

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องจากเอกสาร ตำราและงานวิจัย ซึ่งจะเป็นประโยชน์และทำให้การวิจัยครั้งนี้บรรลุตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ โดยแยกหัวข้อดังต่อไปนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรและการพัฒนาหลักสูตร
 - 1.1 ความหมายของหลักสูตร
 - 1.2 องค์ประกอบของหลักสูตร
 - 1.3 ประเภทของหลักสูตร
 - 1.4 ระดับของหลักสูตร
 - 1.5 ความหมายของการพัฒนาหลักสูตร
 - 1.6 หลักการที่สำคัญของการพัฒนาหลักสูตร
 - 1.7 แนวคิดและรูปแบบการพัฒนาหลักสูตร
 - 1.8 การประเมินหลักสูตร
2. เอกสารที่เกี่ยวกับผลการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์
 - 2.1 ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย
 - 2.2 ผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย
 - 2.3 ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย
3. เอกสารที่เกี่ยวกับการวัดผลและประเมินผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
 - 3.1 การวัดผลและประเมินผลการเรียนด้านพุทธิพิสัย
 - 3.2 การวัดผลและประเมินผลการเรียนด้านทักษะพิสัย
 - 3.3 การวัดผลและประเมินผลการเรียนด้านจิตพิสัย
4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผา
 - 4.1 ความหมายของเซรามิกส์
 - 4.2 ประเภทของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผา
 - 4.3 วัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์เซรามิกส์
 - 4.4 เนื้อดินปั้น

- 4.5 เนื้อดินปั้นสโตนแวร์
- 4.6 การเตรียมเนื้อดินปั้น
- 4.7 ขั้นตอนในการเตรียมเนื้อดินปั้นสโตนแวร์
- 4.8 การเผาผลิตภัณฑ์
- 4.9 เคลือบ
- 4.10 วัตถุประสงค์ในการเคลือบ
- 4.11 การจำแนกชนิดของเคลือบ
- 4.12 การเลือกใช้สีในสูตรเคลือบ
- 4.13 สารให้สีในเคลือบ
- 5. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 5.1 การพัฒนาหลักสูตร
 - 5.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรและการพัฒนาหลักสูตร

ความหมายของหลักสูตร หลักสูตรมาจากคำในภาษาอังกฤษว่า curriculum ซึ่งมาจากคำในภาษาลาตินว่า correre แปลว่า “ทางวิ่ง” หรือ “ผู้ที่นักวิ่งเข้าสู่เส้นชัย” (ธำรง บัวศรี, 2532, หน้า 2) และในการให้ความหมายของคำว่า หลักสูตร ยังได้มีผู้ให้ความหมายไว้ดังต่อไปนี้

หลักสูตร หมายถึงประสบการณ์ทั้งหมดของผู้เรียน ซึ่งอยู่ภายใต้การอำนวยการ หรือการจัดการของโรงเรียนเพื่อเป็นการเพิ่มความรู้ประสบการณ์อย่างมีระบบแก่ผู้เรียน ให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมได้อย่างมีความสุข (Krug, 1957, p. 3 ; Good, 1973, p. 7 ; Oliva, 1982, p. 10 ; ธวัชชัย ชัยจิรฉายกุล, 2529, หน้า 10)

หลักสูตร หมายถึงโครงการแผนการเรียน หรือเป็นรายการที่ทางโรงเรียนกำหนดให้กับเด็ก เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ ความสามารถ และคุณลักษณะที่สอดคล้องกับความมุ่งหมายทางการศึกษาที่กำหนด (วิชัย วงษ์ใหญ่, 2525, หน้า 1-2 ; สุมิตร คุณานุกร, 2523, หน้า 3 ; Taba, 1962, p. 10)

จากความหมายและจำกัดความต่างๆ ของหลักสูตรดังกล่าวข้างต้นพอที่จะสรุปเป็นความหมายของคำว่า “หลักสูตร” ดังนี้ หลักสูตร หมายถึงแผนซึ่งได้ออกแบบจัดทำขึ้นเพื่อแสดงถึงจุดหมาย การจัดเนื้อหาสาระกิจกรรมและมวลประสบการณ์ ในแต่ละโปรแกรมการศึกษาที่ทางโรงเรียนได้จัดทำขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนมีพัฒนาการในด้านต่างๆ ตามจุดมุ่งหมายที่ได้กำหนดไว้

องค์ประกอบของหลักสูตร หลักสูตรจะประกอบด้วยองค์ประกอบต่างๆ ที่สัมพันธ์กัน ซึ่งองค์ประกอบที่สำคัญของหลักสูตรจะมี 4 ประการดังนี้ คือ (Kerr, 1989, pp. 6-17 ; Taba, 1962, p.10)

1. จุดมุ่งหมาย (aims and specific objectives) เป็นส่วนที่กล่าวถึงจุดมุ่งหมายทั่วไป และวัตถุประสงค์เฉพาะวิชา
 2. เนื้อหาวิชา (content) เป็นส่วนหนึ่งที่กล่าวถึงเนื้อหาวิชาที่จัดไว้ในหลักสูตรเพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษามีคุณลักษณะตามจุดมุ่งหมาย
 3. กิจกรรมและรูปแบบการเรียนการสอน (learning and teaching implies) เป็นส่วนหนึ่งที่กล่าวถึงวิธีการและกระบวนการที่จะทำให้ผู้เรียนได้รับเนื้อหาวิชาอย่างมีประสิทธิภาพ
 4. รายการประเมินผล (evaluation program) เป็นส่วนที่กล่าวถึงวิธีการตรวจสอบว่าผู้เรียนได้บรรลุตามวัตถุประสงค์เพียงใด
- ทั้งนี้ในเรื่องขององค์ประกอบของหลักสูตรดังกล่าวนี้ อาจมีมากกว่านี้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าจะให้รายละเอียดและสมบูรณ์มากน้อยเพียงใด

ประเภทของหลักสูตร หลักสูตรเป็นแผนของการศึกษาที่เจาะจงเฉพาะการศึกษาโปรแกรมใดโปรแกรมหนึ่ง การเรียกหลักสูตรจึงอาจแตกต่างกันไปตามการจำแนกหลักสูตร ตัวอย่างเช่น ไฮเจอร์เกน จำแนกหลักสูตรตามจุดประสงค์ของการสร้างไว้เป็น 3 แบบ คือ (วิชย วงษ์ใหญ่, 2535, หน้า 56)

1. หลักสูตรของสังคมส่วนรวม (societal curriculum) เป็นหลักสูตรที่กำหนดขึ้นสำหรับคนกลุ่มใหญ่ ใช้สำหรับเป็นหลักสูตรแกนนำที่จะให้สถาบันต่างๆ นำไปใช้ หลักสูตรนี้เป็นหลักสูตรที่พัฒนาโดยรัฐหรือเขต
2. หลักสูตรของสถาบัน (institutional curriculum) เป็นหลักสูตรที่ทางสถาบันจัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนของสถาบัน ซึ่งอาจพัฒนามาจากหลักสูตรกลาง หรือพัฒนาขึ้นมาเองแล้วแต่จุดประสงค์
3. หลักสูตรการสอน (instructional curriculum) เป็นหลักสูตรประกอบด้วยเนื้อหาวิชาและกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งกำหนดขึ้นเพื่อใช้สอนเฉพาะเรื่อง หรือกลุ่มระยะเวลาการเรียนเป็นวันหรือสัปดาห์

ระดับของหลักสูตร วิชย วงษ์ใหญ่ (2525, หน้า 3-4) จำแนกระดับหลักสูตรออกเป็น 3 ระดับ

1. หลักสูตรระดับชาติ หรือหลักสูตรแม่บท เป็นหลักสูตรแกนที่เขียนไว้กว้างและบรรจutarะที่จำเป็นที่ทุกคนในประเทศต้องเรียนรู้เหมือนกัน

2. หลักสูตรระดับท้องถิ่น คือการนำเอาหลักสูตรแม่บทมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับสภาพชีวิตความเป็นอยู่ของชุมชนนั้น เนื้อหาสาระของการเรียนจะสอดคล้องสัมพันธ์กับท้องถิ่นมากขึ้น มุ่งการเรียนรู้ที่นำไปใช้ได้จริงในชีวิต

3. หลักสูตรระดับท้องถิ่น เป็นหลักสูตรที่สำคัญที่สุด ผู้ที่เป็นหัวใจสำคัญของการพัฒนาหลักสูตรระดับนี้ ได้แก่ ครูซึ่งจะนำหลักสูตรระดับชาติและระดับท้องถิ่นมาพิจารณาปรับใช้ให้เหมาะสม เพื่อให้บรรลุตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรที่กำหนดไว้

ความหมายของการพัฒนาหลักสูตร การพัฒนาหลักสูตร (curriculum development) หมายถึงการทำหลักสูตรที่มีอยู่แล้วให้ดีขึ้น หรือการจัดทำหลักสูตรขึ้นมาใหม่โดยไม่มีหลักสูตรเดิมเป็นพื้นฐานอยู่เลย รวมไปถึงการผลิตเอกสารต่างๆ สำหรับผู้เรียนด้วย (สัจ จุฬานันท์, 2528, หน้า 30 ; Saylor & Alexander, 1974, p. 7)

การพัฒนาหลักสูตรจะมีความหมายครอบคลุมถึงการสร้างหลักสูตร การวางแผนหลักสูตรและการปรับปรุงหลักสูตร การพัฒนาหลักสูตรนั้นเป็นการปรับปรุงคุณภาพของหลักสูตรให้ดีขึ้นทั้งระบบ (สันต์ ธรรมบำรุง, 2527, หน้า 92) นั่นคือ เป็นกระบวนการที่พิจารณาว่าหลักสูตรนั้นจะดำเนินการต่อไปอย่างไร โดยจะเกี่ยวข้องกับคำถามที่ว่าใครเป็นผู้เข้ามามีส่วนในการสร้างหลักสูตร ครู ผู้บริหาร หรือนักเรียน การดำเนินการใดบ้างที่จะถูกใช้ในการสร้างหลักสูตร ถ้าการทำงานเป็นคณะกรรมการจะดำเนินการจัดระบบอย่างไร โดยจริงๆ แล้วสถานการณ์ในการพัฒนาหลักสูตรไม่สามารถแยกออกจากการสร้างหลักสูตรได้ ทั้งสองจะมีกระบวนการที่ซับซ้อน การตัดสินใจในการสร้างและพัฒนาหลักสูตรมักจะกระทำในเวลาเดียวกัน

หลักการที่สำคัญของการพัฒนาหลักสูตร การพัฒนาหลักสูตรควรคำนึงถึงคุณสมบัติหรือหลักการสำคัญ 2 ประการ ต่อไปนี้ (ธวัชชัย ชัยจิรฉายกุล, 2527, หน้า 12-14)

1. หลักสูตรมีลักษณะเป็นพลวัต (dynamic) มีการเปลี่ยนแปลงไปตามความต้องการและการเปลี่ยนแปลงตามความต้องการของสังคมอยู่เสมอ กิจกรรมและประสบการณ์ที่จัดให้แก่ผู้เรียนซึ่งเคยเหมาะสมและเพียงพอในระยะเวลาหนึ่ง ณ สถานที่หนึ่ง อาจจะไม่เหมาะสมและไม่เพียงพอในอีกระยะเวลาหนึ่ง และอีกสถานที่หนึ่ง

2. การพัฒนาหลักสูตรเป็นกระบวนการต่อเนื่อง มีการเปลี่ยนแปลงต่อเนื่องกันไปตามความต้องการของสังคมที่เปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา ซึ่งอาจจะต่อเนื่องแบบขาดตอนกันเป็นช่วงๆ หรืออาจต่อเนื่องแบบไม่ขาดตอนมีการเชื่อมโยงกันตลอดกระบวนการ

แนวคิดและรูปแบบการพัฒนาหลักสูตร แนวคิดและรูปแบบการพัฒนาหลักสูตรนั้น ได้มีนักพัฒนาหลักสูตรได้เสนอไว้หลายแนวคิด แต่สำหรับแนวคิดและรูปแบบของการพัฒนาหลักสูตร

ที่ผู้วิจัยใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่องวิทยาศาสตร์
เชรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้อาศัยแนวคิดต่างๆ ดังนี้

1. แนวคิดและรูปแบบการพัฒนาหลักสูตรของไทเลอร์ (Tyler, 1949, pp. 110-125)

ไทเลอร์ได้เสนอหลักการและเหตุผลในการสร้างหลักสูตรที่เรียกว่า “เหตุผลของไทเลอร์”

(Tyler’s rationale)

1.1 คำถามพื้นฐาน 4 ประการ ของไทเลอร์

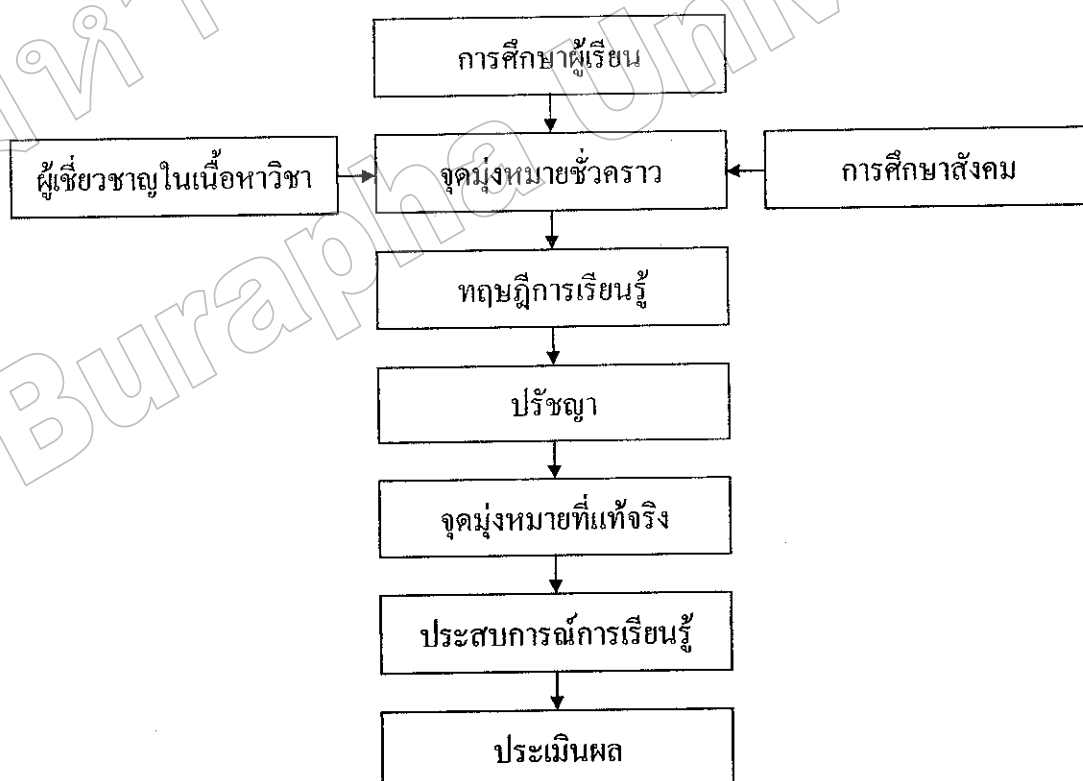
1.1.1 มีจุดมุ่งหมายทางการศึกษาอะไรบ้าง ที่โรงเรียนจะต้องจัดให้กับนักเรียน

1.1.2 มีประสบการณ์ทางการศึกษาอะไรบ้าง ที่โรงเรียนควรจัดขึ้น เพื่อให้บรรลุ
วัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

1.1.3 จะจัดประสบการณ์ทางการศึกษาอะไรบ้าง ให้มีประสิทธิภาพ

1.1.4 จะพิจารณาได้อย่างไรว่า วัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้บรรลุผลแล้ว

คำถามทั้ง 4 ข้อนี้ ไทเลอร์เน้นว่าต้องถามเรียงลำดับ เพราะการตั้งวัตถุประสงค์เป็นคำ
ถามที่สำคัญ และจะเป็นตัวกำหนดคำถามที่เหลืออีกสามข้อต่อมาจากแนวคิดนี้ทำให้มองเห็นถึง
กระบวนการพัฒนาหลักสูตรของไทเลอร์ ได้แสดงไว้เป็นแผนภาพดังนี้



ภาพที่ 1 กระบวนการพัฒนาหลักสูตรของไทเลอร์

1.2 กระบวนการพัฒนาหลักสูตรของไทเลอร์ จากแผนภาพการพัฒนาหลักสูตรของไทเลอร์ กระบวนการพัฒนาหลักสูตรประกอบด้วยขั้นตอนต่อไปนี้

1.2.1 กำหนดจุดมุ่งหมายของหลักสูตรเริ่มด้วยการกำหนดจุดมุ่งหมายชั่วคราว โดยอาศัยข้อมูลจากการศึกษาสังคม แนวคิดของนักวิชาการศึกษาตัวผู้เรียน ปรัชญาของสังคม ปรัชญาการศึกษา และทฤษฎีการเรียนรู้จุดมุ่งหมายที่ได้ในขั้นนี้บางครั้งมีมากเกินไป ที่จะจัดเข้าไว้ในหลักสูตรได้ทั้งหมดจึงควรมีการเลือกจุดมุ่งหมายข้อที่สำคัญ และสามารถปฏิบัติได้จริงโดยพิจารณาจากหลักจิตวิทยาการเรียนรู้และหลักปรัชญา

1.2.2 การเลือกประสบการณ์การเรียนรู้ เป็นการกำหนดเนื้อหาวิชา หรือประสบการณ์ที่จะให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายแน่นอนที่ตั้งไว้

1.2.3 การประเมินผลเป็นวิธีการที่จะทำการตรวจสอบว่าผู้เรียนได้บรรลุวัตถุประสงค์เพียงใด หลังจากที่ได้รับประสบการณ์ตามหลักสูตรแล้ว

2. แนวคิดและรูปแบบการพัฒนาหลักสูตรของทาบ (Taba, 1962, p. 12) ทาบได้เสนอกระบวนการพัฒนาหลักสูตรที่มีรายละเอียดมากขึ้น โดยแบ่งออกเป็น 8 ขั้นตอนคือ

2.1 วินิจฉัยความต้องการของผู้เรียน และสังคมเนื่องจากหลักสูตรที่สร้างขึ้นมาสำหรับผู้เรียนดังนั้นจึงต้องรู้ว่าผู้เรียนมีความต้องการอะไรสังคมต้องการอะไร

2.2 กำหนดวัตถุประสงค์โดยใช้ข้อมูลจากการวิเคราะห์ความต้องการ เพื่อให้วัตถุประสงค์สอดคล้องกับสังคมและผู้เรียน

2.3 เลือกเนื้อหา เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ การเลือกเนื้อหาวิชาขึ้นอยู่กับเกณฑ์หลายประการ เช่น ความสำคัญของตัวเนื้อหาเอง ความสามารถของผู้เรียน ลำดับขั้นการเรียนรู้ ระดับพัฒนาการ เป็นต้น

2.4 จัดเนื้อหาวิชาให้เป็นหมวดหมู่ เรียงตามลำดับความยากง่าย ความต่อเนื่องของเนื้อหาวิชา เพื่อสะดวกในการเรียนรู้

