

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
2. การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม
3. วิธีสอนวิทยาศาสตร์
4. จิตวิทยาการเรียนรู้การสอนวิทยาศาสตร์
5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
6. ชุดการสอน
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ในกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น นักเรียนต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วย ถ้านักเรียนมีความสามารถในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้จะช่วยให้นักเรียนเป็นผู้ที่มีความสามารถในการแสวงหาความรู้ในระดับสูงขึ้น โดยวรรณทิพา รอดแรงคำ (2540, หน้า ค) ได้กล่าวไว้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการใช้กระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับเวลา การใช้ตัวเลข การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็น การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง และการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป อย่างคล่องแคล่ว ถูกต้องและแม่นยำ

สมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของสหรัฐอเมริกา (American Association for the Advancement of Science หรือ AAAS) แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 13 ทักษะ ได้ 2 ประเภท ดังนี้ (Jinks, 1997)

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (basic science process skills) มีจำนวน 8 ทักษะ ประกอบด้วย ทักษะการสังเกต การวัด การคำนวณ การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปกและสเปกกับเวลา การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสาน (integrated science process skills) จำนวน 5 ทักษะ ประกอบด้วย ทักษะการตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

สำหรับรายละเอียดของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะมีดังนี้

1. การสังเกต (observation) หมายถึง ความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆ โดยไม่ลงความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไปด้วย เพราะการลงความคิดเห็นจากข้อมูลที่สังเกตได้เป็นการอธิบายหรือตีความหมายของสิ่งที่สังเกตได้ โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิมรวมด้วย

2. ทักษะการวัด (measurement) หมายถึง ความสามารถในการใช้เครื่องมือวัดหาปริมาณของสิ่งต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง ความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมืออย่างเหมาะสมกับสิ่งที่จะวัดและความสามารถในการอ่านค่าที่ได้จากการวัดได้ถูกต้องรวดเร็วและใกล้เคียงกับความเป็นจริงพร้อมทั้งมีหน่วยกำกับเสมอ

3. ทักษะการคำนวณ (using numbers) หมายถึง การนำจำนวนที่ได้จากการสังเกตเชิงปริมาณ การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นมาจัดกระทำให้เกิดค่าใหม่ เช่น การนับ การบวก ลบ คูณ หาร หาค่าเฉลี่ย ยกกำลังสอง เป็นต้น

4. ทักษะการจำแนกประเภท (classification) หมายถึง ความสามารถในการจัดจำแนกหรือเรียงลำดับวัตถุ หรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ต่างๆ ออกเป็นหมวดหมู่ โดยมีเกณฑ์ในการจัดจำแนก เกณฑ์ดังกล่าวอาจใช้ความเหมือน ความแตกต่างหรือความสัมพันธ์ อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ โดยจัดสิ่งที่มีสมบัติบางประการร่วมกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน

5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปก และสเปกกับเวลา (space/space relationship and space/time relationship) หมายถึง ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่อไปนี้ คือ (1) ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติกับ 3 มิติ (2) สิ่งที่อยู่หน้ากระจกเงากับภาพที่ปรากฏในกระจกเงาจะเป็นซ้ายขวาของกันและกันอย่างไร (3) ตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง (4) การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือสเปกของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลา

6. **ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล** (organizing data and communication) หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง จากแหล่งอื่นมาจัดกระทำเสียใหม่โดยวิธีการต่าง ๆ เช่น การจัดเรียงลำดับ จัดแยกประเภทหรือ คำนวณหาค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นดีขึ้น โดยอาจนำเสนอในรูปของ ตาราง แผนภูมิ แผนภาพ แผนผัง วงจร กราฟ สมการ เขียนบรรยาย เป็นต้น

7. **ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล** (inferring) หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย ข้อมูลที่มีอยู่อย่างมีเหตุผลโดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย ข้อมูลที่มีอาจได้มาจากการ สังเกต การวัด หรือการทดลอง คำอธิบายนั้นเป็นสิ่งที่ได้จากความรู้หรือประสบการณ์เดิมของ ผู้สังเกตที่พยายามโยงบางส่วนของความรู้หรือประสบการณ์เดิมให้มาสัมพันธ์กับข้อมูลที่ตนเองมีอยู่

8. **ทักษะการพยากรณ์** (prediction) หมายถึง ความสามารถในการทำนายหรือคาดคะเน สิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นๆ หรือความรู้ที่เป็นหลักการ กฎหรือทฤษฎีในเรื่องนั้นมาช่วยในการทำนาย การทำนายอาจทำได้ภายในขอบเขตของข้อมูล และภายนอกขอบเขตข้อมูล

9. **ทักษะการตั้งสมมติฐาน** (formulating hypothesis) หมายถึง ความสามารถในการ ให้คำอธิบายซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเป็น จริงในเรื่องนั้น ๆ ต่อไป

10. **ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ** (defining operationally) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำ หรือตัวแปรต่าง ๆ ให้เข้าใจตรงกันและ สามารถสังเกตได้และวัดได้

11. **ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร** (identifying and controlling variables) หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง การ ควบคุมตัวแปรนั้นเป็นการควบคุมสิ่งอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่จะทำให้ผลการทดลอง คลาดเคลื่อนถ้าหากว่าไม่ควบคุมให้เหมือน ๆ กัน

ตัวแปรต้น คือ สิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่าง ๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองดูว่า เป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

ตัวแปรตาม คือ สิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่ เป็นสาเหตุเปลี่ยนแปลงไป ตัวแปรตามหรือสิ่งที่ เป็นผลจะเปลี่ยนตามไปด้วย

ตัวแปรที่ต้องควบคุม คือ สิ่งอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่มีผลต่อการทดลองด้วย ซึ่งจะต้องควบคุมให้เหมือน ๆ กัน มิฉะนั้นอาจจะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อนได้

12. ทักษะการทดลอง (experimenting) หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ ในการทดลองจะประกอบด้วยกิจกรรมไว้ 3 ขั้นตอนดังนี้

12.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดลองจริง เพื่อกำหนดวิธีดำเนินการทดลองซึ่งเกี่ยวกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร วัสดุ อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดลอง

12.2 การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองจริง ๆ

12.3 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งอาจจะเป็นผลของการสังเกต การวัด และอื่น ๆ

13. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (interpreting data and conclusion) หมายถึง ความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลที่จัดกระทำ และอยู่ในรูปแบบที่ใช้ในการสื่อความหมายแล้ว ซึ่งอาจอยู่ในรูปตาราง กราฟ แผนภูมิหรือรูปภาพต่าง ๆ รวมทั้งความสามารถในการบอก ความสามารถของข้อมูลในเชิงสถิติด้วย และสามารถลงข้อสรุปโดยการนำเอาความหมายของข้อมูลที่ได้ทั้งหมด สรุปให้เห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ต้องการศึกษาภายในขอบเขตของการทดลองนั้น ๆ

จากความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละประเภท ทำให้ทราบว่าทักษะแต่ละประเภท มีลักษณะอย่างไร ในการจัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียน ครูควรศึกษาลักษณะของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ พร้อมทั้งสังเกตว่า นักเรียนเกิดพฤติกรรมด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละประเภทอย่างไร สังเกตได้จากพฤติกรรมในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งพฤติกรรมของนักเรียนที่เกิดจากการเรียนรู้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 13 ทักษะ มีดังต่อไปนี้ (Mechling, Bires, Kepler, Oliver & Smith, 1985)

1. พฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการสังเกต คือ ชำป๋งและบรรยายคุณสมบัติของวัตถุได้ โดยการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง บรรยายคุณสมบัติเชิงประมาณของวัตถุได้ โดยการกะประมาณ บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

2. พฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการวัด คือ เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่วัด บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้ บอกวิธีวัดและวิธีใช้เครื่องมือได้ถูกต้อง วัดความยาว ความกว้าง ความสูง อุณหภูมิ ปริมาตร น้ำหนัก และอื่นๆได้ถูกต้อง ระบุนหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัดได้

3. พฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการคิดคำนวณ คือ

3.1 การนับ ได้แก่ นับจำนวนสิ่งของได้ถูกต้อง ใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับ ตัดสินว่าสิ่งของในกลุ่มมีจำนวนเท่ากันหรือต่างกัน ตัดสินว่าของในกลุ่มใดมีจำนวนเท่ากันหรือต่างกัน

3.2 การคำนวณ (บวก ลบ คูณ หาร) ได้แก่ บอกวิธีคำนวณได้ คิดคำนวณได้ ถูกต้อง แสดงวิธีคำนวณได้

3.3 การหาค่าเฉลี่ย ได้แก่ บอกวิธีหาค่าเฉลี่ย หาค่าเฉลี่ย แสดงวิธีการหาค่าเฉลี่ย

4. พฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการจำแนกประเภท คือ เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้ เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์ของตนเองได้ บอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นใช้เรียงลำดับหรือแบ่งพวกได้

5. พฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปก และสเปกกับเวลา คือ ชีบรูป 2 มิติ และวัตถุ 3 มิติที่กำหนดให้ได้ วาดรูป 2 มิติ จากวัตถุหรือรูป 3 มิติที่กำหนดให้ได้ บอกชื่อของรูปและรูปทรงทางเรขาคณิตได้ บอกความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติ กับ 3 มิติได้ บอกตำแหน่งหรือทิศของวัตถุได้ บอกได้ว่าวัตถุหนึ่งอยู่ในตำแหน่งหรือทิศใดของอีกวัตถุหนึ่ง บอกความสัมพันธ์ที่อยู่หน้ากระจกและที่ปรากฏในกระจกว่าเป็นซ้ายหรือขวาของกันและกันได้ บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่ง ที่อยู่ของวัตถุกับเวลาได้ บอกความเปลี่ยนแปลงระหว่างการเปลี่ยนแปลงขนาด หรือ ปริมาตรของสิ่งต่าง ๆ กับเวลาได้

6. พฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล คือ เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้เหมาะสม บอกเหตุในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้ ออกแบบการเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้ได้ เปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบใหม่ที่เข้าใจได้ดีขึ้น บรรยายลักษณะของสิ่งใดสิ่งหนึ่งด้วยข้อความที่เหมาะสมกระชับรัด จนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ บรรยายหรือวาดแผนผังแสดงตำแหน่งของสถานที่จนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

7. พฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล คือ การอธิบายสรุป โดยเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากสังเกตโดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

8. พฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการพยากรณ์ คือ การพยากรณ์ทั่วไป ทำนายผลที่เกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้ พยากรณ์ข้อมูลเชิงปริมาณ ทำนายผลที่เกิดขึ้นภายในและภายนอกขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่

9. พฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการตั้งสมมติฐาน คือ หาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลองโดยอาศัยการสังเกต ความรู้ และ ประสบการณ์เดิมมาช่วย สร้างหรือแสวงหาวิธีที่จะทดสอบสมมติฐานได้ แยกแยะการสังเกตที่สนับสนุนสมมติฐานและไม่สนับสนุนสมมติฐานได้

10. พฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ คือ การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่าง ๆ ให้สังเกตและวัดได้

11. พฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร คือ ชี้นำและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้

12. พฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการทดลอง คือ ออกแบบการทดลองโดยกำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสมโดยคำนึงถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุม ระบุอุปกรณ์และ / หรือ สารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลองได้ ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องเหมาะสม บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง

13. พฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป คือ แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้ บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่

ในการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียน ครูควรฝึกให้นักเรียนเกิดพฤติกรรมดังกล่าวข้างต้นเพื่อนักเรียนจะได้นำไปใช้ในชีวิตประจำวัน และเป็นพื้นฐานเพื่อนำไปสู่การพัฒนาทางสติปัญญาต่อไป

การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้มีผู้ให้ความหมายของลักษณะทางพันธุกรรมไว้ว่า สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2541, หน้า 1) ให้ความหมายของคำว่า พันธุกรรม (genetic) คือ หน่วยที่มีคุณสมบัติควบคุมลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต

ลักษณะทางพันธุกรรม (genetic character) หมายถึง ลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่สามารถถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปยังรุ่นต่อไป

ฟิชแบ็ค (Fishback, 1996, p. 165) ให้ความหมายของคำว่า พันธุกรรมว่าเป็นการถ่ายทอดลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตจากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่ง หรือจากบรรพบุรุษไปสู่ลูกหลาน เช่น การถ่ายทอดลักษณะสีผิว สีผม รูปร่าง หน้าตา สันยน์ตา เป็นต้น

ลักษณะทางพันธุกรรม หมายถึง ลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่สามารถสืบทอดจากรุ่นหนึ่งไปยังรุ่นต่อไป

จินตนา อรุณพรัตน์ (2543, หน้า 2) ให้ความหมายของลักษณะทางพันธุกรรมว่า การถ่ายทอดลักษณะต่าง ๆ จากบรรพบุรุษไปสู่รุ่นต่อไปหรือจากพ่อแม่ไปให้ลูก

สิ่งมีชีวิตแม้จะเป็นชนิดเดียวกัน แต่ก็ยังมีความแตกต่างกัน เช่น พี่น้องท้องเดียวกัน แต่มีลักษณะที่แตกต่างกัน ลักษณะที่แตกต่างดังกล่าว เรียกว่า ความแปรผันทางพันธุกรรม (genetic variation) ลักษณะทางพันธุกรรมจำแนกได้ 2 ประเภท คือ

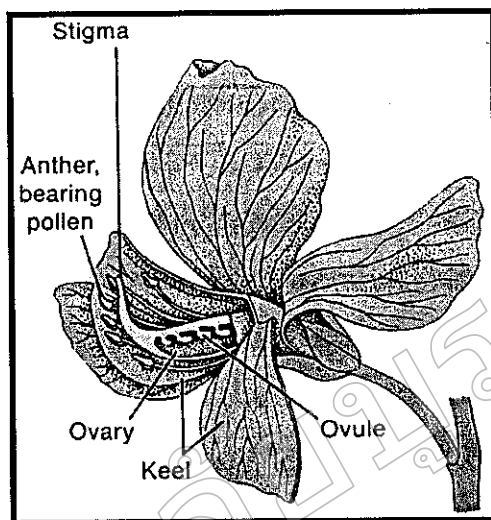
1. ลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความแปรผันต่อเนื่อง (continuous variation) เช่น ความสูง สีผิว ข้อมูลความแปรผันต่อเนื่องนำมาเขียนเป็นกราฟเส้น ได้กราฟรูประฆังคว่ำ
2. ลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความแปรผันไม่ต่อเนื่อง (discontinuous variation) เช่น หมู่เลือด ABO เชิงผมที่หน้าผากแหลม มิดังหู มีลักยิ้ม ขวัญเวียนขวา-ซ้าย ห่อลิ้นได้ กระดุกโคนนิ้วหัวแม่มือกระดกไปมาได้ และผมหยักศก เป็นต้น

ลักษณะทางพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อม

ความแตกต่างของลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตจึงมิใช่จะขึ้นอยู่กับพันธุกรรมไปเสียทั้งหมดแต่ส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมด้วย เช่น อาหาร การเลี้ยงดู แสง การเรียนรู้ (Solomon & Berg, 1995, p. 216)

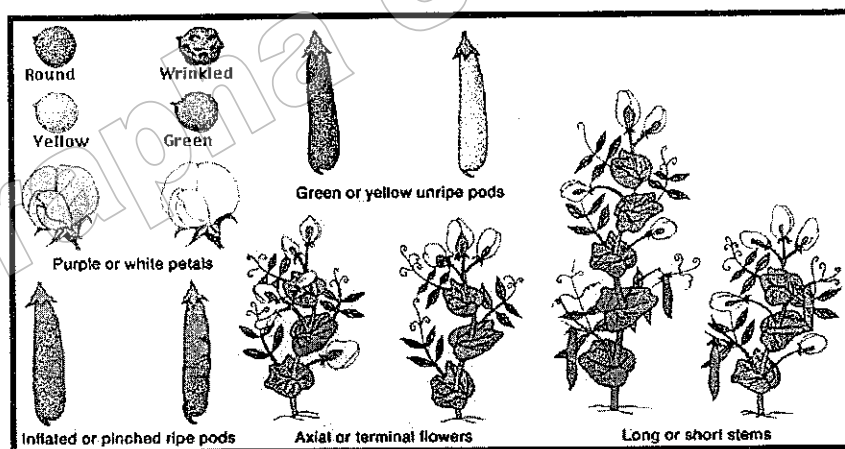
ศึกษาพันธุศาสตร์ของเมนเดล

เมนเดลเป็นบุคคลแรกที่เหมาะสมความสำเร็จในการค้นคว้า และศึกษาเกี่ยวกับเรื่องพันธุกรรมและได้รับการยกย่องเป็น “บิดาแห่งวิชาพันธุศาสตร์” ความสำเร็จของเมนเดลขึ้นอยู่กับคุณสมบัติพิเศษและความสามารถเฉพาะตัวในการรู้จักเลือกสิ่งที่ใช้ศึกษา จึงสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์มาใช้วิเคราะห์ผลการทดลองได้เป็นอย่างดี เมนเดลได้เลือกใช้ถั่วลันเตา (*Pisum sativum*) เป็นวัสดุทดลอง ถั่วชนิดนี้มีความเหมาะสม คือเป็นพืชที่หาง่าย สะดวกต่อการเพาะปลูก และข้อสำคัญก็คือสามารถควบคุมการผสมพันธุ์ได้โดยง่าย ถึงแม้ว่าจะเป็นพืชที่ผสมกันได้ง่ายในต้นเดียวกันเองก็ตาม เนื่องจากโครงสร้างของดอกทำให้สามารถตัดเอาอับละอองเกสรตัวผู้ทิ้งไปก่อนที่จะถึงระยะที่จะผสมอยู่ในต้นเดียวกันได้



ภาพที่ 1 ดอกถั่วต้นเตา (Natural Toxins Research Center, 2003)

เมนเดลจึงมั่นใจในลักษณะของลูกผสมที่ปรากฏออกมาว่า เกิดจากพันธุ์ที่เขาใช้เป็น พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์เท่านั้น เมนเดลได้เลือกศึกษาลักษณะที่ปรากฏออกมาทีละอย่างและติดตาม การถ่ายทอดลักษณะเฉพาะนั้นๆ แล้วจึงพิจารณาหลายลักษณะไปพร้อมๆ กัน



ภาพที่ 2 แสดงลักษณะทั้ง 7 ของถั่วต้นเตาที่เมนเดลได้ศึกษา (Natural Toxins Research Center, 2003)

เมนเดลใช้วิธีการผสมถั่วที่มีลักษณะใดลักษณะหนึ่งที่แตกต่างกันอย่างเด่นชัดเข้าด้วยกัน (monohybrid cross) และสังเกตลักษณะที่ปรากฏออกมาในลูกผสมรุ่นที่ 1 (F_1 = first filial generation) จากนั้นก็ปล่อยให้ลูกผสมรุ่นที่ 1 ผสมกันเอง แล้วดูลักษณะที่ปรากฏในลูกผสมรุ่นที่ 2 (F_2 = second filial generation) ซึ่งในลูกผสมรุ่นที่ 2 นี้ เมนเดลได้นับจำนวนลักษณะที่แตกต่างกันด้วย จากการสังเกตและข้อมูลที่ได้ในการทดลอง ก็ตั้งสมมติฐานเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งในปัจจุบันนี้ได้ยอมรับว่าสมมติฐานของเมนเดลเป็นกฎเกณฑ์การถ่ายทอดลักษณะกรรมพันธุ์ในสิ่งมีชีวิตทั่วไป ประกอบด้วยหลักการใหญ่ๆ 2 ข้อ

1. กฎการแยกตัว (law of segregation)

ก่อนที่เมนเดลจะได้ศึกษาอย่างจริงจัง เขาได้ศึกษาลักษณะต่างๆ ทั้งหมด 34 ลักษณะของถั่วลันเตา และได้คัดเลือกเอาเฉพาะพวกที่มีลักษณะเป็นพันธุ์แท้ที่ถ่ายทอดลักษณะนั้นๆ ตลอดทุกชั่วอายุไว้ทั้งหมด 7 คู่ลักษณะ ตาราง 1

ตารางที่ 1 แสดงผลที่ปรากฏในลูกรุ่น F_2 จากการผสมระหว่าง $F_1 \times F_2$ ของแต่ละคู่ลักษณะของถั่วลันเตา (ไพศาล เหล่าสุวรรณ, 2542, หน้า 51)

ลักษณะที่ศึกษา	พ่อแม่	รุ่นที่ 1 (F_1)	รุ่นที่ 2 (F_2)		สัดส่วนของรุ่นที่ 2 (F_2)
			ลักษณะเด่น	ลักษณะด้อย	
1 รูปร่างของเมล็ด	เรียบ X ขรุขระ	เรียบทั้งหมด	เรียบ 5,474	ขรุขระ 1,850	2.96 : 1
2 สีของเมล็ด	เหลือง X เขียว	เหลืองทั้งหมด	เหลือง 6,022	เขียว 2,001	3.01 : 1
3 สีของดอก	สีแดง X สีขาว	สีแดงทั้งหมด	สีแดง 750	สีขาว 224	3.15 : 1
4 รูปร่างของฝัก	อวบ X แผบ	อวบทั้งหมด	อวบ 882	แผบ 299	2.92 : 1
5 สีของฝัก	เขียว X เหลือง	เขียวทั้งหมด	เขียว 428	เหลือง 152	2.82 : 1
6 ตำแหน่งของดอก	ที่ลำต้น X ที่ยอด	ที่ลำต้นทั้งหมด	ที่ลำต้น 651	ที่ยอด 207	3.14 : 1
7 ความยาวของลำต้น	สูง X เตี้ย	สูงทั้งหมด	สูง 787	เตี้ย 277	2.84 : 1

จากนั้นเมนเดลได้เสนอข้อคิดว่าลักษณะเมล็ดเรียบ-ขรุขระ หรือ เมล็ดสีเหลือง – เขียว ขึ้นกับหน่วยควบคุมลักษณะพันธุกรรมหรือยีนซึ่งแต่ละลักษณะ เช่น (เมล็ดเรียบ-ขรุขระ) ประกอบด้วยยีน 2 ยีน โดยลูกจะได้ยีนจากพ่อ 1 ยีน จากแม่ 1 ยีนในการปฏิสนธิ ยีนของแต่ละลักษณะต่างๆ ที่ลูกได้รับอาจเหมือนกันทุกประการ (homozygous) เช่น ในกรณีลักษณะพันธุ์แท้หรืออาจแตกต่างกัน (heterozygous) เช่น ในกรณีลักษณะพันธุ์ทาง (hybrid) เมื่อแตกต่างกัน ลักษณะที่ปรากฏจะแสดงออกลักษณะใดลักษณะหนึ่งเท่านั้น อีกลักษณะหนึ่งจะถูกข่มไว้ ลักษณะที่แสดงออก เรียกว่า ลักษณะเด่น (dominant) ลักษณะที่ถูกข่มไว้เรียกว่าลักษณะด้อย (recessive) จากผลการผสมพันธุ์ ถั่วลิ้นเต้าข้างต้นกล่าวได้ว่า ลักษณะเมล็ดเรียบ-ขรุขระมียีนร่วมกัน โดยลักษณะเมล็ดเรียบแสดงลักษณะเด่น เมล็ดขรุขระแสดงลักษณะด้อย จะเห็นได้ว่าการที่เมล็ดขรุขระไม่แสดงลักษณะออกมาในรุ่น F_1 แต่ก็มีได้หายไปไหนเพียงแต่ถูกข่มไว้ จึงสามารถแสดงออกมาให้เห็นในรุ่น F_2 ได้ ลักษณะเมล็ดสีเหลือง-เขียวก็เช่นกัน มียีนร่วมกัน โดยสีเหลืองแสดงลักษณะเด่นและสีเขียวแสดงลักษณะด้อย

ในระบะต่อมา สมมติฐานของเมนเดลเป็นที่รู้จักกันในชื่อว่า “กฎการแยกตัว” ซึ่งจัดเป็นกฎข้อแรกของเมนเดล กฎนี้กล่าวว่า “ลักษณะของสิ่งมีชีวิตนั้นถูกควบคุมโดยยีน และ ยีนจะปรากฏเป็นคู่ๆ เสมอ ในการสร้างหน่วยสืบพันธุ์ (gamete) นั้น ยีนที่อยู่เป็นคู่ๆ จะแยกจากกันแล้วเข้าสู่หน่วยสืบพันธุ์ หน่วยละ 1 ยีน เมื่อมีการปฏิสนธิระหว่างหน่วยสืบพันธุ์ เช่น สเปิร์ม ปฏิสนธิกับไข่ ยีนก็จะกลับมาอยู่เป็นคู่ๆ อีกเช่นเดิม ”

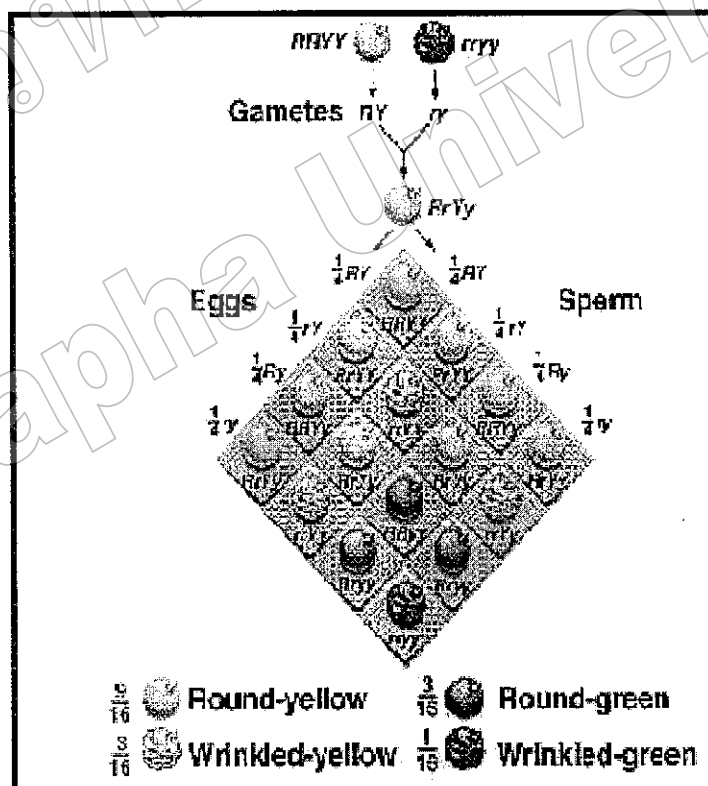
ในการเขียนสัญลักษณ์ของยีนมักใช้อักษรในภาษาอังกฤษ ยีนที่ควบคุมลักษณะเด่นแทนด้วยอักษรตัวใหญ่ ส่วนยีนควบคุมลักษณะด้อยแทนด้วยอักษรตัวเล็ก เช่น ถั่วพันธุ์แท้ในลักษณะต้นสูงจึงเขียนว่า TT ส่วนต้นเตี้ยเขียนว่า tt เป็นต้น ดังนั้น อาจจะเขียนผังการผสมโดยใช้สัญลักษณ์ของยีนดังนี้ พ่อแม่ :

	ต้นสูง		ต้นเตี้ย
	TT	x	tt
หน่วยสืบพันธุ์:	(T)		(t)
F_1 :	Tt	↓	(ต้นสูง)
ผสมตัวเอง	Tt	x	Tt
หน่วยสืบพันธุ์: $\frac{1}{2}$ (T), $\frac{1}{2}$ (t)			$\frac{1}{2}$ (T), $\frac{1}{2}$ (t)
F_2 :	$\frac{1}{4}$ TT	↓	ต้นสูง
	$\frac{2}{4}$ Tt		ต้นสูง
	$\frac{1}{4}$ tt		ต้นเตี้ย

สรุป: ต้นสูง 3 ส่วน : ต้นเตี้ย 1 ส่วน

2. กฎการรวมกลุ่มอย่างอิสระ (law of independent assortment)

กฎการรวมกลุ่มอย่างอิสระเป็นกฎข้อที่ 2 ของเมนเดล โดยเมนเดลได้ทดลองผสมพันธุ์ถั่วลิสงที่มีความแตกต่างกัน 2 ลักษณะ (dihybrid cross) ในต้นเดียวกัน เช่น การผสมพันธุ์ถั่วลิสงที่มีเมล็ดเรียบและเมล็ดสีเหลือง กับต้นที่มีเมล็ดขรุขระและเมล็ดสีเขียวเข้าด้วยกัน ยีนซึ่งควบคุมลักษณะเมล็ดเรียบและเมล็ดสีเหลืองแสดงอาการข่ม ส่วนยีนซึ่งควบคุมลักษณะเมล็ดขรุขระและสีเขียวแสดงอาการด้อย ดังนั้น ลูก F_1 จึงมีเมล็ดเรียบและสีเหลืองทั้งหมด และเมื่อให้ F_1 ผสมตัวเองก็ปรากฏว่า จากลูก F_2 จำนวน 556 เมล็ด อาจแยกออกได้เป็น 4 พวก คือ เมล็ดเรียบ-สีเหลือง 315 เมล็ด เมล็ดเรียบ-สีเขียว 108 เมล็ด เมล็ดขรุขระ-สีเหลือง 101 เมล็ด เมล็ดขรุขระ-สีเขียว 32 เมล็ด เมื่อจัดเป็นอัตราส่วนก็จะได้ใกล้เคียง 9:3:3:1 กันมาก เมนเดลพบความจริงว่า “ยีนที่ควบคุมแต่ละลักษณะจะมีอิสระในการแยกตัวออกจากกัน ไม่ขึ้นแก่กัน ในการถ่ายทอดยีนไปยังหน่วยสืบพันธุ์ จึงทำให้ยีนทั้งสองคู่อิสระในการรวมกลุ่มกันและเมื่อมีการผสมระหว่างหน่วยสืบพันธุ์จะทำให้แต่ละยีนกลับมามีอยู่เป็นคู่” ซึ่งตั้งเป็นกฎการรวมกลุ่มอย่างอิสระ



