่งโดยทั่วไปได้กำหนดเป็น 6 เทคนิคของการประเมินผลการเรียนรู้ ดังนี้

1. Selected Response หมายถึง ข้อสอบปรนัยเลือกตอบ จับคู่ ถูกผิด

2. Constructed Response หมายถึง ข้อสอบเติมคำ หรือเติมข้อความ หรือเขียน Mind map

3. Essay หมายถึง เขียนบรรยาย เขียนเรียงความ เขียนเล่าเรื่อง เขียนรายงาน

4. School Product / Performance หมายถึง การแสดงหรือการปฏิบัติในสถานศึกษา เช่น โต้วาที พูดสนทนาภาษาอังกฤษ ทดลองทางวิทยาศาสตร์ อ่าน แสดงบทบาทสมมุติ (Role play) ประกอบอาหาร สืบค้นข้อมูล (โดยใช้ internet ในโรงเรียน)

5. Contextual Product/Performance หมายถึง การแสดงในสถานการณ์จริง หรือสภาพชีวิตจริงนอกสถานศึกษา เช่น “สำรวจราคาพืชผักในตลาด สรุป และนำเสนอผลการสำรวจ” “สำรวจสินค้า OTOP สรุป และนำเสนอผลการสำรวจ” “สัมภาษณ์ชาวต่างประเทศ แล้วเขียนรายงานส่ง หรือนำมาเล่าให้เพื่อนนักเรียนฟังในชั่วโมง”

6. On-going Tools หมายถึง เป็นหลักฐานแสดงการเรียนรู้ของผู้เรียน ที่มีการประเมินผู้เรียนตลอดเวลา ทุกวัน เช่น ผู้เรียนบันทึกพฤติกรรม หรือการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนตลอดเวลาตั้งแต่ตื่น จนหลับนอนทุกวัน

ใน 1 เป้าหมายการเรียนรู้ อาจจะมีหลักฐาน (ผลงาน/ชิ้นงาน/ภาระงาน) มากกว่า 1 อย่างก็ได้ เพื่อเป็นการยืนยัน สร้างความมั่นใจให้กับครูผู้สอนว่า ผู้เรียนมีความเข้าใจในเรื่องนั้น ๆ จริง และหลักฐานที่เป็นผลการเรียนรู้ 1 อย่าง อาจจะตอบได้หลายเป้าหมายก็เป็นได้ ก็เขียนซ้ำกันหลายเป้าหมายได้ เนื่องจากเป็นหลักฐานที่เป็นผลการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ชัดเจน

ขั้นที่ 3 ออกแบบการจัดการเรียนรู้ แนวดำเนินการ ดังนี้

1. จัดลำดับหลักฐานที่เป็นผลการเรียนรู้ โดยนำหลักฐานที่เป็นผลการเรียนรู้ทั้งหมดที่ระบุในในขั้นที่ 2 (หลักฐานที่ซ้ำกัน ให้นำมาจัดลำดับครั้งเดียว) ตามลำดับที่ครูผู้สอนจะทำการสอนผู้เรียน ให้เป็นลำดับให้เหมาะสม

2. กำหนดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยนำหลักฐานที่เป็นผลการเรียนรู้เป็นหลักในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนทำภาระกิจ หรือผลิตผลงาน/ชิ้นงานได้ตามที่กำหนดใน ขั้นที่ 2 ด้วยตัวของผู้เรียนเอง โดยครูเป็นคนกำหนดกิจกรรมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างเข้าใจ แล้วทำงานได้บรรลุเป้าหมายการจัดการเรียนรู้ของหน่วยที่กำหนด โดยอาจจะออกแบบตารางบันทึก ดังนี้

ตารางที่ 12 ตัวอย่างตารางบันทึกการกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้

หลักฐาน	กิจกรรมการเรียนรู้	สื่อ อุปกรณ์	ชั่วโมง
1.....	**กิจกรรมที่ 1** (เขียนกิจกรรมหลักๆ)		
2.....	1.....		
	2.....		
3.....	**กิจกรรมที่ 2**		
	1.....		
	2.....		

ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ 1 ชุดของกิจกรรม อาจจะทำให้ผู้เรียนมีผลงาน/ชิ้นงาน/ทำภาระงานได้ตามหลักฐานที่กำหนดหลายหลักฐาน(หลักฐานหลายรายการ)ก็ได้ หรือ 1 หลักฐาน ต่อ 1 ชุดของกิจกรรมก็ได้ อยู่ในดุลพินิจของผู้สอน และขณะออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ครูควรออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาสมรรถนะ 5 สมรรถนะตามที่กำหนดในหลักสูตรแกนกลางให้แก่ผู้เรียนด้วย

เมื่อออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ได้ครบทุกหลักฐานแล้ว ให้นำข้อมูลทั้งหมดตั้งแต่เริ่มกำหนดหน่วย มาเขียนรายละเอียดลักษณะเดียวกับแผนการจัดการเรียนรู้ และแผนการจัดการเรียนรู้ที่แนะนำ คือเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ใหญ่ 1 แผนฯ ต่อ 1 หน่วยการเรียนรู้ โดยในขั้นกิจกรรมการเรียนรู้ให้แยกกิจกรรม1 ช่วง (นำเข้าสู่บทเรียน-สอน-สรุปประเมิน) ให้ตรงกับจำนวนชั่วโมงในตารางสอน โดยอาจจะให้มีองค์ประกอบ ดังนี้

ตัวอย่างแบบฟอร์มการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่.....