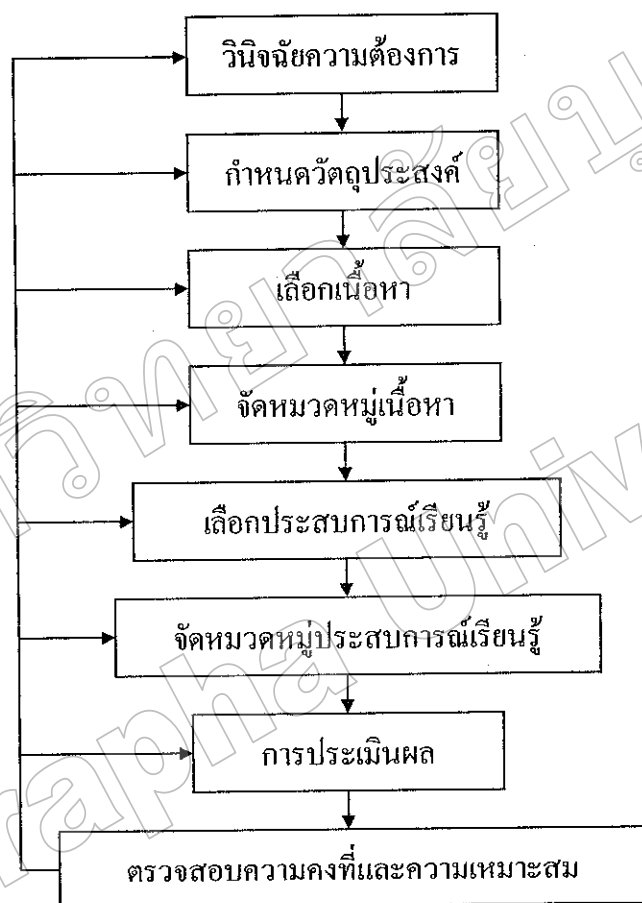
2.5 เลือกประสบการณ์เรียนรู้ ซึ่งจะนำมาเสริมเนื้อหาวิชา และกระบวนการเรียนรู้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยให้สอดคล้องกับเนื้อหา และวัตถุประสงค์ของหลักสูตร

2.6 จัดลำดับขั้นของประสบการณ์การเรียนรู้ แก้ไขปรับปรุงประสบการณ์ต่างๆ ที่จะนำมาเสริมการเรียนรู้ โดยพิจารณาว่าประสบการณ์ใดจะให้กับผู้เรียนก่อนหรือหลัง

2.7 ประเมินผล เนื้อหาวิชาหรือประสบการณ์ว่าได้ทำให้เกิดการเรียนรู้ตามที่ได้ตั้งจุดมุ่งหมายไว้หรือไม่และพิจารณาจะใช้วิธีการประเมินผลอย่างไร มีอะไรบ้างที่จะนำมาช่วยในการประเมิน

2.8 ตรวจสอบความคงที่ และความเหมาะสมในแต่ละขั้นเพื่อดูว่าเนื้อหาที่จัดขึ้น สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายหรือไม่ กิจกรรมการเรียนที่จัดขึ้นเปิดโอกาสให้ผู้เรียนพัฒนาไปตาม จุดมุ่งหมาย หรือไม่และมีความสอดคล้องกับเนื้อหาหรือไม่ มีความเหมาะสมเพียงใด ช่วยให้ผู้เรียน มีผลสัมฤทธิ์ตามจุดมุ่งหมายหรือไม่

จากขั้นตอนการพัฒนาหลักสูตรของ ทาบา สามารถเขียนเป็นแผนภาพได้ดังนี้



ภาพที่ 2 กระบวนการพัฒนาหลักสูตรของทาบา

3. แนวคิดและรูปแบบการพัฒนาหลักสูตรของสัจด์ อุทรานันท์ (2530, หน้า 192-200)
สัจด์ อุทรานันท์ ได้เสนอกระบวนการพัฒนาหลักสูตร โดยแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน คือ

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานเพื่อการพัฒนาหลักสูตร ข้อมูลพื้นฐานของหลักสูตร จะได้จากข้อมูลภายนอก คือ ทางดั่งสังคม วัฒนธรรม การเมือง เทคโนโลยี และยังมีข้อมูล พื้นฐานทางด้านเกี่ยวกับตัวผู้เรียน ธรรมชาติของเนื้อหาวิชา ปรากฏการศึกษา ทฤษฎีการเรียนรู้ จะ

ต้องวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว เพื่อทราบสภาพปัญหาและความต้องการของสังคมและผู้เรียนในการนำหลักสูตรไปใช้ในการเรียนการสอน

3.2 การกำหนดจุดมุ่งหมายของหลักสูตร ในขั้นนี้เป็นการกำหนดจุดมุ่งหมายเพื่อแก้ปัญหาและสนองความต้องการของผู้ใช้หลักสูตรคือ ครู โดยนำผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานมาใช้ในการกำหนด

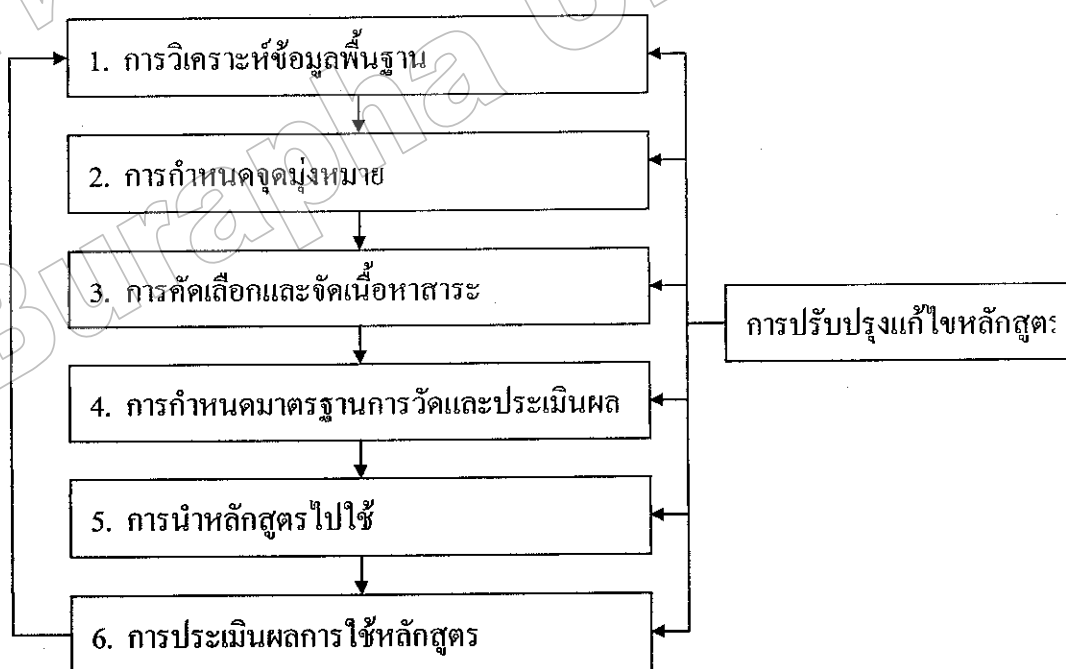
3.3 การคัดเลือกการจัดเนื้อหาสาระและประสบการณ์ผู้เรียน การจัดเนื้อหาจะต้องเหมาะสมกับระดับชั้นและวัยของผู้เรียน เป็นสื่อกลางที่จะนำผู้เรียนไปสู่จุดหมายที่กำหนด

3.4 การกำหนดมาตรฐานการวัดและประเมินผล เป็นขั้นตอนในการกำหนดว่า ควรจะวัดอะไรบ้าง เพื่อให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของหลักสูตร โดยมีการนำหลักสูตรไปใช้ทดลอง ยังไม่ได้ใช้จริง แล้วจึงประเมินผลเพื่อปรับเกณฑ์แบบสอบถามที่จะนำไปใช้จริง

3.5 การนำหลักสูตรไปใช้ เป็นขั้นตอนการนำหลักสูตรไปใช้จริงในโรงเรียนให้ครบกระบวนการของการใช้หลักสูตร โดยครูและผู้บริหารโรงเรียนนำหลักสูตรไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนมีวัสดุ หลักสูตร สื่อการเรียนการสอนครบตามเกณฑ์ของหลักสูตร

3.6 การประเมินผลหลักสูตร เป็นการประเมินผลสัมฤทธิ์ของหลักสูตร เพื่อดูผลผลิตที่ได้เน้นตรงตามเจตนาของหลักสูตรและความมุ่งหวังของสังคมและผู้เรียน

จากขั้นตอนการพัฒนาหลักสูตรของ สจ๊ด อุทรานันท์ สามารถเขียนเป็นแผนภาพได้ดังนี้



ภาพที่ 3 กระบวนการพัฒนาหลักสูตรของ สจ๊ด อุทรานันท์

จากการศึกษาเอกสารตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดและรูปแบบการพัฒนาหลักสูตร ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ผู้วิจัยจึงใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ ภาษาอังกฤษ เรื่อง วิทยาศาสตร์เซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การศึกษาค้นคว้าและสำรวจข้อมูลพื้นฐาน
2. การสร้างหลักสูตร
3. การประเมินหลักสูตรเบื้องต้น
4. การปรับปรุงหลักสูตรเบื้องต้น
5. การทดลองใช้หลักสูตร
6. การประเมินหลักสูตร
7. การปรับปรุงแก้ไขหลักสูตร

การประเมินหลักสูตร การประเมินหลักสูตรเป็นภารกิจที่สำคัญอย่างหนึ่งในกระบวนการพัฒนาหลักสูตรทั้งนี้เพราะเป็นภารกิจที่จะนำไปสู่การตัดสินใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับหลักสูตรในแง่มุมต่างๆ กล่าวคือ การประเมินหลักสูตร จะให้ข้อมูลย้อนกลับแก่นักพัฒนาหลักสูตรและผู้ที่เกี่ยวข้องในทุกขั้นตอนของการพัฒนาหลักสูตร ตั้งแต่การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน การพัฒนาโครงสร้างหลักสูตร การนำหลักสูตรไปใช้ และผลจากการใช้หลักสูตรว่าเป็นอย่างไรซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะนำไปสู่การพิจารณาตัดสินใจในแง่ความเหมาะสม ในแง่คุณค่า และผลที่เกิดขึ้นจากหลักสูตร ตลอดจนการปรับปรุงและพัฒนาหลักสูตรให้ดียิ่งขึ้นด้วย (ธวัชชัย ชัยจิรฉายกุล, 2529, หน้า 211 ; ชำรงค์ บัวศรี, 2532, หน้า 296) และได้มีนักการศึกษาหลายท่านได้เสนอแนวคิดและรูปแบบการประเมินหลักสูตร ดังนี้

แนวคิดในการประเมินหลักสูตร

1. แนวคิดในการประเมินหลักสูตรของ สงัด อุทรานันท์ (2528, หน้า 277-278) สงัด อุทรานันท์ ได้เสนอแนวคิดว่าการประเมินหลักสูตรเป็นที่ยอมรับกันว่า ควรทำให้ครอบคลุมระบบหลักสูตรทั้งหมด และควรประเมินให้ต่อเนื่องกัน ซึ่งการประเมินหลักสูตรควรประเมินสิ่งต่อไปนี้

1.1 ประเมินเอกสารหลักสูตร เป็นการตรวจสอบคุณภาพของหลักสูตรว่ามีความเหมาะสมดีและถูกต้องกับหลักการพัฒนาสูตรเพียงใดหากมีสิ่งใดบกพร่องก็จะดำเนินการปรับปรุงแก้ไขก่อนจะได้นำไปประกาศใช้ในโอกาสต่อไป

1.2 การประเมินการใช้หลักสูตร เป็นการตรวจสอบว่าหลักสูตรสามารถนำไปใช้ได้ดีในสถานการณ์จริงเพียงใด มีส่วนไหนที่เป็นอุปสรรคต่อการใช้หลักสูตร โดยมากหากพบข้อบก

พร้อมในระหว่างการใช้หลักสูตร ก็มักจะได้รับการแก้ไขทันที เพื่อให้การใช้หลักสูตรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 การประเมินผลสัมฤทธิ์ของหลักสูตร โดยทั่วไปจะดำเนินการภายหลังจากได้มีผู้สำเร็จการศึกษาจากหลักสูตรไปแล้ว ซึ่งการประเมินหลักสูตรในลักษณะนี้ มักจะทำการติดตามผลความก้าวหน้าของผู้สำเร็จการศึกษาว่าสามารถประสบผลสำเร็จ ในการทำงานเพียงใด

1.4 การประเมินผลระบบหลักสูตร เป็นการประเมินในลักษณะที่มีความสมบูรณ์และซับซ้อนมากกล่าวคือการประเมินระบบหลักสูตร จะมีความเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบอื่นที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรด้วย เช่น ทรัพยากรที่ต้องใช้ ความสัมพันธ์ระหว่างระบบหลักสูตรกับการบริหาร ระบบการจัดการเรียนการสอนและการวัดผลประเมินผล เป็นต้น

2. แนวคิดและรูปแบบการประเมินหลักสูตรของ วิชัย วงษ์ใหญ่ (2529, หน้า 63-72)

วิชัย วงษ์ใหญ่ ได้เสนอแนวคิดในการประเมินหลักสูตรไว้ 2 ลักษณะ

2.1 การประเมินก่อนนำหลักสูตรไปใช้ กล่าวคือภายหลังการร่างหลักสูตรเสร็จแล้ว ก่อนนำหลักสูตรไปใช้จะต้องตรวจสอบคุณภาพของหลักสูตรเพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้และปรับปรุงแก้ไขก่อนที่จะนำหลักสูตรไปใช้จริงซึ่งการประเมินในขั้นตอนนี้ทำได้หลายวิธี เช่น ใช้วิธีการประชุมสัมมนา ใช้เทคนิคเดลฟาย (delphi technique) ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน และใช้การทดลองนำร่อง เป็นต้น

2.2 การประเมินจากการนำหลักสูตรไปใช้ การประเมินในขั้นตอนนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพิจารณาว่า เมื่อนำหลักสูตรไปใช้แล้วจะได้ผลเพียงใดบรรลุวัตถุประสงค์หรือไม่ มีข้อดีข้อเสียในการจัดประสบการณ์อย่างไร เพื่อจะได้ปรับปรุงหลักสูตรเมื่อพบว่าหลักสูตรบกพร่อง นอกจากนี้นี้ยังจะได้ข้อมูลสำหรับฝ่ายบริหารในการตัดสินใจว่า ควรใช้หลักสูตรต่อไปหรือไม่

3. แนวคิดและรูปแบบการประเมินหลักสูตรของ พิเศษฐ์ ตันทวนิช (2529, หน้า 94-97)

พิเศษฐ์ ตันทวนิช ได้เสนอแนวคิดในการประเมินหลักสูตรว่า การประเมินหลักสูตรเป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นได้ในทุกขั้นตอนของการพัฒนาหลักสูตรและการประเมินหลักสูตรนั้นควรประเมินใน 4 องค์ประกอบคือ การวิเคราะห์ความจำเป็นพื้นฐานและการกำหนดวัตถุประสงค์ของหลักสูตร การกำหนดมวลประสบการณ์และการพัฒนาเอกสารหลักสูตร การนำหลักสูตรไปใช้และการประเมินผลที่เกิดจากหลักสูตร ซึ่งการประเมินใน 4 องค์ประกอบ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การวิเคราะห์ความจำเป็นและการกำหนดวัตถุประสงค์ของหลักสูตร การประเมินในขั้นตอนนี้เป็นการประเมินที่มุ่งตอบคำถามต่อไปนี้

3.1.1 มีหลักการวิเคราะห์ความจำเป็นอย่างไรและเชื่อได้อย่างไรว่าความต้องการจำเป็นที่วิเคราะห์ได้คือความต้องการจำเป็นที่แท้จริง

3.1.2 ความต้องการจำเป็นนั้นๆ ได้มาจากพื้นฐานการพัฒนาหลักสูตรอย่างไรบ้าง

3.1.3 วัตถุประสงค์ของหลักสูตรที่กำหนดขึ้น มีความชัดเจนครอบคลุม กระชับ เพียงใด

3.1.4 วัตถุประสงค์ของหลักสูตร เป็นสิ่งสามารถนำไปปฏิบัติได้จริงเพียงใด

3.2 การกำหนดมวลประสบการณ์และการพัฒนาเอกสารหลักสูตรการประเมินในองค์ประกอบนี้ เป็นการประเมินที่มุ่งตอบคำถามหลักๆ ต่อไปนี้

3.2.1 ได้กำหนดมวลประสบการณ์ ที่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรเพียงใด

3.2.2 มวลเนื้อหาประสบการณ์ได้มาโดยคำนึงถึงพื้นฐานการพัฒนาหลักสูตรอย่างไร

3.2.3 เอกสารหลักสูตรที่พัฒนาขึ้น มีความชัดเจนครอบคลุมและเข้าใจง่ายเพียงใด

3.2.4 ได้มีการกำหนดมาตรการ ของการประเมินที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และมวลประสบการณ์เพียงใด

3.3 การนำหลักสูตรไปใช้ในการประเมินในองค์ประกอบนี้เป็นการประเมินที่มุ่งตอบคำถามต่อไปนี้

3.3.1 ได้มีการประสานงานเผยแพร่ ให้ผู้ใช้หลักสูตรเข้าใจถึงหลักการต่างๆ ของฝ่ายพัฒนาหลักสูตรเพียงใดและการเผยแพร่กล่าวทั่วถึงและทันเวลาที่ต้องการหรือไม่

3.3.2 ในการใช้หลักสูตรมีปัจจัยต่างๆ ที่ใช้สนับสนุนเพียงพอหรือไม่ และทันเวลาที่ต้องการใช้หรือไม่

3.3.3 กลุ่มเป้าหมายของการใช้หลักสูตร มีปฏิกิริยาตอบสนองอย่างไรต่อหลักสูตรนั้น

3.4 การประเมินผล ที่เกิดจากหลักสูตรการประเมินในองค์ประกอบนี้มุ่งตอบคำถามต่อไปนี้

3.4.1 ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ ตามวัตถุประสงค์ที่หลักสูตรกำหนดไว้หรือไม่

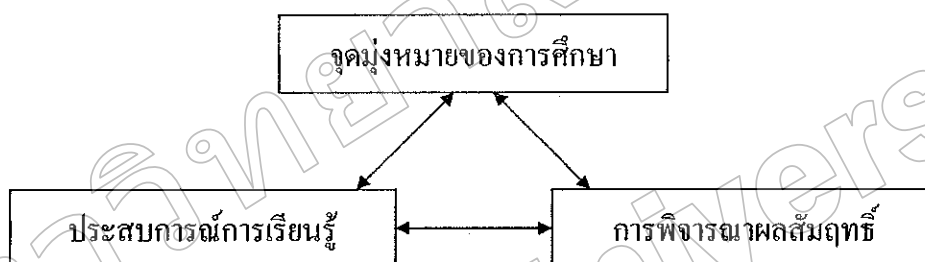
3.4.2 ในระยะยาวผู้เรียนได้มีส่วนในการพัฒนาสังคมในส่วนที่หลักสูตรคาดหวังเพียงใด

จากแนวคิดในการประเมินหลักสูตรที่กล่าวมาข้างต้น อาจสรุปได้ว่า การประเมินหลักสูตรนั้นควรประเมินทั้งระบบหลักสูตรคือตั้งแต่กระบวนการพัฒนาหลักสูตรการนำหลักสูตรไปใช้และผลจากการใช้หลักสูตร ซึ่งหากกำหนดเป็นช่วงเวลา อาจกำหนดเป็นช่วงได้ 3 ช่วง คือ

การประเมินก่อนการนำหลักสูตรไปใช้ การประเมินระหว่างใช้หลักสูตร และการประเมิน
หลักสูตรจากใช้หลักสูตรแล้ว เป็นต้น

รูปแบบการประเมินหลักสูตร

1. รูปแบบการประเมินหลักสูตรของไทเลอร์ (Tyler's model of evaluation) ไทเลอร์
เป็นผู้วางรากฐานการประเมินหลักสูตรนับตั้งแต่ปี ค.ศ.1930 เป็นผู้ริเริ่มให้คำนิยามของการศึกษา
ว่า “การศึกษา คือ การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม” ดังนั้นการประเมินหลักสูตรคือ การเปรียบเทียบว่า
พฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นไปตามจุดมุ่งหมายที่ได้ตั้งไว้หรือไม่ (Worthen and Sanders, 1973,
p. 211) นอกจากนี้ยังมีความเห็นว่าการจัดการศึกษานั้นประกอบด้วยองค์ประกอบ 3
อย่างคือ จุดมุ่งหมายของการศึกษา ประสพการณ์เรียนรู้ และการพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทั้งสามส่วนนี้
จะต้องมีความสัมพันธ์กัน (Tyler, 1949, pp. 110-125) ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางการศึกษาตามแนวคิดของไทเลอร์

