

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการทำวิจัยเรื่อง การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง งานและพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นผู้วิจัยศึกษาค้นคว้าจากเนื้อหาหลักสูตร เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามลำดับดังนี้

2.1 ทฤษฎีเนื้อหา เรื่อง งานและพลังงาน

2.1.1 แรงแและงาน

ตามความหมายที่ใช้กันทั่วไป แรงแ (Force) หมายถึง สิ่งทีกระทำต่อวัตถุในรูปของการพยายามดึงหรือผลักให้วัตถุเคลื่อนที เมื่อมีแรงแกระทำต่อวัตถุ วัตถุอาจเคลื่อนทีหรือไม่เคลื่อนที ทั้งนี้เพราะมีแรงแอื่นกระทำต่อวัตถุด้วย เช่น ถ้าวัตถุวางอยู่บนพื้น แรงแเสียดทานระหว่างพื้นกับวัตถุกระทำต่อวัตถุด้วย หากแรงแทีกระทำต่อวัตถุไม่มากพอทีจะเอาชนะแรงแเสียดทานวัตถุทำให้ไม่มีการเคลื่อนที ซึงในทางฟิสิกส์ถือว่ ถ้าวออกแรงแผลก้ววัตถุแล้ววัตถุไม่เคลื่อนที แสดงว่การออกแรงแนั้นไม่เกิดงาน แต่ถ้าวออกแรงแผลก้ววัตถุแล้ววัตถุเคลื่อนทีไปโดยเคลื่อนทีด้วยความเร็วคงตัวหรือไม่ก็ตาม แสดงว่การออกแรงแนั้นเกิดงาน แรงแเป็นปริมาณเวกเตอร์ คือ แรงแเป็นปริมาณทีต้องกำหนดด้วยทั้งขนาดและทิศทางจึงจะมีความชัดเจนสมบูรณ์

งานเมื่อแรงแคงตัว เป็นกรณีทีวัตถุถูกดึงหรือถูกผลักด้วยแรงแทีมีขนาดคงตัวให้เคลื่อนทีไป การเคลื่อนทีของวัตถุจะเคลื่อนทีด้วยความเร็วคงตัวหรือด้วยความเร่งก็ได้ นิยามได้ว่ งาน คือ “ผลการกระทำของแรงแต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุเคลื่อนทีหรือพยายามจะเคลื่อนทีในทิศทางของแรงแ” เขียนเป็นสมการได้

$$W = \int \vec{F} \cdot d\vec{S} \quad (2.1)$$

เมื่อ	\vec{F}	คือ	ขนาดของแรงแทีทำให้เกิดงาน	มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)
	$d\vec{S}$	คือ	การกระจัด	มีหน่วยเป็น เมตร(m)
	W	คือ	งาน	มีหน่วยเป็น นิวตันต่อเมตร (N/m) หรือ จูล (J)

2.1.2 กฎการเคลื่อนทีของนิวตัน (Newton's law of motion)

เมื่อวัตถุเคลื่อนทีจะมีแรงแภายนอก (External force) มากกระทำเสมอ เช่น การออกแรงแผลก้วล่องใบหนึ่งซึงวางไว้บนโต๊ะ ถ้าวแรงแทีผลก้วมีขนาดมากกว่าแรงแเสียดทานระหว่างล่องกับพื้นโต๊ะล่องทำให้เคลื่อนทีไปได้ระยะหนึ่งแล้วจึงหยุด เมื่อทำให้พื้นโต๊ะลื่นซึ้นโดยทาด้วยน้ำมันแล้วผลก้วด้วยแรงแขนาดเท่าเดิมพบว่า ระยะทีล่องเคลื่อนทีได้มีค่ามากกว่าครั้งแรก ถ้าวสามารถทำให้ผิวสัมผัสระหว่างล่องกับพื้นโต๊ะไม่มีแรงแเสียดทานแล้ว ล่องจะเคลื่อนทีทีลลลลไป

ในทิศของแรงผลักรวมกว่าจะชนกับผนัง เราเรียกแรงที่ใช้ผลักกล่องให้เคลื่อนที่ว่า “ แรงภายนอก ” ซึ่งเป็นแรงจากที่อื่นหรือจากวัตถุอื่นมากระทำต่อวัตถุที่กำลังพิจารณา

พิจารณาวัตถุ 2 ชนิด ซึ่งมีขนาดเท่ากันทุกประการ เช่น วัตถุอันแรกทำจากเหล็ก ส่วนอีกอันหนึ่งทำจากไม้ เมื่อออกแรงผลักหรือยกวัตถุทั้งสองรู้สึกได้ว่าวัตถุที่ทำจากเหล็กต้องใช้แรงมากกว่า แสดงว่าในขณะที่เราออกแรงกระทำวัตถุจะต่อต้านการเปลี่ยนแปลงเรียกว่า “ สภาพการต้านทานหรือต่อต้านการเปลี่ยนสภาวะการเคลื่อนที่ ” ของวัตถุหรือเรียกว่า “ ความเฉื่อย ” ของวัตถุ ถ้าออกแรงกระทำต่อวัตถุทั้งสองด้วยแรงขนาดเท่ากันพบว่าวัตถุที่มีมวลมากมีความเร่งน้อย ดังนั้น มวลของวัตถุสามารถใช้บอกปริมาณของความเฉื่อยได้ เมื่อวัตถุชนกันทำให้ความเร็วของมันมีการเปลี่ยนแปลง นิวตันสรุปว่า “ เมื่อวัตถุอิสระสองก้อนชนกัน อัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงความเร็วของวัตถุทั้งสองก่อนและหลังชนในแนวเส้นผ่านจุดศูนย์กลางจะมีค่าคงที่ ”

นิยามของมวล คือ มวลเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของวัตถุซึ่งไม่ขึ้นกับสภาพแวดล้อมของวัตถุนั้น อีกทั้งยังไม่ขึ้นกับวิธีวัดมวล นอกจากนี้มวลยังเป็นตัวบ่งบอกหรือเป็นตัวแทนของ “ ความเฉื่อย ” โดยขนาดของมวลไม่ว่าจะหาได้จากความเฉื่อยหรือความโน้มถ่วงจะมีค่าเท่ากัน

กฎข้อที่ 1 ของนิวตัน (Newton's first law) กล่าวว่า “ วัตถุจะรักษาสภาวะอยู่นิ่ง หรือสภาวะเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอในแนวเส้นตรง นอกจากมีแรงลัพธ์มากระทำ ” ขยายความได้ว่า ถ้าวัตถุนั้นนิ่งอยู่ไม่เคลื่อนไหวก็ยังคงนิ่งอยู่อย่างนั้น แต่ถ้าวัตถุนั้นกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ($a=0$) ก็ยังคงเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ต่อไปตราบใดที่ไม่มีแรงภายนอกมากระทำ

กฎข้อที่ 2 ของนิวตัน (Newton's second law) กล่าวว่า “ ความเร่งของอนุภาคเป็นปฏิภาคโดยตรงกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่ออนุภาค โดยมีทิศทางเดียวกัน และเป็นปฏิภาคผกผันกับมวลของอนุภาค ”

กฎข้อที่ 3 ของนิวตัน (Newton's third law) กฎข้อนี้กล่าวว่า “ ทุกแรงกิริยาย่อมมีแรงปฏิกิริยาซึ่งมีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศตรงข้ามกันเสมอ กฎข้อนี้เรียกว่า กฎของกิริยาและปฏิกิริยา (Law of action and reaction)

แรงกิริยาและแรงปฏิกิริยาหมายถึง แรงกระทำและแรงกระทำตอบ โดยเป็นแรงซึ่งกระทำต่อมวลที่ต่างกัน และเกิดขึ้นพร้อมกันเป็นคู่เสมอ โดยที่มวลอาจไม่สัมผัสกัน

2.1.3 แรงเสียดทาน (Friction Force)

แรงเสียดทาน (Friction Force) เป็นแรงที่ต้านการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุเกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุ แรงเสียดทานจำแนกได้ 2 ประเภท คือ

1) แรงเสียดทานสถิต (Static friction) หมายถึง แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นขณะที่แรงกระทำต่อวัตถุแล้ววัตถุยังคงอยู่นิ่งจนมีค่ามากที่สุด ทำให้วัตถุเริ่มเคลื่อนที่ โดยค่าแรงเสียดทานสถิตระหว่างผิวสัมผัสมีได้หลายค่า ตั้งแต่อย่างน้อยที่สุดจนถึงมากที่สุดเมื่อเริ่มเคลื่อนที่

2) แรงเสียดทานจลน์ (Kinetic friction) หมายถึง แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นเมื่อวัตถุกำลังเคลื่อนที่มีค่าคงตัวเสมอ โดยเมื่อวัตถุเคลื่อนที่แล้วนั้นค่าของแรงเสียดทานจลน์มีค่าน้อยกว่าแรงเสียดทานสถิตขณะเริ่มเคลื่อนที่

ปัจจัยที่ส่งผลต่อขนาดของแรงเสียดทาน

1) แรงกดที่กระทำต่อวัตถุในทิศตั้งฉากกับพื้นผิวสัมผัส ถ้ามีแรงกดที่กระทำต่อวัตถุในทิศตั้งฉากกับพื้นผิวสัมผัสมีค่ามาก ทำให้เกิดแรงเสียดทานมีค่าน้อย

2) ลักษณะของพื้นผิวที่สัมผัสของวัตถุ ถ้าพื้นผิวสัมผัสของวัตถุมีลักษณะราบเรียบ ลื่น ทำให้แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นมีค่าน้อย ถ้าพื้นผิวที่สัมผัสของวัตถุมีลักษณะขรุขระ หยาบ ทำให้แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นมีค่ามาก

2.1.4 พลังงาน (Energy)

พลังงาน (Energy) คือ ความสามารถซึ่งมีอยู่ในตัวของสิ่งให้อาจให้แรงงานได้ แบ่งได้ 2 ประเภท ได้แก่