กลุ่มสาระการเรียนรู้.....**รายวิชา**.....
ชั้น.....**ภาคเรียนที่**.....**ปีการศึกษา**.....
ชื่อหน่วยการเรียนรู้.....**เวลา**.....**ชั่วโมง**

มาตรฐานการเรียนรู้

.....

ตัวชี้วัด

.....

สาระสำคัญ

.....

สาระการเรียนรู้(วิเคราะห์จากตัวชี้วัดทั้งหมดของหน่วย)

ความรู้

.....

ทักษะ/กระบวนการ

.....

คุณลักษณะ

.....

กิจกรรมการเรียนรู้

.....

สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งการเรียนรู้

.....

การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

ตารางที่ 13 ตัวอย่างเครื่องมือประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน

เป้าหมาย	หลักฐาน	วิธีวัด	เครื่องมือวัด
สาระสำคัญ	.....	.....	.....
ตัวชี้วัด ว1.1ม.1/1	.....	.....	.....
ว1.1ม.1/2	.....	.....	.....
คุณลักษณะ **.....**	.....	.....	.....

ครูผู้สอนต้องสร้างเครื่องมือประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนตามที่กำหนดข้างบนให้ครบ

การประเมินหน่วยการเรียนรู้

เมื่อครูผู้สอนออกแบบการจัดการเรียนรู้เรียบร้อยแล้ว ควรให้ผู้เชี่ยวชาญ (ครูสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้เดียวกัน) อย่างน้อย 3 คน ช่วยกันตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสมของหน่วยการจัดการเรียนรู้ที่จะนำไปจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน โดยอาจจะใช้แบบประเมิน ดังนี้

ตัวอย่างแบบประเมินการจัดทำหน่วยการจัดการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้.....ชื่อหน่วยการจัดการเรียนรู้.....
ชั้น.....เวลา.....ครูผู้สอน.....

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในชื่อที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

4 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด 3 หมายถึง เหมาะสมมาก

2 หมายถึง เหมาะสมน้อย 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

ตารางที่ 14 ตัวอย่างตารางแบบประเมินการจัดทำหน่วยการจัดการเรียนรู้

รายการ	**ความเหมาะสม**			
	4	**3**	**2**	**1**
1.ชื่อหน่วย กระทัดรัด ชัดเจน ครอบคลุมเนื้อหาสาระ น่าสนใจ				
2.มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดมีความเชื่อมโยงกันอย่างเหมาะสม				
3.ความสอดคล้องของสาระสำคัญ กับมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด				
4.ความครอบคลุมของสาระสำคัญกับตัวชี้วัดทั้งหมดของหน่วย				
5.ความเหมาะสมของจำนวนชั่วโมง				
6.ความครบถ้วนของสาระการเรียนรู้กับตัวชี้วัด				
7.ความครบถ้วนของทักษะ/กระบวนการกับตัวชี้วัด				
8.ความครบถ้วนของคุณลักษณะกับตัวชี้วัด				
9.ความเหมาะสมของหลักฐานผลการเรียนรู้กับเป้าหมายของหน่วย				
10.กิจกรรมการเรียนรู้ สามารถทำให้ผู้เรียนมีความรู้ ทักษะ/กระบวนการ และคุณลักษณะ ครบตามตัวชี้วัดของหน่วย และเน้นสมรรถนะสำคัญที่หลักสูตรแกนกลาง กำหนด				
11.ความเหมาะสมของสื่อ อุปกรณ์ และแหล่งการเรียนรู้				
12.ความเหมาะสมของวิธีการวัด และประเมินผลการเรียนรู้				
13.ความเหมาะสมของเครื่องมือวัด และประเมินผลการเรียนรู้				
14.ความเหมาะสมของเกณฑ์การวัด และประเมินผลการเรียนรู้				
15.หน่วยการเรียนรู้สามารถนำไปจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนได้จริง				
รวมคะแนน/สรุปผลการประเมิน				
หรือ คะแนนเฉลี่ย				

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพของหน่วยการเรียนรู้

กรณีใช้คะแนนรวม

คะแนน 15-30 หมายถึง ปรับปรุง คะแนน 31-40 หมายถึง พอใช้

คะแนน 41-50 หมายถึง ดี คะแนน 51-60 หมายถึง ดีมาก

กรณีใช้คะแนนเฉลี่ย

คะแนนเฉลี่ย 1.00-1.75 หมายถึง ปรับปรุง คะแนนเฉลี่ย 1.76-2.50 หมายถึง พอใช้

คะแนนเฉลี่ย 2.51-3.25 หมายถึง ดี คะแนนเฉลี่ย 3.26-4.00 หมายถึง ดีมาก

เมื่อหน่วยการเรียนรู้ที่ได้ออกแบบมีคุณภาพผ่านเกณฑ์การประเมินแล้ว ครูผู้สอนจึงนำไปจัดการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถตามที่หลักสูตรสถานศึกษากำหนด และมีคุณภาพตามที่ สพท.ได้มุ่งหมายไว้

9. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E

9.1 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้ (Constructivism)