ตามความคิดนี้ พื้นฐานของการจัดหลักสูตรก็คือ ผู้จัดทำหลักสูตรจะต้องสามารถวาง
จุดมุ่งหมายที่ชัดเจนว่า ต้องการให้ผู้เรียนเปลี่ยนหรือมีพฤติกรรมเป็นอย่างไร และพยายามจัด
ประสพการณ์การสอนเพื่อช่วยผู้เรียนให้เปลี่ยนพฤติกรรมไปตามที่ต้องการ บทบาทของการ
ประเมินหลักสูตรจึงอยู่ที่การดูผลผลิตของหลักสูตรว่าตรงตามจุดมุ่งหมายหรือไม่ แนวคิดของ
ไทเลอร์ จึงยึดความสำเร็จของจุดมุ่งหมายเป็นหลัก (goal attainment model)

จุดมุ่งหมายของการประเมินหลักสูตรของไทเลอร์ ถือว่าการประเมินหลักสูตรเป็นส่วน
หนึ่งของการเรียนการสอน และเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาหลักสูตรจึงได้เสนอขั้นตอนการเรียนการ
สอนและการประเมิน ดังนี้

1.1 กำหนดจุดมุ่งหมายอย่างกว้างๆ โดยการวิเคราะห์ทรัพยากรของจุดมุ่งหมาย
(goal source) คือ นักเรียน สังคม และเนื้อหาสาระและขอบเขตของจุดมุ่งหมาย (goal-seleans)
คือจิตวิทยาการเรียนรู้และปรัชญาการศึกษา

1.2 กำหนดจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมอย่างชัดเจนเฉพาะเจาะจง ซึ่งจะเป็นพฤติกรรม
ที่ต้องการวัดในภายหลัง

1.3 กำหนดเนื้อหาหรือประสบการณ์ทางการศึกษาเพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้

1.4 เลือกวิธีการเรียนการสอนที่เหมาะสมที่จะทำให้เนื้อหาหรือประสบการณ์ที่วางไว้ประสบความสำเร็จ

1.5 ประเมินโดยการตัดสินด้วยการวัดผลทางการศึกษา เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้

1.6 ถ้าไม่บรรลุจุดมุ่งหมายที่วางไว้ ก็จะต้องมีการตัดสินใจที่จะยกเลิกหรือปรับปรุงหลักสูตรนั้น แต่ถ้าบรรลุจุดมุ่งหมายก็อาจจะใช้ผลสะท้อนกลับ (feedback) ของหลักสูตรนั้นเป็นข้อมูลในการปรับปรุงการกำหนดจุดมุ่งหมาย หรือใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาคุณค่าของหลักสูตร จากที่กล่าวมาข้างต้น การประเมินตามขั้นตอนของไทเลอร์ จึงเป็นกระบวนการเวียนกลับ (recurring process) นอกจากนั้นการเปลี่ยนแปลงข้อแก้ไขหรือปรับปรุงจุดมุ่งหมายของหลักสูตรที่ประเมินนั้นก็จะส่งผลให้เกิดการปรับปรุงวิธีการในการประเมินด้วย (Worthen & Sanders, 1973, p. 156) การประเมินแบบนี้จึงเป็นการประเมินสรุป (summative evaluation) มากกว่าการประเมินความก้าวหน้า (formative evaluation)

2. รูปแบบการประเมินผลของเซเลอร์ อเล็กซานเดอร์ และลิวอิส (Saylor, Alexander, & Levis, 1988, p. 389) เซเลอร์ อเล็กซานเดอร์ และลิวอิส ได้เสนอขั้นตอนการประเมินหลักสูตรไว้ 5 ประการดังนี้

2.1 การประเมินจุดมุ่งหมายในระดับต่างๆ ได้แก่ จุดมุ่งหมายทั่วไปของหลักสูตร จุดมุ่งหมายเฉพาะวิชา และจุดประสงค์ในการเรียนรู้ เพื่อตรวจสอบว่าจุดมุ่งหมายเหล่านี้เหมาะสมสอดคล้องกับผู้เรียนและสภาพแวดล้อมหรือไม่เพียงใด ภาษาที่ใช้ยุ่งยากแก่การสอนสื่อสารซึ่งกันและกันหรือไม่ การกำหนดจุดมุ่งหมายไว้สูงเกินไปและยากแก่การปฏิบัติหรือไม่

2.2 การประเมินโครงการการศึกษาของโรงเรียนทั้งระบบ การประเมินผลโครงการต่างๆ ที่จะช่วยให้ทราบว่า การใช้หลักสูตร บรรลุความมุ่งหมายที่กำหนดไว้หรือไม่ เช่น การเตรียมความพร้อมของโรงเรียนเกี่ยวกับการใช้หลักสูตรใหม่ การดำเนินงานของกลุ่มโรงเรียน การจัดเตรียมงบประมาณ การฝึกอบรมครู การแนะแนว ห้องสมุด โรงฝึกงาน การดำเนินงานของโครงการต่างๆ ได้กระทำไปมากน้อยเพียงใด และโครงการที่ได้กระทำไปมีประสิทธิภาพหรือไม่

2.3 การประเมินการเลือกเนื้อหาสาระของวิชา การเลือกและจัดประสบการณ์การเรียนรู้ สื่อการเรียน ได้จัดและดำเนินงานไปเหมาะสมมากน้อยเพียงใด และการจัดประสบการณ์ได้สัดส่วนกันครบทุกด้านและมีความเหมาะสมหรือไม่

2.4 การประเมินการสอน การประเมินผลระดับนี้ เพื่อตรวจสอบการสอนของครูดำเนินไปโดยยึดถือหลักสูตรเป็นหรือไม่ การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียน ก็คือความสามารถในการสอนของครู ที่จะบ่งชี้ว่ากระบวนการเรียนการสอนได้ดำเนินไปสู่ความมุ่งหมายของหลักสูตร

2.5 การประเมินโครงการใช้ของหลักสูตร ถึงแม้ว่าการประเมินผลของแต่ละโครงการได้วางแผนและขั้นตอนของการประเมินเพื่อสรุปผลของหลักสูตรผิดพลาดไปได้ ฉะนั้นจึงต้องมีการประเมินผลโครงการเพื่อตรวจสอบอีกชั้นหนึ่ง

จากการศึกษาเกี่ยวกับแนวทางและรูปแบบในการประเมินหลักสูตรดังกล่าวข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยได้แนวทางในการประเมินหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่อง วิทยาศาสตร์เซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในครั้งนี้ดังนี้คือ

1. การประเมินก่อนนำหลักสูตรไปใช้ เป็นการประเมินที่อยู่ในลักษณะการยึดจุดมุ่งหมายเป็นหลัก โดยการประเมินดังกล่าวจะเป็นการประเมินโครงร่างหลักสูตรที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตร ด้านการฝึกอบรมและด้านเนื้อหาดำเนินการประเมินในแง่ความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบของหลักสูตร และพิจารณาความสอดคล้องกับสมรรถภาพของผู้เรียน สำหรับในส่วนของหน่วยการเรียนรู้ อันประกอบด้วยจุดมุ่งหมายเฉพาะเนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ และวิธีการวัดผลประเมินผลการฝึกอบรม จะพิจารณาในแง่ความสอดคล้องและความเหมาะสมภายใน รวมทั้งพิจารณาความสอดคล้องกับสมรรถภาพที่ต้องการของหลักสูตร

2. การประเมินหลังนำหลักสูตรไปใช้ การประเมินในขั้นตอนนี้จะประเมิน 2 ส่วนคือ

2.1 ประเมินกระบวนการ (process) เป็นการประเมินเพื่อต้องการที่จะทราบว่ากิจกรรมต่างๆ ที่ออกแบบไว้ในหลักสูตรได้นำมาใช้หรือไม่ มีความเหมาะสมกับผู้เรียนเพียงใด และมีปัญหาอุปสรรคอะไรบ้าง โดยใช้ข้อมูลจากการประเมินของครูผู้สอน หัวหน้าหมวด หัวหน้าฝ่ายวิชาการโรงเรียน และใช้ข้อมูลจากการสังเกต สถานการณ์การเรียนรู้ ตลอดจนใช้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้เรียนและครูผู้สอน

2.2 ประเมินผลผลิต (outcome) เป็นการประเมินว่าผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้บรรลุสมรรถภาพต่างๆ ที่หลักสูตรต้องการหรือไม่ มากน้อยเพียงใด ทั้งนี้โดยพิจารณาจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย ด้านทักษะพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538, หน้า 1-2) ได้กำหนดความมุ่งหมายของการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ไว้เพื่อพัฒนาผู้เรียนทุกๆ ด้าน ทั้งด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย ทักษะพิสัย และนำกระบวนการต่างๆ ไปใช้ในการดำรงชีวิต ซึ่งจุดประสงค์หลักที่มุ่งให้นักเรียนได้พัฒนาในด้านต่อไปนี้

1. รู้หลักการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์
2. มีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (process of science)
3. คิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. สื่อความหมายและสามารถตัดสินใจเลือกใช้ข้อมูลได้อย่างเหมาะสม
5. นำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิต
6. มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

จากจุดประสงค์ดังกล่าว เมื่อเทียบกับเบนจามิน เอส บลูม (Benjamin S.Bloom) ได้เสนอผลการเรียนรู้ของนักเรียนควรครอบคลุม 3 ด้าน คือ (ทบวงมหาวิทยาลัย, 2525 ก, หน้า 182-185)

ด้านพุทธิพิสัย หมายถึง พัฒนาการด้านสติปัญญาและความคิด ซึ่งประกอบด้วย รู้หลักการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ มีกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คิดวิเคราะห์และแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สื่อความหมายและสามารถตัดสินใจใช้ข้อมูลได้อย่างเหมาะสม

ด้านทักษะพิสัย หมายถึง การพัฒนาทักษะที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิธีต่างๆ เช่น การเคลื่อนไหว การลงมือทำงาน การทำการทดลอง รวมทั้งทักษะในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนและเลือกวิธีการในการทดลอง การลงมือปฏิบัติ การทดลอง การใช้เครื่องมือต่างๆ ในการทดลอง

ด้านจิตพิสัย หมายถึง การพัฒนาด้านความนึกคิด ความสนใจความซาบซึ้ง การปรับตัว และเจตคติต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ รวมทั้งมีนิสัยทางวิทยาศาสตร์ (scientific habits of mind)

ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย การเรียนการสอนด้านพุทธิพิสัยสำหรับวิชาวิทยาศาสตร์ ได้กำหนดพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ของการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ในระดับมัธยมศึกษาของประเทศไทยในปัจจุบันนี้ ได้มาจากแนวความคิดของคลอปเฟอร์ (Klopfer) ซึ่งได้จำแนกไว้ดังนี้ (ธงชัย ชิวปรีชา, ณรงค์ศิลป์ รูปพนม, และปรีชาญ เดชศรี, 2526, หน้า 238-255)

1. ความรู้ความจำ
 - 1.1 ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง
 - 1.2 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์วิทยาศาสตร์
 - 1.3 ความรู้เกี่ยวกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์
 - 1.4 ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลง
 - 1.5 ความรู้เกี่ยวกับลำดับขั้นและแนวโน้มน
 - 1.6 ความรู้เกี่ยวกับการแยกประเภทและเกณฑ์

- 1.7 ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและวิธีการทางวิทยาศาสตร์
- 1.8 ความรู้เกี่ยวกับหลักการและกฎทางวิทยาศาสตร์
- 1.9 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีและแนวความคิดที่สำคัญ
2. ความเข้าใจ
 - 2.1 ความสามารถในการระบุหรือบ่งชี้ความรู้ เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่
 - 2.2 ความสามารถในการแปลความรู้ จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่ง
3. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
 - 3.1 การสังเกตและการวัด
 - 3.2 การมองเห็นปัญหาและการมองเห็นวิธีการแก้ปัญหา
 - 3.3 การแปลความหมายของข้อมูล
 - 3.4 การสร้างการทดสอบและการปรับปรุงแบบจำลองเชิงทฤษฎี
 - 3.5 การใช้เครื่องมือและการดำเนินการทดลอง
4. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้
 - 4.1 การนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ในวิชาวิทยาศาสตร์สาขาเดียวกัน
 - 4.2 การนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ในวิชาวิทยาศาสตร์ต่างสาขากัน
 - 4.3 การนำความรู้ไปแก้ปัญหาใหม่ที่นอกเหนือจากวิทยาศาสตร์
5. ธรรมชาติและเจตคติทางวิทยาศาสตร์

พฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ข้างต้นมีความสอดคล้องกับแนวความคิดของเบนจา มิน เอส บลูม ซึ่งจำแนกไว้ 5 ประเภท ดังนี้คือ (ทบวงมหาวิทยาลัย, 2525 ก, หน้า 182-185)

1. พฤติกรรมด้านความรู้ความเข้าใจ หมายถึง พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนในด้านความสามารถในการจดจำ อธิบายและให้เหตุผลเกี่ยวกับคำศัพท์ ข้อเท็จจริง แนวความคิดกระบวนการ หลักการและทฤษฎีต่างๆ ซึ่งมีรายละเอียดครอบคลุมพฤติกรรมหลายประการ เช่น ความรู้เกี่ยวกับคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ ความรู้เกี่ยวกับการจำแนกประเภทและหมวดหมู่ ความรู้เกี่ยวกับหลักเกณฑ์ ความรู้เกี่ยวกับหลักการและแนวคิดสรุป ฯลฯ

2. พฤติกรรมด้านการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมการเรียนรู้ในด้านความสามารถในการสังเกต การวัด การมองเห็นปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ตลอดจนการออกแบบการทดสอบและแก้ไขแบบจำลองทฤษฎี ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ขั้น ดังรายละเอียดของพฤติกรรมต่อไปนี้

2.1 พฤติกรรมด้านการสืบเสาะหาความรู้ขั้น 1 : การสังเกตและการวัด เช่น การสังเกตวัตถุ และปรากฏการณ์ต่างๆ การบรรยายด้วยภาษาที่เหมาะสม ฯลฯ

160237

0
348.0412
8 421 ก
๑

2.2 พฤติกรรมด้านการสืบเสาะหาความรู้ขั้น 2 : การมองเห็นปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา เช่น การมองเห็นปัญหาต่างๆ การตั้งสมมติฐาน ฯลฯ

2.3 พฤติกรรมด้านการสืบเสาะหาความรู้ขั้น 3 : การตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป เช่น การจัดกระทำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การบันทึกข้อมูล ฯลฯ

2.4 พฤติกรรมด้านการสืบเสาะหาความรู้ขั้น 4 : การออกแบบการทดสอบและแก้ไขแบบจำลองทางทฤษฎี เช่น การมองเห็นความจำเป็นที่จะต้องมีการแก้แบบจำลองทางทฤษฎี การแก้ไขปรับปรุงแบบจำลองทางทฤษฎี

3. พฤติกรรมด้านการนำความรู้และวิธีการทดลองวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนในด้านความสามารถที่จะใช้ความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาในชีวิตประจำวันซึ่งมีพฤติกรรมต่อไปนี้คือ การนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นในวิชาวิทยาศาสตร์สาขาเดียวกัน สาขาอื่นๆ และที่เกิดขึ้นนอกเหนือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

4. พฤติกรรมด้านเจตคติและความสนใจ หมายถึง พฤติกรรมการเรียนรู้ทางด้านความรู้สึกและอารมณ์ ซึ่งมีขอบเขตกว้างขวางรวมความสนใจและเจตคติ ซึ่งมีรายละเอียดครอบคลุมพฤติกรรมดังต่อไปนี้ เช่น การมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ การยอมรับ การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นแนวทางของการคิด การเกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ฯลฯ

5. พฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติการ หมายถึง พฤติกรรมการเรียนรู้ในด้านความสามารถที่จะให้เครื่องมือปฏิบัติการ ซึ่งมีพฤติกรรมดังต่อไปนี้คือการพัฒนาทักษะการใช้เครื่องมือปฏิบัติการทั่วไป การใช้เทคนิคปฏิบัติการด้วยความระมัดระวังและให้เกิดความปลอดภัย

ผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538, หน้า 2) ได้ให้ความหมายด้านทักษะพิสัย หมายถึง การพัฒนาทักษะที่เกี่ยวกับอวัยวะต่างๆ เช่น การเคลื่อนไหว การลงมือทำงาน การทำการทดลอง รวมทั้งทักษะในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับการวางแผนและเลือกวิธีการในการทดลอง ลงมือปฏิบัติการทดลอง การใช้เครื่องมือต่างๆ ในการทดลอง โดยทักษะพิสัยจะประกอบด้วย

1. ทักษะทางปัญญา (intellectual skills) ซึ่งจะควบคุมการปฏิบัติการให้เป็นไปอย่างราบรื่นและถูกต้อง รวมทั้งช่วยในการแก้ปัญหาเป็นไปอย่างเหมาะสม

2. ทักษะปฏิบัติ (manual skills) คือความสามารถในการลงมือกระทำหรือปฏิบัติการทดลองเพื่อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยการใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์การทดลองต่างๆ อย่างถูกต้องตามเทคนิควิธี

กิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่ก่อให้เกิดทักษะปฏิบัติ

1. การเข้าใจปัญหาและประเด็นที่จะศึกษาทดลอง ตลอดจนแนวทางในการหาคำตอบที่สอดคล้องกับปัญหาหรือสมมติฐาน
2. การออกแบบการทดลอง การวางแผนเพื่อแก้ปัญหา
3. การจัดเครื่องมือและอุปกรณ์ เพื่อใช้ในการทดลองและวิธีการแก้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับอุปกรณ์หรือเครื่องมือเพื่อช่วยให้การทดลองดำเนินไปได้ตามเป้าหมาย
4. การปฏิบัติการทดลอง การสังเกต การวัดและบันทึกผลจากการทดลองเพื่อใช้ในการตอบปัญหาที่ตั้งไว้ก่อนการทดลอง
5. การวิเคราะห์ผลและแปลผลเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปและการตอบปัญหาที่ได้กำหนดไว้ก่อนจากการปฏิบัติการทดลองและข้อสรุปที่ได้นี้จะช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาแนวคิดใหม่ๆ เพิ่มขึ้น และจะเห็นได้ว่าการทำปฏิบัติการ นอกจากจะพัฒนาในด้านทักษะปฏิบัติแล้วยังได้พัฒนาทักษะอื่นๆ ด้วย

โดยสรุปแล้วทักษะพิสัย หมายถึง ทักษะที่ประกอบด้วยทักษะทางปัญญาและทักษะปฏิบัติเพื่อให้เกิดความชำนาญ ความถูกต้อง และความคล่องแคล่วต่อการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ โดยอาศัยเทคนิควิธีการดำเนินการทดลองที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัย ซึ่งหมายรวมถึง การบันทึกและการรายงานผลของการทดลองอย่างมีคุณภาพ

ทักษะปฏิบัติการทดลอง สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2523, หน้า 1) ได้ให้ความหมายของทักษะภาคปฏิบัติไว้ว่า “ทักษะภาคปฏิบัติหมายถึงความชำนาญในการใช้เครื่องมือทดลอง การหยิบจับอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง มีเทคนิคในการทดลอง ทำการทดลองด้วยความคล่องแคล่ว มีความละเอียดรอบคอบและคำนึงถึงความปลอดภัยของตนเองและผู้อื่น”

ซันด์ และ ไทรวบริดจ์ (Sund & Trowbridge, 1967, pp. 86-107) กล่าวถึงทักษะในกิจกรรมการทดลองที่ควรพัฒนาและฝึกฝน ได้แก่