1) พลังงานจลน์ (Kinetic Energy) คือ พลังงานที่สะสมในวัตถุอันเนื่องมาจากความเร็วในตัววัตถุ เป็นปริมาณสเกลาร์ สมมติให้มีแรงลัพธ์ที่คงตัวกระทำต่อวัตถุมวล m ที่อยู่นิ่งให้เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง ถ้ามวล m เคลื่อนที่เป็นระยะทาง s งานทั้งหมดที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่คือ แรงคูณกับระยะทางที่มวล m เคลื่อนที่ได้ ถ้าให้วัตถุเริ่มเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต้นเท่ากับศูนย์ ในการคำนวณหาค่าพลังงานจลน์สามารถหาได้จากสูตร

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2.2)$$

เมื่อ	E_k	คือ พลังงานจลน์	มีหน่วยเป็น	จูล (J)
	m	คือ มวลของวัตถุ	มีหน่วยเป็น	กิโลกรัม (kg)
	v	คือ อัตราเร็วของวัตถุ	มีหน่วยเป็น	เมตรต่อวินาที (m/s)

2) พลังงานศักย์ (Potential Energy) คือ พลังงานที่สะสมในวัตถุอันเนื่องมาจากตำแหน่งของวัตถุ พลังงานศักย์แบ่งได้ 2 ประเภท ได้แก่

(2.1) พลังงานศักย์โน้มถ่วง คือ พลังงานที่สะสมอยู่ในตัวของวัตถุอันเนื่องจากระดับความสูงที่วัตถุอยู่ มีขนาดเท่ากับงานเนื่องจากแรงดึงดูดของโลกในการดึงกลับให้วัตถุกลับลงสู่พื้นดิน สามารถหาค่าพลังงานศักย์โน้มถ่วงโดยใช้สูตร

$$E_p = mgh \quad (2.3)$$

เมื่อ	E_p	คือ พลังงานศักย์	มีหน่วยเป็นจูล (J)
	m	คือ มวลของวัตถุ	มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)
	g	คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก	มีค่า 9.8 เมตร/วินาที ² (m/s ²)
	h	คือ ระดับความสูงของวัตถุที่อยู่เหนือตำแหน่งอ้างอิง	มีหน่วยเป็นเมตร (m)

(2.2) พลังงานศักย์ยืดหยุ่น คือ พลังงานที่สะสมอยู่ในตัวสปริงขณะที่มีการยืดออกหรือหดเข้าจากตำแหน่งสมดุล พลังงานศักย์ยืดหยุ่นหาได้จากงานที่กระทำโดยแรงภายนอกที่ใช้ดึงหรือกดสปริง

2.1.5 กฎการอนุรักษ์พลังงาน (Conservation of Energy)

กฎการอนุรักษ์พลังงาน กล่าวว่า พลังงานรวมของวัตถุไม่สูญหายไปไหน แต่พลังงานรูปหนึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่น ๆ ได้ พลังงานที่มาจากเปลี่ยนรูปนี้มีค่าเท่ากับพลังงานเดิม ซึ่งเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์พลังงาน ยกตัวอย่างเช่น ขณะที่โยนลูกบอลขึ้นจากพื้น พลังงานเคมีในร่างกายบางส่วนเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ของลูกบอลจึงทำให้ลูกบอลเคลื่อนที่ได้ เมื่อลูกบอลเคลื่อนที่สูงขึ้น ความเร็วลดลง นั่นคือพลังงานจลน์ของลูกบอลลดลงโดยเปลี่ยนไปเป็นพลังงานศักย์โน้มถ่วง ณ ตำแหน่งสูงสุดของการเคลื่อนที่ พลังงานจลน์ของลูกบอลเป็นศูนย์ พลังงานศักย์โน้มถ่วงมีค่าสูงสุด ขณะที่ลูกบอลเคลื่อนที่ลง พลังงานศักย์โน้มถ่วงเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ เมื่อลูกบอลกระทบพื้น พลังงานจลน์เป็นเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน เสียง หรืออาจกล่าวได้ว่าพลังงานที่สะสมในตัวของวัตถุจะคงที่เสมอ พลังงานที่สะสมอยู่ในตัวของวัตถุ คือ ผลรวมของพลังงานจลน์ พลังงานศักย์

2.2 ทฤษฎีเนื้อหา เรื่อง พลังงานความร้อน อุณหภูมิ และการถ่ายโอนความร้อน

พลังงานความร้อน เป็นพลังงานที่สามารถเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ซึ่งเกิดจากการสั่นหรือการเคลื่อนไหวของโมเลกุลภายในวัตถุ เคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า เมื่อวัตถุดูดพลังงานความร้อนเข้าไป ก็จะทำให้พลังงานในวัตถุเพิ่มขึ้น

อุณหภูมิ คือ ระดับความร้อนของสาร ซึ่งบอกให้รู้ว่าสารนั้นร้อนหรือเย็น วัดได้โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์สังเกตจากการขยายตัวของของเหลวเมื่อได้รับความร้อน การกำหนดมาตรฐานอุณหภูมิจำเป็นต้องมีจุดอ้างอิง เรียกว่า จุดคงที่ (fixed points) ซึ่งจะแบ่งเป็นจุดเยือกแข็งหรือจุดคงที่ต่ำสุด เป็นอุณหภูมิของน้ำแข็งบริสุทธิ์ขณะที่กำลังหลอมเหลว ณ ความดัน 1 บรรยากาศ และจุดเดือดหรือจุดคงที่สูงสุด เป็นอุณหภูมิของไอน้ำขณะที่น้ำกำลังเดือดกลายเป็นไอน้ำ ณ ความดัน 1 บรรยากาศ หน่วยที่ใช้วัดอุณหภูมิโดยทั่วไปมี 4 แบบ คือ

องศาเซลเซียส (Degree Celsius: °C) เป็นหน่วยที่ใช้กันมากที่สุด โดยมีจุดเยือกแข็งของน้ำอยู่ที่ 0 °C และจุดเดือดของน้ำอยู่ที่ 100 °C ช่วงระหว่างจุดเยือกแข็งกับจุดเดือดของน้ำแบ่งเป็น 100 ช่องเท่า ๆ กัน แต่ละช่องกำหนดให้เป็น 1 องศาเซลเซียส (°C)

องศาฟาเรนไฮต์ (Degree Fahrenheit: °F) เป็นหน่วยที่ใช้กันมากที่สุดในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศจาไมกา โดยมีจุดเยือกแข็งอยู่ที่ 32 °F และจุดเดือดอยู่ที่ 212 °F ช่วงระหว่างจุดเยือกแข็งกับจุดเดือดของน้ำแบ่งเป็น 180 ช่องเท่า ๆ กัน

เคลวิน (Kelvin: K) เป็นหน่วยบอกอุณหภูมิในระบบเอสไอ โดยมีจุดเยือกแข็งอยู่ที่ 273 K และจุดเดือดอยู่ที่ 373 K

องศาโรเมอร์ (Degree Romer: °R) เป็นหน่วยที่ใช้กันมากที่สุดในประเทศฝรั่งเศส โดยมีจุดเยือกแข็งอยู่ที่ 0 °R และจุดเดือดอยู่ที่ 80 °R ช่วงอุณหภูมิ 1 R จะเท่ากับ 1.25 °C

การถ่ายโอนความร้อน หมายถึง ความร้อนมีการถ่ายโอนได้ในบริเวณที่สัมผัสกัน ถ้าอุณหภูมิของบริเวณที่สัมผัสต่างกัน จะมีการถ่ายโอนความร้อนให้แก่กันจนอุณหภูมิคงที่ วิธีการถ่ายโอนความร้อน แบ่งออกเป็น 3 วิธีหลัก ๆ คือ การนำความร้อน การพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน

2.2.1 การนำความร้อน (Conduction) การนำความร้อนเป็นวิธีการที่ความร้อนเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณ ที่มีอุณหภูมิต่ำภายในตัวกลางเดียวกันหรือระหว่างตัวกลางต่างชนิดที่อยู่ติดกัน ซึ่งการถ่ายโอนความร้อนเกิดจากผลของการเคลื่อนที่ของโมเลกุลภายในตัวกลาง การนำความร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนผ่านมวลของวัสดุ ยกตัวอย่างเช่น เมื่อเผาปลายด้านหนึ่งของแท่งโลหะซึ่งเป็นของแข็งเมื่อเวลาผ่านไปจะพบว่าปลายอีกด้านหนึ่งจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นนั่นเป็นเพราะความร้อนส่งผ่านมวลของแท่งโลหะไปยังอีก ด้านหนึ่งซึ่งเป็นด้านที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า สมการการนำความร้อนมีดังนี้

$$Q = -kA \frac{(\Delta T)}{(\Delta x)} \quad (2.4)$$

เมื่อ	Q	คือ อัตราการนำความร้อน มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)
	k	คือ ค่าการนำความร้อน (thermal conductivity, (W/m.K))
	A	คือ พื้นที่ในการถ่ายโอนความร้อน มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)
	ΔT	คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิ มีหน่วยเป็นเคลวิน (K)
	Δx	คือ ความหนาของแผ่นราบ มีหน่วยเป็นเมตร (m)

เนื่องจากความร้อนจะเกิดการถ่ายโอนจากจุดที่มีอุณหภูมิสูงไปยังจุดที่มีอุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะทำให้ $\frac{(\Delta T)}{(\Delta x)}$ มีเครื่องหมายเป็นลบ ดังนั้นเพื่อให้อัตราการนำความร้อนในระยะทาง x มีค่าเป็นบวก มีการเติมเครื่องหมายลบไว้ด้านขวามือในสมการการนำความร้อน

2.2.2 การพาความร้อน (Convection) การพาความร้อนเป็นการถ่ายโอนความร้อนระหว่างผิวของของแข็งกับของไหลที่มีการเคลื่อนที่ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าการพาความร้อนเกิดขึ้นจากผลของการนำความร้อนรวมกับการเคลื่อนที่ของของไหล การพาความร้อนแบ่งออกได้ 2 ลักษณะ คือ

1) การพาความร้อนแบบบังคับ (Forced convection) เกิดขึ้นเมื่อมีแรงภายนอกมาบังคับให้ของไหลเคลื่อนที่ผ่านผิววัตถุที่ร้อนกว่าหรือเย็นกว่า เช่น การใช้พัดลมเป่าอากาศให้เกิดการเคลื่อนที่ผ่านถ้วยกาแฟร้อน