9.1.1 ความหมายของทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้ (Constructivism)

ทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้ (Constructivism) ได้มีนักการศึกษากล่าวถึงความหมายของทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้ ไว้ดังนี้

(Krogh.1994: 556) ได้กล่าวถึงความหมายของทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้ ว่าเป็นปรัชญาที่เกี่ยวกับการพัฒนาการในการสร้างความรู้ สติปัญญา จริยธรรมขึน้ มาด้วยตัวของเด็กเองซึ่งพัฒนาการนั้นเป็นผลมาจากการดูดซึมเข้าโครงสร้าง (Assimilation) และการปรับตัวเข้าสู่โครงสร้าง (Accommodation)

เทราส์แมนและลิซเทนเบิร์ก (Troutman and Lichtenberg.1995:25) ได้กล่าวถึงความหมายของทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้ ไว้ว่า เป็นการค้นหาความรู้ให้กับตนเอง มีการรวบรวมความรู้ใหม่ๆ เข้าไปภายในจิตใต้สำนึกภายในจิตใจ (Schemata) โดยการเรียนรู้จากสิ่งแวดล้อม ยอมรับสิ่งใหม่ๆ เข้ามาในสิ่งแวดล้อม พิสูจน์ความเป็นจริงจากสมมติฐานที่ตั้งขึ้นและสรุปเอง โดยสร้างการเชื่อมโยงและเปรียบเทียบบทสรุปของตัวเองกับผู้อื่น เพื่อเป็นพื้นฐานให้เกิดความรู้ใหม่

เฉิดศักดิ์ ชุมนุม (2540 :198) ได้กล่าวการสร้างความรู้ตามทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้ ว่าความรู้คือสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นมาซึ่งมีความหมายเฉพาะตัวของบุคคลนั้นๆ คนสร้างความรู้ได้เองเขานำข้อมูลภายนอกผสมผสานกับสิ่งที่เขารู้แล้วแต่เดิมสร้างเป็นความรู้ใหม่ให้มีความหมายใหม่ขึ้น

สาคร ธรรมศักดิ์ (2541 :10) ได้กล่าวถึงความหมายของการเรียนรู้ตามทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้ ว่าเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในผู้เรียนเป็นผู้สร้าง (Construct) ความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม ผู้เรียนสร้างความรู้ผ่านกระบวนการทางจิตวิทยาด้วยตนเองผู้สอนไม่สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียนได้ แต่ผู้สอนสามารถช่วยผู้เรียนปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาได้โดย จัดสภาพการที่ทำให้เกิดสภาวะไม่สมดุลขึ้น คือ สภาวะที่โครงสร้างทางปัญญาเดิมใช้ไม่ได้ต้องมีการปรับเปลี่ยนสอดคล้องกับประสบการณ์มากขึ้น

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2540 :1) ได้กล่าวถึงความหมายของทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้ไว้ว่าเป็นทฤษฎีที่นำทฤษฎีจิตวิทยา และปรัชญาการศึกษาที่หลากหลายมาประยุกต์ โดยมีเป้าหมายที่จะอธิบายและค้นหาว่า มนุษย์เกิดการเรียนรู้และสร้างความรู้ได้อย่างไร ทฤษฎีนี้จึงมีอิทธิพลต่อการจัดการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ โดยอาศัยประสบการณ์แห่งชีวิตที่ไดรับเพื่อค้นหาความจริง

จากความดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า ความหมายของทฤษฎี สรรค์สร้างความรู้ หมายถึง การเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้จากการปฏิบัติจริง สามารถถ่ายโยงการคิดและการวิเคราะห์ไตร่ตรองประสบการณ์ส่วนตัวด้วยตัวเอง โดยใช้ความรู้เดิมเป็นพื้นฐานในการสร้างความรู้ใหม่

9.1.2 หลักการของทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้

ทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้ มีหลักการ 3 ประการ ดังนี้ (สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. 2542: 3; อ้างอิงจาก Abruscato.1996)

1. คนเราจะไม่รู้อย่างแท้จริงว่าโลกเป็นอย่างไร คนแต่ละคนจะสร้างความเชื่อเกี่ยวกับโลกหรือสิ่งต่างๆ ขึ้น จนเปลี่ยนแปลงความเชื่อว่านั่นคือ ความจริง (Reality)

2. คนเรามีความเชื่อเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งอยู่แล้ว หากได้รับข้อมูลหรือสถานการณ์ใหม่เพิ่มเติม เขาอาจเปลี่ยนแปลงความเชื่อที่มีอยู่เดิมได้

3. คนเราสร้างความจริงบนพื้นฐาน 1) ความเชื่อที่มีอยู่ก่อนแล้ว 2) ความสามารถในการให้เหตุผล และ 3)ความปารถนาที่จะประสานความเชื่อกับสิ่งที่ตนสังเกตได้เชิงประจักษ์ ดังนั้น จากหลักการพื้นฐานตามทฤษฎี 3 ประการดังกล่าว จึงถือว่า ประสบการณ์ใหม่ที่สัมพันธ์กับการเรียนรู้ที่มีอยู่เดิมเป็นกุญแจสำคัญของการให้ผู้เรียนสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับโลกที่เขาอยู่ นั่นคือ ผู้เรียนจะเป็นผู้สร้างความรู้โดยอาศัยหลักการเชื่อมต่อระหว่างการเรียนรู้ความรู้ และประสบการณ์เดิมที่มีอยู่แล้วกับการเรียนรู้ใหม่ที่เกิดขึ้น โดยผู้เรียนปรับสารสนเทศใหม่กับความเข้าใจที่มีอยู่เดิม จนในที่สุดจึงเกิดความเข้าใจใหม่