ภาพที่ 3 แสดงแบบแผนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมตามกฎข้อที่ 2 ของเมนเดล

(Genetics : Mendelian and modern, 2003)

นิยามศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับกฎของเมนเดล

1. ลักษณะเด่น (dominant) หมายถึง ลักษณะที่ปรากฏออกมาในรุ่นลูก หรือรุ่นต่อไปเสมอ ถ้านำสิ่งมีชีวิตลักษณะตรงข้ามกัน และเป็นพันธุ์แท้ทั้ง 2 ฝ่ายมาผสมพันธุ์กัน เช่น นำถั่วต้นสูงพันธุ์แท้ผสมกับถั่วต้นเตี้ยพันธุ์แท้ ลูกที่เกิดขึ้นจะได้ต้นสูงทั้งหมด และ ถ้าให้ต้นสูงรุ่นลูกผสมกันเองจะได้รุ่นหลานที่มีต้นสูงปรากฏอยู่อีก กรณีเช่นนี้ถือว่าต้นสูงเป็นลักษณะเด่น
2. ลักษณะด้อย (recessive) หมายถึง ลักษณะที่มีโอกาสปรากฏในรุ่นต่อไปได้น้อยกว่า เช่น ในการผสมระหว่างถั่วต้นสูงกับถั่วต้นเตี้ยพันธุ์แท้ ต้นเตี้ยจะเป็นลักษณะด้อย เพราะไม่ปรากฏออกมาในรุ่นลูก แต่เมื่อนำถั่วต้นสูงในรุ่นลูกมาผสมกันเอง จะได้ถั่วต้นสูง 3 ส่วน ต้นเตี้ย 1 ส่วน นั่นคือ ลักษณะด้อยมีโอกาสปรากฏในรุ่นต่อมาได้น้อยกว่าลักษณะเด่น
3. ยีน (gene) คือ หน่วยที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ
 - 3.1 ยีนเด่น (dominant gene) คือ ยีนซึ่งแสดงการข่มต่อยีนที่เป็นคู่ของมันใช้อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่แทนยีนเด่น
 - 3.2 ยีนด้อย (recessive gene) เป็นยีนที่จะแสดงลักษณะออกมาได้เมื่อมียีนนั้น 2 ยีนมาอยู่รวมกันใช้อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กแทนยีนด้อย
4. จีโนไทป์ (genotype) หมายถึง รูปหรือแบบของคู่ยีนที่ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม เช่น จีโนไทป์ TT, Tt , และ tt
5. ฟิโนไทป์ (phenotype) หมายถึง ลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่ปรากฏออกมาให้เห็นได้ เช่น ความสูงของต้นถั่ว สีผิวของคน
6. แอลลีล หรือ แอลลีโลมอร์ฟ (allele หรือ allelomorph) หมายถึง ยีนที่เป็นคู่กันควบคุมลักษณะเดียวกันและมีตำแหน่งอยู่ที่โครโมโซมตำแหน่งเดียวกัน (homologous chromosome) เช่น T และ t ต่างเป็นแอลลีลซึ่งกันและกัน เนื่องจาก T และ t ทำหน้าที่ควบคุมความสูงของลำต้น
7. โฮโมไซกัสยีน (homozygous gene) หมายถึง คู่ของยีนที่เหมือนกันอยู่ด้วยกัน เช่น TT, tt ดังนั้นยีนที่เป็นโฮโมไซกัสซึ่งเราเรียกว่าพันธุ์แท้ จึงอาจจะเป็นได้ทั้งโฮโมไซกัสที่เป็นยีนเด่น(homozygous dominant) เช่น TT หรือโฮโมไซกัสที่เป็นยีนด้อย (homozygous recessive) เช่น tt
8. เฮเทอโรไซกัสยีน (heterozygous gent) หมายถึง คู่ของยีนที่ต่างกันอยู่ด้วยกัน หรือคู่ของยีนที่เป็นแอลลีล(allele)กันอยู่ด้วยกัน เช่น Tt ฯลฯ สิ่งมีชีวิตที่มียีนที่เป็นแอลลีลกันอยู่ด้วยกันเรียกว่า เฮเทอโรไซโกต (heterozygote) หรือพันธุ์ทางหรือลูกผสม

9. การผสมทดสอบ (test cross) เป็นการนำสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะเด่นมาเพื่อตรวจสอบหาจีโนไทป์ของลักษณะเด่นเพื่อนำไปผสมกับสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะด้อย ถ้าให้ลูกมีลักษณะเด่นทั้งหมด แสดงว่าสิ่งมีชีวิตชนิดนั้นเป็นโฮโมไซกัสยีน แต่ถ้าลูกมีลักษณะเด่นต่อลักษณะด้อยในอัตราส่วน 1:1 แสดงว่า สิ่งมีชีวิตนั้นเป็นเฮเทอโรไซกัสยีน

10. การผสมกลับ (back cross) เป็นการผสมระหว่างรุ่นลูกกับพ่อ หรือแม่พันธุ์ใดพันธุ์หนึ่ง จุดประสงค์เพื่อเป็นการปรับปรุงพันธุ์

11. พันธุ์แท้ (pure line) เป็นลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่มียีนควบคุมลักษณะ เป็นชนิดเดียวกัน หรือเป็นโฮโมไซกัสยีน ซึ่งอาจเป็นยีนเด่น หรือยีนด้อยทั้งคู่ก็ได้ เช่น TT, tt เป็นต้น ลูกหลานที่เกิดจากพันธุ์แท้ไม่มีความแปรผันทางพันธุกรรม และไม่แตกต่างไปจากพ่อแม่ นอกจากนั้นเซลล์สืบพันธุ์ที่เกิดจากพันธุ์แท้จะมีเพียงชนิดเดียว เช่น T, T, R, R เป็นต้น

12. พันธุ์ทาง (hybrid) เป็นลักษณะของสิ่งมีชีวิตที่มียีนควบคุมลักษณะหนึ่ง เป็นยีนต่างชนิดกัน หรือเป็นเฮเทอโรไซกัสยีน เช่น Tt, Rr เป็นต้น และเซลล์สืบพันธุ์ที่เกิดจากเฮเทอโรไซกัสยีนจะมี 2 ชนิด เช่น ถ้าเป็น Tt จะมีเซลล์สืบพันธุ์ T และ t ส่วน Rr จะมีเซลล์สืบพันธุ์ R และ r

13. พอลิยีนส์ (polygenes) เป็นกลุ่มยีนที่มีมากกว่าสองคู่ขึ้นไป ร่วมกันควบคุมลักษณะเดียวกัน กลุ่มของยีนนี้อาจจะอยู่ที่โครโมโซมเดียวกันหรือต่างโครโมโซมก็ได้ ลักษณะซึ่งถูกควบคุมโดยพอลิยีนในคน ได้แก่ สีผิว น้ำหนักตัว สีผม ความสูง ความฉลาด

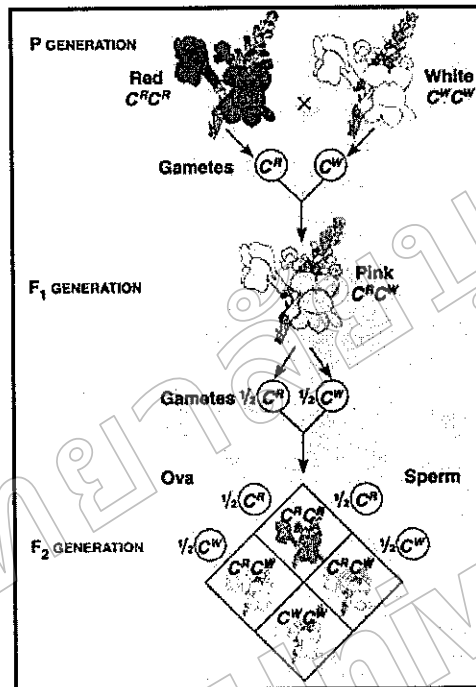
14. มัลติเปิลแอลลีลส์ (multiple alleles) เป็นยีนที่ประกอบด้วยแอลลีลมากกว่า 2 แอลลีลขึ้นไป เช่น ยีนที่ควบคุมหมู่เลือดซึ่งมีถึง 3 แอลลีล คือ I^A , I^B , i

15. ยีนพูล (gene pool) เป็นยีนทั้งหมดที่มาจากบรรพบุรุษร่วมกันของประชากรชนิดเดียวกัน สามารถสืบพันธุ์ได้โดยลูกหลานไม่เป็นหมัน สิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันจะมียีนพูลเหมือนกัน และมีจำนวนโครโมโซมเท่ากัน

การใช้กฎของเมนเดล

จากการทดลองของเมนเดล จะเห็นได้ว่า ลักษณะพันธุกรรมที่แสดงออกหรือฟีโนไทป์แสดงลักษณะเด่นหรือด้อยอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น เมล็ดสีเหลืองหรือสีเขียว แต่จะไม่มีฟีโนไทป์ เมล็ดสีเหลืองผสมสีเขียวเลย ถึงแม้ฟีโนไทป์จะเป็นลักษณะผสมกันอยู่ (Yy) กล่าวได้ว่าเป็นการถ่ายทอดลักษณะเด่นแบบสมบูรณ์ (complete-dominant) แต่ในบางครั้งจะพบว่า เมื่อจีโนไทป์เป็นลักษณะผสมจะทำให้ได้ฟีโนไทป์ที่แสดงลักษณะผสมด้วย เช่น ลักษณะของดอกลินมังกรและพบว่า การผสมระหว่างพันธุ์แท้สีแดง (RR) กับ พันธุ์แท้สีขาว (WW) พันธุ์ผสมรุ่นลูก (F_1) ไม่ได้เป็นสีแดงหรือสีขาวอย่างใดอย่างหนึ่ง แต่กลับเป็นสีชมพูทั้งหมด ซึ่งพันธุ์สีชมพูดังกล่าว

ถ้านำมาผสมกันเอง ก็จะได้รุ่นหลาน (F_2) ออกมาเป็นสีแดง สีชมพู และสีขาว ในอัตราส่วน 1 : 2 : 1 แสดงว่า เมื่ออีโนไทป์เป็นลักษณะผสม (RW) จะได้ฟีโนไทป์ลักษณะผสมด้วย (สีชมพู) นั่นคือ ลักษณะดอกทั้งสองเป็นลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ (incomplete dominant)



ภาพที่ 4 แผนภาพแสดงการผสมดอกถั่วฝักยาวสีแดงและสีขาว (Mendel and the gene concept, 2003)

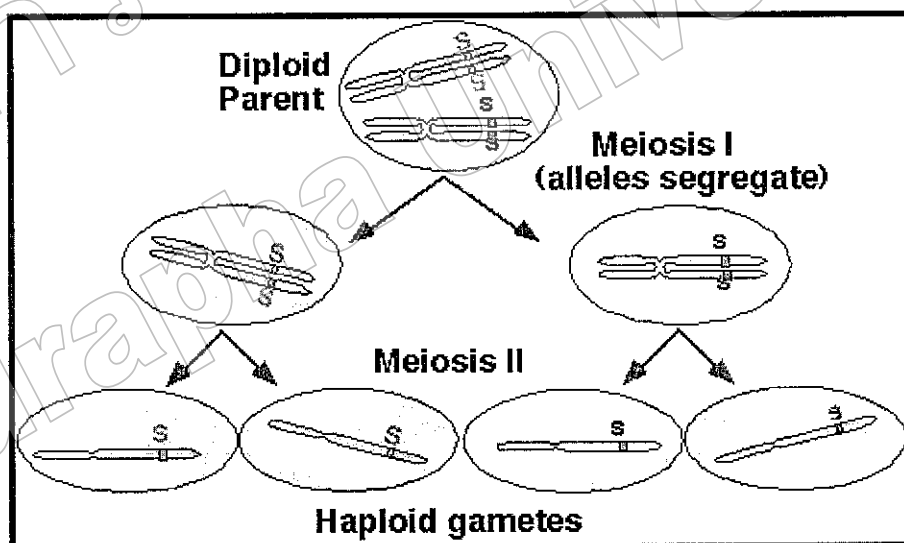
การค้นพบบทบาทของโครโมโซม

เมนเดลได้นำผลงานของเขาเสนอต่อสมาคมธรรมชาติแห่งเมืองบรุนน์ แต่ผลงานนี้ไม่ได้รับความสนใจจากนักพฤกษศาสตร์ในสมัยนั้น ทั้งนี้เนื่องจากสิ่งที่เมนเดลค้นพบ เป็นกฎเกณฑ์ที่คิดขึ้นจากหลักของเหตุผลเชิงคณิตศาสตร์ ดังนั้นในความคิดของเมนเดลจึงเป็นนามธรรมในสมัยนั้น

ต่อมาเมื่อนักชีววิทยาได้ใช้กล้องจุลทรรศน์ ศึกษารายละเอียดภายในเซลล์มากขึ้น จนกระทั่ง พ.ศ. 2432 มีการประกาศทฤษฎีของเซลล์ และนักชีววิทยาสามารถเห็นรายละเอียดที่เกิดขึ้นภายในนิวเคลียส เรียกว่าโครโมโซม (chromosome) ซึ่งเห็นได้ชัดในระหว่างการแบ่งเซลล์ และถ้าแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส จะได้เซลล์ใหม่สองเซลล์ที่มีจำนวนโครโมโซมเท่ากันและเท่ากับจำนวนโครโมโซมในเซลล์เดิม แต่ถ้าเป็นการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ก็จะมี

ลดจำนวนโครโมโซมลงครึ่งหนึ่ง และเมื่อเกิดการปฏิสนธิจะทำให้มีจำนวนโครโมโซมกลับมาเท่ากับจำนวนโครโมโซมในรุ่นพ่อแม่ดั้งเดิม

จากการศึกษาเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์ ซึ่งมีนักปรับปรุงพันธุ์พืชและสัตว์หลายท่านได้ทดลองในลักษณะเดียวกับเมนเดล ในปี พ.ศ. 2443 ได้มีการเสนอกฎเกณฑ์การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยนักวิทยาศาสตร์จาก 3 ประเทศ คือ คาร์ล คอร์เรนส์ (Carl Correns) จากประเทศเยอรมัน ฮิวโก เด ฟรีส์ (Hugo de Vries) จากประเทศเนเธอร์แลนด์ และ เอริช ฟอน เซอร์แมค (Erich von Tschermak) จากประเทศออสเตรีย ผลงานทั้งสามท่านมีข้อสรุปตรงกันว่าในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์มีการแยกตัวของยีนที่เป็นแอลลีลกัน การค้นพบนี้ได้รับการยอมรับเป็นอย่างดีทั้งๆ ที่ผลงานเดียวกันนี้เมนเดลค้นพบไว้แล้วเมื่อ 35 ปีมาแล้ว ต่อมาปี พ.ศ. 2445 วอลเตอร์ เฮส ซัตตัน (Walter S. Sutton) ได้ศึกษาและรวบรวมความรู้ต่างๆ เกี่ยวกับโครโมโซม และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม มาสรุปรวมเป็นทฤษฎีขึ้นเรียกว่า ทฤษฎีที่ว่าด้วยโครโมโซมเป็นแหล่งพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต (chromosome theory of heredity) และจุดนี้เองที่ยืนยันตามความคิดของเมนเดลมาสัมพันธ์กับโครโมโซม



ภาพที่ 5 การแยกของยีนและโครโมโซม ในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (Hallick, 2002)

โครโมโซมของคน

โครโมโซมจะประกอบด้วยหน่วยเหมือนกันสองหน่วย เรียกแต่ละหน่วยว่าโครมาทิด และบนโครโมโซมจะมีรอยคอดเรียกว่า เซนโทรเมียร์ ในเซนโทรเมียร์จะมีตำแหน่งของไคเนโทคอร์ (kinetochore) อยู่ ตำแหน่งนี้เป็นที่ยึดเกาะของเส้นใยสปินเดิล (spindle fibers) ที่พบในการแบ่งเซลล์ โครโมโซมของคนมี 46 แท่ง โครโมโซมแต่ละแท่งจะแตกต่างกันไปอีก โดยดูจากตำแหน่งของเซนโทรเมียร์ซึ่งย้อมสีไม่ติด และดูคล้ายกับรอยคอดบนโครโมโซม การศึกษาโครโมโซมของคน 23 คู่ จากการทำการไโอไทป์ (karyotype) โดยการจัดเรียงลำดับ โครโมโซมเป็นกลุ่มตามตำแหน่งของเซนโทรเมียร์ พบว่าโครโมโซมมี 2 กลุ่ม โครโมโซมคู่ที่ 1-22 เป็นพวกออโตโซม (autosome) และโครโมโซมคู่ที่ 23 เป็นโครโมโซมเพศ (sex chromosome) เพศหญิงมีโครโมโซมเป็น XX และเพศชายมีโครโมโซมเป็น XY

การศึกษาโครโมโซมจากคาริโอไทป์มีประโยชน์อย่างยิ่งในทางการแพทย์ โรคทางกรรมพันธุ์บางชนิดมีสาเหตุมาจากความผิดปกติของจำนวนโครโมโซมหรือโครงสร้างของโครโมโซมซึ่งเกิดขึ้นในกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส โดยโครโมโซมคู่เหมือนไม่แยกออกจากกันเป็นผลให้เซลล์สืบพันธุ์มีจำนวนโครโมโซมผิดไปจากปกติ ไซโกตที่มีจำนวนโครโมโซมมากหรือน้อยเกินไป มักเป็นผลให้ไซโกตนั้นเจริญผิดปกติมากบ้างน้อยบ้างแล้วแต่ชนิดของโครโมโซมนั้น ๆ บางกรณีทารกผิดปกติมากและแท้งออกมาในระยะต้น ๆ ของการตั้งครรภ์ บางกรณีก็เจริญเป็นเด็กพิการทางร่างกายและบางกรณีก็มีความผิดปกติทางสมองและกลายเป็นเด็กปัญญาอ่อนได้ เช่น กลุ่มอาการดาวนส์ซินโดม (Down's syndrome) ซึ่งเกิดจากความผิดปกติโครโมโซมคู่ที่ 21 เกินมา 1 แท่ง เป็นต้น (Cumming, 2000, p. 47)

วิธีสอนวิทยาศาสตร์

การสอนที่ดีนั้นมีลักษณะเป็นศิลปะและเป็นวิทยาศาสตร์ การสอนที่ดีมีเป็นลักษณะเป็นวิทยาศาสตร์ เป็นการรวบรวมเนื้อหาวิชาที่สอนให้เป็นหมวดหมู่ มีระเบียบแบบแผน สะดวกต่อการสอน ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ ผู้เรียนและกระบวนการเรียน ผู้สอนและกระบวนการสอน องค์ประกอบด้านผู้เรียนและกระบวนการเรียนนั้นครูผู้สอนควรเลือกวิธีสอนและกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียน มีประสบการณ์ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ นักเรียนเป็นผู้ร่วมกันกำหนดปัญหา วางแผนในการแก้ปัญหา ดำเนินการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูลตลอดจนสรุปและอภิปรายผลการทดลองร่วมกัน โดยครูเป็นผู้วางแผนการสอน และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความต้องการในการเรียนรู้ ส่วนองค์ประกอบด้านผู้สอนและกระบวนการสอนนั้น ครูจะต้องมีวิธีการสอนที่ถูกต้องตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ จะต้องสอนจากประสบการณ์ตรงที่มีข้อเท็จจริงที่สามารถ

ทดลองได้ ไปสู่การสอนสิ่งที่เป็นนามธรรม ซึ่งวิธีการสอนวิทยาศาสตร์มีหลายวิธี ตามที่ ชูติมา วัฒนศิริ (2541, หน้า 155) ภพ เลหาไพบูลย์ (2542, หน้า 31) ได้กล่าวสรุปวิธีการสอน วิทยาศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้คือ

1. การสอนแบบบรรยาย เป็นวิธีสอนที่ยึดครูเป็นศูนย์กลางในการเรียนการสอน โดยครู เป็นฝ่ายเสนอเรื่องราวให้นักเรียนทราบทั้งหมด นักเรียนเป็นฝ่ายรับฟังและจดตาม วิธีนี้จะได้น้อยหา มากกว่าวิธีอื่น ทั้งนี้ครูผู้บรรยายต้องมีวิธีการสอนที่ดี ในการสอนบรรยายนั้น จำนวนนักเรียนใน กลุ่มไม่ควรน้อยกว่า 15 คน ถ้ากลุ่มมีจำนวนนักเรียนน้อยกว่า 15 คน ควรใช้วิธีแบบไม่เป็นทางการ เพื่อให้นักเรียนทุกคนได้มีส่วนร่วมและได้ใกล้ชิดครู แต่ถ้ากลุ่มมีจำนวนนักเรียนมากกว่า 35 คน ครู จำเป็นต้องสอนแบบเป็นทางการ ซึ่งทำให้นักเรียนมีโอกาสได้ตอบกับครูได้น้อย การบรรยายที่ใช้ กับนักเรียนกลุ่มใหญ่ทำให้นักเรียนถามคำถามได้น้อย นักเรียนได้อภิปรายน้อยจนครูไม่สามารถ ทราบได้ว่านักเรียนเข้าใจหรือไม่ ครูควรสังเกตสีหน้าท่าทางของนักเรียน เมื่อพบว่านักเรียนมี ท่าทางที่ไม่เข้าใจ ครูควรหยุดการบรรยายและถามคำถามเพื่อตรวจสอบว่านักเรียนเข้าใจใน ประเด็นต่าง ๆ หรือไม่ ครูควรใช้สื่อและอุปกรณ์ช่วยในการสอนระหว่างการบรรยาย เช่น รูปภาพ สไลด์ ฟิล์ม แผ่น โปร่งใส แผนภูมิ แบบจำลอง มาประกอบการบรรยาย เพื่อให้เป็นที่น่าสนใจ และมีความหมายต่อนักเรียน ซึ่งขั้นตอนของการสอนแบบบรรยาย มีดังต่อไปนี้

1.1 การกล่าวนำเพื่อชี้ให้นักเรียนมีความตั้งใจฟังการนำเสนอของครู อาจอยู่ใน รูปแบบคำถาม สนทนา อภิปราย ในข้อความรู้เดิมเพื่อเป็นการทบทวน และประสานความรู้เดิมกับ ความรู้ใหม่ที่จะเกิดขึ้นให้เกิดความต่อเนื่อง

1.2 เนื้อเรื่อง เมื่อนักเรียนสามารถเข้าใจความรู้เดิมแล้ว ครูมีหน้าที่นำเสนอความรู้ใหม่ โดยการวางแผนการเสนอการบรรยายอย่างเป็นระบบ และให้ตัวอย่างประกอบให้มากขึ้นเพื่อให้ นักเรียนเข้าใจได้ดี

1.3 การสรุปย่อในระหว่างการนำเสนอ ครูควรสรุปย่อสิ่งที่ครูนำเสนอในการบรรยาย เป็นช่วง ๆ เพื่อให้แน่ใจว่านักเรียนได้เข้าใจประเด็นที่สำคัญในการบรรยาย นักเรียนมีโอกาสได้ถาม คำถามเป็นการตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน และสามารถแก้ไขการเข้าใจผิดของตนได้

1.4 การสรุปการบรรยายเป็นการกล่าวย้ำประเด็นสำคัญและสามารถถามคำถามเดิม เพื่อเป็นการปูทางไปสู่การบรรยายหรือการทำกิจกรรมอื่น ๆ ในคราวต่อไป การเน้นย้ำประเด็นสำคัญ ในการสรุปจะช่วยให้นักเรียนสามารถเห็นแนวทางที่จะนำประเด็นและความสัมพันธ์เหล่านั้นไปใช้ ในการทำงานได้รับมอบหมายได้

ข้อดีของการสอนแบบบรรยาย คือ เป็นวิธีสอนที่สามารถเสนอเนื้อหาความรู้ได้มาก เมื่อมีเวลาจำกัด เน้นย้ำประเด็นสำคัญและอธิบายให้ชัดเจนได้เมื่อนักเรียนสงสัย การบรรยายที่เตรียมมาอย่างดีย่อมส่งเสริมให้นักเรียนสนใจความกระตือรือร้นที่จะเรียนได้

ข้อจำกัดของการสอนแบบบรรยาย คือ เป็นการสอนที่ไม่คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล นักเรียนไม่สามารถติดตามที่ครูบรรยายได้ตลอดทำให้การสอนไม่ถึงจุดความสนใจของนักเรียนได้ตลอดเวลา และในการสอนแต่ละครั้งครูใช้เวลาในการเตรียมการบรรยายมาก

2. การสอนแบบทดลอง เป็นการสอนเพื่อจัดประสบการณ์ในการทดลองและปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ตามขั้นตอนของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นกำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐาน ทดลองและบันทึกผล และขั้นสรุปผลการทดลอง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบแก้ปัญหาด้วยการทดลอง แบ่งเป็น 3 ลักษณะ คือ การทดลองที่มีการควบคุม การทดลองที่มีการฝึกหัด และการทดลองที่เป็นงานปฏิบัติการ ในการจัดประสบการณ์การทดลองนั้น ครูต้องวางโครงการปฏิบัติการไว้ล่วงหน้า นักเรียนจะได้เรียนรู้เทคนิควิธีการทดลอง การเลือกกลุ่มตัวอย่าง การควบคุมตัวแปร และทักษะที่ใช้ในการทดลอง

ข้อดีของการสอนแบบทดลอง คือ นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง ได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา เกิดการเรียนรู้ผ่านประสาทสัมผัสหลายด้านโดยตรงซึ่งเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นพบหลักการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง เนื่องจากนักเรียนจะเป็นผู้ออกแบบการทดลอง ทดลองโดยได้สืบเสาะหาความรู้ วิเคราะห์หาเหตุผล ทดสอบสมมติฐาน สรุปผล และวัดผลการปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง จากการเรียนรู้โดยการทดลองจะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงจดจำได้นานและมีเจตคติที่ดีกับวิทยาศาสตร์

ข้อจำกัดของการสอนแบบทดลอง คือ ค่าใช้จ่ายสูง จำเป็นต้องจัดเตรียมอุปกรณ์เครื่องมือให้เพียงพอกับจำนวนนักเรียน และใช้เวลาในการสอนมาก

3. การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการสอนที่จะช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเองให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหาวิชา ครูวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการเตรียมสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ ศึกษาโครงการของกระบวนการสอน การจัดลำดับเนื้อหา ครูทำหน้าที่คล้ายผู้ช่วยและนักเรียนทำหน้าที่คล้ายผู้วางแผนการเรียน นักเรียนเป็นผู้เริ่มต้นในการจัดการเรียนการสอนด้วยตนเองมีความกระตือรือร้นที่จะศึกษาหาความรู้ โดยวิธีการเดียวกับการทำงาน ของนักวิทยาศาสตร์ และเปลี่ยนแนวความคิดจากการเป็นผู้รับความรู้มาเป็นผู้แสวงหาความรู้และใช้ความรู้

ขั้นตอนการเตรียมการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นดังนี้

1. **ขั้นสร้างความสนใจ (engagement)** เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรูมาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา

เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจ และนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิมหรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้น และมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

2. **ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration)** เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจ จะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็จะมีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสังเกต หรือ ปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิง หรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation)** เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูลข้อสังเกตที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ ได้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. **ขั้นขยายความรู้ (elaboration)** เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มาก ก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. ขั้นประเมิน (evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่า นักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

ข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ คือ การเรียนเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน โดยนักเรียนได้ฝึกความคิดและฝึกการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีจัดระบบความคิด มีความรู้คงทนและถ้อยของการเรียนรู้ได้ สามารถเรียนรู้มโนคติ หลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้นและมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ คือ เตรียมสถานการณ์ที่จะก่อให้เกิดปัญหาแก่นักเรียนลำบาก เพราะต้องควบคุมให้นักเรียนเกิดความสงสัยในที่กำหนดไว้ใช้เวลาเรียนและอุปกรณ์การสอนมาก

4. การสอนแบบค้นพบ เป็นการสอนที่เน้นกระบวนการตอบสนองของนักเรียนต่อสถานการณ์ต่าง ๆ ด้วยตัวของนักเรียนเอง โดยได้รับคำแนะนำจากครูบ้างบางส่วนหรืออาจไม่ได้รับคำแนะนำเลย ครูเป็นผู้ที่ทำให้นักเรียนแก้ปัญหาของตนเอง โดยอาศัยข้อเท็จจริง อุปกรณ์ และเหตุการณ์ต่าง ๆ นักเรียนต้องหาความสัมพันธ์ที่จะสรุปเป็นหลักการขึ้นมา กระบวนการของการค้นพบเป็นส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับการใช้คำถามของครู ครูต้องเป็นผู้ที่มีความสามารถในการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดแนวคิดในการดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น ทำการทดลอง ตั้งสมมติฐาน จัดกระทำข้อมูล ตีความหมายข้อมูล อภิปรายผล