2) การพาความร้อนแบบอิสระ (Free convection) เกิดขึ้นเมื่อของไหลเกิดการเคลื่อนที่เนื่องจากแรงลอยตัว (Buoyancy force) และแรงลอยตัวนี้เกิดจากความแตกต่างของความหนาแน่นอันเป็นผลจากความแตกต่างของอุณหภูมิในชั้นของของไหล โดยความร้อนจากถ้วยกาแฟจะทำให้อากาศมีความหนาแน่นต่ำลง (เบา) จึงเกิดการเคลื่อนที่ขึ้นด้านบนขณะเดียวกันอากาศที่เย็นกว่า (มีความหนาแน่นสูงกว่าหรือหนักกว่าจะเคลื่อนที่ลงมาแทนที่)

2.2.3 การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสี (Radiation heat transfer) การแผ่รังสีความร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยไม่ต้องมีตัวกลางจะเคลื่อนไหวในรูปแบบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จะเกิดได้ดีในบริเวณที่เป็นสุญญากาศ เช่น การถ่ายเทความร้อนจากดวงอาทิตย์มาสู่โลก การแผ่รังสีความร้อนจะเกิดได้ดีในบริเวณที่เป็นสุญญากาศ อัตราการแผ่รังสีความร้อนจากผิวของวัตถุที่มีอุณหภูมิสมบูรณ์เท่ากับ T_s เป็นไปตามกฎ ดังสมการ สมการการแผ่รังสีความร้อนมีดังนี้

$$Q = \varepsilon \sigma A (T_s^4 - T_{sur}^4) \quad (2.5)$$

เมื่อ	σ	คือ ค่าคงที่สเตฟาน-โบลทซ์มันน์ มีค่าเท่ากับ $5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
	ε	คือ ค่าการแผ่รังสี (emissivity)
	A	คือ พื้นที่ผิวของวัตถุที่แผ่รังสีความร้อน (m^2)
	T_{sur}	คือ อุณหภูมิโดยรอบ ๆ (K)
	T_s	คือ อุณหภูมิสมบูรณ์ของวัตถุแผ่รังสีความร้อน (K)

2.3 สมบัติการนำความร้อน

สมบัติการนำความร้อนหรือสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ค่า k (Thermal conductivity , kvalue) คือการเคลื่อนที่ของพลังงานโดยการสั่นของโมเลกุล หากวัตถุชนิดใดยอมให้พลังงานความร้อนผ่านได้ง่ายวัตถุนั้นก็จะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนมาก หมายถึง นำความร้อนดี และวัตถุชนิดใดยอมให้พลังงานความร้อนผ่านได้ยากวัตถุนั้นก็จะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่ำ หมายถึง นำความร้อนน้อยนั่นเอง สัมประสิทธิ์การนำความร้อนจะขึ้นอยู่กับสถานะของมวลสารของวัตถุซึ่งแบ่งออกได้ 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลวและก๊าซ สารชนิดใดมีการนำความร้อนสูงเรียกว่า ตัวนำ เช่น สารจำพวกโลหะจะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนสูง และสารใดมีความสามารถในการนำความร้อนที่ต่ำ เช่น สารจำพวกอโลหะจะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่ำจึงเรียกละห่านี้อันว่า ฉนวน (Insulator) (ตระการ, 2537. ยูนิส เอ เซนกา, 2543)

สำหรับสัมประสิทธิ์การพาความร้อนเป็นสมบัติที่ได้จากการทดลอง ปัจจัยที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนมีหลายอย่าง เช่น รูปร่างของวัตถุ ลักษณะการไหลของของไหลและสมบัติของของไหล เป็นต้น

2.4 การจัดการกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

2.4.1 ความหมายของการจัดการกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

ความหมายของสะเต็มศึกษา ได้มีการศึกษาให้ความหมายแตกต่างกัน ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา (Science Technology Engineering and Mathematics Education : STEM Education) เป็นแนวทางจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่มุ่งแก้ปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์และเป็น

การเตรียมความพร้อมให้กับนักเรียนในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีรวมทั้งนำไปสู่การสร้างนวัตกรรม

พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์ (2556) ได้กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือ การสอนแบบบูรณาการข้าม กลุ่มสาระ (Interdisciplinary Integration) 4 วิชา ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ (S) วิชาเทคโนโลยี (T) วิชาวิศวกรรมศาสตร์ (E) และวิชาคณิตศาสตร์ (M) โดยนำจุดเด่นของแต่ละสาขาวิชามาสผสมผสานกัน อย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้า และการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์ปัจจุบัน

รักษพล ธนानวงค์ (2556 : 32) ให้ความหมายว่า สะเต็มศึกษา คือ การเรียนรู้เนื้อหาและทักษะด้านวิชาวิทยาศาสตร์ (Science) คณิตศาสตร์ (Mathematics) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และเทคโนโลยี (Technology) ซึ่งล้วนแต่เป็นวิชาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในโลกศตวรรษที่ 21 ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว มีความเป็นโลกาภิวัตน์ตั้งอยู่บนพื้นฐานของความรู้ และเต็มไปด้วยเทคโนโลยี ซึ่งมีความสำคัญอย่างมากกับการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางเศรษฐกิจและการพัฒนาคุณภาพชีวิต

ศศิเทพ ปีติพรเทพิน (2558 : 129-145) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ (STEM Education) ว่าเป็นการบูรณาการ ศาสตร์ต่าง ๆ ได้แก่ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม สังคมศาสตร์เข้าด้วยกัน โดยมีจุดมุ่งหมาย เพื่อให้ผู้เรียนเห็นถึงความสัมพันธ์ของแต่ละศาสตร์ที่นำมาบูรณาการ และสามารถนำไปใช้ในการ ออกแบบสิ่งประดิษฐ์ เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง นอกจากนี้การจัดการเรียนรูตามแนวคิดนี้ ยังมุ่งให้ ผู้เรียนมีพฤติกรรมที่พึงประสงค์ เช่น ความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจ ตรวจสอบ การ คิดอย่างมีเหตุผลในเชิงตรรกะ

มนตรี จุฬาววัฒนทล (2556: 16) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษา ไว้ว่าคือ วิธีการจัดการ เรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่อนุบาล ประถมศึกษา มัธยมศึกษา ไปจนถึงอาชีวศึกษาและอุดมศึกษา โดยไม่เน้นเพียงการท่องจำสูตรเพียงอย่างเดียว แต่ สะเต็มศึกษาจะฝึกให้ผู้เรียนรู้จักคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาและสร้างทักษะการหาข้อมูล และการ วิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สาขา ต่างๆ มาบูรณาการกันเพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิตจริง

Gonzalez และ Kuenzi (2012: summary) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษา ไว้ว่า หมายถึง การเรียนการสอนหรือการเรียนรู้ในสาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และ คณิตศาสตร์ รวมถึงการทำกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งที่เป็นทางการ เช่น ในห้องเรียนและไม่เป็นทางการ เช่น โปรแกรมแบบฝึกหัด

สุพรรณิ ชาญประเสริฐ (2557: 4) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นแนวทางการ จัดการเรียนรูที่มีการบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ และขณะเดียวกัน ต้องมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดขึ้นกับการเรียนรู้เนื้อหาด้วย พฤติกรรม เหล่านี้รวมถึงการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิด อย่างมีเหตุผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือ

ชลาธิป สมหาโต (2557: 1) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษา ไว้ว่าเป็นรูปแบบ การจัดการศึกษาที่บูรณาการกลุ่มสาระและทักษะกระบวนการของทั้ง 4 สาระอันได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยนำลักษณะธรรมชาติของแต่ละสาระวิชาและ กระบวนการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนมาผสมผสานกันเพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้และพัฒนาทักษะ ที่สำคัญและจำเป็นอีกทั้งยังตอบสนองต่อการดำรงชีวิตอยู่ในยุคปัจจุบันและโลกอนาคต

จากความหมายของสะเต็มศึกษา สามารถสรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการศาสตร์เนื้อหาความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์ โดยผ่านกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ โดยเน้นให้ผู้เรียนนำความรู้ในภาคทฤษฎีมาใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เกิดขึ้น ส่งผลให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อันเป็นสิ่งสำคัญที่เป็นความรู้และทักษะพื้นฐานในการดำรงชีวิตเพื่อการประกอบอาชีพและพัฒนาประเทศในอนาคต

2.4.2 แนวการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการจัดการศึกษาที่มีแนวคิดและลักษณะดังนี้ พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556: 49-55) กล่าวว่า STEM Education เป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 STEM Education เป็นการจัดการศึกษาที่มีแนวคิดและลักษณะดังนี้

1) บูรณาการการข้ามกลุ่มสาระ (Interdisciplinary) คือ เป็นการบูรณาการระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ทั้งนี้ได้นำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว กล่าวคือ

วิทยาศาสตร์ เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ โดยนักศึกษามักชี้แนะให้อาจารย์ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry-based Science Teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-based Activities) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมกับผู้เรียนระดับประถมศึกษาแต่ไม่เหมาะสมกับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาหรือมหาวิทยาลัย เพราะทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่ายและไม่สนใจแต่การสอนวิทยาศาสตร์ใน STEM Education จะทำให้นักเรียนสนใจมีความกระตือรือร้นรู้สึกท้าทายและเกิดความมั่นใจในการเรียนส่งผลให้ผู้เรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นสูงขึ้นและประสบความสำเร็จในการเรียน

เทคโนโลยี เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาปรับปรุงพัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเราโดยผ่านกระบวนการการทำงานทางเทคโนโลยีที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้นเทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรือ ICI ตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจ

วิศวกรรมศาสตร์ เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์พัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ให้กับนิสิตนักศึกษาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งคนส่วนใหญ่มักเข้าใจว่าเป็นวิชาที่สามารถเรียนได้ แต่จากการศึกษาพบว่าแม้แต่เด็กอนุบาลก็สามารถเรียนได้ดีเช่นกัน

คณิตศาสตร์ เป็นวิชาที่มีได้หมายถึงการนับจำนวนเท่านั้นแต่เกี่ยวกับองค์ประกอบอื่นที่สำคัญประการแรก คือ กระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ซึ่งได้แก่ การเปรียบเทียบการจำแนก/จัดกลุ่มการจัดแบบรูปและการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ ประการที่สอง ภาษาคณิตศาสตร์เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจความคิดรวบยอด (Concept) ทาง

