

ผลการใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
ที่มีต่อความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ



ปริญญานิพนธ์
ของ
กมลวดี เจริญกุล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์

กรกฎาคม 2561

ผลการใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
ที่มีต่อความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์

กรกฎาคม 2561

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผลการใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
ที่มีต่อความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์

กรกฎาคม 2561

กมลวดี เจริญกุล. (2561). ผลการใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ. ปรินทิพย์ กศ.ม. (การวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษาปรินทิพย์ กศ.ม.: อาจารย์ ดร. พนิดา ศกุนตนาค.

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย 2 ประการ คือ 1) เพื่อเปรียบเทียบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ก่อนเรียนและหลังเรียน 2) เพื่อเปรียบเทียบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หลังเรียนและระยะติดตามผล ตัวอย่างในการวิจัยเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ จำนวน 43 คน ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบสองขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแผนการจัดการเรียนรู้และแบบทดสอบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ ซึ่งมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.30 – 0.78 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.60 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.74 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติบรรยาย และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ

ผลการวิจัยพบว่า (1.) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้มีความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์หลังเรียน ($M=15.07$) สูงกว่าก่อนเรียน ($M=9.77$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2.) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้มีความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์หลังเรียน ($M=15.07$) และระยะติดตามผล ($M=15.53$) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่านักเรียนมีความคงทนในการเรียนรู้

EFFECTS OF ASSESSING-TO-LEARN METHODS IN CONJUNCTION WITH INQUIRY-BASED
LEARNING ON CONCEPTUAL UNDERSTANDING OF PHYSICS CONCERNING DIFFERENT
FORMS OF MOTION IN MATTHAYOM FOUR STUDENTS



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Education Degree in Research and Development on Human Potentials
at Srinakharinwirot University

July 2018

Kamonwadee Jareankul. (2018). *Effects of Assessing-To-Learn Methods in Conjunction with Inquiry-Based Learning on Conceptual Understanding of Physics Concerning Different Forms of Motion in Matthayom Four Students*. Master's thesis, M.Ed. (Research and Development on Human Potential). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Dr. Panida Sakuntanak.

The objectives of this study were as follows: 1) to compare the conceptual understanding of physics between pre-learning and post-learning periods in a group of students who received Assessing-To-Learn (A2L) instruction in conjunction with Inquiry-Based Learning (IBL) instruction; and also, 2) to compare the conceptual understanding of physics between post-learning and follow-up periods among the same group of students after they received the Assessing-To-Learn (A2L) instruction in conjunction with Inquiry-Based Learning (IBL) instruction. The sample of forty-three students was selected from among Matthayom four students in the 2018 academic year at Triamudomsuksapattanakarn School by employing a two-stage random sampling method. The research tools included the lesson plans written up in accordance with the Assessing-To-Learn (A2L) method and multiple-choice papers to test their conceptual understanding of physics. The papers had an item difficulty value between 0.30 and 0.78, item discrimination value between 0.20 and 0.60 and a test reliability value of 0.74. The data was analyzed by descriptive statistics and ANOVA with the repeated measurement method.

The results were as follows: (1.) The conceptual understanding of physics in the post-learning period ($M=15.07$) of students who received the Assessing-To-Learn (A2L) instruction was better than that of the pre-learning period ($M=9.77$) with a statistical significance of $p < 0.05$ (2.) There were no statistically significant differences of $p < 0.05$ in the conceptual understanding of physics between the post-learning ($M=15.07$) and the follow-up periods ($M=15.53$) among students who received the Assessing-To-Learn (A2L) instruction meaning that learning retention was evident in the group.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

ผลการใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
ที่มีต่อความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ

ของ

กมลวดี เจริญกุล

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

วันที่ เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2561

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ที่ปรึกษาประธาน

(อาจารย์ ดร.พนิดา ศกุนตนาค)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชรี จันท์เพ็ง)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.พนิดา ศกุนตนาค)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอุมา เจริญสุข)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยดี เป็นเพราะผู้วิจัยได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจาก อาจารย์ ดร. พนิดา ศกุนตนาค ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่า ให้ความรู้ ให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำ คอยให้ความช่วยเหลือ เอาใจใส่ดูแล และให้กำลังใจตลอดจน ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาในการทำปริญญานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและประทับใจในความกรุณาของท่านอาจารย์เป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็น อย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พชร จันทร์เพ็ง และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอุมา เจริญสุข เป็นอย่างสูงที่ให้ความกรุณาเป็นประธาน และกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้ โดยให้ความกรุณาตรวจสอบ ปรับปรุง และให้ ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงปริญญานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษาทุกท่านที่ให้ความรู้แก่ผู้วิจัย ในการศึกษาตามหลักสูตรการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์ (แขนงวิชาการ ทดสอบและวัดผลการศึกษา) ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าในการตรวจสอบ เครื่องมือ ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงเครื่องมือในการทำปริญญานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการ รองผู้อำนวยการทุกฝ่าย หัวหน้ากลุ่มสาระและครู กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และคุณครูทุกท่าน ของโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ เขตสวนหลวง จังหวัดกรุงเทพมหานคร ที่อำนวยความสะดวกในการทดลองใช้เครื่องมือและเก็บ รวบรวมข้อมูล และเป็นกำลังใจให้กับผู้วิจัยเสมอมา และขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่งในการทำวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ นิสิตสาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์ (แขนงวิชา การทดสอบวัดผลการศึกษา) ทุกคนที่เป็นที่ปรึกษาและให้กำลังใจกับผู้วิจัยมาโดยตลอด

และสุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา พี่น้อง สมาชิกในครอบครัวทุกท่านที่คอยเป็น กำลังใจและสนับสนุนส่งเสริมการศึกษาอย่างดียิ่งจนสำเร็จการศึกษาในครั้งนี้ คุณค่าและประโยชน์ใด ๆ อันพึงบังเกิดขึ้นจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดา มารดา ครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ให้การอบรมสั่งสอน ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัย

กมลวดี เจริญกุล

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายในการวิจัย.....	4
ความสำคัญในการวิจัย.....	5
ขอบเขตของการวิจัย.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
กรอบแนวคิดของการวิจัย.....	7
สมมติฐานการวิจัย.....	8
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	9
ความหมายของการสืบเสาะหาความรู้.....	10
รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	10
ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	13
การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To-Learn:A2L).....	14
แนวคิดเกี่ยวกับการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้.....	14
ขั้นตอนของการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้.....	16
ตัวอย่างข้อคำถามของการประเมินเพื่อการเรียนรู้.....	21
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	25
ความคิดรวบยอด (concept).....	30
ความหมายของความคิดรวบยอด.....	30
ลักษณะของความคิดรวบยอด.....	31
ประเภทของความคิดรวบยอด.....	32
กระบวนการสร้างความคิดรวบยอด.....	35
การเรียนรู้ความคิดรวบยอด.....	37
การสอนความคิดรวบยอด.....	38
ความคิดรวบยอด (concept) ทางฟิสิกส์.....	42
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์.....	51

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 วิธีการดำเนินการวิจัย	58
การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	58
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	59
วิธีการทดลองและขั้นตอนการทดลอง.....	64
การจัดกระทำข้อมูล.....	66
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	66
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	67
การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	67
สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	67
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	68
5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	72
สรุปผลการวิจัย.....	73
อภิปรายผลการวิจัย.....	73
ข้อเสนอแนะ.....	76
บรรณานุกรม	78
ภาคผนวก	84
ภาคผนวก ก.....	85
ภาคผนวก ข.....	87
ภาคผนวก ค.....	93
ภาคผนวก ง.....	114
ประวัติย่อผู้วิจัย	121

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ตัวอย่างข้อคำถาม ขั้นที่ 1 สำรวจแนวคิดพื้นฐาน (Exploring Naive Concepts).....	23
2 ตัวอย่างข้อคำถาม ขั้นที่ 2 เสริมสร้างและจัดกลุ่ม (Honing and Clustering).....	23
3 ตัวอย่างข้อคำถาม ขั้นที่ 3 วิเคราะห์และให้เหตุผลโดยใช้แนวคิด (Analyze and Reason Using Concepts).....	24
4 ตัวอย่างข้อคำถาม ขั้นที่ 4 การแก้ปัญหาโดยใช้ความคิดรวบยอดเป็นฐาน (Concept-Based Problem Solving).....	24
5 ตัวอย่างข้อคำถาม ขั้นที่ 5 รวบรวมและจัดกลุ่มแนวคิดที่สัมพันธ์กัน (Organize and Interrelate Groups of Concepts).....	25
6 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางสาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ มาตรฐาน ว 4.1....	47
7 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางสาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่มาตรฐาน ว 4.2....	48
8 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางสาระที่ 5 พลังงาน.....	49
9 ตัวอย่างการบูรณาการแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับ A2L ในเนื้อหาเรื่องแบบโพรเจกไทล์.....	59
10 ตารางกำหนดรายละเอียดข้อสอบ.....	64
11 สถิติพื้นฐานของคะแนนความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To-Learn: A2L) ก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผล.....	68
12 ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น.....	69
13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ.....	70
14 ผลการเปรียบเทียบคะแนนรายคู่ทางความคิดรวบยอดของนักเรียน ก่อนเรียน หลังเรียน และติดตามผล.....	70
15 คุณภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการมีต่อความคิด รวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ...	88
16 การคำนวณหาค่าความสอดคล้องของข้อคำถามกับเนื้อหา (IOC) ของแบบทดสอบ ความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ.....	89
17 ระดับค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (Coefficient - α) ของแบบทดสอบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์.....	90
18 คะแนนจากการใช้แบบทดสอบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ ก่อนเรียน หลังเรียน และติดตามผล.....	92