9.1.3 คุณลักษณะของทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้

ทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้ มีข้อตกลงร่วมกัน 4 ประการ เกี่ยวกับคุณลักษณะของทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้ ซึ่งมีสาระสำคัญ ดังนี้ (สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. 2542 : 3; อ้างอิงจาก Kaucnak and Eggen. 1998; citing Good and Brophy.1997)

1. ผู้เรียนเป็นผู้สร้างและแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนต้องอาศัยสัมผัสทั้งห้าคือ การดู ฟัง อ่าน เขียน ปฏิบัติ/ทำ

2. การเรียนรู้ใหม่จะเกิดขึ้นย่อมขึ้นอยู่กับความเข้าใจในบทเรียนปัจจุบัน ผู้เรียนอาจมีความรู้ความเข้าใจและประสบการณ์เกิดที่ช่วยเสริม/สนับสนุน หรืออาจขัดขวาง/อุปสรรค์ต่อการเรียนรู้ใหม่ ดังนั้นครูต้องจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์และสร้างความเข้าใจในบทเรียน

3. การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้สะดวกเมื่อมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ผู้เรียนต้องร่วมกันคิด ปฏิบัติ และสื่อสารซึ่งกันและกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องอาศัยกระบวนการกลุ่ม (group process) หรือการเรียนแบบร่วมมือ (cooperative learning)

4. การเรียนรู้อย่างมีความหมาย (meaningful learning) จะต้องดำเนินการภายใต้การปฏิบัติในสภาพจริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริงมากที่สุด การจัดการเรียนการสอนภายใต้สภาพจริงหรือใกล้เคียงจะส่งเสริมให้ผู้เรียนค้นพบความรู้ที่เกิดจากความเข้าใจอย่างแท้จริง มากกว่าความรู้ที่เกิดจากความจำ นั่นคือต้องให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงโดยการปฏิบัติและโดยการคิดทางจิตใจ (hands – on and minds – on experence)

9.1.4 การเรียนรู้ตามทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้

มีนักการศึกษา ได้กล่าวถึงการเรียนตามทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้ไว้ ดังนี้

ไดรเวอร์และเบล (ไพจิตร สดวกการ. 2539 : 22 ; อ้างอิงจาก Driver and Bell. 1986) ได้กล่าวถึงการการเรียนรู้ตามทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้

1. ผลการเรียนรู้ไม่ได้เกิดขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมกับสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้เท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับความรู้เดิมของผู้เรียน

2. การเรียนรู้ คือการสร้างความหมาย ความหมายที่สร้างขึ้นโดยผู้เรียนจากสิ่งที่ผู้เรียนเห็นหรืออาจได้ยินอาจจะเป็นหรือไม่เป็นตามความหมายของผู้สอน ความหมายที่ผู้เรียนสร้างขึ้นได้รับผลกระทบอย่างมากจากความรู้เดิมที่ผู้เรียนมีอยู่

3. การสร้ างความหมายเป็ นกระบวนการที่ต่อเนื่อง และผู้เรียนเป็นผู้กระทำกระบวนการนั้นเอง (active) ในสถานการณ์การเรียนรู้ ผู้เรียนจะตั้งสมมติฐาน ตรวจสอบและอาจเปลี่ยนสมมติฐานในขณะที่ปฏิสัมพันธ์กับปรากฏการณ์และกับผู้อื่น

4. ความหมายที่ผู้เรียนสร้างขึ้นจะได้รับการตรวจสอบ และอาจได้รับการยอมรับ หรือปฏิเสธ

5. ผู้เรียนเป็นผู้รับผิดชอบการเรียนรู้ของตนเอง ในการสร้างความตั้งใจในการทำงานการดึงความรู้ที่มีอยู่มาสร้างความหมายให้แก่ตนเอง และการตรวจสอบความหมายที่ผู้เรียนสร้างขึ้นจากประสบการณ์เชิงกายภาพและภาษาธรรมชาติที่มีความหมายเดียวกันในเรื่องนามธรรม

ชุยวินเน่ย์ (Souvney. 1994 : 35 ; citing Von Dlasersfeid. 1990) ได้กล่าวถึงการเรียนรู้ตามทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้ ว่าความรู้ทั้งหมดถูกสร้างสรรค์โดยบุคคลมากกว่าเป็นการเคลื่อนมาจากผู้เชี่ยวชาญ อาทิ ครู ผู้ปกครอง หรือหนังสือ มาสู่ผู้เรียน

จากแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ตามทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้นพอจะสรุปได้ว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวผู้เรียน ซึ่งครูไม่สามารถจะถ่ายทอดความรู้จากการสอนโดยตรง แต่ครูสามารถที่จะจัดประสบการณ์เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการสร้างองค์ความรู้สามารถค้นพบความรู้ด้วยตัวเขาเอง การสร้างความรู้นั้นเกิดจากการปฏิบัติจริงใต้สภาพแวดล้อมที่ครูเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวกให้ ดังนั้นครูจึงควรจัดประสบการณ์เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นในการสร้างองค์ความรู้ที่เน้นความรู้เดิมเพื่อเป็นพื้นฐานให้เกิดความรู้ใหม่

9.1.5 รูปแบบการสอนตามทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้

การสอนวิชาวิทยาศาสตร์มีหลายวิธี แต่ที่สอดคล้องกับธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และตามมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษา ขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E จากการศึกษาวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E ทั้งในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาพบว่า มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น แต่ในระดับประถมศึกษา พบงานที่ใช้วิจัยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E น้อยกว่าระดับมัธยมศึกษา โดยที่หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E เป็นวิธีหนึ่งที่มุ่งให้ผู้เรียนได้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตัวเอง โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E สรุปได้ดังนี้

ซันด์และโทรวบริดจ์ (Sun and Trowbridge. 1973: 62-63) ได้สรุปลักษณะของการสอนด้วยวัฏจักการเรียนรู้แบบ 5E ดังนี้

1. เป็นการสอนที่มีนักเรียนเป็นศูนย์กลาง

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E เป็นการสร้างมโนมติโดยตัวผู้เรียน

3. ระดับความคาดหวังของนักเรียนเพิ่มสูงขึ้นหลังจากที่ได้ประสบผลสำเร็จในการเสาะหาความรู้ในระดับหนึ่ง

4. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E เป็นการพัฒนาความสามารถด้านต่างๆ ของนักเรียน เช่น ความสามารถทางวิชาการ ทางสังคม ความคิดสร้างสรรค์ ฯลฯ ซึ่งต้องอาศัยความเป็นอิสระและให้นักเรียนมีโอกาสคิด

5. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E จะหลีกเลี่ยงการเรียนรู้ระดับวาจาหรือการบรรยายแต่เน้นการทดลองเพื่อให้นักเรียนค้นพบตัวเอง

6. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E จะกำหนดเวลาสำหรับการเรียน

ฉวีวรรณ กินาวงศ์ (2527: 502) กล่าวว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E คือ วิธีการไตร่ถามหรือการตั้งคำถามเพื่อที่จะได้คำตอบตามความต้องการ โดยใช้เทคนิคการกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อที่จะช่วยให้บุคคลได้ค้นพบความจริงต่างๆ ด้วยตนเอง

สุวัฒก์ นิยมค้า (2551: 119) กล่าวถึงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E ว่าเป็นการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้ค้นหา หรือสืบเสาะหาความรู้เกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่ไม่เคยรู้จักมาก่อนโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

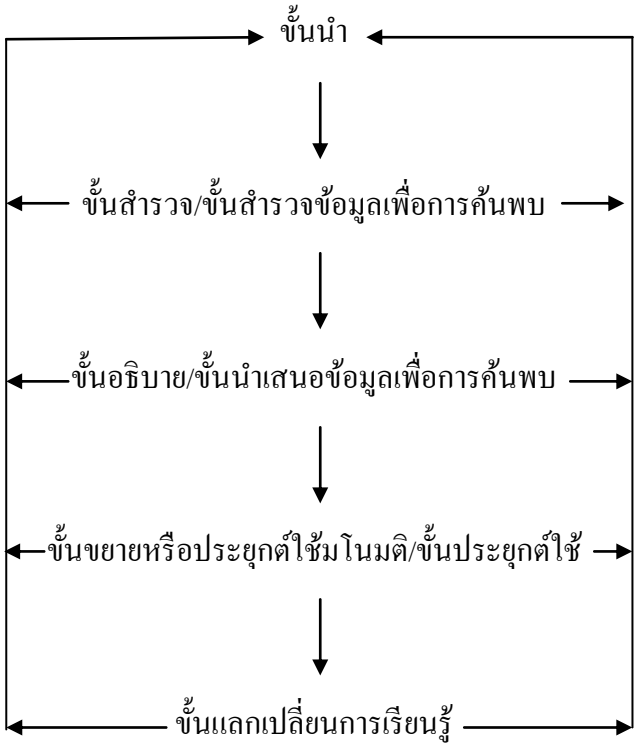
ภพ เลาหไพบูลย์ (2537: 119) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E เป็นการสอนที่เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ที่จะช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่างๆ ด้วยตนเองให้นักเรียนได้ประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหาวิชา โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2545: 56) กล่าวว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E หมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิธีให้นักเรียนเป็นผู้ค้นหาความรูด้วยตนเอง หรือสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกเพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมายการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E จะเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญของการเรียน

ไพจิตร สดวกการ (2539:94) ได้กล่าวถึงขัน้ ตอนการสอนวิทยาศาสตร์ตามทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้ ไว้ดังนี้