คณิตศาสตร์ได้โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่าน้อยกว่า เล็กกว่าใหญ่กว่า ฯลฯ ประการต่อมา คือ การส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher-Level Math Thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวันเป็นการบูรณาการทำให้สามารถจัดการสอน

2) สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้นตั้งแต่อนุบาลมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยพบว่าในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นนโยบายทางการศึกษาให้แต่ละรัฐนำ STEM Education มาใช้ผลการศึกษาพบว่า ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบ Project-based Learning, Problem-based Learning, Design-based Learning ทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์พัฒนาชิ้นงานได้ดีและถ้าครูผู้สอนสามารถใช้ STEM Education ในการสอนได้เร็วเท่าใดก็จะยิ่งเพิ่มความสามารถและศักยภาพผู้เรียนได้มากขึ้นเท่านั้นซึ่งในขณะนี้ในบางรัฐของประเทศสหรัฐอเมริกามีการนำ STEM Education ไปสอนตั้งแต่ระดับวัยก่อนเรียน (Preschool)

3) ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วนและสอดคล้องกับแนวการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น

3.1 ด้านปัญญาผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาวิชา

3.2 ด้านทักษะการคิดผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิดโดยเฉพาะการคิดขั้นสูง การคิดวิเคราะห์การคิดสร้างสรรค์ ฯลฯ

3.3 ด้านคุณลักษณะผู้เรียนมีทักษะการทำงานกลุ่มทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพการเป็นผู้นำตลอดจนการยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น

จาร์ส อินทลาภพร และคณะ (2558: 64) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผู้สอนควรจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ได้แก่

1. จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหา และท้าทายการคิดของผู้เรียน เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเองเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากผู้สอนไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเสริมสร้างให้ผู้เรียนเกิดการใฝ่เรียนรู้

2. จัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกทำโครงงานที่ตนเองสนใจ โดยร่วมกันสำรวจ สังเกต และกำหนดเรื่องที่ตนเองสนใจ มีการวางแผนในการทำโครงงานร่วมกัน โดยศึกษาหาข้อมูลความรู้ที่จำเป็น และลงมือปฏิบัติตามแผนที่กำหนดจนได้ข้อค้นพบหรือองค์ความรู้ใหม่ แล้วเขียนรายงาน และนำเสนอต่อสาธารณชน และนำผลงานและประสบการณ์ทั้งหมดมาอภิปราย แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และสรุปผลการเรียนรู้ที่ได้รับจากประสบการณ์ที่ได้รับทั้งหมด

3. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน

นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางของสะเต็มศึกษาได้นำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process) มาใช้เป็นส่วนหนึ่งของการทำงานเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือวิธีการ ทั้งนี้หน่วยงานต่าง ๆ ทางด้านการศึกษาได้นำเสนอกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไว้

มากมายโดยมีชื่อเรียกแตกต่างกัน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) ตัวอย่างเช่น

สภาวิจัยแห่งชาติประเทศสหรัฐอเมริกา (National Research Council: NRC) ได้ ร่วมกับสมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (The National Science Teachers Association: NSTA) และสมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของอเมริกา (The American Association for the Advancement of Science: AAAS) กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ฉบับใหม่สำหรับประเทศเรียกว่า (Next Generation Science Standard: NGSS) โดยเรียกกระบวนการทำงานนี้ว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยเสนอขั้นตอนการทำงานประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดปัญหา การพัฒนาแนวทางแก้ปัญหาและการลงมือปฏิบัติเพื่อหาแนวทางที่ดีที่สุดของ การแก้ปัญหา โดยการทำงานมีลักษณะเป็นวงจรที่สามารถย้อนกลับไปแก้ไขได้

ศูนย์การเรียนรู้การสอนสะเต็ม ของสมาคมเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษา นานาชาติ (International Technology and Engineering Educators Association's STEM Center for Teaching and Learning™) ได้พัฒนารูปแบบกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมประกอบด้วย กำหนดปัญหาหรือความต้องการ ค้นหาแนวคิด วางแผนและพัฒนาแนวคิด ทดสอบและประเมินผล และนำเสนอ ซึ่งการทำงานมีลักษณะเป็นวงจรที่สามารถย้อนกลับไปทำงานในขั้นตอนต่าง ๆ ได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วยองค์ ประกอบ 5 ขั้นตอน ได้แก่

1. การระบุปัญหา (Identify a challenge) ขั้นตอนนี้เริ่มต้นจากการที่ผู้แก้ปัญหาตระหนักถึงสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อ แก้ไขปัญหา ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงบางครั้งคำถามหรือปัญหาที่เราจะบอกรวมประกอบด้วย ปัญหาย่อย ในขั้นตอนของการระบุปัญหา ผู้แก้ปัญหาต้องพิจารณาปัญหาหรือกิจกรรมย่อยที่ต้อง เกิดขึ้นเพื่อประกอบเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาใหญ่ด้วย

2. การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore ideas) หลังจากผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจ ปัญหาและสามารถระบุปัญหาย่อย ขั้นตอนต่อไป คือการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการ แก้ปัญหาดังกล่าวในการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องผู้แก้ปัญหาอาจมีการดำเนินการ ดังนี้

2.1 การรวบรวมข้อมูล คือ การสืบค้นว่าเคยมีใครหาวิธีแก้ปัญหาดังกล่าวนี้แล้วหรือไม่และหากมีเขาแก้ปัญหาอย่างไร และมีข้อเสนอแนะใดบ้าง

2.2 การค้นหาแนวคิด คือ การค้นหาแนวคิดหรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ หรือเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องและสามารถประยุกต์ในการแก้ปัญหาได้ในขั้นตอนนี้ผู้ แก้ปัญหาควรพิจารณาแนวคิดหรือความรู้ทั้งหมดที่สามารถใช้แก้ปัญหาและจดบันทึกแนวคิดไว้ เป็น ทางเลือกและหลังจากการรวบรวมแนวคิดเหล่านั้นแล้วจึงประเมินแนวคิดเหล่านั้น โดยพิจารณาถึง ความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดีและจุดอ่อน และความเหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา แล้วจึงเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

2.3 การวางแผนและพัฒนา (Plan and develop) หลังจากเลือกแนวคิดที่ เหมาะสมในการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือการวางแผนการดำเนินงาน โดยผู้แก้ปัญหาต้อง กำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการแต่ละ

ขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน ในขั้นตอนของการพัฒนา ผู้แก้ปัญหาต้องวาดแบบและพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของผลผลิตเพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

2.4 การทดสอบและประเมินผล (Test and evaluate) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหาผลที่ได้จากการทดสอบและประเมินอาจถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น การทดสอบและประเมินผลสามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งในกระบวนการแก้ปัญหา

2.5 การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution) หลังจากการพัฒนา ปรับปรุง ทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ ทั้งนี้ การทำงานสามารถย้อนกลับเพื่อปรับปรุงแก้ไขได้ ตลอดจนกระทั่งได้แนวทางที่เหมาะสมที่สุด

จากการนำเสนอกระบวนการทำงานที่กล่าวมาแล้วข้างต้นจะพบว่า มีรูปแบบและขั้นตอนการทำงานบางอย่างแตกต่างกัน แต่มีเป้าหมายเดียวกันคือทำให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน รู้จักการวางแผนการแก้ปัญหา ใช้ทรัพยากร (Resources) อย่างคุ้มค่าภายใต้ข้อจำกัด (Constraints) สามารถคิดค้นหาแนวทางที่หลากหลายเพื่อแก้ปัญหอย่างเหมาะสมและเกิดประโยชน์สูงสุดโดยแต่ละรูปแบบจะมีขั้นตอนหรือรายละเอียดคล้ายกัน ผู้วิจัยจึงเลือกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอน เนื่องจากเป็นกระบวนการที่เข้าใจได้ง่ายและสอดคล้องกับบริบทของกิจกรรม ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบ 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การระบุปัญหา 2) การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง 3) การวางแผนและพัฒนา 4) การทดสอบและประเมินผลและ 5) การนำเสนอผลลัพธ์

2.4.3 การส่งเสริมแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

สตียา ลังการ์พินธุ์ (2556 : 25-30) เสนอแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ STEM ไว้ ดังนี้

1. เชื่อมโยงเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี สู่โลกจริงเป็นบูรณาการความรู้สู่การเรียนรู้ที่มีความหมายเพราะปรากฏการณ์หรือประดิษฐ์กรรมใดๆ รอบตัวเราไม่ได้เป็นผลความรู้จากศาสตร์ใดศาสตร์หนึ่งเพียงศาสตร์เดียว การประยุกต์ความรู้ง่าย ๆ เช่น การคำนวณพื้นที่ของกระดาษชำระแบบม้วน เชื่อมโยงสู่ความรู้ความสงสัยด้านวัสดุศาสตร์ เทคโนโลยีการผลิตและการใช้กระบวนการทางวิศวกรรมวิเคราะห์ปัญหาและสร้างสรรค์วิธีแก้ไขได้อย่างหลากหลายจนน่าแปลกใจ

2. การสืบเสาะหาความรู้การจัดการเรียนการสอนโดยให้ผู้เรียนได้ศึกษาประเด็นปัญหาหรือตั้งคำถามแล้วสร้างคำอธิบายด้วยตนเองโดยการรวบรวมประจักษ์พยานหลักฐานที่เกี่ยวข้อง สืบสารแนวคิดและเหตุผล เปรียบเทียบแนวคิดต่างๆ โดยพิจารณาความหนักแน่นของหลักฐาน ก่อนการตัดสินใจไปในทางใดทางหนึ่งนับว่าเป็นกระบวนการเรียนรู้สำคัญที่ไม่เพียงแต่สนับสนุนการเรียนรู้ในประเด็นที่ศึกษาเท่านั้น แต่ยังเป็นช่องทางให้มีการบูรณาการความรู้ในศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคำถามนับเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่สนับสนุนจุดเน้นของสะเต็มศึกษา

3. การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน การทำโครงงานเป็นการสืบเสาะหาความรู้ในรูปแบบหนึ่ง แต่ผู้เรียนได้แยกโครงงานออกมาเป็นหัวข้อเฉพาะ เนื่องจากเป็นแนวทางที่สามารถส่งเสริม