1. ความเข้าใจในจุดประสงค์ของการทดลอง
2. การใช้เครื่องมือ
3. การวัดและการคำนวณ
4. การเขียนรายงานการทดลอง
5. การเก็บรวบรวมข้อมูลและจดบันทึกข้อมูลได้อย่างถูกต้อง
6. ความเข้าใจในโครงสร้างและการอ่านกราฟ
7. การอธิบายการใช้เครื่องมืออย่างถูกต้อง
8. การสาธิตการใช้เครื่องมืออย่างถูกต้อง

9. การทำความเข้าใจและรักษาเครื่องมือ

โดยสรุปแล้ว ทักษะปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การปฏิบัติได้โดยชำนาญ ความถูกต้อง และความคล่องแคล่วต่อการใช้อุปกรณ์ต่างๆ อย่างมีเทคนิคในการดำเนินการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้พื้นฐานของความปลอดภัย รวมถึงการบันทึกผลและรายงานผลการทดลองอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัย การเรียนการสอนด้านจิตพิสัยสำหรับวิชาวิทยาศาสตร์ ได้กำหนดพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ของการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของประเทศในปัจจุบัน คือ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2538 ข, หน้า 28)

เจตคติทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็นจุดมุ่งหมายสำคัญประการหนึ่งของหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ ได้มีผู้ให้ความหมายของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไว้หลายท่าน ดังนี้

คณะอนุกรรมการการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ ทบวงมหาวิทยาลัย (2525 ก, หน้า 55) ได้ให้ความหมายไว้ว่าเจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการอย่างหนึ่งที่กำหนดการแสดงผลพฤติกรรมของนักวิทยาศาสตร์ในกระบวนการแสวงหาความรู้

อำนาจ รุ่งรัศมี (2525, หน้า 12) ได้ให้ความหมายไว้ว่า เจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็นปัจจัยที่ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ฉวีวรรณ ถินวงศ์ (2527, หน้า 24) ได้ให้ความหมายไว้ว่า เป็นความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อเหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ ในทางที่มีเหตุผล ไม่มั่งงาย รวมทั้งความกระตือรือร้นที่จะตรวจสอบหาข้อเท็จจริง ความเชื่อมั่น เหตุผล และความมีใจกว้างพอที่จะเปลี่ยนแปลงและยอมรับความจริงใหม่ๆ

อุษา คำประกอบ (2530, หน้า 45) ได้ให้ความหมายไว้ว่า เจตคติทางวิทยาศาสตร์เป็นความรู้สึก แนวโน้มการกระทำหรือแนวทางการเลือกกระทำของบุคคลที่เอื้อต่อการแสวงหาความรู้

พิเชฐย์ จัปจิตต์ (2530, หน้า 26) ได้ให้ความหมายไว้ว่า เจตคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง คุณลักษณะนิสัยของบุคคลที่เอื้ออำนวยต่อการสืบเสาะหาความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากแนวคิดต่างๆ ที่กล่าวมาพอสรุปได้ว่าเจตคติทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการแสวงหาความรู้ในแนวทางเยี่ยงนักวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยคุณสมบัติเฉพาะตัวของบุคคลที่จะเอื้ออำนวยต่อการสืบเสาะหาความรู้

คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์
(ทบวงมหาวิทยาลัย, 2525 ค, หน้า 55)

1. เจตคติทางบวก เป็นความพร้อมที่จะตอบสนองในลักษณะของความพึงพอใจและเห็นด้วย อาจทำให้บุคคลอยากกระทำ อยากได้ หรืออยากใกล้ชิดสิ่งนั้น

2. เจตคติทางลบ เป็นความพร้อมที่จะตอบสนองในลักษณะของความไม่พึงพอใจ ไม่เห็นด้วย อาจทำให้บุคคลไม่อยากกระทำ ไม่อยากได้ หรือไม่อยากใกล้ชิดสิ่งนั้น

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่าเจตคติที่เกิดจากการใช้ความรู้ในแนววิทยาศาสตร์ และที่เกิดจากความรู้อีกสามารถแบ่งออกได้ 2 ทาง คือทางบวก และทางลบ โดยทางบวกจะเป็นลักษณะของการแสดงออกในทางที่พึงพอใจ เห็นด้วย หรือพร้อมที่จะปฏิบัติด้วยความเต็มใจ ส่วนเจตคติทางลบจะเป็นลักษณะของการแสดงออกในลักษณะที่ไม่พึงพอใจ ไม่เห็นด้วยหรือคัดค้านไม่ร่วมมือ

ลักษณะของบุคคลที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายท่านกล่าวถึงลักษณะของบุคคลที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

คอสโลว์ และเนย์ (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์, 2524, หน้า 31-34 ; อ้างอิงจาก Kozlow & Nay, n.d.) ได้กำหนดโครงสร้างของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ว่าครอบคลุมคุณลักษณะ 6 ประการ คือ

1. การใคร่ครวญไตร่ตรอง
2. การมีขอบเขตในการใช้ข้อตัดสิน
3. การยึดถือในประจักษ์พยาน
4. ความซื่อตรง
5. ความเป็นปรีชา
6. ความเต็มใจที่จะเปลี่ยนแปลงความคิดเห็น

คณะกรรมการพัฒนาการสอน และผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์
(ทบวงมหาวิทยาลัย, 2525 ค, หน้า 233) ได้กล่าวถึงลักษณะของผู้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ความละเอียดถี่ถ้วน และความมานะบากบั่นในการสังเกตหรือทดลอง
2. การไม่เชื่อถืออะไรอย่างง่าย ๆ โดยปราศจากข้อมูลสนับสนุนอย่างเพียงพอ
3. การมีใจกว้างยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นด้วยใจเป็นธรรม โดยไม่ยึดมั่นใน

ความคิดของตนฝ่ายเดียว

4. ความรับผิดชอบ และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้เป็นอย่างดี
5. ความกระตือรือร้นที่จะค้นคว้าหาความรู้ให้กว้างขวางยิ่งขึ้น
6. ความซื่อสัตย์สุจริตทั้งในการคิดและการกระทำ และคอยตรวจสอบผลที่ได้รับเสนอ
7. การยอมรับการเปลี่ยนแปลงและความก้าวหน้าใหม่ๆ ที่มีคุณค่าต่อการดำรงชีวิต

พิเชษฐ จัปจิตต์ (2530, หน้า 29) กล่าวถึงคุณลักษณะของบุคคลที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์จะต้องประกอบด้วยคุณลักษณะที่สำคัญคือ

1. มีเหตุผล
2. มีใจกว้าง
3. มีความกระตือรือร้นต่อการค้นคว้าหาความรู้
4. มีความละเอียดถี่ถ้วน
5. มีความรับผิดชอบ
6. ไม่เชื่อถือสิ่งที่ยังมลายและไร้เหตุผล

จากแนวคิดต่างๆ สามารถสรุปได้ว่าคุณลักษณะของบุคคลที่มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์จะประกอบด้วยคุณลักษณะสำคัญดังนี้คือ เป็นคนที่มีเหตุผล มีใจกว้าง มีความเป็นกลาง และมีความกระตือรือร้น มีความอดทนต่อการแสวงหาความรู้ มีความรอบคอบและละเอียดถี่ถ้วน มีความซื่อสัตย์ สุจริต และมีคุณธรรม

แนวทางการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ การปลูกฝังเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียนนั้นเป็นหน้าที่โดยตรงของผู้สอน แนวทางในการดำเนินการและพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์นั้นมีผู้เสนอไว้หลายท่านดังต่อไปนี้

ฉวีวรรณ ถินวงศ์ (2527, หน้า 25) เสนอว่าเจตคติทางวิทยาศาสตร์ส่วนมากจะเกิดจากการที่เด็กได้เรียนรู้เรื่องราวของวิทยาศาสตร์ และเกิดจากการที่เขาได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้อย่างจริงจัง และประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี การดำเนินการเรียนหรือการแก้ปัญหาด้วยวิธีวิทยาศาสตร์เป็นการสร้างให้นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ ทบวงมหาวิทยาลัย (2525 ค, หน้า 57-58) ได้กล่าวถึงแนวทางในการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ในหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์พุทธศักราช 2521 และ 2524 มีการกำหนดจุดประสงค์ที่ตรงกันข้อหนึ่งว่า “เพื่อให้เกิดเจตคติที่ถูกต้องทางวิทยาศาสตร์” เพราะฉะนั้นจึงเป็นหน้าที่โดยตรงของครูวิทยาศาสตร์ที่จะต้องพยายามปลูกฝังให้นักเรียนเป็นผู้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ การพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนมีแนวทางปฏิบัติได้ดังต่อไปนี้

1. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์เพื่อการเรียนรู้อย่างเต็มที่โดยเน้นวิธีการเรียนรู้จากการทดลองให้นักเรียนมีโอกาสใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ไปได้ในเวลาเดียวกัน

2. การมอบหมายให้ทำกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะทุกการทดลองควรให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม เพื่อฝึกการทำงานร่วมกับผู้อื่น ฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ฝึกความ

รับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมาย และในขณะที่นักเรียนทำการทดลองนั้นครูต้องคอยดูแลหรือให้ความช่วยเหลือบางอย่าง และจะได้สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในขณะนั้นด้วย

3. การใช้คำถามหรือการสร้างสถานการณ์เป็นการช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสามารถสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ได้ดี เช่น ขณะที่นักเรียนเรียนเรื่องการลำเลียงในสิ่งมีชีวิตในหัวข้อที่ว่าทำไมจึงต้องมีการย่อยอาหาร ในบทเรียนนี้ครูควรตั้งคำถามนักเรียนว่า

3.1 ทำไมแพทย์จึงแนะนำให้คนไข้กินอาหารอ่อน เช่น ข้าวต้ม โจ๊ก

3.2 นักเรียนเคยเห็นแพทย์ให้กลูโคสทางเส้นเลือดกับคนไข้ไหม ทำไมจึงต้องทำเช่นนั้น

4. ในขณะทำการสอนควรนำหลักจิตวิทยาการศึกษามาใช้ในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์หลายๆ ด้าน หรือฝึกประสาทสัมผัสหลายๆ ทาง ได้แก่กิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหว สถานการณ์ที่แปลกใหม่เพื่อเร้าใจให้นักเรียนอยากรู้อยากเห็น การให้ความสนใจใส่ของครู ฯลฯ เหล่านี้จะเป็นพลังสำคัญส่วนหนึ่งต่อการพัฒนาเจตคติได้

5. ในการสอนแต่ละครั้งพยายามสอดแทรกลักษณะของเจตคติแต่ละลักษณะความเหมาะสมของเนื้อหาบทเรียน และวัยของนักเรียนกับให้มีการพัฒนาเจตคตินั้นๆ ด้วย

6. นำตัวอย่างที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ซึ่งเป็นปัญหาสังคม เช่น ปัญหาการจราจรติดขัดในกรุงเทพฯ แล้วให้นักเรียนช่วยกันคิดเพื่อหาทางแก้ปัญหาดังกล่าวจากการตั้งข้อสังเกตของนักเรียนเอง หรือนักเรียนอาจจะประมวลจากประกาศของทางราชการ หรือจากสื่อมวลชนก็ได้ เพื่อฝึกแนวคิดของนักเรียน ครูควรเสนอกระบวนการแก้ปัญหา ได้แก่

6.1 กำหนดตัวปัญหา

6.2 ตั้งสมมติฐานหลายๆ ข้อเพื่อหาคำตอบ

6.3 ทำการทดลอง

6.4 รวบรวมข้อมูล

6.5 จัดกระทำและตีความหมายข้อมูล

6.6 สรุป

หลังจากได้มีการสรุปเรื่องนี้แล้ว ครูควรอภิปรายเพื่อชี้ให้นักเรียนเห็นว่าขั้นตอนจะมีลักษณะของเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนสามารถนำไปพัฒนาดตนเองได้

7. เสนอแนะแบบอย่างของผู้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนอาจศึกษา หรือเลียนแบบอย่างได้ เช่น นักวิทยาศาสตร์ ครู บิดา มารดา เป็นต้น

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า การพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ต่อนักเรียนผู้สอนควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้วิธีการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ในแนวทางต่างๆ รวมถึงการทำงานเป็นกลุ่ม การแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดระหว่างกัน เพื่อเป็นการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลและประเมินผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538 ก, บทนำ) ได้ระบุถึงการวัดผลและประเมินผลเป็นขั้นตอนหนึ่งในกระบวนการเรียนการสอน ทำให้ผู้เรียนและผู้สอนได้ทราบผลการเรียนและการสอน เป็นการให้ข้อมูลย้อนกลับว่าการเรียนการสอนได้ผลตามจุดประสงค์หรือไม่ เพียงใด จะต้องแก้ไขปรับปรุงอย่างไร การวัดผลประเมินผลเป็นกิจกรรมคนละขั้นตอน แต่กระทำต่อเนื่องกัน กล่าวคือ

การวัดผล เป็นการวัดความรู้ความสามารถหรือวัดผลของการเรียนการสอน โดยใช้วิธีการหรือเครื่องมือ ผลที่ได้จากการวัดจะนำไปใช้ในการประเมินผล

การประเมินผล เป็นการนำข้อมูลจากการวัดผลมาพิจารณาและลงข้อสรุปเพื่อตัดสินผลการเรียนเป็นรายบุคคลหรือเพื่อประเมินผล การเรียนการสอนโดยรวมผลจากการประเมินอาจเป็นการตัดสินได้ ตกหรือเป็นระดับคะแนน หรือผ่าน-ไม่ผ่าน หรือได้ผลตรงตามจุดประสงค์หรือไม่ตรงตามจุดประสงค์ ซึ่งในการวางแผนจัดการเรียนการสอนจึงจำเป็นต้องกระทำควบคู่กันไปกับการวัดผลประเมินผล โดยมีแผนดำเนินการอย่างต่อเนื่อง แล้วนำผลการวัดและประเมินในแต่ละช่วงมาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงและพัฒนาการเรียนการสอนอย่างสม่ำเสมอ ทั้งในส่วนของนักเรียนและครู โดยการวัดผลและประเมินผล ประกอบด้วยการวัดเพื่อปรับปรุงการเรียนการสอน (formative evaluation) และเพื่อตัดสินผลการเรียน (summative evaluation)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538 ก, หน้า 43-44) ได้กำหนดการประเมินผลเพื่อนำมาใช้ในการศึกษาพฤติกรรมพื้นฐานของนักเรียน โดยการวางแผนการสอนเพื่อปรับปรุงการเรียนของนักเรียน ให้บรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้และปรับปรุงการสอนให้มีประสิทธิภาพจึงควรประเมินเป็นระยะได้แก่

1. การประเมินผลก่อนเรียน

- 1.1 เพื่อวินิจฉัยความรู้พื้นฐานและทักษะที่จำเป็นของนักเรียนก่อนเรียนเรื่องใหม่
- 1.2 เพื่อจัดกลุ่มนักเรียนเพื่อให้สามารถจัดกิจกรรมการเรียนได้ง่ายและเหมาะสมกับแต่ละกลุ่ม

- 1.3 เพื่อวางแผนการสอนให้เหมาะสมกับความรู้ความสามารถพื้นฐานของนักเรียน

2. การประเมินผลระหว่างเรียน

- 2.1 เพื่อปรับปรุงและพัฒนาการเรียนของนักเรียนแต่ละคน
- 2.2 เพื่อปรับปรุงและพัฒนาการสอนของครู

3. การประเมินผลหลังเรียน

3.1 เพื่อตัดสินผลการเรียนว่านักเรียนมีความรู้ความสามารถเพียงใด ควรได้ระดับคะแนนระดับใด

3.2 เพื่อเป็นข้อมูลให้แก่ฝ่ายแนะแนวสำหรับประกอบการให้คำแนะนำแก่นักเรียน

3.3 เพื่อเป็นข้อมูลของนักเรียนและครูก่อนเริ่มการเรียนการสอนรายวิชาใหม่หรือเริ่มปีการศึกษาใหม่

การใช้ประโยชน์จากการประเมิน หลังจากการวัดผลแล้วก็จะมีการประมวลผลขั้นสุดท้ายเป็นผลการสอน ซึ่งจะอยู่ในรูปของคะแนน และจะต้องถูกนำมาแปลผลเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับความสามารถของนักเรียนและประสิทธิภาพของการสอนของครู

การใช้ผลการสอบเพื่อพิจารณาความสามารถของนักเรียนทำได้ โดยนำผลการสอบของนักเรียนแต่ละคนมาเปรียบเทียบกับคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทั้งกลุ่ม และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานกับอีกวิธีหนึ่ง โดยนำผลการสอบของนักเรียนแต่ละคนมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ขั้นต่ำ ซึ่งวิธีหลังนี้จะใช้ได้กับแบบทดสอบที่วัดตรงจุดประสงค์การเรียนรู้เท่านั้น โดยครูนำผลการสอบของนักเรียนแต่ละคนมาพิจารณาว่านักเรียนคนใดสอบผ่านไม่ผ่านจุดประสงค์ใดและจุดประสงค์หนึ่งๆ มีนักเรียนสอบไม่ผ่านกี่คน เพื่อจะได้วางแผนการสอนซ่อมเสริมได้ถูกต้องและเหมาะสม

สำหรับการใช้ผลการสอบเพื่อพิจารณาคุณภาพการสอนนั้น พิจารณาได้จากร้อยละของจำนวนนักเรียนที่สามารถสอบผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้สูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำที่กำหนดไว้มาก หรือน้อยเพียงใด ซึ่งจะเป็นภาพสะท้อนถึงคุณภาพในด้านการสอนของครูเป็นอย่างดี

การนำผลการสอบมาใช้ในการกำหนดระดับผลการเรียนของนักเรียน ทำได้โดยนำร้อยละของคะแนนระหว่างภาคเรียนกับปลายภาคเรียนรวมกันตามอัตราส่วนที่กำหนดไว้โดยกลุ่มโรงเรียน แล้วนำผลรวมที่ได้ไปเทียบเป็นระดับคะแนน

นอกจากจะใช้ผลการสอบเพื่อปรับปรุงการเรียนการสอน และตัดสินผลการเรียนของนักเรียนแล้ว ผลการสอบยังช่วยให้มองเห็นภาพรวมของผลสัมฤทธิ์ด้านการเรียนของนักเรียนอีกด้วย โดยหลังการสอบแต่ละครั้งควรนำคะแนนของนักเรียนมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วสรุปผลการสอบของนักเรียนกลุ่มนี้เป็นแผนภาพ และจากแผนภาพนี้จะบอกให้ทราบว่านักเรียนกลุ่มส่วนใหญ่ได้คะแนนอยู่ในระดับต่ำ เท่ากับหรือสูงกว่าคะแนนเฉลี่ย และการกระจายคะแนนของนักเรียนกลุ่มนี้อย่างไร

การเรียนการสอนกับการวัดผลและประเมินผล มีความสำคัญเท่าเทียมกัน และจะต้องมีความสอดคล้องกัน กล่าวคือการเรียนการสอนมุ่งหวังให้ผู้เรียนมีพัฒนาการครบทั้ง 3 ด้าน คือ ด้าน

พุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย ในส่วนของการวัดผลและประเมินผลจึงจำเป็นต้องวัดและประเมินให้ครอบคลุมทั้ง 3 ด้าน โดยใช้เครื่องมือวัดที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538 ก, หน้า 2) ได้กำหนดจุดประสงค์ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เมื่อเทียบกับเบญจามิน เอส บลูม ซึ่งได้เสนอว่าผลการเรียนรู้ของนักเรียนควรครอบคลุม 3 ด้าน คือ

1. ด้านพุทธิพิสัย
2. ด้านจิตพิสัย
3. ด้านทักษะพิสัย

การวัดผลและประเมินผลการเรียนด้านพุทธิพิสัย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538 ก, หน้า 3-16) ได้กำหนดการวัดผลและประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดของคลอปเฟอร์ (Klopfer, 1971) ได้จำแนกระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านสติปัญญาหรือความรู้ความคิดเป็น 4 ลำดับ คือ ความรู้ความจำ, ความเข้าใจ, ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