การสอนแบบค้นพบที่เน้นกิจกรรม ซึ่งนักเรียนได้ฝึกกระทำด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการแสวงหาความรู้เพื่อค้นพบหลักการ ความคิดรวบยอด กระบวนการแสวงหาความรู้ที่ใช้ ได้แก่ การสังเกต การจำแนกประเภท การวัด การพยากรณ์ การอธิบาย การลงความเห็น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตัวนักเรียนว่าจะมีความสนใจและต้องการศึกษามากน้อยเพียงใด ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบนี้ ครูควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

4.1 เนื้อหาวิชาที่สอน ควรแบ่งเป็นส่วนย่อย ๆ และจัดลำดับให้เหมาะสมกับนักเรียนในแต่ละขั้นของการรับรู้และความเข้าใจ

4.2 คำนึงถึงความพร้อมและแรงจูงใจของนักเรียน โดยเฉพาะระยะเริ่มแรกของการเรียนการสอน ข้อมูลที่นักเรียนได้รับและผลสำเร็จในขั้นตอนแรก ๆ ของการเรียนรู้ด้วยตนเองจะเป็นแรงจูงใจที่ทำให้นักเรียนพอใจที่จะเรียนรู้ด้วยตนเองต่อไป

4.3 การสอนแบบค้นพบใช้ได้กับทุกระดับชั้น แต่การจัดกิจกรรมในการนำนักเรียนเข้าไปสู่การค้นพบนั้นอาจจะแตกต่างกันไป

4.4 กิจกรรมและประสบการณ์ต่าง ๆ ต้องสร้างให้ท้าทายความคิดและการกระทำ
ควรเป็นกิจกรรมที่นักเรียนต้องใช้กระบวนการแสวงหาความรู้หรือใช้เหตุผลตัดสินใจเพื่อแก้ปัญหา

ข้อดีของการสอนแบบค้นพบ คือ ช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้และพัฒนาความคิดอย่างเต็มที่
อันเป็นผลเนื่องมาจากนักเรียนประสบความสำเร็จในการค้นพบ โดยการสอนแบบค้นพบทำให้นักเรียนมีโอกาสได้เรียนรู้เทคนิคในการค้นพบ วิธีการจัดระบบความคิด วิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง มีความรู้คงทนและสามารถถ่ายโยงการเรียนรู้ได้

ข้อจำกัดของการสอนแบบค้นพบ คือ เรื่องเวลา การติดตามความก้าวหน้าของผู้เรียน
และนักเรียนที่มีสติปัญญาค่อนข้างต่ำจะใช้วิธีนี้ไม่ได้ผล

5. การสอนแบบกลุ่ม การสอนแบบกลุ่มเป็นการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้นักเรียน
โดยให้นักเรียนมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ต่าง ๆ ด้วยวิธีการแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ ให้
มีขนาดพอเหมาะที่จะทำให้นักเรียนทุกคนมีโอกาสติดต่อสัมพันธ์โดยใกล้ชิด แลกเปลี่ยนความรู้กับ
สมาชิกภายในกลุ่มได้เป็นอย่างดี เนื่องจากแต่ละคนมีวัยใกล้เคียงกัน นักเรียนทุกคนจะมีส่วนใน
การรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเพราะนักเรียนจะต้องเข้าร่วมกิจกรรมและแลกเปลี่ยนความรู้
ด้วยตนเอง การเรียนรู้จากกลุ่มจึงเป็นการฝึกการเป็นผู้นำและผู้ตามอย่าง ได้ผล เพราะเมื่อนักเรียน
ได้ทดลองหรือค้นคว้าจากหนังสืออ่านประกอบแล้ว แต่ละกลุ่มจะต้องเสนอรายงานในชั้นเป็น
กลุ่มๆไป ในการสอนแบบกลุ่ม เริ่มต้นจากการแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มมีจำนวนพอเหมาะ
ประมาณ 3-5 คน กิจกรรมส่วนใหญ่ภายในห้องเรียนจะดำเนินไปด้วยตัวของนักเรียนเอง ครูทำหน้าที่
ที่เป็นเพียงพี่เลี้ยงมากกว่าผู้บอกเล่า

ข้อดีของการสอนแบบกลุ่ม คือ เป็นการฝึกนักเรียนให้มีความรับผิดชอบต่อส่วนรวม
ให้รู้จักทำงานร่วมกัน เป็นการสอนที่สอดคล้องกับระดับพัฒนาการทางสติปัญญา และความ
สามารถนักเรียน

ข้อจำกัดของการสอนแบบกลุ่ม คือ นักเรียนที่ไม่รับผิดชอบก็จะไม่ทำงานที่ได้รับ
มอบหมาย

สรุปได้ว่า การสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีเนื้อหาหลากหลาย ต้องใช้วิธีสอนหลาย ๆ วิธี
ดังนั้นครูจึงจำเป็นต้องศึกษาวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ในแต่ละวิธี เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพ
ในการนำเสนอความรู้ โดยครูอาจเลือกวิธีใดวิธีหนึ่งหรือนำหลาย ๆ วิธีมาผสมผสานกันเพื่อให้
เหมาะสมกับสถานการณ์ของการเรียนการสอนและเร้าความสนใจของนักเรียนให้มีความสนใจ
ใคร่รู้ ติดตามอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ใช้วิธีการสอนในหลาย ๆ รูปแบบสำหรับ
การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนได้บรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

จิตวิทยาการเรียนรู้การสอนวิทยาศาสตร์

การสอนวิทยาศาสตร์ สิ่งหนึ่งที่ครูผู้สอนพึงใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน คือ การรู้จักนำจิตวิทยาไปใช้ในการเรียนการสอน โดยคำนึงถึงความพร้อมและความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน การเสริมแรงในการเรียนรู้ การจัดประสบการณ์ให้กับผู้เรียน รวมทั้งการใช้สื่อต่าง ๆ ประกอบในการเรียนการสอน สิ่งสำคัญที่ครูควรคำนึงถึง คือ หลักจิตวิทยาที่จะนำมาใช้ในการเรียนการสอน เช่น

ทฤษฎีของธอร์นไคค์ ธอร์นไคค์ (Edward L. Thorndike) เป็นนักจิตวิทยาและนักการศึกษา ได้ให้กำเนิดทฤษฎีการเรียนรู้ที่เน้นความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างสิ่งเร้ากับการตอบสนองเรียกทฤษฎีนี้ว่าทฤษฎีสัมพันธเชื่อมโยง (connectionism theory) โดยเชื่อว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ด้วยการที่มนุษย์ได้เลือกเอาปฏิกิริยาตอบสนองที่ถูกต้องมาเชื่อมต่อเข้ากับสิ่งเร้าอย่างเหมาะสม โดยอาศัยกฎการเรียนรู้ 3 กฎ (Hergenhahn & Olson, 1997, p. 60) ดังนี้

1. กฎแห่งความพร้อม (law of readiness) หมายถึง สภาพความพร้อมหรือความพร้อมวุฒิภาวะของผู้เรียนทั้งทางร่างกายและจิตใจ รวมทั้งพื้นฐานประสบการณ์เดิมที่จะเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ ตลอดจนความสนใจ ความเข้าใจต่อสิ่งที่เรียน ถ้าผู้เรียนมีความพร้อมก็จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้
2. กฎแห่งการฝึกหัด (law of exercise) หมายถึง การที่ผู้เรียนได้ฝึกหัดหรือกระทำซ้ำ ๆ บ่อย ๆ เป็นการเน้นความมั่นคงระหว่างการเรียนรู้และการตอบสนอง เมื่อนักเรียนเกิดการเรียนรู้สิ่งใดแล้วนำไปใช้อยู่เป็นประจำจะทำให้ความรู้คงอยู่คงทนถาวรและไม่ลืม
3. กฎแห่งความพอใจ (law of effect) กฎนี้เป็นผลที่ทำให้เกิดความพอใจ เมื่อแสดงพฤติกรรมการเรียนรู้แล้วได้รับความพอใจจากผลของการทำกิจกรรมก็จะเกิดผลดีกับการเรียนรู้ ทำให้อยากเรียนรู้เพิ่มขึ้น แต่ถ้าได้รับผลที่ไม่น่าพอใจก็จะทำให้ไม่อยากเรียนรู้หรือเบื่อหน่าย

จากทฤษฎีสัมพันธเชื่อมโยงของธอร์นไคค์ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนโดยมีหลักการจัดการศึกษาดังนี้ คือ (ทศนา แคมมณี, 2545, หน้า 51)

1. การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนแบบลองผิดลองถูกบ้าง (เมื่อพิจารณาแล้วว่าไม่ถึงกับเสียเวลามากเกินไป และไม่เป็นอันตราย) จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในวิธีการแก้ปัญหาจดจำการเรียนรู้ได้ดี และเกิดความภาคภูมิใจในการทำสิ่งต่าง ๆ ด้วยตนเอง

2. การสำรวจความพร้อมหรือการสร้างความพร้อมของผู้เรียนเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องกระทำก่อนการสอนบทเรียน เช่น การสร้างบรรยากาศให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเรียน การเชื่อมโยงความรู้เดิมมาสู่ความรู้ใหม่ การสำรวจความรู้ใหม่ การสำรวจความรู้พื้นฐาน เพื่อดูว่าผู้เรียนมีความพร้อมที่จะเรียนบทเรียนต่อไปหรือไม่

3. หากต้องการให้ผู้เรียนมีทักษะในเรื่องใดจะต้องช่วยให้เขาเกิดความเข้าใจในเรื่องนั้นอย่างแท้จริง แล้วให้ฝึกฝนโดยกระทำสิ่งนั้นบ่อย ๆ แต่ควรระวังอย่าให้ถึงกับซ้ำซาก จะทำให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่าย

4. เมื่อผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แล้วควรให้ผู้เรียนฝึกนำการเรียนรู้ไปใช้บ่อย ๆ

5. การให้ผู้เรียนได้รับผลที่ตนพึงพอใจ จะช่วยให้การเรียนการสอนประสบผลสำเร็จ การศึกษาว่าสิ่งใดเป็นสิ่งเร้าหรือรางวัลที่ผู้เรียนพึงพอใจจึงเป็นสิ่งที่สำคัญที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้

เพียเจท์ (Jean Piaget) เป็นนักจิตวิทยาชาวสวิส ได้ศึกษาเกี่ยวกับความคิดและความเข้าใจหรือการเรียนรู้ของเด็กในวัยต่าง ๆ แล้วตั้งทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา โดยมีความเชื่อว่าการพัฒนาทางด้านสติปัญญาและความคิดจะพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อมนุษย์มีปฏิสัมพันธ์ (interaction) กับสิ่งแวดล้อม เพียเจท์ ได้แบ่งขั้นพัฒนาการทางสติปัญญาออกเป็นขั้นตามลำดับออกเป็น 4 ระยะ คือ (Bukatko & Daehler, 1992, p. 318)

1. ระยะใช้ประสาทสัมผัส (sensory organs stage) เป็นการพัฒนาของเด็กตั้งแต่แรกเกิดจนถึงอายุ 2 ปี ในวัยนี้เด็กจะเริ่มพัฒนาการรับรู้โดยใช้ประสาทสัมผัสต่าง ๆ ตลอดจนเริ่มมีการพัฒนาการใช้อวัยวะให้สามารถทำงานเบื้องต้นได้ เช่น ฝึกใช้มือหยิบจับสิ่งของต่าง ๆ ฝึกการไต่ขึ้นและการมอง ฝึกเดิน ขึ้น ฝึกพูดและโต้ตอบ การพัฒนาเหล่านี้จัดเป็นการพัฒนาที่เป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาขั้นต่อไป เด็กในวัยนี้จึงเรียนรู้โดยการได้หยิบ จับ สัมผัสกับสิ่งต่าง ๆ รอบตัว

2. ขั้นควบคุมอวัยวะต่าง ๆ (preoperational stage) ขั้นนี้เริ่มตั้งแต่อายุ 2 ปี จนถึง 7 ปี เด็กวัยนี้ จะเริ่มมีพัฒนาการอย่างเป็นระบบมากขึ้น มีการพัฒนาของสมองเพื่อใช้ควบคุมการพัฒนาลักษณะนิสัย เช่น นิสัยการขับถ่าย มีการฝึกใช้อวัยวะต่าง ๆ ให้มีความสัมพันธ์กันภายใต้การควบคุมของสมองและเชื่อมโยงกับสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นรูปธรรมที่เด็กได้สัมผัส เช่น การเล่นเกม การขี่จักรยาน การล้อเล่น

3. ระยะที่คิดอย่างเป็นรูปธรรม (concrete operational stage) เป็นพัฒนาการในช่วงอายุ 7 ปี ถึง 11 ปี เด็กช่วงนี้จะมีการพัฒนาสมองมากขึ้นอย่างรวดเร็ว จนสามารถเรียนรู้และจำแนกสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นรูปธรรมได้แต่จะยังไม่สามารถสร้างจินตนาการกับเรื่องราวที่เป็นนามธรรมได้ เด็กในวัยนี้จึงสามารถเล่นสิ่งของที่เป็นรูปทรงต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี แต่ไม่สามารถเรียนรู้เรื่องราวที่เป็นนามธรรมได้ เช่น โครงสร้างอะตอม การถ่ายทอดทางพันธุกรรม

4. ระยะที่คิดอย่างเป็นนามธรรม (formal operational stage) เป็นพัฒนาการในช่วงสุดท้ายของเด็กอายุประมาณ 12–15 ปี ก่อนจะเป็นผู้ใหญ่ เด็กในช่วงนี้สามารถคิดอย่างเป็นเหตุและคิดในสิ่งที่ซับซ้อนอย่างเป็นนามธรรมได้มากขึ้น เมื่อเด็กพัฒนาได้อย่างเต็มที่แล้ว จะสามารถคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลและแก้ปัญหาได้อย่างดี จนพร้อมที่จะเป็นผู้ใหญ่ที่มีวุฒิภาวะต่อไป

จากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนโดยมีหลักการจัดการศึกษาดังนี้ คือ (ทิสนา แวมมณี, 2545, หน้า 51)