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดการวิจัย.....	8
2 ตัวอย่างขั้นที่ 1 Exploring Naive Concepts.....	17
3 ตัวอย่างขั้นที่ 2 Honing and Clustering.....	18
4 ตัวอย่างขั้นที่ 3 Analyze and Reason Using Concepts.....	19
5 ตัวอย่างขั้นที่ 4 Concept-Based Problem Solving.....	20
6 ตัวอย่างขั้นที่ 5 Organize and Interrelate Groups of Concepts.....	21
7 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของคะแนนเฉลี่ยความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ ก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผล ของกลุ่มตัวอย่าง.....	71



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การวัดและประเมินผลตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 นั้นให้ความสำคัญกับการประเมินผลเพื่อพัฒนาคุณภาพของนักเรียน โดยกำหนดให้มีสัดส่วนการประเมินผลระหว่างภาคมากกว่าการประเมินผลปลายภาค และกำหนดให้มีการวัดและประเมินผลเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนมากกว่าการเปรียบเทียบหรือตัดสิน ฉะนั้นการจัดการศึกษาจำเป็นต้องมีจุดมุ่งหมายที่ชัดเจน เพื่อช่วยกำหนดคุณลักษณะของผู้สำเร็จการศึกษาที่พึงประสงค์หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ และช่วยให้สามารถกำหนดทิศทางของการจัดประสบการณ์การเรียนรู้หรือการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมได้ ดังนั้นการวัดและประเมินผลจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการตัดสินผลการเรียนรู้ของนักเรียนว่าบรรลุผลสำเร็จตามจุดมุ่งหมายที่ต้องการหรือไม่ มากน้อยเพียงใด รวมทั้งช่วยให้สารสนเทศอันเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. 2554: 2-9)

การวัดและประเมินผลจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องปฏิบัติควบคู่ไปกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งตั้งอยู่บนหลักปฏิบัติพื้นฐานของการวัดและประเมินผลที่มีอยู่ด้วยกันหลากหลายรูปแบบ ตัวอย่างเช่น การประเมินผลระหว่างเรียนหรือการประเมินผลเพื่อพัฒนา (Formative Assessment) เป็นการประเมินผลที่กระทำในขณะที่จัดการเรียนรู้ ที่นำไปสู่การประเมินผลเพื่อตัดสิน (Summative Assessment) ซึ่งเป็นขั้นการประเมินผลที่สรุปการจัดการเรียนรู้แล้ว ลักษณะสำคัญของการประเมินผลระหว่างเรียน เป็นการประเมินผลเพื่อพัฒนาการเรียนในห้องเรียน ช่วยกำหนดมาตรฐาน เนื้อหา และมีเกณฑ์เป็นตัวกำหนด ทำให้การประเมินผลแบบนี้เป็นส่วนหนึ่งของระบบ การประเมินผลนี้ใช้เป็นส่วนหนึ่งในการวิจัย สามารถประเมินผลเป็นระยะ ๆ ได้ตลอดเวลา แตกต่างจากการประเมินผลเพื่อตัดสินที่ทำได้เฉพาะตอนจบรายวิชาเท่านั้น ซึ่งเป็นการประเมินผลเพื่อตัดสินผลการเรียน ที่ครูทำการประเมินผลจากข้อมูลของนักเรียนตามความแตกต่างของนักเรียนแต่ละคน ทำให้มีการออกแบบเฉพาะสิ่งที่ต้องการประเมินผล เพื่อให้ครูสามารถวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคนได้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. 2554: 2-9)