1. ขั้นสร้างขัดแย้งทางปัญญา
   1.1 เสนอปัญหาที่นำไปสู่การสร้างใหม่ทางปัญญา ให้นักเรียนทำเป็รายบุคคล
   1.2 นักเรียนเข้ากลุ่มย่อย แสดงวิธีทำของตนต่อสมาชิกกลุ่ม
2. ขั้นดำเนินกิจกรรมไตร่ตรอง
   2.1 กลุ่มย่อยสร้างสถานการณ์ตัวอย่าง
   2.2 กลุ่มย่อยใช้สถานการณ์ ตัวอย่างตรวจสอบและปรับเปลี่ยนวิธีทำของสมาชิกกลุ่ม
   2.3 กลุ่มย่อยเลือกวิธีทำที่สมาชิกกลุ่มเห็นชอบมากที่สุดเสนอต่อกลุ่มใหญ่
   2.4 กลุ่มใหญ่ตรวจสอบวิธีทำของกลุ่มย่อย
   2.5 ครูเสนอวิธีทำที่เตรียมมา แต่ถ้าซ้ำกับวิธีทำของนักเรียน ครูไม่ต้องเสนอ
   2.6 นักเรียนตั้งปัญหาเองแล้วแลกเปลี่ยนกันทำและตรวจสอบ
3. ขั้นสรุปผลการสร้างโครงสร้างใหม่ทางปัญญา
   3.1 กลุ่มใหญ่สรุปมโนคติ
   3.2 นักเรียนทำแบบฝึกหัด

ลุกค์ ฮอลลีย์ และคนอื่นๆ กล่าวว่า (สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. 2542:4 ; อ้างอิงมาจาก Louck – Horsley and others.1990) นักทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้ ได้จัดรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นบทบาทผู้เรียน ซึ่ง สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2546 : คำนำ ; ได้ดัดแปลงมาจากโครงสร้างการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ สาขาชีววิทยา ของสหรัฐอเมริกา) (Biological Science Curriculum Studies หรือ BSCS) ดังภาพประกอบ 21



ภาพประกอบ 21 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E

9.2 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E

ทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้ เป็นทฤษฎีหนึ่งที่มุ่งเน้นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง โดยมุ่งศึกษาว่า ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างไร และผู้สอนจะจัดกิจกรรมอย่างไรเพื่อให้ผู้เรียนค้นพบหรือสร้างความรู้ด้วยตนเอง รูปแบบการสอนหรือรูปแบบการเรียนรู้ภายใต้ทฤษฎีสรรค์สร้างความรู้ จึงเน้นบทบาทของผู้เรียนเป็นสำคัญ ซึ่งมีหลายรูปแบบ เช่น แบบ 3 ขั้นตอน หรือ แบบ 4 ขั้นตอน หรือแบบ 5 ขั้นตอน

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2542 :7-8) จึงได้นำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E ของโครงการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยาของสรัฐอเมริกา (Biological Science Curriculum Studies หรือ BSCS) มาทดลองดัดแปลงเพื่อให้เหมาะสมกับเด็กไทย โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถรวมกันแสวงหา ค้นพบและสร้างองค์รวมรู้ด้วยตนเอง อีกทั้งยังให้นักเรียนมีโอกาสประสบผลสำเร็จในการ

เรียนรู้อย่างมีความสุข ภายใต้สภาพการณ์ที่จำลองหรือที่เป็นจริงแห่งชีวิต เพื่อให้นักเรียนมีทักษะชีวิตและทักษะทางสังคม การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E ที่ได้ดัดแปลงประกอบด้วย

1. ขั้นนำ (Engagement Phase) เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นเพื่อสร้างความสนใจแก่นักเรียนหรือตรวจสอบ/ทบทวนความรู้ และประสบการณ์เดิมของนักเรียน เพื่อนำเข้าสู่การเรียนรู้บทเรียนใหม่

2. ขั้นสำรวจ/ขั้นสำรวจข้อมูลเพื่อการค้นพบ (Exploration phase) เป็นขั้นที่นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมโดยอาจปฏิบัติเป็นกลุ่มและรายบุคคล โดยนักเรียนสามารถนำความรู้ และประสบการณ์เดิมมาสัมพันธ์กับความรู้ใหม่จึงทำให้นักเรียนสามารถค้นพบหรือสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ เป็นที่ปรึกษาและเป็นผู้กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการค้นพบ สร้างความรู้ด้วยตนเอง กล่าวโดยสรุป ขั้นนี้เป็นขั้นที่นักเรียนเกิดหรือค้นพบมโนมติ (Concept)

3. ขั้นอธิบาย/ขั้นนำเสนอข้อมูลเพื่อการค้นพบ (Explanation Phase) เป็นขั้นที่นักเรียนอธิบายหรือนำเสนอมโนมติหรือความรู้ที่นักเรียนค้นพบในขั้นที่ 2 โดยอาจใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมเป็นฐาน ประกอบกับหลักฐานและข้อมูลที่ค้นพบใหม่ ครูมีบทบาทตั้งคำถาม และให้ความรู้หรือข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อให้นักเรียนกระจ่างชัดยิ่งขึ้น

4. ขั้นขยายหรือขั้นประยุกต์ใช้มโนมติ/ขั้นประยุกต์ใช้ (Elaboration Phase) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนประยุกต์ใช้มโนมติในสถานการณ์ใหม่ หรือในสภาพที่เป็นจริง หรือขยายมโนมตินั้นๆ ให้กว้างขึ้นจนก่อให้เกิดความรู้สึกลึกซึ้ง หรือมโนมติอื่นๆ ที่สัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องกัน