1. ในการพัฒนาเด็ก ควรคำนึงถึงพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็ก และจัดประสบการณ์ให้เด็กอย่างเหมาะสมกับพัฒนาการนั้น ไม่ควรบังคับให้เด็กเรียนในสิ่งที่ยังไม่พร้อมหรือยากเกินพัฒนาการตามวัยของตน เพราะจะก่อให้เกิดเจตคติที่ไม่ดีได้ เช่น การจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อให้เด็กเกิดการเรียนรู้ตามวัยของตนสามารถช่วยให้เด็กพัฒนาไปสู่พัฒนาการขั้นสูงได้ ในการสอนสิ่งที่ป็นรูปธรรม เพื่อช่วยให้เด็กเข้าใจลักษณะต่าง ๆ ได้ดีขึ้น แม้ในการพัฒนาการช่วงการคิดแบบรูปธรรมเด็กจะสามารถสร้างภาพในใจได้ แต่การสอนที่ใช้อุปกรณ์ที่เป็นรูปธรรมจะช่วยให้เด็กเข้าใจแจ่มชัดขึ้น

2. การให้ความสนใจและสังเกตเด็กอย่างใกล้ชิด จะช่วยให้ได้ทราบลักษณะเฉพาะตัวของเด็ก

3. ในการสอนเด็กเล็ก ๆ เด็กจะรับรู้ส่วนรวมได้ดีกว่าส่วนย่อย ดังนั้นครูจึงควรสอนภาพรวมก่อนแล้วจึงแยกสอนทีละส่วน

4. ในการสอนสิ่งใดให้กับเด็ก ควรเริ่มจากสิ่งที่เด็กคุ้นเคยหรือมีประสบการณ์มาก่อน แล้วจึงเสนอสิ่งใหม่ที่มีความสัมพันธ์กับสิ่งเก่า การทำเช่นนี้จะช่วยให้กระบวนการซึมซับและจัดระบบความรู้ของเด็กเป็นไปอย่างดี

5. การเปิดโอกาสให้เด็กได้รับประสบการณ์ และมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมมาก ๆ ช่วยให้เด็กดูดซึมข้อมูลเข้าสู่โครงสร้างทางสติปัญญาของเด็กอันเป็นการส่งเสริมพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็ก

จากทฤษฎีทางจิตวิทยาที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายอยู่ในขั้นการคิดเชิงเหตุผลเป็นนามธรรม ซึ่งสามารถเข้าใจในสิ่งที่ป็นนามธรรมได้ ดังนั้นในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ครูจึงควรจัดหาสื่อการเรียนการสอน เพราะการที่เด็กจะเกิดการเรียนรู้ได้ดี มีความองงามทางด้านสติปัญญา ส่วนหนึ่งย่อมเกิดมาจากการจัดสภาพแวดล้อมทางการเรียนการสอนที่ดี โดยให้เด็กได้มีประสบการณ์ตรงในด้านที่เป็นรูปธรรมให้มากที่สุด นั่นคือ การสอนโดยจัดให้มีวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ หรือให้เด็กได้พบเห็น

สิ่งต่าง ๆ ด้วยตนเอง เพื่อให้เนื้อหาบทเรียนมีความเป็นรูปธรรมง่ายแก่การเรียนรู้ และให้ผู้เรียนมีโอกาสเรียนรู้โดยการลงมือกระทำด้วยตนเองมากที่สุด

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จะประสบผลสำเร็จมากน้อยเพียงใด สิ่งที่จะสามารถบอกได้ คือ ผลการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งแนวทางที่จะทราบผลการเรียนรู้ คือ การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งจุดมุ่งหมายของการวัดผลสัมฤทธิ์ไว้ดังนี้ (Gronlund, 1993, p. 4)

1. เพื่อให้ทราบว่านักเรียนได้บรรลุเป้าหมายของการเรียนหรือไม่ นักเรียนมีความรู้ความสามารถมากน้อยเพียงใด เพื่อเปรียบเทียบหรือบันทึกความเจริญงอกงามของการเรียนรู้
2. เพื่อแก้ไขและปรับปรุงการเรียนการสอน โดยถือว่าการวัดผลสัมฤทธิ์เป็นองค์ประกอบหนึ่งในกระบวนการเรียนการสอน
3. เพื่อประเมินผล การวัดผลสัมฤทธิ์ทุกครั้งจะต้องมีการประเมินทุกครั้ง เพื่อจะได้ทราบว่านักเรียนอยู่ในตำแหน่งใดของกลุ่ม บรรลุเป้าหมายในสิ่งที่สอน

ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้น ต้องมีเครื่องมือวัด แบบทดสอบเป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยแบ่งประเภทของการทดสอบไว้ 2 ลักษณะพอสรุปได้ดังนี้

1. การทดสอบแบบอิงกลุ่ม เป็นการทดสอบที่เกิดจากแนวความที่เชื่อในเรื่องความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยถือว่าบุคคลมีความสามารถในการกระทำหรือปฏิบัติในเรื่องใด ๆ นั้น มีไม่เท่ากัน บางคนมีความสามารถเด่น บางคนมีความสามารถด้อย และส่วนใหญ่จะมีความสามารถปานกลาง การวัดแบบอิงกลุ่ม จึงเป็นแบบที่ใช้ในการจัดประเภทของกลุ่มคน ใช้ในการเรียงลำดับที่การเปรียบเทียบความสามารถของนักเรียนในด้านความถนัดของการเรียน ความสามารถในด้านภาษา และความสามารถทางด้านวิชาการ การทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์แบบอิงกลุ่มจะเป็นข้อสอบที่ครอบคลุมเนื้อหาวิชาการทั้งหมดเป็นส่วนใหญ่ ข้อสอบแต่ละข้อจะเป็นข้อสอบที่สามารถจำแนกนักเรียนได้และสร้างตามตารางวิเคราะห์หลักสูตร การทดสอบแบบนี้ยึดเอานักเรียนส่วนใหญ่เป็นหลักในการเปรียบเทียบกับคนอื่น ๆ ในกลุ่มเดียวกัน การแปลความหมายของคะแนนแบบนี้จะทำให้ครูทราบได้ว่านักเรียนแต่ละคนนั้นอยู่ในตำแหน่งใดของกลุ่มนั้นก็คือ คนที่มีความสามารถสูงจะได้คะแนนสูง คนที่มีความสามารถด้อยกว่าจะได้คะแนนลดหลั่นลงมาตามลำดับ

2. การทดสอบแบบอิงเกณฑ์ เป็นการทดสอบที่วัดแนวความเชื่อเรื่องการเรียนรู้ โดยพยายามส่งเสริมให้ผู้เรียนทั้งหมดหรือเกือบทั้งหมดประสบความสำเร็จในการเรียน นักเรียนทุกคนควรได้รับการส่งเสริมและพัฒนาให้ถึงขีดความสามารถสูงสุดของแต่ละคน การวัดผลสัมฤทธิ์แบบอิงเกณฑ์ใช้ในการวัดว่านักเรียนแต่ละคนมีความก้าวหน้าหรือเรียนได้ผลตามวัตถุประสงค์ของกระบวนการวิชาเพียงใด เป็นการประเมินความรู้และทักษะที่นักเรียนได้มีการพัฒนาขึ้นในแต่ละสาขาวิชา แบบวัดผลสัมฤทธิ์จะถูกสร้างขึ้นตามวัตถุประสงค์ของการสอนอย่างละเอียด ข้อสอบสร้างจากเนื้อหาวิชาเฉพาะและจำกัด ความสำเร็จของนักเรียนในการทำแบบทดสอบจะพิจารณาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐาน

มัทธนี กุฎาคาร (2542, หน้า 93) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ไว้ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอน ในขั้นนี้ผู้สอนต้องพิจารณาว่าต้องการให้ผู้เรียนเรียนแล้วเกิดพฤติกรรมอะไร ซึ่งผู้เขียนข้อสอบควรได้จากจุดมุ่งหมายของหลักสูตร
2. สร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร เพื่อดูรายละเอียดของจุดมุ่งหมายการสอนระหว่างเนื้อหากับพฤติกรรม
3. เขียนจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม โดยเขียนจากพฤติกรรมหลักในตารางวิเคราะห์หลักสูตร
4. การเขียนข้อคำถาม เขียนจากจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม โดยพิจารณาบอกการกระทำ
5. การพิจารณาข้อคำถาม ในขั้นนี้เป็นการเอาข้อคำถามที่เขียนตามจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมมาพิจารณา ดังนี้

5.1 พิจารณาข้อคำถามแต่ละข้อที่เขียนขึ้นมานั้น สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมหรือไม่ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านวัดผลเป็นผู้พิจารณาคัดสิน

5.2 พิจารณาข้อความครอบคลุมข้อคำถามในแต่ละจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม กล่าวคือให้ผู้เชี่ยวชาญทางเนื้อหาวิชาพิจารณาว่า จำนวนข้อคำถามในแต่ละจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมมีจำนวนเพียงพอหรือไม่

6. การเลือกข้อคำถาม ขั้นนี้จะต้องคัดเลือกคำถามที่มีความสอดคล้อง และครอบคลุมจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมเท่านั้น ส่วนข้อที่ไม่สอดคล้องจะตัดออก

7. การหาคุณภาพของแบบทดสอบ ขั้นนี้จะต้องนำแบบทดสอบไปทดสอบกับนักเรียน แล้วนำมาหาค่าความยากง่าย อำนาจจำแนก ความเชื่อมั่น และความเที่ยงตรงของแบบทดสอบต่อไป

8. จัดพิมพ์เป็นแบบทดสอบสมบูรณ์ ควรปฏิบัติดังนี้

8.1 เลือกข้อสอบให้ครบจำนวนข้อที่ต้องการ

8.2 สํารวจข้อสอบ ทั้งข้อความและรูปภาพ สัญลักษณ์ต่าง ๆ

8.3 แก้ไข ปรับปรุงให้เหมาะสม

8.4 ส่งให้เจ้าหน้าที่พิมพ์ แล้วตรวจทานให้เรียบร้อย

นักเรียนจะประสบความสำเร็จหรือไม่ ขึ้นอยู่กับการแสดงพฤติกรรมที่เป็นไปตามเกณฑ์ที่แสดงว่าสำเร็จหรือการรอบรู้ การวัดผลสัมฤทธิ์แบบอิงเกณฑ์จึงเป็นการวัด โดยเปรียบเทียบคะแนนของนักเรียนแต่ละคนกับเกณฑ์หรือคะแนนมาตรฐานที่กำหนดไว้ การวัดผลแบบนี้จะช่วยให้ครูทราบได้ว่า จะต้องปรับปรุงการสอนในเนื้อหาตอนใด เพื่อที่จะได้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ทำให้ครูได้ทราบความก้าวหน้าของนักเรียน นักเรียนอาจจะต้องใช้เวลาต่างกันจึงจะทำให้ได้ถึงเกณฑ์ที่กำหนด ครูอาจตั้งเกณฑ์สำหรับผู้ทดสอบผ่านไว้ 80% หรือ 85% ในการทำแบบทดสอบ ถ้านักเรียนผู้ใดไม่ผ่านเกณฑ์ ครูอาจจะต้องใช้วิธีการสอนเพิ่มเติมแล้วสอนซ่อมเสริมเพื่อให้ นักเรียนสามารถผ่านเกณฑ์ที่กำหนดได้

ชุดการสอน

ในปัจจุบันได้มีการส่งเสริมให้ใช้ชุดการสอนในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในโรงเรียนกันอย่างกว้างขวาง ซึ่งจะช่วยให้การพัฒนาคุณภาพของนักเรียนให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับความหมายของชุดการสอนมีผู้ให้ความหมายดังนี้

สมลักษณ์ ไพศาลวงศ์ (2543, หน้า 43) กล่าวว่า ชุดการสอน หมายถึง ชุดของสื่อประสมที่ประกอบขึ้นอย่างมีระบบ มีเหตุผล และสมบูรณ์ เป็นเครื่องมือถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ให้แก่ผู้เรียน ช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามเป้าหมาย พร้อมทั้งสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล ในชุดการสอนมักประกอบด้วย คู่มือครู คู่มือนักเรียน เนื้อหา กิจกรรม สื่อประสม และเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ลัดดา สุขปรีดี (2543, หน้า 126) กล่าวถึง ชุดการสอนว่าเป็นระบบสื่อประสมสำเร็จรูป เพื่อให้ครูใช้ในการสอนโดยที่ครูไม่ต้องเตรียมสื่ออื่น ๆ หรือวางแผนการสอนใหม่ ภายในชุดการสอนจะมีสื่อพิมพ์และสื่ออื่น ๆ รวมทั้งคำแนะนำวิธีการดำเนินการสอน พร้อมทั้งจะให้ครูนำไปใช้ในการสอนได้ทันทีโดยไม่มีข้อยุ่งยากอย่างใด เพียงแต่ครูพิจารณาว่าจุดมุ่งหมายของชุดการสอนตรงกับจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ครูก็สามารถนำชุดการสอนไปใช้ได้

บุญเกื้อ ควรหาเวช (2543, หน้า 91) กล่าวถึง ชุดการสอนว่าเป็นสื่อที่ครูนำมาใช้ประกอบการสอนจัดว่าเป็นสื่อประสม จัดขึ้นสำหรับหน่วยการเรียนรู้ตามหัวข้อเนื้อหาและประสบการณ์ ซึ่งชุดการสอนสามารถช่วยให้ผู้เรียนได้รับรู้อย่างมีประสิทธิภาพและช่วยให้ผู้สอนเกิดความมั่นใจในการสอนมากขึ้น

จากความหมายของชุดการสอนดังกล่าว สรุปได้ว่า ชุดการสอน คือ ชุดของสื่อประสมที่ประกอบขึ้นอย่างมีระบบ มีเหตุผลและสมบูรณ์ เป็นเครื่องมือถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ให้แก่ผู้เรียน เพื่อช่วยให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นพร้อมทั้งสนองความแตกต่างระหว่างของผู้เรียน โดยชุดการสอนประกอบด้วย คู่มือครู คู่มือนักเรียน เนื้อหา กิจกรรม สื่อประสม และเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยบรรจุลงในกล่องซึ่งสะดวกต่อการนำไปใช้ได้ทันที

ประเภทของชุดการสอน

บุญเกื้อ ควรหาเวช (2543, หน้า 94) ได้แบ่งประเภทของชุดการสอนออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. ชุดการสอนประกอบการบรรยาย เป็นชุดการสอนที่กำหนดกิจกรรมและสื่อการเรียน ที่มุ่งช่วยขยายเนื้อหาสาระการสอนแบบบรรยายให้ชัดเจนขึ้น ช่วยให้ผู้สอนพูดน้อยลง และให้สื่อการสอนทำหน้าที่แทน สื่อที่ใช้อาจเป็น แผ่นคำสอน สไลด์ประกอบเสียง บรรยายในเทป แผ่นภูมิ แผ่นภาพ ภาพยนตร์ วิดิทัศน์ เป็นต้น ชุดการสอนแบบบรรยายนี้นิยมใช้กับการฝึกอบรม และการสอนในระดับอุดมศึกษา