1. ความรู้ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้มาแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง สัมพัทธ์ นิยาม มโนคติ ข้อตกลง การจัดประเภท เทคนิควิธีการ หลักการ กฎ ทฤษฎี และแนวคิดที่สำคัญๆ ทางวิทยาศาสตร์

นักเรียนที่มีความสามารถในด้านนี้จะแสดงออกโดยสามารถให้คำจำกัดความหรือนิยามเล่าเหตุการณ์ จดบันทึก เรียกชื่อ อ่านสัญลักษณ์ และระลึกถึงข้อสรุปได้

การวัดพฤติกรรมด้านความรู้ความจำ ลักษณะของข้อสอบจะถามให้นักเรียนระลึกถึงเรื่องราวหรือความรู้ต่างๆ ที่ได้เรียนมาแล้ว โดยทั่วไปการวัดผลครั้งหนึ่งถามเกี่ยวกับความรู้ความจำ ไม่เกินร้อยละยี่สิบ ของข้อสอบทั้งหมด

2. ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย แปลความ ตีความ สร้างข้อสรุป ขยายความ

นักเรียนที่มีความสามารถในด้านนี้จะแสดงออก โดยสามารถเปรียบเทียบแสดงความสัมพันธ์ อธิบาย ชี้แจง จำแนก จัดเข้าหมวดหมู่ ยกตัวอย่าง ให้เหตุผล จับใจความ เขียนภาพประกอบ ตัดสิน เลือก แสดงความคิดเห็น จัดเรียงลำดับ อ่านกราฟ แผนภูมิและแผนภาพได้

พฤติกรรมความเข้าใจแบ่งได้ 3 ระดับคือ

1. ความสามารถอธิบายความรู้ต่างๆ ได้ด้วยตนเอง
2. ความสามารถจำแนกหรือระบุความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปหรือสถานการณ์ใหม่
3. ความสามารถแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่ง

การวัดพฤติกรรมความเข้าใจ สัญลักษณ์ของข้อสอบจะถามให้นักเรียนอธิบายหรือบรรยายความรู้ต่างๆ ด้วยคำพูดของตนเองหรือให้ระบุข้อเท็จจริง มโนคติ หลักการ กฎหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้หรือให้แปลความหมายสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของข้อความ สัญลักษณ์ รูปภาพหรือแผนภาพ

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้สำหรับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยดังนี้

3.1 การสังเกตและการวัด ประกอบด้วย การสังเกตสิ่งของและปรากฏการณ์ต่างๆ การบรรยายสิ่งของที่สังเกตได้ โดยใช้ภาษาที่เหมาะสม การวัดสิ่งของและการเปลี่ยนแปลงต่างๆ การเลือกเครื่องมือที่เหมาะสม การประมาณค่าจากการวัดและการยอมรับขีดจำกัดของความถูกต้องของเครื่องมือเครื่องใช้

3.2 การมองเห็นปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา ประกอบด้วย การมองเห็นปัญหาการตั้งสมมติฐาน การเลือกทดสอบสมมติฐานที่เหมาะสม การออกแบบการทดลองที่เหมาะสมสำหรับทดสอบสมมติฐาน

3.3 การตีความหมายข้อมูลและการสรุป ประกอบด้วย การจัดกระทำกับข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การนำเสนอข้อมูล การแปลความหมายของข้อมูลที่ได้จากการทดลองและการสังเกตต่างๆ การตีความและการขยายความจากข้อมูล การประเมินสมมติฐานภายใต้ขอบเขตของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง การสร้างข้อสรุป กฎหรือหลักการที่เหมาะสมอย่างมีเหตุผลตามความสัมพันธที่พบ

3.4 การสร้าง การทดสอบและการปรับปรุงแบบจำลอง ประกอบด้วย การตระหนักถึงความจำเป็นและประโยชน์ของแบบจำลอง การสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุปกับปรากฏการณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม การระบุปรากฏการณ์และหลักการต่างๆ ที่สามารถอธิบายได้ด้วยแบบจำลอง การสร้างสมมติฐานใหม่ๆ จากแบบจำลอง การแปลความหมายและการประเมินผลการทดลอง เพื่อตรวจสอบแบบจำลอง การปรับปรุงแก้ไขหรือเพิ่มเติมแบบจำลอง

4. การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการผสมผสานความรู้และนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ

ข้อสอบวัดพฤติกรรมด้านการนำไปใช้ส่วนใหญ่จะมีลักษณะแบบสถานการณ์ใหม่ๆ หรือปัญหาใหม่มาให้นักเรียนแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนจะต้องมีความเข้าใจในแนวคิดหลักที่เกี่ยวกับปัญหาหรือสถานการณ์ รวมทั้งต้องใช้ความสามารถระดับสูง ซึ่งประกอบด้วยการวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมินค่า ตลอดจนใช้ยุทธวิธีต่างๆ ในการแก้ปัญหานั้น

การประเมินผลการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบ ไม่สามารถวัดความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนได้ ครูควรประเมินจากการปฏิบัติกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ เช่น การทำโครงงานวิทยาศาสตร์ กิจกรรมการแก้ปัญหา

ดังนั้นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนได้รับทั้งเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จะต้องวัดผลทั้งสองส่วน และเพื่อความสะดวกในการประเมิน ผู้วิจัยจึงได้นำการจำแนกพฤติกรรมในการวัดผลวิชาวิทยาศาสตร์ (ประวิตร ชูศิลป์, 2524, หน้า 21-31) เพื่อนำไปสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับเป็นเกณฑ์วัดผลว่า นักเรียนได้เรียนรู้ไปมากน้อยหรือลึกซึ้งเพียงใด 3 พฤติกรรม ดังนี้คือ

1. ความรู้ ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้ไปแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎ และทฤษฎี
2. ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกความรู้ได้ เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่และความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปยังอีกสัญลักษณ์หนึ่ง
3. การนำความรู้ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้และวิธีการต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียนรู้มาแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

จากพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ของการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นนี้ จะเป็นแนวทางให้ครูนำไปใช้ในการวางแผนการเรียนการสอนและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน แต่โดยทั่วไปในการประเมินผลจะใช้ในการทดสอบข้อเขียนเป็นหลัก ซึ่งจะวัดได้เฉพาะพฤติกรรมความรู้ความเข้าใจ การสืบเสาะหาความรู้ และการนำความรู้และวิธีทางวิทยาศาสตร์ไปใช้เท่านั้น (ทบทวนมหาวิทยาลัย, 2525 ก, หน้า 187) ผู้วิจัยจึงสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อประเมินความสามารถในการเรียนรู้เนื้อหาสาระวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่อง วิทยาศาสตร์เชรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ของนักเรียน 3 ด้าน คือ

1. ด้านความรู้ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้มาแล้ว
2. ด้านความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกความรู้ โดยการแปลความหมายแล้วเปรียบเทียบ หรือผสมผสานสิ่งใหม่ที่พบเห็นกับประสบการณ์เดิม
3. ด้านการนำความรู้ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ที่ได้เรียนมาแล้วไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ซึ่งแตกต่างไปจากที่เคย

การวัดผลและประเมินผลการเรียนการสอนด้านทักษะพิสัย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538 ก, หน้า 18-19) ได้กำหนดการวัดผลและประเมินผลการเรียนการสอนด้านทักษะพิสัยว่าเป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ความสามารถในการปฏิบัติงานได้อย่างคล่องแคล่ว ชำนิชำนาญและแสดงออกได้อย่างอัตโนมัติ ซึ่งในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ทักษะพิสัยจะประกอบด้วย

ทักษะทางปัญญา (intellectual skills) ซึ่งจะควบคุมการปฏิบัติการให้เป็นไปอย่างราบรื่นและถูกต้อง รวมทั้งช่วยในการแก้ปัญหาเป็นไปได้อย่างเหมาะสม

ทักษะปฏิบัติ (manual skills) คือความสามารถในการลงมือกระทำปฏิบัติการทดลองเพื่อศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยการใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์การทดลองต่างๆ อย่างถูกต้องตามเทคนิควิธี เช่น การใช้อุปกรณ์ในการชั่ง ตวง วัด ทดสอบ ตรวจสอบ ฯลฯ

กิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ก่อให้เกิดทักษะปฏิบัติคือ การทำการปฏิบัติ ซึ่งนักเรียนจะได้รับการพัฒนาในด้านต่อไปนี้

1. การเข้าใจปัญหาและประเด็นที่จะศึกษาทดลอง ตลอดจนแนวทางในการหาคำตอบที่สอดคล้องกับปัญหาหรือสมมติฐานนั้น
2. การออกแบบการทดลอง การวางแผนเพื่อแก้ปัญหา
3. การจัดเครื่องมือและอุปกรณ์เพื่อใช้ในการทดลอง และวิธีการแก้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับอุปกรณ์หรือเครื่องมือเพื่อช่วยให้การทดลองดำเนินไปได้ตามเป้าหมาย
4. การปฏิบัติการทดลอง การสังเกต การวัดและบันทึกผลจากการทดลองเพื่อใช้ในการตอบปัญหาที่ตั้งไว้ก่อนการทดลอง
5. การวิเคราะห์ผลและประเมินผลข้อมูล เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปและการตอบปัญหาที่กำหนดไว้ก่อน จากการปฏิบัติการทดลองและข้อสรุปที่ได้จะช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาแนวคิดใหม่ๆ เพิ่มเติมและจะเห็นได้ว่าการทำปฏิบัติการ นอกจากจะพัฒนาในด้านทักษะปฏิบัติยังพัฒนาทักษะอื่นๆ ด้วย

การวัดผลด้านปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ นับว่ามีความสำคัญเท่าเทียมกับด้านอื่นๆ แต่โดยปกติมักไม่ค่อยมีการวัดผลด้านนี้ สืบเนื่องมาจากในชั้นเรียนมีนักเรียนจำนวนมากไม่สามารถวัดเป็นรายบุคคลได้ ดังนั้นควรวัดผลนักเรียนเป็นแบบกลุ่มด้วยแบบสังเกตหรือเลือกเฉพาะทักษะที่สำคัญ เมื่อประเมินผลตลอดภาคเรียนจะต้องครอบคลุมทักษะปฏิบัติที่กำหนดไว้ในจุดประสงค์ได้ทั้งหมด

โกวิท ประวาลพุกษ์ และสมศักดิ์ สนิทระเวช (2523, หน้า 106-109) ได้เสนอแนะแนวทางในการวัดผลด้านการปฏิบัติไว้ว่า มีสิ่งที่จะต้องวัด 2 ประการ คือ

1. ความสามารถในการปฏิบัติงานกับการวัดพฤติกรรมของนักเรียน โดยใช้วิธีการสังเกตและมีเครื่องมือในการสังเกตคือแบบสำรวจรายการ (check list) หรือมาตราส่วนประเมิน (rating scale) จะช่วยให้การสังเกตสะดวกและมีความเที่ยง
2. ความสามารถและทักษะเกี่ยวกับการปฏิบัติงาน คือ วิธีการปฏิบัติงาน (procedure) ซึ่งได้แก่วิธีการ ทักษะและเทคนิคในการใช้เครื่องมือทดลองและวัดผลงาน โดยการนำผลงานที่ได้มาตรวจให้คะแนน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524, หน้า 27-31) โดยสาขาวิจัยและประเมินผลได้เสนอแนวทางปฏิบัติในการวัดผลปฏิบัติการในการทดลองวิชาวิทยาศาสตร์ว่าเป็นการวัดทักษะด้านการปฏิบัติการทดลองที่อาจวัดได้ดังนี้คือ

ทักษะที่มองเห็นได้ระหว่างที่นักเรียนปฏิบัติการทดลอง ได้แก่

1. ทักษะทางปฏิบัติ เป็นทักษะเกี่ยวกับการหยิบจับอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง การใช้เครื่องมือต่างๆ ในการทดลอง
2. การสังเกต ได้แก่ การสังเกตเพื่อหารายละเอียดหรือเปรียบเทียบและการสังเกตผลของการทดลอง
3. การดำเนินการทดลอง ได้แก่ ความสามารถในการปฏิบัติการตามวิธีการที่บอกไว้ในแบบเรียน และสามารถวางแผนปฏิบัติการทดลองได้อย่างเหมาะสม

ในการวัดผลปฏิบัติการทดลอง ครูจะต้องวัดผลการปฏิบัติของนักเรียนไปพร้อมกับการสอน นักเรียนแต่ละคนอาจทำกิจกรรมต่างๆ ในเวลาเดียวกัน นักเรียนทำการทดลองเป็นกลุ่มและนักเรียนในชั้นเรียนมีมาก ผู้สอนอาจสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนได้ไม่ทั่วถึง ดังนั้นจึงควรวัดทักษะอย่างเดียวนานๆ ครั้ง เพราะการทดลองแต่ละครั้งจะเกิดโอกาสให้นักเรียนฝึกทักษะต่างๆ ได้มากน้อยต่างกันและควรให้นักเรียนได้มีโอกาสฝึกทักษะต่างๆ ให้ครบ นอกจากการวัดผลขณะเรียนปฏิบัติการทดลองตามบทเรียนแล้ว ผู้สอนอาจกำหนดการทดลองขึ้นใหม่เพื่อวัดผลเพิ่มเติมด้วยก็ได้ ในการให้คะแนนปฏิบัตินั้น สสวท. ได้เสนอแนะไว้ว่า ครูอาจบันทึกผลของการสังเกตในตารางดังตัวอย่าง

ตารางบันทึกการให้คะแนนโดยการสังเกตขณะนักเรียนทำการทดลอง ครั้งที่

ชั้น..... ภาคเรียนที่..... ปีการศึกษา.....

เลขที่	ชื่อ - สกุล	ทักษะปฏิบัติ			การสังเกต			การดำเนินการทดลอง		
		2	1	0	2	1	0	2	1	0
1										
2										
3										
.										
.										
.										

หมายเหตุ ทักษะปฏิบัติ

ได้แก่ การหยิบจับอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ

การสังเกต

ได้แก่ การสังเกตข้อมูล การสังเกตผลการทดลอง

การดำเนินการทดลอง

ได้แก่ การปฏิบัติตามวิธีการทดลองที่กำหนดไว้และ
การวางแผนการทดลอง

2 หมายถึง ดี

1 หมายถึง พอใช้

0 หมายถึง ยังใช้ไม่ได้

(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2524, หน้า 44-47)

การประเมินผลโดยใช้มาตราส่วนประเมินค่า และแบบสำรวจรายการ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524, หน้า 62) ได้นำเสนอรูปแบบแนวทางปฏิบัติ ในด้านการประเมินผลทักษะปฏิบัติการทดลองในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ได้ดังนี้

1. พิจารณาเนื้อหาว่าในแต่ละการทดลองมีทักษะอะไรบ้าง

2. จัดทำตารางซึ่งประกอบด้วยชนิดของทักษะในแต่ละการทดลอง รวมทั้งรายชื่อของนักเรียนที่ต้องประเมินผล ตารางควรมี 3 ประเภท เพื่อความสะดวกในการใช้ดังนี้

2.1 ตารางซึ่งประกอบด้วยชื่อการทดลองและทักษะต่างๆ ที่ต้องการวัด

2.2 ตารางชื่อใช้บันทึกทักษะต่างๆ ของนักเรียนแต่ละคนซึ่งวัดเฉพาะการทดลองหนึ่งๆ และครูจะนำเข้าไปในชั้นเรียน เช่น

รายนามนักเรียน	ทักษะ			
	เทอร์โมมิเตอร์	การใช้ เครื่องชั่ง	การใช้ตะเกียง แอลกอฮอล์	อื่นๆ
1				
2				
.				
.				
.				
16				

2.2.1 เขียนรายนามนักเรียนที่ต้องการวัดทักษะ ควรจะทำได้ประมาณ 16 คน เท่านั้น เพราะอยู่ในขอบเขตที่ครูจะสังเกตได้ชัด ส่วนนักเรียนที่เหลือให้ประเมินในการทดลองต่อไป ครูควรประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติของนักเรียนทุกคน

2.2.2 เขียนทักษะสำหรับการทดลองนั้นลงในช่องทักษะ

2.2.3 แบบประเมินผลนั้น เมื่อครูสังเกตแล้วอาจจะเครื่องหมาย

✓ สำหรับนักเรียนที่ปฏิบัติได้ถูกต้อง

✗ สำหรับนักเรียนที่ควรได้รับการแก้ไขในทักษะนั้นๆ

2.3 ตารางรวม ซึ่งประกอบด้วยรายนามนักเรียนทั้งชั้น และทักษะทั้งหมดที่ต้องการประเมินผลตลอดทั้งปีหรือตลอด 1 ปี

เมื่อจบการประเมินผลทักษะภาคปฏิบัติของนักเรียนแต่ละครั้งแล้วให้นำผลมารอกลงในตารางรวมนี้ เพื่อประโยชน์ 2 ประการ คือ

1. ใช้เปรียบเทียบว่านักเรียนคนใดควรจะได้รับการปรับปรุงทักษะอะไรบ้าง เพื่อครูจะได้วางแผนให้คะแนนนำเมื่อมีการสอนต่อไปได้ทันที

2. ครูจะพบอีกว่านักเรียนคนใดทำการทดลองน้อยครั้งว่าคนอื่นๆ หรือไม่เคยทำการทดลองเลย ซึ่งจะได้แก้ไขทันที โดยกำหนดให้นักเรียนคนนั้นแลกเปลี่ยนหน้าที่กับสมาชิกคนอื่นๆ ในกลุ่ม

ความแตกต่างระหว่างมาตราส่วนประเมินค่ากับแบบสำรวจรายการนั้น ทวีพล จุฑะพล (2541, หน้า 130) ได้กล่าวไว้ว่ามาตราส่วนประเมินค่าประกอบด้วยรายละเอียดของพฤติกรรมที่ต้องสังเกต และมีมาตราส่วนแสดงระดับคะแนนและคุณภาพของพฤติกรรมที่สังเกตได้ ส่วนแบบสำรวจรายการนั้นจะช่วยในด้านการตัดสินผลการปฏิบัติว่าถูกหรือผิด (yes-no judgement) เป็นการประเมินว่านักเรียนได้ทำกิจกรรมนั้นถูกต้องหรือไม่ โดยผู้สังเกตต้องกำหนดกิจกรรมที่ต้องสังเกตไว้ในตาราง

เมื่อกล่าวโดยสรุปแล้วการวัดผลด้านทักษะพิสัย ทักษะปฏิบัติการทดลองวิชาวิทยาศาสตร์มีความจำเป็นและสำคัญต่อครูผู้สอน โดยที่ครูผู้สอนจะต้องมีความชัดเจนต่อการวัดผลความก้าวหน้าด้านทักษะปฏิบัติการทดลองอย่างเหมาะสม มีประสิทธิภาพ โดยวัดได้ตรงจุดมุ่งหมายมีหลักเหมาะสม รวมถึงการให้คะแนนที่ง่ายต่อการปฏิบัติ ได้ผลที่ชัดเจน สามารถระบุถึงพัฒนาการด้านทักษะปฏิบัติการทดลองในวิชาวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยแบบสังเกตในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่อง วิทยาศาสตร์เชรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยยึดรูปแบบของ สสวท.