การบูรณาการความรู้สู่การแก้ปัญหาได้ชัดเจน การสืบเสาะหาความรู้บางครั้งครูกำหนดเป็นผู้กำหนดประเด็นปัญหา หรือให้ข้อมูลสำหรับศึกษาวิเคราะห์ หรือกำหนดวิธีการในการสำรวจตรวจสอบ ตามข้อจำกัดของเวลาเรียน วัสดุอุปกรณ์ หรือปัจจัยแวดล้อมต่างๆแต่การทำโครงการนั้นเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนเกิดประสบการณ์การเรียนรู้สำคัญในทุกขั้นตอนด้วยตนเอง ตั้งแต่การกำหนดปัญหา ศึกษาความรู้ที่เกี่ยวข้อง ออกแบบวิธีการรวบรวมข้อมูลดำเนินการ ลงข้อสรุปและสื่อสารสิ่งที่ค้นพบ (บางครั้งครูอาจกำหนดกรอบกว้างๆเช่น ให้ทำโครงการเกี่ยวกับพลังงานทดแทน โครงการเกี่ยวกับการใช้คณิตศาสตร์ในผลิตภัณฑ์ของชุมชน เป็นต้น) โครงการในรูปแบบสิ่งประดิษฐ์จะมีการบูรณาการกระบวนการทางวิศวกรรมได้อย่างโดดเด่น แต่โครงการในรูปแบบอื่น ทั้งโครงการเชิงทดลอง เชิงสำรวจ หรือเชิงทฤษฎี

4. การสร้างสรรค์ชิ้นผลงานมีโอกาสประดิษฐ์สิ่งของ อุปกรณ์ต่าง ๆ มากมายไม่ว่าจะเป็นการเป็นการสานพัด การร้อยมาลัย การประดิษฐ์เครื่องดนตรี สมุดภาพ การจัดป้ายนิเทศอาจได้รับการมอบหมายให้สร้างสรรค์ชิ้นงานที่แตกต่างไปจากยุคก่อน เช่น ประดิษฐ์ป้ายไฟ รถแข่งพลังงานแสงอาทิตย์ ถ่ายหนังสั้น ทำมัลติมีเดียสำหรับนำเสนองาน ประสบการณ์การทำชิ้นงานเหล่านี้ สร้างทักษะการคิด การออกแบบ การตัดสินใจ การแก้ปัญหาเฉพาะหน้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งชิ้นงานที่ครูผู้สอนเปิดโอกาสให้นักเรียนคิดอย่างอิสระและสร้างสรรค์ การประดิษฐ์ชิ้นงานเหล่านี้ประยุกต์ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์

5. การบูรณาการเทคโนโลยีเป็นการบูรณาการเทคโนโลยีที่เหมาะสมสู่กระบวนการเรียนรู้ของนักเรียน เทคโนโลยีที่ครูสามารถใช้ประโยชน์ในชั้นเรียนปัจจุบันนี้ได้ตั้งแต่การสืบค้นข้อมูล ลักษณะต่าง ๆ การบันทึกและการนำเสนอข้อมูลด้วยภาพนิ่ง วิดีทัศน์ และมัลติมีเดีย การใช้อุปกรณ์ Sensor/data logger บันทึกข้อมูลในการสำรวจตรวจสอบ การใช้ซอฟต์แวร์จัดการกระทำวิเคราะห์ข้อมูล และเทคโนโลยีอื่นๆอีกมากมาย การใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีเหล่านี้กระตุ้นให้นักเรียนสนใจการเรียนรู้ เปิดโอกาสประยุกต์ใช้ความรู้ แก้ปัญหาและทำงานร่วมกันร่วมทั้งสร้างทักษะสำคัญในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพต่อไปในอนาคตด้วย

6. การมุ่งเน้นทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ได้เป็นอย่างดี ยกตัวอย่างทักษะการเรียนรู้และสร้างนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) ตามกรอบแนวคิด Partnership for 21st Century Skills ที่ครอบคลุม 4C คือ Critical Thinking (การคิดเชิงวิพากษ์) Communication (การสื่อสาร) Collaboration (การทำงานร่วมกัน) และ Creativity (การคิดสร้างสรรค์) จะเห็นได้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบโครงการหรือการสร้างสรรค์ชิ้นงานที่กล่าวถึงข้างต้นนั้นสามารถสร้างเสริมทักษะเหล่านี้ได้มากอย่างไรก็ตามในบริบทของโรงเรียนทั่วไป ครูอาจไม่สามารถให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยการทำโครงการหรือการสร้างสรรค์ชิ้นงานเท่านั้น ดังนั้นในบทเรียนอื่น ๆ ถ้าครูมุ่งเน้นทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ในทุกโอกาสที่เอื้ออำนวยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น ทำงานร่วมกัน เรียนรู้ การหาที่ติ (ฝึกคิดเชิงวิพากษ์) หาที่ชมหรือเสนอวิธีการใหม่ (ฝึกคิดเชิงสร้างสรรค์) ก็นับว่าครูจัดการเรียนการสอนเข้าใกล้แนวคิดสะเต็มศึกษามากขึ้นตามสภาพจริงของชั้นเรียน

7. การสร้างการยอมรับและการมีส่วนร่วมจากชุมชน ครูสามารถนำนักเรียนไปศึกษา ในแหล่งเรียนรู้ของชุมชน สำรวจสิ่งแวดล้อมธรรมชาติในท้องถิ่น ศึกษาและรายงานสภาพมลพิษหรือ

การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรในพื้นที่ชุมชนรับทราบ ตลอดจนศึกษาและแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ในชุมชน กิจกรรมการเรียนรู้เหล่านี้ เกิดประโยชน์สำหรับนักเรียนเอง อาจเป็นประโยชน์สำหรับชุมชน และสามารถสร้างการมีส่วนร่วม ความภาคภูมิใจ และที่สำคัญอย่างยิ่งคือความรู้สึกรับเป็นเจ้าของร่วมรับผิดชอบคุณภาพการจัดการศึกษาในท้องถิ่นตัวเองให้เกิดขึ้นได้

8. การสร้างการสนับสนุนจากผู้เชี่ยวชาญในท้องถิ่น การให้นักเรียนศึกษาปัญหาปลายเปิดตามความสนใจของตนเองในลักษณะโครงงาน ตลอดจนการเชื่อมโยงการเรียนรู้สู่การใช้ประโยชน์ในบริบทจริงนั้น บางครั้งนำไปสู่คำถามที่ซับซ้อนจนต้องอาศัยความรู้ความชำนาญเฉพาะทางครูไม่ควรกลัวจะยอมรับกับนักเรียนว่าครูไม่รู้คำตอบ หรือครูช่วยไม่ได้ แต่ควรใช้เครือข่ายที่มีเชื่อมโยงให้ผู้เชี่ยวชาญในท้องถิ่นมาช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ของนักเรียน เครือข่ายดังกล่าว อาจเป็นได้ทั้ง ศิษย์เก่า ผู้ปกครอง ประชาชนชาวบ้าน เจ้าหน้าที่รัฐ หรืออาจารย์ในสถาบันอุดมศึกษาในท้องถิ่น ครูสามารถเชิญวิทยากรภายนอกมาบรรยายหรือสาธิตในบางหัวข้อหรือใช้เทคโนโลยี เช่น การประชุมผ่านวิดีโอทัศน์ เพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้เชี่ยวชาญสามารถพูดคุยได้ให้ความคิดเห็นหรือวิพากษ์ผลงานของนักเรียน เป็นต้น

9. การเรียนรู้อย่างไม่เป็นทางการ (informal learning) บูรณาการความสนุกสู่การเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผ่านกระบวนการแก้ปัญหาอาศัยความคิดสร้างสรรค์ของครู ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ทำหาย เพลิดเพลิน ให้การเรียนรู้เหมือนเป็นของเล่น แต่ในขณะเดียวกันก็ต้องสร้างความรู้และความสามารถตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตรด้วยการเรียนรู้อย่างไม่เป็นทางการที่ได้รับความนิยม คือ การจัดกิจกรรมค่าย การเรียนรู้จากเพลง เกม ละคร หรือการประกวดแข่งขัน กิจกรรมเหล่านี้เป็นโอกาสที่ดีที่จะสร้างการมีส่วนร่วมจากชุมชน เช่น อาจเชิญผู้เชี่ยวชาญในท้องถิ่นเป็นวิทยากรในค่าย เป็นกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ หรือให้การสนับสนุนของรางวัล

10. การเรียนตามอัธยาศัย (non-formal learning) สร้างนิสัยการเรียนรู้ตลอดชีวิตให้เป็นวัฒนธรรมของชุมชน ร่วมกันสร้างแหล่งเรียนรู้ด้านสะเต็มในท้องถิ่น เช่น เส้นทางศึกษาธรรมชาติ หรือประยุกต์ความรู้สะเต็มเพื่อสนับสนุนแหล่งเรียนรู้วิถีชุมชน เช่น ส่งเสริมให้นักเรียนใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมนำเสนอข้อมูลภูมิศาสตร์ ประวัติศาสตร์ และวัฒนธรรมในชุมชนสร้าง หอเกียรติยศสะเต็มของหมู่บ้าน เพื่อนำเสนอเรื่องราวการใช้ความรู้สะเต็มในการพัฒนาอาชีพและพัฒนาคุณภาพชีวิต เช่น ผลงานด้านเกษตร ด้านสาธารณสุข ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ หรือด้านการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี เป็นต้น

2.5 แผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้เป็นผลการเตรียมการอย่างเป็นรูปธรรมของการแปลงหลักสูตร สู่การจัดการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน เป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้เห็นภาพรวมและการดำเนินการในการสอนอย่างชัดเจน ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวได้ กำหนดความหมายของแผนการจัดการเรียนรู้ ความสำคัญของแผนการจัดการเรียนรู้ องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ขั้นตอนการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ลักษณะของแผนการจัดการเรียนรู้และประโยชน์ของแผนการจัดการเรียนรู้ ไว้ดังนี้

2.5.1 ความหมายของแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ดีทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็วและเพิ่มประสิทธิภาพในการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ ซึ่งมีผู้ให้ความหมายไว้อย่างน่าสนใจ ดังนี้