2. ชุดการสอนแบบกลุ่มกิจกรรม เป็นชุดการสอนที่มุ่งให้ผู้เรียนได้ประกอบกิจกรรมกลุ่ม เช่น ในการสอนแบบศูนย์การเรียนรู้ การสอนแบบกลุ่มสัมพันธ์ เป็นต้น ชุดการสอนแบบกลุ่มกิจกรรมมีกระบวนการผลิตสื่อการสอนตามหน่วยและหัวข้อเรื่องที่จะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ประกอบกิจกรรมร่วมกัน คือ ในลักษณะของห้องเรียน “แบบศูนย์การเรียนรู้” ชุดการสอนแบบกลุ่มกิจกรรมจะประกอบด้วยชุดการสอนย่อยตามศูนย์ที่แบ่งไว้ในแต่ละหน่วย ในแต่ละศูนย์มีสื่อหรือบทเรียนครบชุดตามจำนวนผู้เรียนในศูนย์กิจกรรมนั้น ๆ สื่อที่ใช้ในศูนย์จะจัดไว้ในรูปสื่อประสม อาจใช้สื่อเป็นรายบุคคลหรือสื่อสำหรับผู้เรียนทั้งศูนย์จะใช้ร่วมกันก็ได้ผู้เรียนที่เรียนจากชุดการสอนแบบกิจกรรมนี้จะแบ่งเป็นกลุ่ม ๆ แต่ละกลุ่มก็จะไปศึกษาตามศูนย์ที่กำหนดไว้ หมุนเวียนไปจนครบทุกศูนย์ผู้เรียนจะต้องการความช่วยเหลือจากครูเพียงเล็กน้อยในระยะเริ่มเรียนเท่านั้น หลังจากเคยชินต่อวิธีการใช้แล้วผู้เรียนจะสามารถช่วยเหลือกันและกันได้เองระหว่างการประกอบกิจกรรมการเรียน หากมีปัญหาก็สามารถซักถามครูได้เสมอ

3. ชุดการสอนรายบุคคล เป็นชุดการสอนที่มุ่งให้ผู้เรียนสามารถศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองตามความแตกต่างระหว่างบุคคล อาจเป็นการเรียนในโรงเรียนหรือที่บ้านก็ได้ เพื่อให้ผู้เรียนก้าวไปข้างหน้าตามความสามารถ ความสนใจ และความพร้อมของผู้เรียน ชุดการสอนรายบุคคล อาจออกมาในรูปของหน่วยการสอนย่อย

ชุดการสอนรายบุคคลนั้นผู้เรียนจะใช้เรียนด้วยตนเองตามลำดับขั้นที่ระบุไว้ อาจต้องใช้ห้องเรียนพิเศษที่เรียกว่า “ห้องเรียนรายบุคคล” ซึ่งมีลักษณะเป็นคูหาจัดเตรียมไว้สำหรับผู้เรียน นำชุดการสอนไปใช้ในคูหา ซึ่งมีอุปกรณ์อำนวยความสะดวก เช่น เครื่องเล่นเทป เครื่องฉายภาพจอเล็ก ๆ เป็นต้น เมื่อมีปัญหาระหว่างเรียนผู้เรียนจะปรึกษาหารือกันได้ ผู้สอนก็ต้องพร้อมที่จะให้ความช่วยเหลือทันทีในฐานะผู้ประสานงาน ผู้เรียนอาจนำชุดการสอนประเภทนี้ไปเรียนที่บ้านได้ด้วย โดยมีบุคลากรอื่น ๆ คอยให้ความช่วยเหลือ

4. ชุดการสอนทางไกล เป็นชุดการสอนที่ผู้สอนกับผู้เรียนอยู่ต่างถิ่น ต่างเวลากัน มุ่งสอนให้ผู้เรียนศึกษาได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องมาเข้าชั้นเรียน แต่สามารถเรียนได้เองที่บ้านโดยมีสื่อประสมต่าง ๆ ที่ผู้สอนจัดให้ เช่น เอกสารการสอน แบบฝึกปฏิบัติ เทปเสียงประกอบชุดวิชา รายการวิทยุกระจายเสียง รายการวิทยุโทรทัศน์ ตลอดจนเข้ารับการสอนเสริมตามศูนย์บริการการศึกษาที่จัดขึ้น การศึกษาโดยระบบการสอนทางไกลนี้ ความสำเร็จของการศึกษาจึงขึ้นอยู่กับตัวผู้เรียนเป็นส่วนใหญ่ ผู้สอนเป็นเพียงผู้จัดประสบการณ์ในรูปของสื่อต่าง ๆ และให้คำแนะนำในการศึกษาเท่านั้น ฉะนั้นผู้เรียนที่หวังความสำเร็จในการศึกษาโดยระบบนี้จึงจำเป็นต้องมีวินัยและความควบคุมตนเองได้ อีกทั้งต้องยึดมั่นในแนวปฏิบัติตามคำแนะนำที่กำหนดไว้อย่างเคร่งครัด

องค์ประกอบของชุดการสอน ลัดดา สุขปรีดี (2543, หน้า 127) มีส่วนประกอบดังนี้

1. คู่มือครู ซึ่งประกอบด้วย

1.1 บัตรชี้แจง (job card) ข้อมูลเกี่ยวกับผู้เรียน เวลา และสภาพของห้องเรียนที่จะใช้สอน บัตรรายการบอกชนิดของสื่อและวิธีใช้ตามลำดับ

1.2 บันทึกการสอน ซึ่งประกอบด้วยจุดมุ่งหมายของบทเรียนและจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมของผู้เรียน รายละเอียดเกี่ยวกับเนื้อหาวิชา แสดงวิธีสอน การดำเนินกิจกรรมและการจัดประสบการณ์ตลอดจนคำแนะนำการใช้สื่อการเรียนการสอน เอกสารอ้างอิงเพื่อการค้นคว้า และวิธีการวัดผล

2. สื่อการเรียนการสอนที่ใช้ในขบวนการสอนทั้งหมด ซึ่งจะจัดทำมาให้เหมาะกับเนื้อหาวิชาและกิจกรรมที่กำหนดในบันทึกการสอน สื่อการเรียนการสอนที่บรรจุอยู่ในชุดการสอนนี้ บางชุดอาจมีทั้งที่สร้างขึ้นให้ครูใช้ประกอบการอธิบายกับนักเรียนเป็นกลุ่มใหม่ที่เรียกว่า “สื่อการสอน” หรือ อาจจะมีสื่อการเรียน ซึ่งมีไว้ให้ครูแจกให้ผู้เรียนได้ใช้ประกอบการเรียนเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มย่อย ๆ ก็ได้ สื่อต่างๆ เช่น รูปภาพ หุ่นจำลอง แผนภูมิ บัตรคำ หรือ เป็นสื่ออื่น ๆ เช่น เทปบันทึกเสียง สไลด์ เป็นต้น

3. แบบทดสอบและประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียนหลังจากการสอนเสร็จสิ้นลง แนวคิดที่นำไปสู่การผลิตชุดการสอน บุญเกื้อ ครอบหาเวช (2543, หน้า 92) ได้ให้แนวคิดที่จะนำไปสู่การผลิตชุดการสอนไว้ ดังนี้

แนวคิดที่ 1 คือ ทฤษฎีความแตกต่างระหว่างบุคคล นักการศึกษาได้นำหลักจิตวิทยามาประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน โดยคำนึงถึงความต้องการความถนัดและความสนใจของผู้เรียนเป็นสำคัญ ความแตกต่างระหว่างบุคคลมีหลายด้าน คือ ความสามารถ สถิติปัญญา ความต้องการ ความสนใจ ร่างกาย อารมณ์ สังคม เป็นต้น การจัดการเรียนการสอนโดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล วิธีการที่เหมาะสมที่สุด คือ การจัดการสอนรายบุคคลหรือการศึกษาตามเอกัตภาพและการศึกษาด้วยตนเอง ซึ่งส่วนเป็นวิธีเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีอิสระในการเรียนตามสถิติปัญญา ความสามารถและความสนใจ โดยมีครูคอยแนะนำช่วยเหลือตามความเหมาะสม

แนวคิดที่ 2 คือ ความพยายามที่จะเปลี่ยนการเรียนการสอนไปจากเดิมที่เคยยึด “ครู” เป็นแหล่งความรู้หลักมาเป็นการจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนด้วยการใช้แหล่งความรู้จากสื่อการสอนแบบต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยวัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ ซึ่งจะต้องจัดให้ตามเนื้อหาและประสบการณ์ตามหน่วยการสอนวิชาต่าง ๆ การเรียนด้วยวิธีนี้ครูจะถ่ายทอดความรู้ให้แก่ผู้เรียนเพียงหนึ่งในสามของเนื้อหาทั้งหมด ส่วนอีกสองส่วนผู้เรียนจะศึกษาด้วยตนเองจากที่ผู้สอนเตรียมไว้ในรูปของชุดการสอน

แนวคิดที่ 3 คือ การใช้โสตทัศนูปกรณ์ได้เปลี่ยนและขยายตัวออกไปเป็นการผลิตสื่อการสอนแบบประสมให้เป็นชุดการสอน โดยการจัดระบบการใช้สื่อหลายอย่างบูรณาการให้เหมาะสม และ ใช้เป็นแหล่งความรู้สำหรับนักเรียนแทนการให้ครูเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้แก่นักเรียนอยู่ตลอดเวลา

แนวคิดที่ 4 คือ ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน นักเรียนกับนักเรียน และนักเรียนกับสภาพแวดล้อม แต่เดิมนักเรียนเป็นฝ่ายรับความรู้จากครูเท่านั้น ครูมิได้เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างเสรี นักเรียนไม่มีโอกาสฝึกฝนทำงานร่วมกันเป็นหมู่คณะ เชื้อฟังและเคารพความคิดเห็นของผู้อื่น เมื่อโตขึ้นจึงทำงานร่วมกันได้ นอกจากนี้ปฏิกริยาสัมพันธ์

ระหว่างนักเรียนกับสภาพแวดล้อมมักอยู่กับข้อถกเถียง กระดานดำและแบบเรียน การเรียนการสอนจึงจัดอยู่เพียงในห้องเรียนเป็นส่วนใหญ่ จึงได้มีการนำกระบวนการกลุ่มสัมพันธ์มาใช้ในการเรียนการสอนเป็นการเปิดโอกาสให้เด็กได้ประกอบกิจกรรมร่วมกัน ซึ่งนำมาสู่การจัดระบบการผลิตสื่อออกมาในรูปของชุดการสอน

แนวคิดที่ 5 การจัดสภาพสิ่งแวดล้อมการเรียนรู้ได้ยึดหลักจิตวิทยาการเรียนรู้มาใช้ โดยจัดสภาพการณ์ออกมาเป็นการสอนแบบโปรแกรม ซึ่งหมายถึงระบบการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ดำเนินการต่าง ๆ ดังนี้ เช่น เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง ทราบว่าการตัดสินใจหรือการทำงานของตนถูกหรือผิดอย่างไร มีการเสริมแรงบวกที่ทำให้นักเรียนภาคภูมิใจที่ได้ทำถูกหรือคิดผลอันจะทำให้กระทำพฤติกรรมนั้นซ้ำอีกในอนาคต ได้เรียนรู้ไปทีละขั้นตามความสามารถและความสนใจของนักเรียนเอง

การจัดสถานการณ์ที่จะเอื้ออำนวยต่อการเรียนรู้ ตามนัยดังกล่าวข้างต้นนี้จะต้องมีเครื่องมือช่วยให้บรรลุจุดหมายปลายทาง โดยการจัดการเรียนการสอนโปรแกรมในรูปของกระบวนการและการใช้ชุดการสอนเป็นเครื่องมือสำคัญ

ขั้นตอนการสร้างชุดการสอน ขั้นตอนในการจัดทำชุดการสอนเริ่มจากการแบ่งหมวดหมู่ของเนื้อหาวิชาออกเป็นหน่วย แต่ละหน่วยแบ่งเป็นเรื่องที่มีความสัมพันธ์กันมีการกำหนดมโนทัศน์จุดมุ่งหมาย กิจกรรมการเรียนรู้ เมื่อผลิตสื่อการเรียนออกมาแล้วจะรวมกันไว้เป็นหมวดหมู่ตามหน่วยของแต่ละวิชาโดยใส่กล่องแล้วแต่เห็นเหมาะสม ก่อนที่นำไปใช้ในห้องเรียนจะมีการทดลองประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้เสียก่อน โดยปรับปรุงจนกระทั่งชุดการสอนมีคุณภาพที่จะช่วยให้ผู้เรียนได้จริงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ การผลิตชุดการสอนได้แบ่งขั้นตอนการสร้างชุดการสอนเป็น 10 ขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาเนื้อหาสาระของวิชาอย่างละเอียด เมื่อทราบจุดมุ่งหมายว่าวิชาที่จะนำมาสร้างชุดการสอนนั้นเน้นหลักการเรียนรู้อะไรบ้าง แล้วพิจารณาแบ่งเป็นหน่วยการเรียนการสอนย่อย ซึ่งควรเรียงลำดับขั้นตอนของเนื้อหาสาระตามสิ่งที่จำเป็นต้องเรียนรู้ก่อนหลังและตามขั้นตอนของความรู้และลักษณะของวิชานั้น ๆ

2. เมื่อศึกษาเนื้อหาสาระและแบ่งหน่วยการเรียนการสอนได้แล้วให้พิจารณาว่าจะสร้างชุดการสอนแบบใด โดยคำนึงถึงผู้เรียนคือใคร จะให้อะไรกับผู้เรียน จะให้ทำกิจกรรมอย่างไร และจะทำได้ดีเพียงใด

3. กำหนดหน่วยการเรียนการสอน โดยประมาณเนื้อหาสาระให้เหมาะสมกับเวลาที่กำหนด

4. กำหนดจุดประสงค์ของการเรียนเชิงพฤติกรรมให้สอดคล้องกับความคิดรวบยอด และครอบคลุมเนื้อหาสาระของการเรียนรู้

5. กำหนดความคิดรวบยอดให้สอดคล้องกับหน่วยและหัวเรื่อง

6. วิเคราะห์งาน โดยนำจุดประสงค์การเรียนรู้แต่ละข้อมาวิเคราะห์งานเพื่อคิดกิจกรรม การเรียนการสอน แล้วจัดลำดับกิจกรรมการเรียนการสอนให้เหมาะสมถูกต้องสอดคล้องกับ จุดประสงค์ที่กำหนดไว้แต่ละข้อ

7. วางแผนกิจกรรมการเรียนการสอนตามที่ได้วิเคราะห์งานไว้แล้ว

8. การผลิตสื่อการเรียนหรือระบุข้อเสนอแนะการจัดทำหรือจัดหาสื่อการเรียนอย่าง ละเอียด สื่อการเรียนควรจะพิจารณาสิ่งที่หาได้ง่าย ราคาถูกสะดวกต่อการใช้ แต่ใช้ได้ผลคือ ช่วยการเรียนการสอนได้ผลสัมฤทธิ์สูง