การวัดผลและประเมินผลการเรียนการสอนด้านจิตพิสัย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538 ก, หน้า 28-30) ได้กำหนดคุณลักษณะที่ใช้ในการวัดผลและประเมินผลการเรียนการสอนด้านจิตพิสัยด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งในทางปฏิบัติการประเมินจิตพิสัยทำได้ยากด้วยแบบทดสอบชนิดเขียนคำตอบ เพราะความรู้สึกเป็นสิ่งอยู่ภายใน การประเมินจิตพิสัยจึงควรประเมินจากพฤติกรรม/ลักษณะบ่งชี้ให้นักเรียนแสดงออกมาในระยะเวลา ยาวนานพอสมควรและประเมินอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งสามารถพิจารณาลักษณะบ่งชี้หรือพฤติกรรมดังต่อไปนี้

คุณลักษณะและพฤติกรรมบ่งชี้ที่ต้องปลูกฝังให้เกิดกับนักเรียนในการเรียนวิทยาศาสตร์
เจตคติทางวิทยาศาสตร์

1. ความอยากรู้อยากเห็น

1.1 ยอมรับว่าการทดลองค้นคว้าจะใช้เป็นวิธีในการแก้ปัญหาได้

1.2 มีความใฝ่ใจและพอใจใคร่จะสืบเสาะแสวงหาความรู้ในสถานการณ์ และปัญหา

ใหม่ๆ อยู่เสมอ

1.3 มีความกระตือรือร้นต่อกิจกรรมและเรื่องต่างๆ

1.4 ชอบทดลองค้นคว้า

1.5 ชอบสนทนา ซักถาม ฟัง อ่าน เพื่อให้ได้รับความรู้เพิ่มขึ้น

2. ความรับผิดชอบและความพยายาม

- 2.1 ยอมรับผลการกระทำของตนเองทั้งที่เป็นผลดีและผลเสีย
- 2.2 เห็นคุณค่าของความรับผิดชอบและความเพียรพยายามว่าเป็นสิ่งที่ควรปฏิบัติ
- 2.3 ทำงานที่ได้รับมอบหมายให้สมบูรณ์ตามกำหนดและตรงต่อเวลา
- 2.4 เว้นการกระทำอันเป็นผลเสียหยาตส่วนรวม
- 2.5 ทำงานเต็มความสามารถ
- 2.6 ดำเนินการแก้ปัญหาจนกว่าจะได้รับคำตอบ
- 2.7 ไม่ทอดทิ้งในการทำงาน เมื่อมีอุปสรรคหรือล้มเหลว
- 2.8 มีความอดทนแม้การดำเนินการแก้ปัญหายุ่งยากและใช้เวลา

3. ความมีเหตุผล

- 3.1 ยอมรับในคำอธิบายเมื่อมีหลักฐานหรือข้อมูลมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ
- 3.2 เห็นคุณค่าในการใช้เหตุผลในเรื่องต่างๆ
- 3.3 พยายามอธิบายสิ่งต่างๆ ในแง่เหตุและผล ไม่เชื่อโชคลางหรือคำทำนายที่ไม่สามารถอธิบายตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้
- 3.4 อธิบายหรือแสดงความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล
- 3.5 หาความสัมพันธ์ของเหตุผลและผลที่เกิดขึ้น
- 3.6 ตรวจสอบความถูกต้องหรือความสมเหตุสมผลของแนวความคิดต่างๆ กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้
- 3.7 เสาะแสวงหาหลักฐาน/ข้อมูลจากการสังเกตหรือการทดลองเพื่อสนับสนุนคำอธิบาย

- 3.8 รวบรวมข้อมูลอย่างเพียงพอก่อนจะลงข้อสรุปเรื่องราวต่างๆ

4. ความมีระเบียบและรอบคอบ

- 4.1 ยอมรับความมีระเบียบและรอบคอบเป็นสิ่งที่มิมีประโยชน์
- 4.2 เห็นคุณค่าของความมีระเบียบรอบคอบ
- 4.3 นำวิธีการหลายๆ วิธี มาตรวจสอบผลหรือวิธีการทดลอง
- 4.4 มีการใคร่ครวญ ไตร่ตรอง พินิจพิเคราะห์
- 4.5 มีความละเอียดถี่ถ้วนในการทำงาน
- 4.6 มีการวางแผนการทำงานและจัดระบบการทำงาน
- 4.7 ตรวจสอบความเรียบร้อยหรือคุณภาพของเครื่องมือก่อนทำงานทดลอง
- 4.8 ทำงานอย่างมีระเบียบเรียบร้อย

5. ความซื่อสัตย์

- 5.1 เสนอความจริงถึงแม้จะเป็นเหตุผลที่แตกต่างจากผู้อื่น
- 5.2 เห็นคุณค่าของการเสนอข้อมูลตามความเป็นจริง
- 5.3 บันทึกผลหรือข้อมูลตามความเป็นจริงและไม่ใช้ความคิดเห็นของตนเองไป

เกี่ยวข้อง

- 5.4 ไม่แอบอ้างผลงานของผู้อื่นว่าเป็นผลงานของตน

6. ความใจกว้าง

- 6.1 รับฟังคำวิพากวิจารณ์ข้อโต้แย้งหรือข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลของผู้อื่น
- 6.2 ไม่ยึดมั่นในความคิดเห็นของตนเองและยอมรับการเปลี่ยนแปลง
- 6.3 รับฟังความคิดเห็นที่ตัวเองยังไม่เข้าใจและพร้อมที่จะทำความเข้าใจ
- 6.4 ยอมพิจารณาข้อมูลหรือความคิดที่ยังสรุปแน่นอนไม่ได้ และพร้อมที่จะหาข้อมูล

เพิ่มเติม

โกวิท ประวาลพุกษ์ และสมศักดิ์ สันธุระเวช (2523, หน้า 86-87) ได้เสนอแนวทางในการวัดผลด้านจิตพิสัย หรือด้านความรู้สึกไว้ 2 วิธี คือ ใช้การสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน กับวิธีให้นักเรียนเขียนบรรยายความรู้สึกของตนเอง

ประจิด ชูศิลป์ (2524, หน้า 17) ได้กล่าวถึง การประเมินผลด้านความรู้สึก หรือจิตพิสัยว่า การประเมินผลด้านความรู้สึกมีความสำคัญแต่กระทำได้ยาก ดังนั้นวิธีประเมินผลด้านความรู้สึกจึงจำเป็นต้องใช้การสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนที่แสดงออกมาหลายๆ ครั้งประกอบกับวิธีอื่นๆ

พิมพ์ สุวรรณฤทธิ์ (2542, หน้า 74-75) ได้กล่าวถึง เครื่องมือหรือวิธีการที่ใช้ในการวัดผลด้านจิตพิสัย คือ การสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน การให้นักเรียนเขียนบรรยายความรู้สึก ใช้วิธีเปรียบเทียบ และการใช้แบบวัดที่กำหนดสถานการณ์

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์) ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่อง วิทยาศาสตร์เชรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยอาศัยแนวทางการประเมินด้วยแบบสังเกตโดยยึดรูปแบบของ สสวท.

จากศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาตามความมุ่งหมายข้อที่ 1, 2 และ 3 แล้วนำมาประยุกต์ เพื่อสร้างหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่อง วิทยาศาสตร์เชรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยได้ตั้งสมมติฐานการวิจัยไว้ว่า “การทดลองสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนตามหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่อง วิทยาศาสตร์เชรามิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย” ซึ่งเป็นหลักสูตรที่ผู้วิจัยสร้างจะให้ผลดังนี้

1. ผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่อง วิทยาศาสตร์เซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่อง เซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2. ผลการเรียนรู้ด้านทักษะพิสัยของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่อง วิทยาศาสตร์เซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่อง เซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3. ผลการเรียนรู้ด้านจิตพิสัยของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่อง วิทยาศาสตร์เซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เรื่อง เซรามิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผา

ความหมายของเซรามิกส์ (ceramics) ในสมัยแรกๆ เป็นที่เข้าใจกันว่าคำว่าเซรามิกส์หมายถึงศิลปะที่เกี่ยวข้องกับเครื่องปั้นดินเผา ต่อมาได้มีการใช้ในความหมายกว้างมากขึ้นคือรวมถึงอุตสาหกรรมทั้งหลายที่ใช้สารประกอบพวกซิลิเกต (silicate compounds) ในการผลิตผลิตภัณฑ์ คำว่า เซรามิกส์ ศัพท์เดิมมาจากภาษากรีก “เครามอส” (kamos) และมีรากศัพท์มาจากภาษาสันสกฤต ซึ่งมีความหมายว่าเผา ปัจจุบัน “เซรามิกส์” มีความหมาย 2 ประการ คือ ประการแรกหมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งกรรมวิธีการผลิตต้องผ่านการเผาที่อุณหภูมิสูง ส่วนความหมายประการที่สอง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ ซึ่งส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดหรือส่วนใหญ่ ผลิตจากวัตถุดิบที่มีอยู่ตามธรรมชาติบนเปลือกโลก สารอนินทรีย์ และโลหะต่างๆ ผลิตภัณฑ์เหล่านี้ได้แก่ เครื่องปั้นดินเผา ปอร์สเลน วัสดุทนไฟ วัสดุก่อสร้างที่เป็นดินเผา วัสดุขัดถู โลหะเคลือบ ซีเมนต์ แก้ว วัสดุที่ใช้ในงานเกี่ยวข้องกับแม่เหล็กไฟฟ้า เพอร์โรอิเล็กตริก ผลึกเดี่ยวๆ เป็นต้น (ปริดา พิมพ์ขาวขำ, 2532, หน้า 1)

ดังนั้น คำว่าเซรามิกส์ จึงหมายถึงการนำเอาสารอนินทรีย์ (inorganic compounds) ที่เป็นพวกอโลหะซึ่งได้แก่ หินและดินที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติใช้เป็นวัตถุดิบหลัก ซึ่งผ่านกระบวนการในการผลิตโดยอาศัยความร้อนสูง จนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งแรง ทนทานและเหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ตามความต้องการ (ทวีพล จูทะพล, 2541, หน้า 15)

ประเภทของผลิตภัณฑ์เซรามิกส์และเครื่องปั้นดินเผา

1. ผลิตภัณฑ์ประเภทเอิร์ทเทนแวร์ (earthenware) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ใช้เนื้อดินปั้นส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวธรรมดา ส่วนมากนิยมใช้ดินท้องถิ่นขึ้นรูปเป็นภาชนะต่าง ๆ เช่น หม้อดิน กระถาง ดินเผา ไม้ โอ่งดิน อิฐก่อสร้าง ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีความพรุนตัวสามารถดูดซึมน้ำได้ เนื้อผลิตภัณฑ์หนาหยาบ สีเนื้อดินเป็นสีน้ำตาล สีเทาอ่อนออกเหลือง เวลาเคาะเสียงจะไม่นิ่งวานเหมือนผลิตภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จะมีทั้งชนิดเคลือบและไม่เคลือบ อุณหภูมิที่ใช้เผา 1050 - 1190 องศาเซลเซียส

2. ผลิตภัณฑ์ประเภทสโตนแวร์ (stoneware) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ใช้เนื้อดินปั้นที่มีลักษณะคล้ายเอิร์ทเทนแวร์ แต่ต้องมีส่วนผสมของดินทนไฟ (fire clay) และซิลิกาสูงอยู่ด้วย เนื่องจากผลิตภัณฑ์ประเภทนี้เนื้อหยาบ แน่น และมีความแข็งแกร่งมาก เมื่อเผาถึงจุดสุกตัว (vitreous ware) น้ำและของเหลว ไม่สามารถไหลซึมผ่านได้ ผลิตภัณฑ์สโตนแวร์ชนิดที่เตรียมดินจากธรรมชาติ นำมาปั้นโดยตรงก็มีเช่น ผลิตภัณฑ์โอ่งราชบุรี สีลาดเหลืองไหม ผลิตภัณฑ์สังคโลกเป็นต้น นอกจากนี้ยังมีชนิดที่เตรียมในหีบปฏิบัติการอีกด้วย ผลิตภัณฑ์สโตนแวร์นิยมทำภาชนะใส่อาหาร จาน ชาม ถ้วยกาแฟ เขยือกน้ำ แจกัน ที่เขียนหรือ เครื่องประดับ เป็นภาชนะค่อนข้างหนา เนื้อแน่น ทึบแสง มีลักษณะ เนื้อหยาบ อุณหภูมิที่ใช้เผาผลิตภัณฑ์ 1200 - 1300 องศาเซลเซียส

3. ผลิตภัณฑ์ประเภทปอร์สเลน (porcelainware) หมายถึง ผลิตภัณฑ์เตรียมขึ้นเป็นพิเศษส่วนผสมของเนื้อดินปั้นประกอบไปด้วยหินเขี้ยวหนูมาน (quartz) หินฟันม้า (feldspar) ดินขาว (kaolin) ดินเหนียว (ball clay) และวัตถุดิบอื่น ๆ อีกตามสัดส่วนที่เหมาะสม สิ่งสำคัญคือโปร่งแสง (translucent) เผาในอุณหภูมิตั้งแต่ 1250 องศาเซลเซียสขึ้นไป เมื่อเผาถึงจุดสุกตัวมีความแข็งแกร่ง น้ำและของเหลวไม่สามารถไหลซึมผ่านได้ เนื้อละเอียดและแข็งแกร่ง มีลักษณะเหมือนแก้ว (glass) ผลิตภัณฑ์ชนิดปอร์สเลนแบ่งตามอุณหภูมิในการเผา คือแบบปอร์สเลนไฟต่ำ (soft porcelain) เผาในอุณหภูมิประมาณ 1210 - 1285 องศาเซลเซียส นิยมนำไปทำภาชนะใส่อาหาร (table ware) งานประเภหาด้านศิลปะ (art ware) และแบบปอร์สเลนไฟสูง (hard porcelain) เผาในอุณหภูมิ 1310-1430 องศาเซลเซียส ความแข็งแกร่งเป็นพิเศษ นิยมนำไปทำผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องฉนวนไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น หัวเทียน รถยนต์ ลูกถ้วยไฟฟ้า ภาชนะทดลองทางเคมี

วัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์เซรามิกส์

1. วัตถุดิบที่มีความเหนียว ได้แก่ ดินชนิดต่าง ๆ นับเป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญมากในการทำเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ ที่ใช้ทำภาชนะใส่อาหาร เครื่องสุขภัณฑ์ กระเบื้อง และอุปกรณ์ฉนวนไฟฟ้า เป็นต้น ดินเป็นสารประกอบของอลูมิเนียมซิลิเกต (aluminium silicate) ที่มีสูตรทาง

เคมี คือ $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ในแร่ดินธรรมชาติจะมีสารประกอบอื่น ๆ ปะปนอยู่มากมายที่เป็นสาเหตุทำให้ดินไม่บริสุทธิ์ สารเหล่านี้ ได้แก่ ไมก้า (mica) เหล็ก (iron oxide) เฮมาไทท์ (hematite) และฟลูออไรท์ (fluorite) เป็นต้น ดินเกิดจากการแปรสภาพของหินพื้นผิว โดยการผุพังเปลี่ยนแปลงสภาพเป็นดินหรือการสลายตัวโดยการกระทำของน้ำ และสภาวะอากาศเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติที่ต่อเนื่องกัน ตลอดเวลาปฏิกิริยาการแปรสภาพของหินพื้นผิวที่กลายเป็นดิน เรียกว่าปฏิกิริยาเคโอลินไนเซชัน (kaolinization) ดินแบ่งตามการเกิดออกเป็น 2 ชนิด คือ ดินที่เกิดในที่ราบสูงและที่ราบต่ำ (ทวี พรหมพฤกษ์, 2523, หน้า 58)

1.1 ดินที่เกิดในที่ราบสูง (primary clay) ได้แก่ ดินขาว (kaolin) เป็นผลิตภัณฑ์บริสุทธิ์มีส่วนประกอบทางเคมีคือ $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ มีสีจางหรือจางหม่น มีความเหนียวน้อย หดตัวน้อย มีความแกร่งก่อนการเผาไหม้ ยุ่ยตัวได้ง่าย ทนความร้อนได้สูงและมีความบริสุทธิ์สูง โดยดินขาวไม่สามารถขึ้นรูปได้โดยลำพัง ต้องนำไปผสมกับวัตถุดิบหรือดินชนิดอื่น ซึ่งแหล่งดินขาวที่พบในประเทศไทย ได้แก่ ดินขาวลำปาง ดินขาวระนอง และดินขาวยะลา เป็นต้น

1.2 ดินที่เกิดในที่ราบต่ำ (secondary clay) เป็นดินที่เกิดจากการเคลื่อนตัวของดินขาวที่ไหลเคลื่อนไปทับถมกันในที่ราบต่ำเป็นเวลานานนับพันปี เนื้อดินมีความละเอียด เหนียวดี พบในธรรมชาติจะมีสีเทา สีดำ เนื่องจากมีสารอินทรีย์เจือปนอยู่ เนื้อดินจึงมีความบริสุทธิ์ต่ำ (Norton, 1952, p. 18)

1.2.1 ดินเหนียว (ball clay) เป็นดินที่มีลักษณะตรงข้ามกับดินขาว โดยมีเปอร์เซ็นต์ของเหล็กค่อนข้างสูง ทนความร้อนได้สูงถึง 1,300 องศาเซลเซียส (2,282 องศาฟาเรนไฮต์) เนื้อดินละเอียด มีความเหนียวดีมาก พบในธรรมชาติ จะมีสีเทา สีดำ ไม่สามารถใช้ขึ้นรูปได้โดยลำพังต้องนำไปผสมกับวัตถุดิบหรือดินชนิดอื่น เมื่อนำไปเผาแล้วให้สีขาวและหดตัวมากกว่าดินขาวจึงนิยมใช้สำหรับเพิ่มความเหนียวให้แก่เนื้อดินปั้น นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่เนื้อดินปั้นก่อนเข้าเตาเผา และช่วยทำให้เนื้อดินปั้นหลังการเผาเนื้อแน่นเป็นเนื้อเดียวกันตลอด

1.2.2 ดินสโตนแวร์ (stoneware clay) เป็นดินค่อนข้างเหนียว สามารถขึ้นรูปได้โดยลำพัง สามารถทนความร้อนได้สูงถึง 1,300 องศาเซลเซียส ดินสโตนแวร์ที่พบธรรมชาติจะมีสีเทาอ่อน เทาแก่ หรือน้ำตาลเข้ม บางครั้งเรียกว่าดินทนไฟ (fire clay) ใช้ทำหีบทนไฟ (sagger) ที่ใช้สำหรับป้องกันเปลวไฟไปสัมผัสกับผลิตภัณฑ์โดยตรง

1.2.3 ดินเอิร์ทเทนแวร์ (earthenware clay) เป็นดินที่พบโดยทั่วไปตามธรรมชาติมีส่วนผสมของเหล็กและต่าง เช่น แอลคาไลและแอลคาไลเอิร์ท ทนความร้อนได้สูงถึง 1,100 องศาเซลเซียส โดยทั่วไปมีสีน้ำตาลอ่อน น้ำตาลแก่และเทาแก่ มีความเหนียวดีมาก เมื่อนำไปขึ้นรูปจะต้องใช้ทรายหรือใช้ดินเชื้อ (grog) ผสมเพื่อป้องกันการแตกร้าวหรือบิดงอ ใช้ทำผลิตภัณฑ์

ประเภทกระดางต้นไม้ หม้อดิน เป็นต้น ดินเอิร์ทเทนแวร์ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นช่วยลดจุดสุกตัวของเนื้อดิน และช่วยทำให้เนื้อดินมีสีเข้มขึ้น ดินชนิดนี้ที่พบในธรรมชาติ ได้แก่ ดินปากเกร็ด เป็นต้น (ทวี พรหมพุกษ์, 2523, หน้า 58-62)

2. วัตถุดิบที่ไม่มีความเหนียว ได้แก่ หินชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีความสำคัญในการผสมเนื้อดินปั้นมีมากมายหลายชนิด ได้แก่

2.1. หินเขียวหนุมาน (quartz) เป็นสารที่เกิดจากการตกผลึกของซิลิกาที่ให้ซิลิกาสูงถึงร้อยละ 99 นับว่ามีความบริสุทธิ์สูงมาก มีความแข็งประมาณ 7 ความถ่วงจำเพาะ 2.7 มีจุดหลอมละลายที่อุณหภูมิ 1,728 องศาเซลเซียส (3,140 องศาฟาเรนไฮต์) ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์จะให้หินเขียวหนุมานผสมเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบ เพราะหินเขียวหนุมานจะทำหน้าที่เป็นโครงสร้างให้แก่เนื้อดินปั้น ลดการหดตัวและป้องกันการบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนสภาพเป็นแก้วได้ ทำให้เนื้อดิน มีความแข็งแรงและโปร่งใสขึ้น แต่ถ้าใส่มากเกินไปจะทำให้ความเหนียวลดลง และเพิ่มความขยายตัว มีผลต่อการแตกกร้าวเสียหายได้ใช้ผสมในน้ำเคลือบจะทำให้เคลือบมีความแข็งเป็นแก้วเป็นมัน และทนต่อการกัดกร่อนได้ดี แต่ถ้าใส่มากเกินไปจะทำให้ทนไฟสูงเช่นกัน