5. ขั้นแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Evaluation Phase) ขั้นนี้เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ โดยมุ่งให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้มาประมวลและประยุกต์ใช้หรือผลการค้นพบ มาจัดแสดงเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ความคิด ทักษะและเจตคติต่อการทำกิจกรรมต่างๆ โดยมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันและปฏิสัมพันธ์กับครู อันก่อให้เกิดสังคมแห่งการเรียนรู้

สมจิต สวธนไพบูลย์ (2546:105-110) กล่าวถึงขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E สรุปได้เป็น 3 ขั้น คือ

1. ขั้นการสำรวจข้อมูล (Exploration) เป็นการหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องเรื่องที่ศึกษา เพื่อนำไปสร้างเป็นความคิดรวบยอด หรือแนวคิดหลักต่อไป ข้อมูลอาจจะหามาได้ 3 แหล่ง คือ ได้จากการสังเกตวัตถุจริงหรือปรากฏ

2. ขั้นการสรุปขึ้นเป็นความรู้ใหม่ (Invention) ภายหลังจากการสำเร็จแล้วนักเรียนจะได้ข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะ คุณสมบัติ การเปลี่ยนแปลงปริมาณและรายละเอียด ข้อมูลเหล่านี้จะไม่มีความหมายอะไรมากนัก จะมีการนำไปคำนวณหรือจัดกระทำเสียก่อน จึงจะมีความหมายพอที่จะตีความหรือลงข้อสรุปต่อไปได้ ผลสรุปที่ได้ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปมโนมติหรือหลักการ

3. ขั้นนำความรู้ใหม่ไปใช้ (Discovery) เป็นขั้นที่นักเรียนมีโอกาสนำเอาความรู้ที่ได้จากการค้นพบไปใช้เป็นรากฐานสำหรับเรียนเรื่องใหม่ต่อไปได้เป็นการทดสอบความถูกต้อง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550: 5 – 8) ได้นำเสนอจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E มาใช้ในการพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์และได้เสนอขั้นตอนในการเรียนการสอนแบบ 5 ขั้นตอน (5E) คือ

1. การนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) เป็นการแนะนำบทเรียนกิจกรรมจะประกอบไปด้วยการซักถามปัญหา การทบทวนความรู้เดิม การกำหนด กิจกรรมที่จะเกิดขึ้นในการเรียนการสอนและเป้าหมายที่ต้องการ

2. การสำรวจ (Exploration) ขั้นนีจะเปิ ดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้แนวคิดที่มีอยู่แล้วมาจัดความสัมพันธ์กับหัวข้อที่กำลังจะเรียนให้เข้าเป็นหมวดหมู่ ถ้าเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทดลองการสำรวจ ด้วยสืบค้นด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเทคนิคและความรู้ทางการปฏิบัติจะดำเนินไปด้วยตัวของนักเรียนเอง โดยมีครูเป็นเพียงผู้ให้คำแนะนำหรือผู้เริ่มต้น ในกรณีที่นักเรียนไม่สามารถหาจุดเริ่มต้นได้

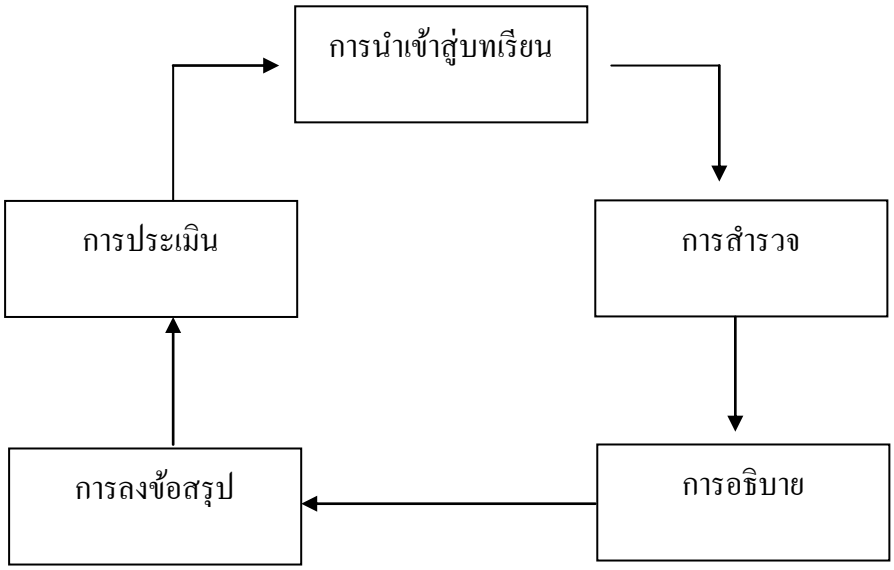
3. การอธิบาย (Explanation) ในขั้นตอนนี้กิจกรรมหรือกระบวนการเรียนรู้จะมีการนำความรู้ที่รวบรวมมาแล้วในขั้นที่ 2 มาใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาหัวข้อหรือแนวคิดที่กำลังศึกษาอยู่ กิจกรรมอาจประกอบไปด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งความรู้ต่างๆ และนำข้อมูลมาอภิปราย