9. วางแผนการประเมินผล ทั้งการประเมินก่อนการเรียน และ หลังการเรียน

10. ทดลองใช้ชุดการสอนเพื่อหาประสิทธิภาพ การหาประสิทธิภาพของชุดการสอน เพื่อปรับปรุงให้เหมาะสม ควรนำไปทดลองใช้กับกลุ่มเล็ก ๆ ดูก่อน เพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่อง และแก้ไขปรับปรุงแล้วจึงนำไปทดลองใช้กับเด็กกลุ่มใหญ่ การทดลองใช้ชุดการสอนเพื่อตรวจสอบ ข้อบกพร่องนั้นจะพิจารณาสิ่งต่อไปนี้

10.1 ชุดการสอนนั้นต้องการความรู้พื้นฐานของผู้เรียนหรือไม่

10.2 กิจกรรมการเรียนการสอนและสื่อการเรียนเหมาะสมหรือไม่ มีปัญหาหรือ อุปสรรคอะไรบ้าง

10.3 เนื้อหาสาระ ความคิดรวบยอด และจุดประสงค์ล้องของเหมาะสมกัน หรือไม่

10.4 การประเมินผลก่อนและหลังเรียนเหมาะสมและให้ความเชื่อมั่นมากน้อย เพียงใด

ในการผลิตชุดการสอนนั้นต้องกำหนดจุดมุ่งหมาย เนื้อหา กิจกรรมการเรียนการสอน พร้อมกำหนดสื่อที่จะใช้ เพื่อให้บรรลุจุดมุ่งหมายอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นเครื่องมือที่ช่วยทั้ง ผู้เรียนและผู้สอนให้ได้รับความสะดวกในการเรียนรู้ เพราะได้วางแผนทุกอย่างไว้อย่างดี และผ่านการหาประสิทธิภาพมาแล้ว

การทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอน ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2542, หน้า 85) ได้อธิบายว่า การทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอน หมายถึง การนำชุดการสอนไปใช้เพื่อปรับปรุงแล้วก็นำไป ใช้จริง นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข เสร็จแล้วจึงผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก เหตุผลและความ จำเป็นในการหาประสิทธิภาพคือ

1. เป็นการประกันคุณภาพของชุดการสอนว่าอยู่ในขั้นสูง เหมาะสมที่จะผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก หากไม่มีการหาประสิทธิภาพเสียก่อนเมื่อผลิตออกมาใช้ประโยชน์ไม่ได้ดีก็จะต้องทำใหม่เป็นการสิ้นเปลืองทั้งเวลา แรงงานและค่าใช้จ่าย

2. ชุดการสอนจะทำหน้าที่ช่วยครูผู้สอน เพื่อให้ผู้เรียนได้เปลี่ยนพฤติกรรมตามที่คาดหวัง ดังนั้นก่อนนำไปใช้ครูจึงควรมั่นใจว่า ชุดการสอนนั้นมีประสิทธิภาพในการช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จริง

3. การทดสอบประสิทธิภาพจะทำให้ผู้ผลิตมั่นใจได้ว่าเนื้อหาสาระที่บรรจุลงในชุดการสอนเหมาะสม ง่ายต่อการเข้าใจ อันจะช่วยให้ผู้ผลิตมีความชำนาญขึ้น และเป็นการประหยัดแรงงาน เวลา และค่าใช้จ่ายในการเตรียมต้นฉบับ

การทดสอบประสิทธิภาพชุดการสอน ต้องกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพไว้เพื่อให้ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีคุณภาพ

เกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึงระดับประสิทธิภาพของชุดการสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เป็นระดับที่ผู้ผลิตชุดการสอนจะพึงพอใจว่า หากชุดการสอนมีประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้ว ชุดการสอนนั้นก็จะมีคุณค่าที่จะนำไปสอนนักเรียนและคุ้มค่าแก่การลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้โดยการประเมินพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) ประเมินจากพฤติกรรมย่อยหลาย ๆ พฤติกรรมที่สังเกตจากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม หรือ กิจกรรมอื่นที่ผู้สอนได้กำหนดไว้ และพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (ผลลัพธ์) ซึ่งประเมินจากการสอบหลังเรียน โดยกำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E_1 (ประสิทธิภาพกระบวนการ) และ E_2 (ประสิทธิภาพผลลัพธ์)

ประสิทธิภาพของชุดการสอนจะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหวังว่า ผู้เรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ โดยกำหนดให้เป็นเปอร์เซ็นต์ของผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงาน และการประกอบกิจกรรมของนักเรียนทั้งหมดต่อเปอร์เซ็นต์ของผลทดสอบของนักเรียนทั้งหมด นั่นคือ E_1/E_2 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ / ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

การกำหนดเกณฑ์ E_1/E_2 ให้มีค่าเท่าใดนั้นผู้สอนเป็นผู้พิจารณาเอง ซึ่งปกติมักจะตั้งไว้ 80/80 สำหรับในเนื้อหาที่เป็นทักษะ หรือ 90/90 ในเนื้อหาที่เป็นความจำ

ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ ชุดการสอนที่สร้างเสร็จครั้งแรกนั้นจำเป็นที่จะต้องนำชุดการสอนที่สร้างนี้ไปทดสอบประสิทธิภาพตามขั้นตอนต่าง ๆ ซึ่งได้กล่าวถึงขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพไว้ดังนี้

ขั้นที่ 1 แบบเดี่ยว เป็นการทดลองกับผู้เรียน 1 คน โดยทดลองกับเด็กอ่อน ปานกลาง และเด็กเก่ง คำนวณประสิทธิภาพแล้วปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยปกติคะแนนที่ได้จากการทดลองแบบ

เดี๋ยวนี้อาจได้คะแนนต่ำกว่าเกณฑ์มาก เมื่อปรับปรุงชุดการสอนแล้วประสิทธิภาพจะสูงขึ้นอีกมาก ในการทดสอบแบบกลุ่มต่อไป ในขั้นนี้จะมีประสิทธิภาพ 60/60

ขั้นที่ 2 แบบกลุ่ม เป็นการทดลองกับผู้เรียน 6-10 คน (ละผู้เรียนที่เก่งกับอ่อน) คำนวณหาประสิทธิภาพแล้วปรับปรุงข้อบกพร่องอีกครั้งหนึ่ง ในคราวนี้คะแนนของผู้เรียนจะเพิ่มขึ้นอีกเกือบเท่าเกณฑ์ โดยเฉลี่ยจะห่างจากเกณฑ์ประมาณ 10 เปอร์เซนต์ ซึ่งก็คือ ประสิทธิภาพจะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 70/70

ขั้นที่ 3 ขั้นปฏิบัติจริง เป็นการทดลองกับผู้เรียนทั้งชั้นประมาณ 40-100 คน คำนวณหาประสิทธิภาพแล้วปรับปรุง ผลลัพธ์ที่ได้ควรใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้และต่ำกว่าเกณฑ์ไม่เกิน 2.5 เปอร์เซนต์ก็ให้ยอมรับ หากแตกต่างกันมาก ผู้สอนต้องกำหนดเกณฑ์หาประสิทธิภาพของชุดการสอนใหม่ โดยยึดสภาพความเป็นจริงเป็นเกณฑ์ การยอมรับประสิทธิภาพของชุดการสอนใหม่ โดยยึดสภาพความเป็นจริงเป็นเกณฑ์การยอมรับประสิทธิภาพของชุดการสอนมี 3 ระดับ คือสูงกว่าเกณฑ์ เท่าเกณฑ์ และต่ำกว่าเกณฑ์แต่ยอมรับได้ว่ามีประสิทธิภาพ

ประโยชน์ของชุดการสอน บุญเกื้อ ควรหาเวช (2543, หน้า 110) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของชุดการสอนไว้ดังนี้ คือ ช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพและส่งเสริมการเรียนรู้แบบรายบุคคล ผู้เรียนเรียนรู้ได้ตามความสามารถ ความสนใจ ตามเวลาและโอกาสที่เหมาะสมของแต่ละคน ช่วยขจัดปัญหาการขาดแคลนครูเพราะชุดการสอนช่วยให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง หรือต้องการความช่วยเหลือจากครูผู้สอนเพียงเล็กน้อย ช่วยในการศึกษานอกระบบโรงเรียน เพราะผู้เรียนสามารถนำชุดการสอนไปใช้ได้ทุกสถานการณ์และทุกเวลา ช่วยลดภาระและช่วยสร้างความพร้อมและความมั่นใจให้แก่ครู เพราะชุดการสอนผลิตไว้เป็นหมวดหมู่ สามารถนำมาใช้ได้ทันที เป็นประโยชน์ในการสอนแบบศูนย์การเรียน ช่วยให้ครูวัดผลผู้เรียนได้ตรงตามจุดมุ่งหมาย เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น ฝึกการตัดสินใจแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง และมีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม ช่วยให้ผู้เรียนได้รับความรู้แนวเดียวกันอย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยฝึกให้ผู้เรียนรู้จักเคารพ นับถือ ความคิดเห็นของผู้อื่น

สรุปได้ว่า ชุดการสอนมีประโยชน์ในการจัดการเรียนการสอน เพราะช่วยให้ผู้เรียนได้รับความรู้ในแนวเดียวกันและมีความสะดวกในการสอนของครู ไม่ต้องเสียเวลาเตรียมและผลิตอุปกรณ์ในการสอน ครูสามารถนำไปใช้ได้เลย ที่สำคัญชุดการสอนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสอนของครูได้เป็นอย่างดี

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยภายในประเทศ งานวิจัยภายในประเทศที่เกี่ยวข้องกับชุดการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์มีดังนี้

พุทธร พรวิโนทพรรณ์ (2540) ได้วิจัยเรื่องการสร้างชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง เรื่อง กลไกมนุษย์ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนทุ่งสุขลาพิทย “กรุงไทยอนุเคราะห์” จำนวน 30 คน พบว่า ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเองที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นทั้ง 4 ชุด มีประสิทธิภาพโดยเฉลี่ย 80.25/100 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่ามาตรฐาน 80/80 ตามสมมติฐานที่ตั้งไว้และเมื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า ค่าความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนและหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่ผู้ทรงคุณวุฒิกำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อัครเดช สมศิลา (2540) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนอุดรธานีพิทยาคม จำนวน 36 คน โดยใช้ชุดการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนในกลุ่มทดลองที่สอนโดยใช้ชุดการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมพงษ์ โพธิ์แก้ว (2540) ได้วิจัยเรื่องการสร้างชุดการสอนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การชนและโมเมนตัม โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนพุทธรังสีพิบูล จำนวน 60 คน ผลการวิจัยพบว่า ชุดการสอนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพเฉลี่ย 80.87/92.67 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนภายหลังเรียนด้วยชุดการสอนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เครือวัลย์ พิงสุรินทร์ (2541) ได้วิจัยเรื่องการสร้างชุดการสอนกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตเรื่อง พืช โดยใช้กลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนชุมชนบ้านบางเสร่ จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 94.66/95.33 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้

คณิงนิจ ชูติมาสถาพร (2542) ได้วิจัยเรื่องการสร้างชุดการสอนกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต เรื่อง สารเคมี โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนพนัสศึกษาลัย จำนวน 70 คน ผลการวิจัยพบว่าชุดการสอนมีประสิทธิภาพ 91.43/88.57 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ใช้ชุดการสอนสูงกว่านักเรียนที่สอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สารณี จันกุล (2543) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง โลก ดวงดาวและอวกาศ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสิงหวิทยาคม จำนวน 60 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 30 คน โดยใช้ชุดการสอนกับการสอนปกติ ผลการศึกษาค้นพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดการสอนสูงกว่านักเรียนที่เรียนตามวิธีปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จรัสวลัย สนทนา (2544) ได้วิจัยเรื่องการสร้างชุดการสอนกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต เรื่อง สารเคมี โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 60 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 30 คนและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยชุดการสอนกับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามปกติ ผลการวิจัยพบว่า การสร้างชุดการสอนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 93.79/80.00 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดการสอนสูงกว่านักเรียนที่เรียนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ปัญญา สุขศิริ (2545) ได้วิจัยเรื่องการสร้างชุดการสอนกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต เรื่อง ชีวิตในบ้าน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดเนินพระ จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า ชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 92.08/86.66 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้

งานวิจัยต่างประเทศ

นิโคลาส (Nicholas, 1992) ได้ศึกษาอิทธิพลของชุดสื่อวีดิทัศน์ในการช่วยความจำเป็นชุดสื่อการเรียนรายบุคคล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 60 คน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 20 คน ทดลองโดยกลุ่มที่ 1 ให้ดูชุดสื่อวีดิทัศน์ด้วยตนเอง กลุ่มที่ 2 ให้ดูชุดสื่อวีดิทัศน์โดยครูเป็นผู้แนะวิธีจำ กลุ่มที่ 3 ให้ดูชุดสื่อวีดิทัศน์และแบบฝึกช่วยจำ หลังจากนั้นหนึ่งสัปดาห์ให้นักเรียนทั้ง 3 กลุ่มทำแบบทดสอบเพื่อวัดความจำ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่ 3 สามารถเขียนคำในสื่อวีดิทัศน์ได้ถูกต้องมากที่สุด

พัลโล (Paulo, 1994) ได้ศึกษาผลของชุดการสอนวีดิทัศน์ในการฝึกทักษะการซื้อของเด็กออทิสซึม เป็นชุดการสอนรายบุคคล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่มีอาการออทิสซึม 3 คน โดยใช้ชุดฝึกทักษะการซื้อที่ประกอบด้วย เครื่องมืออุปกรณ์ของจริงเพื่อวัดโปรแกรมการฝึก โดยทดลองกับร้านขายของชำ ภายหลังจากฝึกได้ 2 ร้านแล้ว นักเรียนทั้งหมดเกิดการเรียนรู้เพิ่มขึ้นระดับหนึ่งสามารถปฏิบัติกับร้านที่ 3 ได้ดีขึ้น ผลการวิจัยพบว่า การใช้ชุดการสอนวีดิทัศน์เป็นเครื่องมือที่ในการฝึกและสอนทักษะการดำรงชีวิตในสังคม

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยเกี่ยวกับชุดการสอนทั้งในประเทศและต่างประเทศ พอสรุปได้ว่า ชุดการสอนสามารถจะนำไปพัฒนาการเรียนการสอนให้ได้ผลดี เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ตามความสามารถของตนเองทั้งเป็นรายบุคคลและกลุ่ม ซึ่งกิจกรรมการเรียนการสอนแบบนี้ช่วยให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง สามารถคิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาได้ และรู้จักการทำงานเป็นหมู่คณะมีความรับผิดชอบและตัดสินใจด้วยตนเอง และช่วยให้การเรียนการสอนของครูมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น