วัตถุดิบที่ให้ซิลิกาสูงและสามารถนำมาใช้แทนหินควอตซ์ได้ ได้แก่ กรวด (granite) หินทราย (sandstone) ทราย (sand) แต่ความสะอาดสโตอาจไม่เท่ากับหินเขียวหนุมาน (ทวีพล อุทะพล, 2541, หน้า 64)

2.2 หินฟันม้า (feldspar) เป็นวัตถุดิบสำคัญใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้น และน้ำเคลือบทำหน้าที่เป็นตัวหลอมละลายในอุณหภูมิสูง ช่วยละลายวัตถุดิบอื่นให้มีอุณหภูมิในการเผาต่ำลงหินฟันม้าเป็นสารประกอบของ แอลคาไลน์ออลูมิเนียมซิลิเกต (alkaline aluminium silicate) ซึ่งเกิดจากการแปรสภาพของหินแกรนิต มีลักษณะทั่วไปทึบแสง พบในธรรมชาติมีทั้งสีขาวและสีชมพู หินฟันม้าที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา โดยทั่วไปมี 3 ชนิดคือ

2.2.1 หินฟันม้าชนิดโพแทส (potass Feldspar) มีสูตรทางเคมีคือ $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ เป็นหินฟันม้าที่มีสารประกอบโพแทสเซียมออลูมิเนียมซิลิเกต (potassium aluminium silicate) มีจุดหลอมละลายประมาณ 1200-1250 องศาเซลเซียส ใช้เป็นส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและน้ำเคลือบได้ดี

2.2.2 หินฟันม้าชนิดโซดา (soda feldspar) ได้แก่ หินอัลไบท์ (albite) มีสูตรทางเคมีคือ $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ เป็นหินฟันม้าที่มีสารประกอบของโซเดียมออลูมิเนียมซิลิเกต (sodium aluminium silicate) เป็นผลึกสีขาวหรือสีขาวขุ่น ใช้ผสมในน้ำเคลือบไฟสูง เพื่อช่วยลดอุณหภูมิหินฟันม้าชนิดนี้ช่วยทำให้อุณหภูมิของเคลือบต่ำกว่าหินฟันม้าชนิดโพแทส

2.2.3 หินฟันม้าชนิดแคลเซียม (calcium feldspar) ได้แก่ หินโลมสปาร์ เป็น ส่วนผสมของเนื้อดินปั้นเนื่องจากหินฟันม้ามีแอลคาไลน์ เช่น โซเดียมซิลิเกต โพแทสเซียม ซิลิเกต และ แคลเซียม เป็นสารประกอบที่จะช่วยลดอุณหภูมิให้แก่เนื้อดินปั้น

2.3 หินปูน (limestone or whiting) เป็นวัตถุดิบที่ใช้มากในอุตสาหกรรมเครื่องเคลือบดินเผา นิยมใช้เป็นส่วนผสมในน้ำเคลือบ ส่วนในเนื้อดินปั้นใช้น้อยมากเพราะถ้าใส่มากเกินไปจะเกิดผลเสีย ทำให้เนื้อดินยุบตัวเนื่องจากหินปูนทำหน้าที่เป็นตัวช่วยลดจุดหลอมละลาย หินปูนเป็นสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate) มีสูตรทางเคมีคือ CaCO_3 หินปูนมีความแข็ง 2.3 ความถ่วงจำเพาะ 2.7 ใช้ผสมในน้ำเคลือบจะช่วยให้น้ำเคลือบมีความแข็งแรง และเป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิในเคลือบไฟสูง ช่วยให้เคลือบมีความทนต่อกรด เป็นวัตถุดิบที่สามารถทนความร้อนได้สูง หากไม่นำไปผสมกับวัตถุดิบที่มีคุณสมบัติเป็นกรดและกลาง

2.4 ทัลค์หรือแทลคัม (talc or talcum) เป็นสารประกอบของแมกนีเซียม ซิลิเกต (magnesium silicate) มีสูตรทางเคมีคือ $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ มีความแข็ง 2 ความถ่วงจำเพาะ 2.8 มีจุดหลอมละลายที่อุณหภูมิ 1,490 องศาเซลเซียส มีการหดตัวน้อยมาก ใช้ผสมในเนื้อดินปั้นจะช่วยให้เนื้อดินมีความคงทนต่อการหดขยายตัว และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็วได้ดีและเป็นตัวช่วยในการหลอมละลายและมีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า ช่วยป้องกันการร้าว (crazing) ให้แก่เคลือบ ซึ่งเกิดจากการขยายตัวเมื่อขึ้น นิยมใช้เป็นส่วนผสมในการทำกระเบื้องปูผนังใช้ในปริมาณเล็กน้อย จะช่วยเพิ่มความหนาแน่นให้แก่เนื้อดินปั้นเมื่อเผาแล้ว แต่ถ้าใช้ในปริมาณมากจะทำให้เนื้อดินมีความทนไฟต่ำ และมีความเหนียวลดลงยากแก่การขึ้นรูป แทลคัมมีส่วนประกอบทางเคมีดังนี้ ซิลิกา ร้อยละ 63.50 แมกนีเซียม ร้อยละ 31.70 และน้ำ ร้อยละ 4.80 (ทวี พรหมพฤษย์, 2523, หน้า 62-65)

เนื้อดินปั้น หมายถึง ดินที่เตรียมขึ้นตามธรรมชาติหรือดินที่นำไปผสมกับวัตถุดิบชนิดอื่นให้เนื้อดินมีสมบัติตามต้องการ เช่น เพิ่มความเหนียวให้แก่เนื้อดินปั้น เพิ่มความหนาแน่นในอุณหภูมิที่ต้องการ เช่น เพิ่มความเหนียวให้แก่เนื้อดินปั้น เพิ่มความหนาแน่นในอุณหภูมิที่ต้องการเผา เพิ่มความโปร่งแสงให้กับเนื้อดินหลังการเผา (Rhodes, 1973, p. 24) เพื่อให้คงทนต่อสภาพการใช้งาน เช่น ทนต่อกรดและด่าง ทนต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ (thermal shock) ให้มีความพรุนตัวหรือไม่มีความพรุนตัว เป็นต้น การทำเนื้อดินปั้นแต่ละชนิดจึงใช้วัตถุดิบที่แตกต่างกัน เพื่อให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ (โกมล รักนัวงศ์, 2531 ข, หน้า 127)

เนื้อดินปั้นอาจแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ เนื้อดินปั้นที่มีดินเป็นส่วนผสม ซึ่งได้แก่เนื้อดินปั้นชนิดสโตนแวร์ที่อาจมีดินล้วนๆ แต่ส่วนมากจะมีวัตถุดิบอื่นผสมอยู่ด้วยและเนื้อดินปั้นที่

ไม่มีดินเป็นส่วนผสม ซึ่งอาจมีเนื้อวัตถุดิบชนิดเดียวกันหรือหลายชนิดผสมกัน (ปรีดา พิมพ์ขาวจำ, 2532, หน้า 83)

เนื้อดินปั้นสโตนแวร์ มีลักษณะคล้ายเอิร์ทเทนแวร์ แต่เผาในอุณหภูมิสูงไม่ต่ำกว่า 1,200 องศาเซลเซียส วัตถุดิบที่ใช้ต้องมีความทนไฟสูงและมีความเหนียว เนื้อดินปั้นอาจเตรียมจากดินเหนียวที่ขุดมาตามธรรมชาติ แล้วนำไปปั้นโดยตรง โดยไม่ต้องผสมวัตถุดิบอื่นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากดินธรรมชาตินี้ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์โอ่งราชบุรี ผลิตภัณฑ์ศิลาดลเชียงใหม่ และผลิตภัณฑ์บ้านด่านเกวียน นครราชสีมา เป็นต้น เนื้อดินปั้นอีกชนิดหนึ่งเตรียมโดยใช้ดินผสมกับวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ เช่น หินฟันม้า และหินควอทซ์ นำมาผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสมผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเนื้อดินปั้นที่เตรียมขึ้นใหม่นี้ ได้แก่ ภาชนะใส่อาหาร จาน ชาม ถ้วยกาแฟ เขยือกน้ำ และเครื่องประดับ เป็นต้น (ทวี พรหมพฤกษ์, 2523, หน้า 17) เนื้อดินปั้นสโตนแวร์เมื่อผ่านการเผาในอุณหภูมิสูงแล้วเนื้อผลิตภัณฑ์ที่อาจจะมีสีต่างๆ กันขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมเนื้อดินปั้นมีความเหนียวสูงขณะที่ยังไม่ผ่านการเผาจะแข็งแรงไม่เปราะแตกหักง่ายเพราะใช้ส่วนผสมสูง แต่มีโอกาสบิดเบี้ยวได้ง่าย จำเป็นต้องใช้ดินเชื้อ (grog) หรือทรายเป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและป้องกันการบิดเบี้ยว ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมีภัณฑ์ดังนี้ $RO\ 0.33-7$, $Al_2O_3\ 4.0-4.4$ SiO_2 (โกมล รักษ์วงศ์, 2531 ข, หน้า 147) เนื้อดินปั้นสโตนแวร์ที่ใช้กับงานห้องทดลอง เครื่องถ้วยชามเป็นเนื้อดินปั้นที่เรียกว่าไฟน์สโตนแวร์ (fine stoneware) จะใช้ส่วนผสมของเนื้อดินปั้นดังนี้ (Singer, 1963, p. 433) ดิน (slay) ร้อยละ 30 ถึง 70 หินฟันม้า (feldspar) ร้อยละ 5 ถึง 25 หินควอทซ์ (quartz) ร้อยละ 30 ถึง 60 หรืออาจจะใช้ดินเชื้อผสมเข้าไปด้วยก็ได้ เนื้อดินปั้นสโตนแวร์จะต้องเผาในอุณหภูมิสูงมีความแข็งแรง มีความดูดซึมน้ำได้น้อยมาก ทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ดี คุณสมบัติทางกายภาพที่พบได้แก่ ความเหนียว (phasticity) มีความเหนียวมาก ความหดตัวก่อนเผา (drying shrinkage) ร้อยละ 5 ความหดตัวหลังจากเผา (firing shrinkage) ร้อยละ 8 มีความพรุนตัว (porosity) ร้อยละ 5 เนื้อผลิตภัณฑ์หลังการเผามีสีเทา (Norton, 1952, p. 127) อุณหภูมิในการเผาอยู่ระหว่าง 1,240 ถึง 1,315 องศาเซลเซียส เผาถึงจุดสุกตัวมีคุณสมบัติคือ เนื้อแน่น แข็งแรง ทึบแสง น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้ มีลักษณะคล้ายหิน สีของเนื้อผลิตภัณฑ์หลังการเผามีสีครีม สีน้ำตาล ไปจนถึงสีดำ ซึ่งขึ้นอยู่กับออกไซด์ของโลหะที่ผสมในเนื้อดิน กับบรรยากาศในการเผาว่าเป็นการเผาแบบออกซิเดชันหรือเผาแบบรีดักชัน (Chappel, 1979, p. 17) ดินที่พบตามธรรมชาติอาจเรียกว่าดินสโตนแวร์ได้ ถ้าสามารถทนต่อความร้อนได้สูงถึง 1,200 องศาเซลเซียสขึ้นไป และเมื่อผ่านการเผาแล้วเนื้อผลิตภัณฑ์ที่ได้จะต้องมีความแข็งแรง เนื้อแน่น มีสีต่างๆ คือสีครีม น้ำตาลอ่อน เทาไปจนถึงดำ เพราะว่ามีธาตุเหล็กผสมอยู่และบรรยากาศในการเผา ดินสโตนแวร์ควรมีคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้ (Rhodes, 1959, p. 43)

1. มีความเหนียวพอที่จะนำไปขึ้นรูปด้วยแป้นหมุนได้ และสามารถขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ชิ้นใหญ่ๆ แล้วทรงตัวอยู่ได้

2. ความหดตัวก่อนการเผาไม่เกินร้อยละ 10 ไม่บิดเบี้ยวหรือแตกร้าวขณะผลิตภัณฑ์แห้งหรือกำลังเผา และความหดตัวหลังการเผาไม่เกินร้อยละ 15

3. ไม่มีสิ่งเจือปนพวกแอลคาไลน์ (alkaline) และอินทรีย์สาร

4. การดูดซึมน้ำ (water absorption) ไม่เกินร้อยละ 1 ถึง 5

5. สีของผลิตภัณฑ์เมื่อผ่านการเผาแบบออกซิเดชันจะมีสีเหลืองอ่อน แต่เมื่อเผาแบบรีดักชันจะมีสีส้มหรือน้ำตาล

การเตรียมเนื้อดินปั้น หมายถึง การผสมดินกับวัตถุดิบชนิดอื่น โดยมีเป้าหมายที่แน่นอนว่าจะทำผลิตภัณฑ์ชนิดใด เพื่อให้เนื้อดินปั้นมีคุณสมบัติตามต้องการ (ทวี พรหมพุกษ์, 2523, หน้า 37) ในทางปฏิบัติเรารู้กันว่า การเตรียมเนื้อดินปั้นเป็นสิ่งจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่ง สำหรับการทำให้ผลิตภัณฑ์เครื่องเคลือบดินเผา ซึ่งจะต้องวางหลักการอันแน่นอนว่าจะทำผลิตภัณฑ์ประเภทใดชนิดใด และจะปรับปรุงคุณสมบัติอย่างไรจึงจะเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่จะทำ ดังนั้นผู้ที่เตรียมเนื้อดินปั้นจึงจำเป็นต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติทางด้านกายภาพของดิน และคุณสมบัติของวัตถุดิบที่จะใช้ผสมทำเนื้อดินปั้น ตลอดจนวัตถุประสงค์ของการเตรียมเนื้อดินปั้น วัตถุประสงค์ของการเตรียมเนื้อดินปั้น โดยทั่วไปมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อเปลี่ยนแปลงสี หรือพื้นผิวภายหลังการเผา
2. เพื่อเปลี่ยนแปลงความเหนียวของเนื้อดินปั้นให้มีความเหนียวเพิ่มมากขึ้นหรือลดน้อยลง
3. เพื่อลดการหดตัวของเนื้อดินปั้นหรือเพื่อพัฒนาให้เนื้อดินปั้นมีการบิดงอหรือแตกร้าว

น้อยที่สุด

4. เพื่อเปลี่ยนแปลงระดับอุณหภูมิในการเผาของเนื้อดินปั้น ให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นหรือต่ำลงหรือเพื่อความหนาแน่นของเนื้อดินในระดับอุณหภูมิที่ต้องการเผา
5. เพื่อเปลี่ยนแปลงเนื้อดินให้เหมาะสมกับวิธีการขึ้นรูป และน้ำเคลือบที่ใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ (Rhodes, 1973, p. 27)

การเตรียมเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ เริ่มด้วยการตั้งข้อกำหนดที่เกี่ยวกับเนื้อดินปั้นสโตนแวร์ที่ต้องการจะทำ เช่น

1. ต้องการนำเนื้อดินปั้นไปทำผลิตภัณฑ์ประเภทใด
2. ผลิตภัณฑ์จะมีการหดตัวได้เท่าไร
3. ผลิตภัณฑ์จะมีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้เท่าไร
4. ต้องการให้เนื้อของผลิตภัณฑ์มีสีอะไร

5. ต้องการให้เนื้อผลิตภัณฑ์มีความละเอียดหรือหยาบ (Rhodes, 1973, p. 29)

ขั้นตอนในการเตรียมเนื้อดินปั้นสโตนแวร์

1. การหมักดิน โดยการนำดินใส่ภาชนะแล้วเติมน้ำหมักไว้ 24 ชั่วโมง เพื่อให้ดินละลายแยกออกจากกัน จนกระทั่งกลายเป็นดินเหลว
2. การล้างดิน นำน้ำดินที่หมักไว้มาผ่านการล้างเพื่อกำจัดเศษหญ้า วัชพืช และสิ่งเจือปนอื่นๆ ออกไป โดยทำการกรองผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช
3. การบดดิน นำดินที่ผ่านตะแกรงแล้ว มาทำการบดด้วยโกร่ง
4. การกระอะดิน นำดินที่ได้มาทำการกระอะบนแผ่นปูนพลาสติกอร์ให้แห้ง แล้วทำการบดละเอียดด้วยโกร่งอีกครั้งหนึ่ง
5. การผสมดิน นำดินที่ผ่านการบดแล้ว ไปผสมตามอัตราส่วนที่เหมาะสม นำส่วนผสมของเนื้อดินปั้นที่ผสมไว้แล้วแต่ละสูตรเข้าเครื่องบดผสม 3 ชั่วโมง แล้วนำไปกระอะบนแผ่นปูนพลาสติกอร์ให้หมาด จนสามารถอัดขึ้นรูปได้ (ทวีพล จูฑะพล, 2541, หน้า 168)

การเผาผลิตภัณฑ์ (firing) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผา ซึ่งนับว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุด ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะดีหรือไม่เพียงใดจะสวยงามมากน้อยเพียงใด หรือมีคุณค่ามากน้อยเท่าใดก็ขึ้นอยู่กับขั้นตอนการเผาผลิตภัณฑ์นี้ทั้งสิ้น การเผาผลิตภัณฑ์แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้คือการเผาดิบ (biscuit firing) และการเผาเคลือบ (glost firing) (ทวี พรหมพฤกษ์, 2523, หน้า 152)

1. การเผาดิบ หมายถึง การนำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่ปั้นแต่งและผึ่งให้แห้งดีแล้ว มาทำการเผา เพื่อให้คงรูปร่างอยู่ได้และป้องกันการเสียหายในการนำไปดำเนินการขั้นต่อไป การเผาดิบ อาจทำได้ 2 วิธี (ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา, 2529, หน้า 154) ดังนี้

1.1 เผาดิบที่อุณหภูมิสูงแล้วเผาเคลือบอุณหภูมิต่ำในกรณีที่ใช้น้ำเคลือบที่มีจุลหอยลมละลายต่ำ จำเป็นต้องใช้วิธีนี้เพื่อให้เนื้อดินปั้นมีความแข็งแรง อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับประเภทของผลิตภัณฑ์

1.2 เผาดิบที่อุณหภูมิต่ำแล้วเผาเคลือบอุณหภูมิสูง อุณหภูมิที่ใช้ในการเผาประมาณ 700 ถึง 800 องศาเซลเซียส

การจัดเรียงผลิตภัณฑ์เข้าเผาดิบ ควรจะเอาผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ หรือน้ำหนักมากไว้ด้านล่าง แล้วนำผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กหรือน้ำหนักเบาวางซ้อนไว้ด้านบน เพื่อเป็นการป้องกันการเสียหายที่อาจเกิดได้ การเผาดิบในระยะแรกจำเป็นต้องเพิ่มอุณหภูมิขึ้นอย่างช้าๆ ไม่ควรเร่งไฟให้ร้อนเร็วเกินไป ถ้าผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในเตาไม่แห้งสนิทเมื่อได้รับความร้อนมาก น้ำที่อยู่ในเนื้อผลิตภัณฑ์นั้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์แตกระเบิดได้ ฉะนั้นการเผาในระยะแรกจึงต้องให้ความร้อนเพียง