4. การลงข้อสรุป (Elaboration) ในขั้นตอนนี้จะเน้นให้นักเรียนได้นำความรู้หรือข้อมูลจากขั้นที่ผ่านมาแล้ว ขั้นที่ 2 และ ขั้นที่ 3 มาใช้กิจกรรมส่วนใหญ่อาจเป็นการอภิปรายภายในกลุ่มตนเองเพื่อลงข้อสรุปที่แสดงถึงความเข้าใจ ใช้ทักษะกระบวนการและความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ต่างๆ ที่เกิดขึ้น จะช่วยให้นักเรียนได้มีโอกาสปรับแนวความคิดหลักของตนเองในกรณีที่ไม่สอดคล้องหรือคาดเคลื่อนจากข้อเท็จจริง

5. การประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นสุดท้ายของการเรียนรู้ในขั้นนี้ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบแนวความคิดหลักที่ตนเองได้เรียนรู้มาแล้ว โดยประเมินตนเองถึงแนวความคิดที่ได้สรุปในขั้นที่ 4 ว่ามีความสอดคล้องหรือถูกต้องมากเพียงใดและมีการยอมรับมากน้อยเพียงใด ข้อสรุปที่ได้จะนำไปเป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อไป ทั้งนีจ้ ะรวมทั้งการประเมินของครูต่อจากการเรียนรู้ของนักเรียนด้วย

จากขั้นตอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E ข้างต้นสรุปได้ว่า ในจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E จะต้องมีสิ่งเร้าที่ทำให้เกิดการสืบเสาะหาความรู้ มีปัญหาที่ต้องค้นหาวิธีแก้ไข มีการสำรวจข้อมูลและการลงข้อสรุปนั้นเป็นความรู้ใหม่ รวมถึงนำความรู้ไปใช้ ผู้วิจัยได้นำเสนอจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นแนวทางการกำหนดกิจกรรมในการเขียนแผนการสอน เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติที่มีต่อแผนการสอนพื้นฐานคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ ในการเรียนการสอนแต่ละครั้งหรือแต่ละ

แนวคิดจะเริ่มต้นจากขั้นนำเข้าสู่บทเรียนและจบลงโดยการประเมินผล ผลที่ได้จะนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนการสอนครั้งต่อไป



ภาพประกอบ 22 การเรียนรู้แบบวัฏจักรหรือวงจรการเรียนรู้ (Learning Cycle)

จากความหมายดังกล่าวสรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E เป็นการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งให้นักเรียนมีโอกาสพัฒนาความคิดอย่างมีเหตุผล ได้ศึกษา ได้ค้นพบความจริง และสร้างความรู้ด้วยตนเอง ภายใต้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกการทดลองครั้งนี้นักเรียนจะได้รับการพัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น รวม 2 แผน 2 กิจกรรม โดยที่แต่ละกิจกรรมจะดำเนินการตามวงจรการเรียนรู้แบบ 5E จึงรวมเป็น 2 รอบ

10. งานวิจัยเกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

มยุรฉัตร หมัดอาหลี (2551 : บทคัดย่อ) ศึกษามโนทัศน์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนหลังการใช้กระบวนการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียน 5E และเปรียบเทียบมโนทัศน์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่ใช้กระบวนการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียน 5E กับกลุ่มที่ใช้การเรียนรู้แบบปกติ พบว่า หลังจากที่นักเรียนเรียนวิทยาศาสตร์โดยใช้

กระบวนการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียน5E นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละของมโนทัศน์หลังเรียนเท่ากับ 70.80 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนเท่ากับ 71.60 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70 นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วุฒิชัย ฉายวงศ์ศรีสุข (2552 : บทคัดย่อ) ศึกษาผลการสอนโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การคูณ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การคูณ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 E สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความคงทนในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง การคูณ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5E ดีเหมือนเดิม โดยมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการทดลองสอน 2 สัปดาห์ แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

งานวิจัยต่างประเทศ

แอนดรูว์ และพอล (Andrew M. Ray & Paul M. Beardsley. 2008: 13 – 22) ได้ศึกษาการสอนเรื่องการสังเคราะห์ในพืช ตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 5E ร่วมกับความแตกต่างของครูผู้สอนในขั้นเร้าความสนใจของผู้เรียน โดยเน้นเรื่องพลังงานในการสังเคราะห์แสง และศึกษากระบวนการเมื่อเวลาผ่านไปจากการเริ่มต้นการทดลองจนครบ 1 วัน ปฏิบัติการจะเตรียมไว้เพื่อให้ทดสอบทฤษฎี ชุดควบคุม และการนำไปสรุปเป็นค่าสถิติและการวิเคราะห์ การจัดปฏิบัติการเตรียมใกล้แหล่งน้ำและดำเนินการในระบบธรรมชาติ ซึ่งการสอนในธรรมชาติพบว่าสามรถสร้างความตั้งใจให้กับผู้เรียน สร้างความกระตือรือร้นในการมีส่วนร่วม ผู้วิจัยพบว่า การสอนในรูปแบบนี้สร้างความเข้าใจในการเรียนเรื่องการสังเคราะห์แสง และความประทับใจแรกเริ่มของผู้เรียนแสดงออกมาเมื่อได้ปฏิบัติกิจกรรม ผู้เรียนความเข้าใจที่ลึกซึ้งของการสังเคราะห์แสงและรู้ถึงคุณค่าของผลลัพธ์ที่พืชได้จากการสังเคราะห์แสง รวมถึงการเคลื่อนย้ายพลังงานและวัฏจักรในระบบนิเวศ