รัชณี ภาเข็ม (2543 : 40) กล่าวว่า การเตรียมการสอนอย่างมีระเบียบเป็นลายลักษณ์อักษรล่วงหน้า และเป็นเครื่องมืออันสำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนไปสู่จุดมุ่งหมายปลายทางที่หลักสูตรกำหนดไว้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำลี รักสุทธี (2544 : 42) กล่าวว่า แผนการจัดการเรียนรู้หรือโครงงานที่จัดทำเป็น ลายลักษณ์อักษรล่วงหน้า และเป็นเครื่องมืออันสำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนไปสู่จุดมุ่งหมายปลายทาง ที่หลักสูตรกำหนดไว้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกรินทร์ สีมหาศาล (2545, หน้า 409) กล่าวว่า แผนการจัดการเรียนรู้ (Lesson Plan) เป็นวัสดุหลักสูตรที่ควรพัฒนามาจากหน่วยการเรียนรู้ (UNIT PLAN) ที่กำหนด ไว้ เพื่อให้การจัดการ สอบบรรจุเข้าประสงค์ตามมาตรฐานการเรียนรู้ของหลักสูตร หน่วยการเรียนรู้จึงเปรียบเสมือนโครง ร้าง หรือพิมพ์เขียวที่กล่าวถึงประสบการณ์การเรียนรู้ตามหัวข้อการจัดการเรียนรู้และกระบวนการ วัดผลที่สอดคล้องสัมพันธ์กัน ส่วนแผนการเรียนรู้จะแสดงการจัดการเรียนรู้ตามบทเรียน (Lesson) และประสบการณ์การเรียนรู้เป็นรายวัน หรือรายสัปดาห์ดังนั้นแผนการจัดการเรียนรู้ จึงเป็นเครื่องมือ หรือแนวทางในการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนตามกำหนดไว้ในสาระการเรียนรู้ของแต่ละ กลุ่ม

กรมวิชาการ (2546, หน้า 1 - 2) ได้ให้ความหมายของแผนการจัดการเรียนรู้ไว้ว่าแผนการ จัดการเรียนรู้ หมายถึง แผนซึ่งครูเตรียมการจัดการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน โดยวางแผนการจัดการ เรียนรู้ แผนการใช้สื่อการเรียนรู้หรือแหล่งเรียนรู้ แผนการวัดผลประเมินผลโดยการวิเคราะห์จาก คำอธิบายรายวิชาหรือหน่วยการเรียนรู้ ซึ่งยึดผลการเรียนรู้ที่คาดหวังและสาระการเรียนรู้ที่กำหนด อันสอดคล้อง กับมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น

สรุปได้ว่า แผนการจัดการเรียนรู้ หมายถึง การวางแผนรูปแบบการเรียน การสอนใน บทเรียน ให้สอดคล้องกับเนื้อหา จุดประสงค์ การวัดผลประเมินผลที่ กำหนดไว้ในหลักสูตร เพื่อใช้ เป็นแนวทางในการสอนต่อไป

2.5.2 ความสำคัญของแผนการจัดการเรียนรู้

การควบคุมงานก่อสร้างวิศวกรหรือสถาปนิกจะขาดพิมพ์เขียวไม่ได้ฉันใด ผู้เป็นครูผู้สอน ก็ ขาดแผนการจัดการเรียนรู้ไม่ได้ฉันนั้น ดังนั้นแผนการจัดการเรียนรู้จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้ การเรียน การสอน มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น พอสรุปความสำคัญ ได้ดังนี้

สำลี รักสุทธี (2544 : 43 - 44) ได้สรุปความสำคัญของแผนการจัดการเรียนรู้ ไว้ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้เป็นผลงานทางวิชาการชิ้นสำคัญของครูผู้สอน นักวิชาการศึกษา ต่างยอมรับว่าแผนการจัดการเรียนรู้ คือ นวัตกรรม ผลิผล ผลการเตรียม ผลการศึกษาค้นคว้า ใน วิชาที่ตนเองจะสอนเพื่อแสดงถึงผลึกภูมิปัญญาของตนเองให้คนอื่นได้รับทราบ ดังนั้น แผนการจัดการ เรียนรู้จึงถือว่าเป็นผลงานทางวิชาการชิ้นสำคัญของครูผู้สอน นั้นหมายความว่า แม้ว่าครูจะไม่มี ผลงานทางวิชาการด้านอื่น แต่อย่างน้อยที่สุดครูผู้สอนต้องมีแผนการจัดการเรียนรู้เป็นของตนเอง จึง จะเรียกได้ว่าครูมีอาชีพ ด้วยเหตุผล แผนการจัดการเรียนรู้เป็นที่ยอมรับในฐานะ ผลงานทางวิชาการ

ขึ้นสำคัญ เมื่อครูผู้สอนจะส่งผลงานทางวิชาการทุกครั้ง จึงต้องส่งแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วยเสมอ

2. แผนการจัดการเรียนรู้ คือ เข็มทิศบอกทางครู เข็มทิศมีความจำเป็นต่อกับต้นเรือต่อนักเดินป่าฉันทไค แผนการจัดการเรียนรู้ก็มีความสำคัญต่อครูผู้สอนฉันทนั้น นักเดินเรือมีโอกาศหลงทางลอยเคว้งคว้างในกลางมหาสมุทร อาจพบจุดอับปาง ไม่สามารถส่งผู้โดยสารถึงฝั่งได้ หรือนักเดินป่าที่อาจหลงป่า เป็นอาหารของสัตว์ร้ายในป่าได้ถ้าไร้ซึ่งเข็มทิศ เช่นเดียวกันหากครูผู้สอนไม่มีแผนการจัดการเรียนรู้ อาจพาผู้เรียนเดินทางอย่างไร้จุดหมาย การเรียนการสอนอาจจบหลักสูตร แต่ผู้เรียนไม่จบเนื่องจากนำผู้โดยสารขึ้นฝั่งแห่งการเรียนรู้อย่างไร้เวลาเบาปัญญา อวิชายังครอบงำผู้เรียนต่อไป

3. แผนการจัดการเรียนรู้เหมือนพิมพ์เขียวของครูผู้สอน วิศวกร สถาปนิกเป็นผู้ออกแบบในการสร้างบ้าน สร้างอาคาร ตึกรามบ้านช่อง ให้มีความแข็งแรงทนทาน ครูผู้สอนมีหน้าที่ออกแบบทางการศึกษาเพื่อสร้างคน นายช่างจะสร้างบ้านอาคารพิมพ์เขียว (แปลน) บ้านหรือตึก อาจทรุดหรือพังลงได้ เพราะขาดมาตรฐานในการก่อสร้าง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนอาจผ่านไปอย่างลุ่ม ๆ ดอน ๆ หากครูผู้สอนสักแต่ว่าสอนโดยไม่มีเตรียมการสอนหรือทำแผนการจัดการเรียนรู้ไว้ล่วงหน้า ดังนั้นพิมพ์เขียวมีความจำเป็นต่อการสร้างบ้านฉันทนั้น แผนการจัดการเรียนรู้ ก็ยอมมีความจำเป็นต่อครูผู้สอนฉันทนั้น

4. แผนการจัดการเรียนรู้ คือ แผนที่บอกเป้าหมายการเดินทาง ครูผู้สอน ผู้เรียนในการเดินทางไปในที่ต่าง ๆ ที่เราไม่เคยไป สิ่งที่จะช่วยให้เราไปสู่เป้าหมายได้ นอกจากคำบอกเล่าของคนอื่นแล้วก็คือ “แผนที่” โดยเฉพาะนักเดินทางต่างประเทศ เขาจะเห็นความสำคัญของแผนที่มาก โดยเฉพาะในส่วนของการศึกษา เขาจะให้ผู้เรียน เรียนรู้การใช้แผนที่ตั้งแตระดับประถมศึกษา มัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลายเลยทีเดียว ดังนั้นชาวต่างประเทศจึงใช้แผนที่ได้ดีกว่าคนไทยเป็นส่วนใหญ่ แผนที่ช่วยนักเดินทางไม่ให้หลงทิศทาง เช่นเดียวกับเข็มทิศ แผนการจัดการเรียนรู้ก็เช่นเดียวกันกับแผนที่ ครูผู้สอนจะพาผู้เรียนไปสู่จุดหมายปลายทางได้อย่างไร จะต้องมึแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งทำหน้าที่เหมือนแผนที่ชีวิต แผนที่ทางการศึกษาที่จะชี้บอกว่า คุณจะต้องเดินทางวิธีนั้น วิธีนี้ ยานพาหนะเช่นนี้จึงจะนำพาผู้เรียนไปสู่หลักชัยได้ เป้าหมายการเดินทางของผู้เรียนจะมีไว้อย่างชัดเจน ในแผนการจัดการเรียนรู้ ครูผู้สอนจะพาผู้เรียนสู่จุดหมาย เช่นในแผนการจัดการเรียนรู้ก็มิบอกชี้ไว้ ดังนั้นแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีความจำเป็นต่อนักเดินทางฉันทนั้น แผนการจัดการเรียนรู้ก็มีความจำเป็นต่อครูผู้สอนฉันทนั้น หรืออาจกล่าวได้ว่าแผนการจัดการเรียนคือ สายแห่งสู่ชุมทรัพย์มหาสมบัติก็คงไม่ผิดเพราะเมื่อนักเรียนผ่านกระบวนการจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ถูกจัดลงสู่ภาคปฏิบัติอย่างถูกต้องสมบูรณ์แล้ว ผู้เรียนสามารถจะนำความรู้ไปสู่การดำเนินชีวิตหาเลี้ยงชีพตนเองได้อย่างไม่มีปัญหา ฉันทนั้นแหละคือ ชุมทรัพย์อันล้ำค่าของเขา

5. แผนการจัดการเรียนรู้เป็นเครื่องชี้วัดคุณภาพครูผู้สอน อาจารย์ แม้ว่าจะสอนมานานเพียงใด มีความสามารถเพียงใด คงจะให้คนในวงการศึกษายอมรับได้ยาก หากท่านไม่มีอุปกรณ์ หรือเครื่องมือสื่อสาร บอกให้คนอื่นทราบได้ว่า ท่านมีขั้นตอนการสอน มีการวางแผนการสอนมีการเตรียมการสอน การจัดการศึกษาไว้อย่างไรและดำเนินการทางการศึกษาอย่างไร เฉพาะผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาคงไม่เพียงพอสำหรับเป็นเครื่องชี้วัดคุณภาพของครูผู้สอนได้