เล็กน้อยเพื่ออบไอน้ำออกจากผลิตภัณฑ์เสียก่อน สำหรับเตาเผาขนาดเล็กอย่างน้อยภายในระยะเวลา 3 ชั่วโมงแรก อุณหภูมิในเตาไม่ควรเกิน 200 องศาเซลเซียส แล้วจึงค่อยๆ เติบโตเพิ่มความร้อนให้อุณหภูมิสูงขึ้น แต่ไม่ควรสูงเกิน 150 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมง เมื่อเผาจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการแล้วจึงค่อยๆ ลดความร้อนภายในเตาเผาให้เย็นลงทีละน้อย จนกระทั่งอุณหภูมิไม่เกิน 150 องศาเซลเซียส จึงสามารถนำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาได้

2. การเผาเคลือบ หมายถึง การเผาผลิตภัณฑ์ที่อาจจะตกแต่งสีแล้วหรือไม่ได้ตกแต่งสีก็ได้ แต่ได้ชุบเคลือบแล้ว และจะเผาเพื่อให้ น้ำเคลือบละลายจับผิวผลิตภัณฑ์เป็นมันแวววาวคล้ายแก้ว หรือบางชนิดอาจจะเป็นเคลือบด้านก็ได้ การเผาเคลือบเป็นการเผาขั้นสุดท้าย จะได้ผลเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จที่ใช้ได้ การเผาขั้นนี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งและจะต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ มิฉะนั้นจะเสียหายได้ง่ายที่สุด (ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา, 2529, หน้า 156) การเผาเคลือบ ไม่ว่าจะเป็นเคลือบชนิดไฟต่ำหรือไฟสูงก็ตาม จะต้องเผาให้ได้อุณหภูมิตามข้อกำหนดของน้ำเคลือบแต่ละชนิด มิฉะนั้นการเผาจะเกิดการเสียหายได้ เช่น การเผาที่ไฟเกิด ย่อมทำให้น้ำเคลือบไหลมากอาจจะติดพื้นเตา หรือชั้นรองผลิตภัณฑ์ยากแก่การนำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาทำให้เสียหายได้ และการเผาที่อุณหภูมิไม่ถึงจะทำให้เคลือบไม่สุก เกิดความด้านไม่มันแวววาวเท่าที่ควร (ทวี พรหมพฤกษ์, 2523, หน้า 155)

การจัดเรียงผลิตภัณฑ์เข้าเตาเผาเคลือบ ต้องวางให้ได้ระดับจะช่วยลดการบิดเบี้ยวได้ ผลิตภัณฑ์ประเภททรงสูงภายในกลวง ไม่ควรไว้ในจุดที่จะถูกเปลวไฟได้ เพื่อป้องกันการบิดเบี้ยว ชุบตัวหรือสากไม่สม่ำเสมอ การเผาเคลือบควรเร่งไฟเพิ่มอุณหภูมิอย่างช้าๆ ไม่ควรสูงเกิน 100 องศาเซลเซียสต่อชั่วโมง โดยเฉพาะในช่วงที่เคลือบจะเริ่มหลอมละลายจะช่วยทำให้เคลือบเป็นมัน และไม่มีฟอง เมื่อเผาเคลือบเสร็จแล้วปล่อยให้อุณหภูมิลดลงอย่างช้าๆ จนกระทั่งอุณหภูมิภายในเตาไม่เกิน 150 องศาเซลเซียส จึงนำผลิตภัณฑ์ออกจากเตาเผาได้ มิฉะนั้นเคลือบอาจจะร้าวหรือแตกเสียหายได้

เคลือบ เป็นวัตถุที่มีลักษณะเหมือนแก้วบางๆ บนผิวผลิตภัณฑ์เซรามิกอย่างต่อเนื่องเกิดขึ้นโดยการที่ส่วนผสมของสารประกอบซิลิเกตหลอมเหลว และยึดติดแน่นอยู่บนผิวผลิตภัณฑ์เซรามิกส์ (ปริดา พิมพ์ขาวขำ, 2530, หน้า 1) สารประกอบของซิลิเกตรวมตัวกับสารประกอบอย่างอื่นซึ่งมีคุณสมบัติเป็นกรด เป็นด่าง และกรดที่เป็นตัวช่วยหลอมละลาย ซึ่งเราเรียกว่า ฟลักซ์ (flux) (โกมล รักนัวงศ์, 2531 ก, หน้า 62) อาจจะมีออกไซด์ของโลหะผสมลงไปด้วยเพื่อทำให้เกิดสีและเกิดความทึบในเคลือบ เมื่อเผาส่วนผสมของน้ำเคลือบถึงอุณหภูมิที่ทำให้หลอมละลายแล้ว (สรุศักดิ์ โกธียพันธ์, 2531, หน้า 1)

การจำแนกชนิดของเกลือ น้ำเกลือที่ใช้เกลือผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผามีหลายชนิดด้วยกัน ซึ่งตั้งเกณฑ์ขึ้นมาเพื่อแบ่งหรือจำแนกชนิดของน้ำเกลือนั้นมีอยู่หลายเกณฑ์ด้วยกันดังต่อไปนี้ (โคมล รักษ์วงศ์, 2531 ก, หน้า 63-65)

1. แบ่งตามวัตถุดิบที่ใช้ผสมน้ำเกลือ หมายถึง ถ้าหากใช้อัตราส่วนของวัตถุดิบประเภทใดผสมในเกลือมากก็จะเรียกชื่อน้ำเกลือตามวัตถุดิบนั้นๆ เช่น เกลือบกเกลือ เกลือขี้เถ้า เกลือตะกั่ว เกลือบอแรกซ์ และเกลือเฟลด์สปาร์ เป็นต้น

2. แบ่งตามชนิดของผลิตภัณฑ์ที่นำไปเคลือบ หมายถึง น้ำเกลือที่ใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ประเภทใดก็จะเรียกชื่อน้ำเกลือตามผลิตภัณฑ์ประเภทนั้นๆ เช่น เกลือเบียร์เทนแวร์ เกลือสโตนแวร์ และเกลือปอร์สเลน เป็นต้น

3. แบ่งตามอุณหภูมิที่ใช้เผาเกลือ ซึ่งจะแบ่งออกได้ 3 ประเภท ดังนี้คือ

3.1 เกลือบไฟสูง ใช้อุณหภูมิในการเผา 1,230 ถึง 1,360 องศาเซลเซียส

3.2 เกลือบไฟกลาง ใช้อุณหภูมิในการเผา 1,000 ถึง 1,230 องศาเซลเซียส

3.3 เกลือบไฟต่ำ ใช้อุณหภูมิในการเผาไม่เกิน 1,000 องศาเซลเซียส

4. แบ่งตามหลักของเคอล (Kerl) และบรอกเนียท (Brogniart) ซึ่งแบ่งประเภทของน้ำเกลือไว้ 3 ประเภทดังนี้

4.1 เกลือตะกั่ว เป็นน้ำเกลือที่มีส่วนผสมของตะกั่ว

4.2 เกลือบไม่มีตะกั่ว เป็นน้ำเกลือที่ไม่มีตะกั่วผสม

4.3 เกลือบเกลือ เป็นน้ำเกลือที่ใช้เกลือแกงเผาให้ไอของเกลือระเหยไปเกาะติดกับผิวผลิตภัณฑ์ โดยที่เกิดจากไอของโซเดียมไปเกาะติดกับผิวผลิตภัณฑ์และทำปฏิกิริยากับซิลิกาและอลูมินา ในเนื้อดินปั้นก็จะกลายเป็นเกลือ

5. แบ่งตามลักษณะที่มองเห็นด้วยตาหรือตามลักษณะผิวของเกลือ สามารถแบ่งได้ดังนี้

5.1 เกลือบใส

5.2 เกลือบทึบ

5.3 เกลือบผลึก

5.4 เกลือบด้าน

5.5 เกลือบประกายมุก

สารให้สีในเกลือ สีต่างๆ ในน้ำเกลือเกิดได้จากผสมออกไซด์ของโลหะที่มีคุณสมบัติในการให้สีลงในส่วนผสม หรือได้จากการผสมพวกผงสำเร็จรูป สุธรรค์ โกสิยพันธ์ (2531, หน้า 16-19) กล่าวถึงรายละเอียดของสารให้สีดังต่อไปนี้

โครมิกออกไซด์ (chromic oxide) เป็นตัวให้สีเข้มตัวหนึ่ง (strong colorant) ถ้าใช้ในเคลือบไฟต่ำกว่า cone 010 จะให้สีแดงสดใส แต่ถ้าใช้ในเคลือบไฟสูงจะให้สีเขียวและจะให้สีน้ำตาล ถ้ามีเปอร์เซ็นต์ของสังกะสีออกไซด์ปนอยู่ด้วย ใช้กันประมาณร้อยละ 2-5 ที่ใช้อยู่ในรูปของโครเมียมคาร์บอเนต ($\text{Cr}_2(\text{CO}_3)_3$) โพแทสเซียมไดโครเมต ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) และเหล็กโครเมต (FeCrO_4)

ถ้าใช้ในเคลือบตะกั่วที่มีอะลูมินาและซิลิกาน้อยๆ เเผาที่อุณหภูมิ cone 012-010 จะได้สีแดงเข้ม (vermillion red) ถ้าเผาที่อุณหภูมิ cone 06 จะได้สีน้ำตาล และจะได้สีเขียวเมื่อเผาที่ Cone 02 แต่ถ้าใช้เป็นส่วนผสมในการทำสีได้เคลือบ โดยให้มีส่วนผสมของดีบุกออกไซด์ผสมอยู่ด้วย และเผา calcine ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส จะได้สีชมพูจนถึงแดง และถ้ามีสังกะสีออกไซด์ปนอยู่ด้วยจะได้สีน้ำตาล

โคบอลต์ออกไซด์ (cobalt oxide) เป็นสารที่ให้สีเข้มที่สุด (strongest colorant) ใช้ในเคลือบประมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ จะให้สีน้ำเงินและไม่ควรเติมใช้เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ เพราะถ้าใช้มากจะทำหน้าที่เป็นตัวทนไฟและราคาก็แพงมากด้วย ถ้าใช้ร่วมกับรูทิล (rutile) และเผาที่อุณหภูมิสูงจะให้สีเขียว และเมื่อใช้ร่วมกับแมงกานีสออกไซด์กับเหล็กออกไซด์จะให้สีดำที่ใช้กัน มักอยู่ในรูปของโคบอลต์คาร์บอเนต (CoCO_3) และโคบอลต์ออกไซด์ (CoO)

เหล็กออกไซด์ (iron oxide) เป็นสารให้สีที่ดี ถ้าใช้ในเนื้อดินจะได้สีในโทนแดงเรื่อๆ ถ้าใช้ในเคลือบที่มีแคลเซียมอยู่ด้วยจะให้สีเหลืองจนถึงสีเนื้อ ที่ใช้กันคือออกไซด์เหล็กสีแดง (red iron oxide) สูตรทางเคมีคือ Fe_2O_3 และออกไซด์เหล็กสีดำ (black iron oxide) สูตรทางเคมีคือ Fe_3O_4 ซึ่งถ้าใช้ในเคลือบทั่วๆ ไปจะให้น้ำตาลแดงเล็กน้อยจนถึงสีแดงน้ำตาล โดยใช้กันประมาณร้อยละ 5-10

ถ้าใช้ในเคลือบตะกั่ว 8 เปอร์เซ็นต์จะได้สีแดงดำ (dark red) แต่ถ้าใช้มากเกินไปอาจจะได้เคลือบที่มีลักษณะเป็นผลึกเล็กๆ เป็นจุดได้เคลือบเป็นสีทองและได้สีม่วง (purple red) กับสีเกล็ดทองเล็กๆ (gold fleck) แต่ถ้าเผาในสภาวะอากาศน้อย (reduction) เหล็กออกไซด์จะให้สีเขียวแบบซีลาดล (pale green of celadon) หรือสีเขียวปนเทา (grey green)

สีของเคลือบนอกจากจะได้จากการเติมออกไซด์ที่ให้สีดังที่กล่าวมาแล้ว อาจจะได้จากการใช้ออกไซด์ที่ให้สีตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมาผสมกัน เพื่อให้ได้สีที่แตกต่างออกไปได้หลายๆ สี ทั้งนี้สีในเคลือบยังขึ้นอยู่กับส่วนผสมของเคลือบ อุณหภูมิ ตลอดจนสถานะในการเผาและจำนวนของสารให้สีที่ใช้ด้วย

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การพัฒนาหลักสูตร เปรมจิตร บุญสาย (2541, บทคัดย่อ) ได้ทำการพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพวิชา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพ ที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง นำไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปราจิณราชบำรุง จังหวัดปราจีนบุรี จำนวน 90 คน เป็นเวลา 1 ภาคเรียน ผลปรากฏว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการที่สร้างขึ้น มีผลการเรียนด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย ภายหลังการทดลองสอนสูงกว่าก่อนการทดลอง และนักเรียนกลุ่มทดลองมีผลการเรียนทุกด้านดังกล่าวสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้หลักสูตรเดิมของ สสวท.

ทองสุข วันแสน (2537, บทคัดย่อ) ได้ทำการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมอาชีพการทอผ้าไหมมัดหมี่ สำหรับประชาชนในชนบท มีขั้นตอนการดำเนินงาน 6 ขั้นตอนดังนี้ 1. การศึกษาข้อมูลพื้นฐานเพื่อการพัฒนาหลักสูตร 2. การสร้างและพัฒนาโครงสร้างหลักสูตร 3. การประเมินหลักสูตรก่อนนำไปใช้ 4. การปรับหลักสูตรก่อนนำไปใช้ 5. การทดลองใช้และประเมินหลักสูตรจากข้อมูลในสถานการณ์จริง 6. การปรับปรุงหลักสูตรหลังทดลองใช้ ผลปรากฏว่าหลักสูตรมีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

สุชาติ ถีระกุล (2532, บทคัดย่อ) เรื่องการพัฒนาหลักสูตรสำหรับลูกกรรมกรก่อสร้างก่อนวัยเรียนในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีขั้นตอนในการศึกษาดังนี้คือขั้นตอนที่หนึ่ง สำรวจข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำมาสร้างเป็นโครงสร้างหลักสูตร ดำเนินการในลักษณะการวิจัยเชิงสำรวจโดยใช้แบบสังเกต แบบสอบถาม แบบสัมภาษณ์ และแบบวัดสมรรถภาพ พื้นฐานบางประการ เก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์เป็นประเด็นปัญหาหรือเป้าหมายที่จะมุ่งพัฒนา ขั้นตอนที่สอง ร่างและพัฒนาโครงสร้างหลักสูตร โดยนำผลการสำรวจข้อมูลพื้นฐานมากำหนดเป็นประเด็นต่างๆ ของหลักสูตร จากนั้นนำโครงสร้างหลักสูตรไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 12 คน ประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องโดยใช้เครื่องมือเป็นแบบสอบถามจำนวน 1 ฉบับ แล้วนำผลการประเมินและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงหลักสูตรอีกครั้งหนึ่ง ขั้นตอนที่สาม ทดลองใช้หลักสูตรกับลูกกรรมกรก่อสร้างที่ศึกษา ซึ่งผลปรากฏว่าคะแนนจากการทดสอบภายหลังการทดลอง เพิ่มขึ้นจากการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกฉบับ ขั้นตอนที่สี่ ปรับปรุงหลักสูตรภายหลังการทดลองเพื่อให้มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ต่อไป

2. ผลการเรียนรู้

2.1. ด้านพุทธิพิสัย (ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์) ชีระชัย นนพิภักดิ์ (2530, หน้า 72-74) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดอุดรธานี จำนวน 882 คน ผลการศึกษาพบว่าองค์ประกอบที่มีผลต่อการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์คือ ลักษณะของการจัดห้องเรียน เจตคติทางวิทยาศาสตร์ วิธีสอนให้นักเรียนด้วยตนเองมากที่สุด

บุญยาณี ปูจิตากร (2533, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัดราชาธิวาส กรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2533 จำนวน 100 คน กลุ่มทดลอง 50 คน ได้รับการสอนโดยใช้แบบฝึกการตั้งสมมติฐานและการออกแบบการทดลอง กลุ่มควบคุม 50 คน ได้รับการสอนตามคู่มือครู พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เดวิส (Davis, 1979, p. 4146-A) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนแบบสืบเสาะที่ใช้การชี้แนะแนวทาง (guided – inquiry discovery approach) กับการสอนแบบครูบอกความรู้ตามตำรา (expository – text approach) ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 103 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 51 คน ซึ่งได้รับการสอนแบบสืบเสาะค้นพบที่ใช้การชี้แนะแนวทางกลุ่มควบคุม 52 คน ได้รับการสอนแบบครูบอก ความรู้ตามตำรา ผลการทดลองปรากฏว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

2.2 ด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์) เสงี่ยม วิไลนุวัฒน์ (2527, หน้า 74) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่าเจตคติทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ระดับ .01

พิเชษฐ จับจิตต์ (2530, หน้า 95) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีการเจริญสมาก่อนเริ่มเรียนกับนักเรียนที่ไม่มีการเจริญสมาก่อนเริ่มเรียน พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ในด้านความมีเหตุผล แต่ไม่พบความแตกต่างในด้านความละเอียดถี่ถ้วน และความมานะบากบั่น ด้านความใจกว้าง ด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่น ด้านความกระตือรือร้นและด้านความซื่อสัตย์

2.3 ด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง) อุษณีย์ วิเศษพานิช (2524, บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลของจำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลองวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 กลุ่มตัวอย่างประชากรระดับละ 72 คน แบ่งกลุ่มทำการทดลอง 2, 4 และ 6 คน เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล คือตารางแบบประเมินทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ แล้วนำผลมาวิเคราะห์ และทดสอบความมีนัยสำคัญด้วย t -test ผลการวิจัยพบว่า

1. ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่ม 6 คน แตกต่างจากนักเรียนกลุ่ม 4 คน และกลุ่ม 2 คน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ยกเว้นนักเรียนกลุ่ม 2 คน กับกลุ่ม 4 คน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

2. ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่ม 2 คน แตกต่างจากกลุ่ม 4 คน และกลุ่ม 6 คน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ยกเว้นนักเรียนกลุ่ม 4 คน และกลุ่ม 6 คน ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ศรีสุวรรณ เดชอุดม (2528, หน้า 60) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนวัชรวิทยา จังหวัดกำแพงเพชร โดยใช้กลุ่มตัวอย่างประชากร จำนวน 262 คน และผู้วิจัยซึ่งเป็นครูวิทยาศาสตร์ได้ใช้แบบสังเกตพฤติกรรมด้านทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ สังเกต และบันทึกทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ ขณะนักเรียนปฏิบัติการทดลอง รวม 7 ทักษะ แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนที่มีทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์จำนวนร้อยละ 47.48 โดยจำนวนนักเรียนที่มีทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ถูกต้องในแต่ละห้องเรียนดังนี้ ห้องมัธยมศึกษาปีที่ 1/1 ร้อยละ 46.42 มัธยมศึกษา 1/2 ร้อยละ 44.28 มัธยมศึกษาปีที่ 1/3 ร้อยละ 41.42 มัธยมศึกษาปีที่ 1/4 ร้อยละ 55.0 มัธยมศึกษาปีที่ 1/5 ร้อยละ 42.14 มัธยมศึกษาปีที่ 1/6 ร้อยละ 50.71 มัธยมศึกษาปีที่ 1/7 ร้อยละ 52.14

2. นักเรียนมีทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าเกณฑ์ที่คาดหวัง ได้แก่ ทักษะการใช้เครื่องชั่ง ทักษะการใช้ตะเกียง ทักษะการใช้ช้อนตักสาร ทักษะการใช้หลอดจึกยา ทักษะการใช้หลอดหยด และทักษะการคนสาร ส่วนทักษะการจับเวลานั้นนักเรียนมีคะแนนอยู่ในเกณฑ์สูงกว่าที่คาดหวัง คืออยู่ในระดับเกณฑ์พอใจ

3. การสอนแบบสาธิตทักษะการใช้อุปกรณ์ก่อนการทดลองทุกครั้งกับการสอนแบบทดลอง จะทำให้ผลของคะแนนทักษะภาคปฏิบัติวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.05