2.5.3 องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้

อารมณ์ ใจเที่ยง (2540 : 203 ; อ้างถึงใน สุวิทย์ เขาแก้ว. 2551 : 41 - 42) ได้สรุปเกี่ยวกับองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1. วิชาหน่วยที่สอน และสาระสำคัญ (ความคิดรวบยอด) ของเรื่อง
2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
3. สาระการเรียนรู้
4. กิจกรรมการเรียนการสอน
5. สื่อการเรียนการสอน
6. วัตถุประสงค์ประเมินผล

กรมวิชาการ (2540 : 7 ; อ้างถึงใน สุวิทย์ เขาแก้ว. 2551 : 42) ได้สรุปองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1. สาระสำคัญ
2. จุดประสงค์ปลายทาง
3. จุดประสงค์นำทาง
4. ชนิดของสมรรถภาพ
5. ประสบการณ์เดิม
6. สาระการเรียนรู้
7. ลำดับขั้นตอนการเรียนการสอน เช่น สร้างความสนใจ แจกแจงจุดประสงค์ สํารวจความรู้เดิม เสนอความรู้ใหม่ ให้แนวทางการเรียนรู้ ให้นักเรียนปฏิบัติ ให้ข้อมูลย้อนกลับ ประเมินผลระหว่างปฏิบัติ และส่งเสริมความแม่นยำ
8. สื่อการเรียนการสอน เช่น รูปภาพ ใบความรู้ ใบงาน ชุดฝึก เป็นต้น
9. การวัดและประเมินผล เช่น ทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน คำถามท้ายบท เป็นต้น

2.5.4 ขั้นตอนการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2543 : 33 ; อ้างถึงในสุวิทย์ เขาแก้ว. 2551 : 42) ได้สรุปขั้นตอนการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตรเพื่อให้เข้าใจหลักการ จุดหมาย โครงสร้าง ของกลุ่ม ประสบการณ์ ต่าง ๆ ประสบการณ์ และคำอธิบายกลุ่มประสบการณ์ ซึ่งได้กล่าวถึงแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน เนื้อหาสาระสำคัญ ตลอดจนวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้วิชาที่ครูผู้สอนจะสอนในแต่ละรายวิชา

2. ศึกษาคู่มือการใช้หลักสูตร คู่มือหลักการสอน แนวการสอน เพื่อให้เข้าใจจุดเน้นของหลักสูตร เหตุผลในการปรับปรุงหลักสูตร สาระสำคัญที่ปรับปรุงและเปลี่ยนแปลง บทบาทของครูผู้สอน ตลอดจนกระบวนการต่าง ๆ พัฒนานักเรียนให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการสอน

3. นำโครงสร้างเนื้อหาวิชา จุดประสงค์ของกลุ่ม ประสบการณ์ และจุดประสงค์รายวิชา มากำหนดกิจกรรมการเรียนการสอน คาบเวลาเรียนให้เหมาะสมกับหัวข้อเนื้อหาโดยให้ความสัมพันธ์กับอัตราเวลาเรียนที่กำหนดให้แต่ละหัวข้อ กลุ่มประสบการณ์เป็นการกำหนดการสอนระยะยาว

4. ศึกษาแนวตัวอย่าง แนวทางการสอนในคู่มือครูผู้สอนแล้วทำแผนการจัดการเรียนรู้ กำหนดกิจกรรมการเรียนการสอน คาบเวลาเรียนให้เหมาะสมกับหัวข้อเนื้อหาและจุดประสงค์ของการเรียนรู้ของแต่ละหัวข้อ เพื่อให้ครูผู้สอนปรับสอนให้เหมาะสมกับเวลาเรียนที่จัดไว้ในตารางเรียนของแต่ละสัปดาห์ต่อไป

5. จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้โดยครู จะต้องพิจารณาหัวข้อจากแหล่งต่าง ๆ มาประกอบการเรียนการสอน เช่น หนังสือค้นคว้าอ้างอิง สารระสำคัญสำหรับครูผู้สอน หนังสือเรียนการสอน วัสดุประสงค์สำหรับนักเรียนฝึกปฏิบัติ ทดสอบสำหรับวัดและประเมินผลผู้เรียน

2.5.5 การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้

อาภรณ์ ใจเที่ยง (2540 : 219 ; อ้างถึงใน สุวิทย์ เขาแก้ว. 2551 : 43) ได้สรุปวิธีการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1. เขียนให้ชัดเจนในทุกหัวข้อ เพื่อให้ความกระจ่างแก่ผู้อ่านมีรายละเอียดพอสมควร ไม่ย่อเยิ่นและไม่ละเอียดมากเกินไป
2. ใช้ภาษาเขียนที่สื่อความหมายได้เข้าใจตรงกัน เป็นประโยคที่ได้ใจความไม่เยิ่นเย้อ และไม่ใช่อักษรย่อที่ไม่เป็นภาษาพูด
3. เขียนทุกหัวข้อหรือทุกช่วงให้สอดคล้องกัน เช่น
 - 3.1 สารระสำคัญจะต้องสอดคล้องกับเนื้อหา
 - 3.2 จุดประสงค์จะต้องสอดคล้องกับเนื้อหา กิจกรรม และการวัดผล
 - 3.3 สื่อการเรียนจะต้องสอดคล้องกับกิจกรรม

2.5.6 ลักษณะของแผนการจัดการเรียนรู้

สำลี รักสุทธี (2544 : 69) ได้สรุปลักษณะของแผนการจัดการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1. เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีกิจกรรมที่ผู้เรียนเป็นผู้ได้ลงมือปฏิบัติให้ได้มากที่สุด โดยครูผู้สอนเป็นผู้ชี้แนะ ส่งเสริมหรือกระตุ้นกิจกรรมที่นักเรียนดำเนินการเป็นไปตามความมุ่งหมาย
2. เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นผู้ค้นพบคำตอบ หรือทำสำเร็จด้วยตนเองโดยครูผู้สอนพยายามลดบทบาทของผู้บอกคำตอบ มาเป็นผู้คอยกระตุ้นด้วยคำถามหรือปัญหาให้ผู้เรียนคิดแก้หรือหาแนวทางไปสู่ความสำเร็จในการทำกิจกรรมนั่นเอง
3. เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนรับรู้ และนำกระบวนการไปใช้จริง
4. เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ใช้วัสดุอุปกรณ์ที่สามารถจัดหาได้ในท้องถิ่น หลีกเลี่ยงการใช้วัสดุอุปกรณ์สำเร็จรูปราคาสูง

2.5.7 ประโยชน์ของแผนการจัดการเรียนรู้

สำลี รักสุทธี (2544 : 101) ได้สรุปประโยชน์ของแผนการจัดการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1. ทำให้การดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีขั้นตอนไม่สับสน วนไปวนมา
2. ทำให้เกิดกระบวนการจัดตัวอย่างมีระบบ
3. ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวเป็นลำดับขั้นตอนจากหัวไปท้าย จากง่ายไปยาก

4. เป็นรูปธรรมชัดเจน มองเห็นความเคลื่อนไหวของกิจกรรมอย่างสอดคล้องเป็นลูกโซ่ สัมพันธ์กันตลอดตั้งแต่เรียนจนจบ

5. ผู้เรียนได้ปฏิบัติอย่างชัดเจนมีขั้นตอน มีผลสะท้อนกลับอย่างฉับพลัน

6. ผู้เรียนได้ร่วมกิจกรรมอย่างมีชีวิตชีวา มีความสุขสนุกสนานกับการเรียน

7. ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้

สรุปได้ว่า แผนการจัดการเรียนรู้เป็นการเตรียมการสอนอย่างเป็นรูปธรรม เป็นการวางแผนรูปแบบการเรียน เป็นเหมือนพิมพ์เขียวของผู้สอน ทั้งยังเป็นการแปลงหลักสูตรการจัดการเรียน ให้แก่ผู้เรียนและเป็นเครื่องมือช่วยให้ผู้เรียนบรรลุจุดมุ่งหมายที่หลักสูตรกำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.6 การหาค่าความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity)

การหาค่าความเที่ยงตรงของเนื้อหา เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Item-Objective Congruence Index : IOC) จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน หรือ 5 ท่าน แล้วแต่ความเหมาะสมของแต่ละงาน โดยให้ผู้เชี่ยวชาญช่วยประเมินว่า ข้อคำถามแต่ละข้อในแบบสอบถาม สามารถวัดได้ตรงกับเนื้อหาที่กำหนดหรือไม่ โดยให้คะแนนตามเกณฑ์ แล้วนำผลมาพิจารณาคะแนนของผู้เชี่ยวชาญในแต่ละข้อมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence : IOC) ดังนี้

1. แน่ใจว่ามีความสอดคล้องหรือวัดได้ มีระดับคะแนนเท่ากับ 1
2. ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องหรือวัดได้ มีระดับคะแนนเท่ากับ 0
3. แน่ใจว่าไม่มีความสอดคล้องหรือวัดได้ มีระดับคะแนนเท่ากับ -1

แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ หาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์หรือเนื้อหา (Index of Item-Objective Congruence หรือ IOC)

จากสูตร

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (2.6)$$

เมื่อ IOC หมายถึง ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

ในการพิจารณาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ จากการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ในทุกข้อคำถามนั้น มีค่าเท่ากับ 1.00 หากข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 - 1.00 จะคัดเลือกไว้ส่วนข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 จะนำมาพิจารณาปรับปรุงข้อคำถามใหม่ หรือจะตัดทิ้งก็ได้ตามความเหมาะสม

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ยุทธนา แสงจันทร์เอื้อน (2551) ได้ศึกษาการถ่ายเทความร้อนและความชื้นผ่านผนังฉนวน ความร้อนภายนอกอาคาร การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการถ่ายเทความร้อนและความชื้นผ่าน ผนังฉนวนกันความร้อนภายนอก แบบสำเร็จรูป (EIF) ภายใต้สภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร ใน การวิจัยนี้ทำการสร้างผนัง 3 ชนิด ประกอบด้วยผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนังก่ออิฐบล็อกฉาบปูน และ ผนัง ก่ออิฐฉาบปูนติดตั้งฉนวนกันความร้อน EIF จากนั้นนำผนังทั้งสามชนิดประกอบเข้ากับผนังบ้าน ทดสอบ บ้านทดสอบซึ่งมีการติดตั้ง เครื่องปรับอากาศมีขนาด ยาว 180 cm กว้าง 140 cm และสูง 160 cm ผลการทดลองเมื่อมีการเปิด เครื่องปรับอากาศตลอดช่วงวันทดสอบที่ต่อเนื่องกันแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิสูงสุดบริเวณผิวผนังด้านใน (ลึกจากผิวผนังด้านใน 1 cm) ของผนังก่ออิฐฉาบปูน ผนัง ก่ออิฐบล็อกฉาบปูน และ ผนังก่ออิฐฉาบปูน ติดตั้งฉนวนกันความร้อน EIF ที่หันไปทางทิศตะวันออกมี ค่าเท่ากับ 31.2 C , 30.9 C และ 28 C ตามลำดับ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ผิวผนังด้านใน (ลึกลงไป 1 cm) ของผนังก่ออิฐบล็อกฉาบปูนมีค่าเท่ากับ 90.5 % ของผนังก่ออิฐฉาบปูน เท่ากับ 88.3% และของ ผนังอิฐฉาบปูนติดตั้งฉนวนกันความร้อน EIF เท่ากับ 86.1 % จากผลการทดลองนี้ผนังก่ออิฐฉาบปูน ติดตั้งฉนวนกันความร้อน EIF จึงมีคุณสมบัติที่ ดีในการป้องกันความร้อนและความชื้น การคำนวณ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จากแบบจำลองการ ถ่ายเทความร้อนผ่านผนังในหนึ่งมิติทำโดยอาศัย โปรแกรมคอมพิวเตอร์ MOIST v.3 ผลการเปรียบเทียบ พบว่าผลที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม สอดคล้องกับผลการทดลอง

นัสรินทร์ ปือชา (2558) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความสามารถในการแก้ปัญหาและความ พึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี จำนวน 1 ห้องเรียน นักเรียน 39 คน ซึ่งได้ จากวิธีสุ่มอย่างง่ายด้วยการ จับสลาก (Simple Random Sampling) โดยใช้เวลาในการจัดการ เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 18 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการ เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีขั้นตอนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่องการสืบพันธุ์ของ พืชดอกและการเจริญเติบโต แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา แบบวัดความสามารถ ในการแก้ปัญหา แบบวัดความ พึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบบันทึภาคสนามและแบบสัมภาษณ์ ซึ่งดำเนินการทดลองแบบกลุ่มทดลองหนึ่งกลุ่ม วัดผลก่อนและหลังการทดลอง (One group Pretest-Posttest Design) วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบ ค่าทีชนิดกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน(t-test dependent group) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนพัฒนาการ ร้อยละ 41.03 อยู่ในระดับต้น ร้อยละ 30.77 อยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 20.51 อยู่ในระดับสูง และร้อยละ 7.69 อยู่ในระดับสูง มาก นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียนสูงกว่าก่อน เรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตาม แนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) อยู่ในระดับมาก

นันทชา อัมฤทธิ์ (2559) ได้ศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิด สะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง งานและพลังงาน กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 40 คนที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ได้จากการสุ่มแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการ วิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แบบทดสอบวัด ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ แบบบันทึกการแก้ปัญหา แบบสังเกตพฤติกรรม การจัดการเรียนรู้ และแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยร้อยละ ค่าเฉลี่ย และ วิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า แนวทางจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตามแนวคิด สะเต็มศึกษาที่สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง งาน และพลังงานมีลักษณะดังนี้ คือ ชื่นย่นย่นปัญหาควรยกสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับ เรื่องงานและพลังงาน และสามารถบูรณาการความรู้สะเต็มศึกษาได้ อีกทั้งมุ่งเน้นให้นักเรียนอภิปราย กลุ่มและอภิปรายหน้าชั้นเรียน ชื่นชี้แจงปัญหาควรใช้คำถามต่อเนื่องจากขั้นก่อนหน้าประกอบกับเปิด โอกาสให้นักเรียนอธิบายสาเหตุผ่านการอภิปรายกลุ่มและอภิปรายหน้าชั้นเรียน นอกจากนี้ นักเรียน ต้องได้ทบทวนความรู้ในเรื่องที่เกี่ยวข้องเพื่อเสนอวิธีการปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา ชื่นวางแผนและชื่นวางแผน การสำรวจ ผู้สอนควรแสดงอุปกรณ์ที่มีความหลากหลาย แต่ต้องจำกัดจำนวนอุปกรณ์ เพื่อลด ปัญหาการลองผิดลองถูก อีกทั้งตรวจสอบการวางแผนของนักเรียนว่าใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ หรือไม่ ชื่นปรับโครงสร้าง นักเรียนต้องลงมือสร้างแบบจำลองตามที่วางแผนไว้ด้วยตนเองในชั้น ประเมินผู้สอนและนักเรียนควรร่วมกันประเมินแบบจำลองของแต่ละกลุ่มตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยนักเรียนทุกกลุ่มต้องได้นำเสนอผลงานของตนเอง เมื่อจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานตาม แนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้อย่าง ต่อเนื่อง โดยนักเรียนมีคะแนนเพิ่มขึ้นในทุกพฤติกรรม อย่างไรก็ตามพฤติกรรมเสนอวิธีการปฏิบัติ เพื่อแก้ปัญหาเป็นพฤติกรรมที่นักเรียนสามารถแสดงออกได้มากที่สุดตลอดการจัดการเรียนรู้

นิตยา ภูผาบง (2559) ได้ศึกษาการใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้ง มันสำปะหลังเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการสำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2 การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพของ แผ่นฟิล์ม พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง เพื่อสร้างกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พลาสติก ชีวภาพจาก แป้งมันสำปะหลังเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการสำหรับ นักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2 และเพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ ของ นักเรียนระหว่างกิจกรรมที่ 1 (คาบเรียนที่ 1-4) และกิจกรรมที่ 2 (คาบเรียนที่ 5-6) โดยใช้ กิจกรรม สะเต็มศึกษา เรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบ เจาะจง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนชลกันยานุกูล ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 52 คน ผลการวิจัยพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก แผ่นฟิล์มจะมีค่า ความต้านทาน แรงดึงสูงสุดและค่ามอดูลัสของยังสูงขึ้น แต่จะมีเปอร์เซ็นต์การยืดตัวลดลง และเมื่อ เพิ่มกลีเซอรอล ในปริมาณที่มากขึ้น จะทำให้แผ่นฟิล์มมีค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดและค่ามอดูลัส ของยังลดลง แต่จะมีเปอร์เซ็นต์การยืดตัวสูงขึ้น และแผ่นฟิล์มที่ผ่านการเคลือบผิวจะมีเปอร์เซ็นต์การ บวมน้ำที่ต่ำ กว่าแผ่นฟิล์มที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว จากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่า กิจกรรมเรื่อง

พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องตามแนวทางสะเต็มศึกษาและส่งเสริมให้ นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการผ่านการทำกิจกรรม และนักเรียนที่ เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังในกิจกรรมที่ 2 มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการสูงกว่ากิจกรรมที่ 1

ณัฐพงศ์ มณีโรจน์ (2560) ได้ศึกษาการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการคิดเชื่อมโยงในการเรียนวิชาชีววิทยาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 การวิจัยครั้งนี้ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเข้าไปในแต่ละชั้นการสอนของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่องระบบย่อยอาหาร ทั้งหมด 8 แผน 12 ชั่วโมง กลุ่มเป้าหมายคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จำนวน 45 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบการคิดเชื่อมโยง วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยปรากฏว่า การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ได้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จำนวน 8 แผน รวมเวลา 12 ชั่วโมง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีขั้นตอนในการจัดการเรียนการสอนในแต่ละแผนประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ การสร้างความเข้าใจ การขึ้นสำรวจและค้นหาการอธิบายและลงข้อสรุป การขยายความรู้ และการประเมินผล ซึ่งนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คิดเป็นร้อยละ 93.32 ผู้เรียนมีการคิดเชื่อมโยงคิดเป็นร้อยละ 83.34

ปราณี นันทะแสน (2560) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาระหว่างผู้เรียน ที่มีแบบการเรียนรู้แตกต่างกันวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย 1) เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีแบบการเรียนรู้แตกต่างกัน หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการ วิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/7 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/8 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนเมืองกาฬสินธุ์ อำเภอมือจ่าง จังหวัดกาฬสินธุ์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 24 จำนวน 2 ห้องเรียน ทั้งหมด 42 คนได้มาโดย การสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้น (Multistage Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่องการจำแนกสาร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 7 แผน เวลา 14 ชั่วโมง 2) แบบสำรวจการเรียนรู้ของผู้เรียน จำนวน 60 ข้อ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง การจำแนกสาร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ 4) แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 13 ทักษะ ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ 5) แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Likert Scale) 5 ระดับ จำนวน 20 ข้อ สถิติที่ใช้คือ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบสมมติฐานโดยใช้สถิติ Paired Samples t-test, F-test (One-way MANOVA) ผลการวิจัยปรากฏดังนี้ 1) นักเรียนที่ได้รับการ

จัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียน เท่ากับ 12.07, 11.21 และ 3.82 (อยู่ในระดับมาก) ตามลำดับ ในขณะที่หลังเรียนเท่ากับ 25.21, 21.07 และ 4.53 (อยู่ในระดับมากที่สุด) คิดเป็นร้อยละ 52.12, 46.80 และ 15.67 ตามลำดับ โดยนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ระดับ 0.05 2) นักเรียนที่มีแบบ การเรียนรู้แตกต่างกัน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกัน แต่ ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยนักเรียนที่มีแบบการเรียนรู้แบบนักไตร่ตรอง มีคะแนนเฉลี่ยของทักษะ กระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่าแบบการเรียนรู้อื่นๆ