การเรียนรู้เริ่มจากประเมินผลระหว่างเรียนก่อน และไปสิ้นสุดที่การประเมินผลเพื่อตัดสิน เป็นการกำหนดรูปแบบการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง ให้ครอบคลุมถึงทักษะและความรู้ที่จำเป็น และมุ่งเน้นให้ครูจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมให้เกิดกับนักเรียน สิ่งสำคัญของการประเมินผลระหว่างเรียนนั้นเน้นเพื่อปรับปรุงแก้ไขนักเรียน แต่ไม่ใช่เพื่อจัดอันดับ หรือการลงโทษนักเรียน บทบาทของครูในการประเมินผลระหว่างเรียนนั้น ครูจำเป็นต้องมีความชัดเจน และใช้รูปแบบวิธีการที่เหมาะสมกับวิธีการจัดการเรียนรู้ และเทคนิคของครู เพื่อการประเมินผลอย่างถูกต้อง และยุติธรรม เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ของนักเรียน แต่การศึกษายุคปัจจุบัน ครูยังขาดทักษะในการใช้ข้อมูลและดึงข้อมูลจากการสรุปผลหลังจากการประเมินผลแล้วมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ในกระบวนการเรียนรู้ที่การ

ประเมินผลมีคุณภาพสูง ครูต้องรู้ว่าการประเมินผลนั้นมีเป้าหมายอย่างไร ทำอย่างไรถึงจะเป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้ และมีวิธีใดที่ช่วยให้การประเมินผลนั้นประสบผลสำเร็จ ดังนั้น ครูจำเป็นต้องมีเทคนิคในการสอน เช่นการใช้คำถามในระหว่างการจัดการเรียนรู้ เพื่อเน้นให้นักเรียนเกิดทักษะในการคิดที่ซับซ้อน มีเหตุผล และเกิดความคิดรวบยอดทางการเรียนวิชานั้นๆ ตัวอย่างเช่น วิชาฟิสิกส์ เป็นต้น (ไตรรงค์ เจนการ. 2549; สมนึก ภัททิยธนี. 2555)

“ฟิสิกส์” เป็นความรู้สึกที่เกิดขึ้นกับแต่ละคนแตกต่างกัน นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ชอบฟิสิกส์ เพราะเข้าใจยาก คนที่เรียนฟิสิกส์ต้องเก่งมากและคิดนอกกรอบกว่าคนทั่วไป น้อยคนที่จะเข้าใจธรรมชาติของฟิสิกส์อย่างแท้จริง (สิรพัฒน์ ประโทนเทพ. 2555: 36-39) ฟิสิกส์ถือเป็นพื้นฐานในการเรียนวิชาอื่นๆ ปัญหาที่พบบ่อยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์นั้นส่วนใหญ่มักจะเน้นที่ผลสุดท้ายของการเรียน โดยไม่ได้คำนึงถึงกระบวนการ หรือการพัฒนานักเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้ นักเรียนจึงไม่เกิดทักษะการคิด แนวคิดหรือความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ ทำให้การเรียนฟิสิกส์ส่วนใหญ่ประสบปัญหาในการจัดการเรียนรู้เป็นอย่างมาก รวมไปถึงการทดสอบในยุคสมัยปัจจุบัน ที่คะแนนจากการสอบของนักเรียนในการทำแบบทดสอบมาตรฐาน เช่น O-NET, PAT, GAT หรือ PISA เป็นตัวชี้วัดสำคัญในการประเมินคุณภาพของครู ผู้บริหาร และหน่วยงานด้านการศึกษาต่างๆ แนวทางปฏิบัติที่อาจเกิดขึ้นในห้องเรียน คือการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายเพื่อพยายามให้ครอบคลุมเนื้อหาที่จะมีในข้อสอบให้ครบ แล้วฝึกฝนให้นักเรียนทำข้อสอบ ผลลัพธ์ที่ได้ อาจจะเป็นที่น่าพอใจของทุกฝ่ายในระยะสั้น แต่ผลที่จะเกิดขึ้นในระยะยาว ในสภาพเศรษฐกิจปัจจุบันและอนาคตนั้น ถือว่าไม่ประสบผลสำเร็จ (รักษพล ธนาณรงค์. 2558: 40)

สภาพปัญหาดังกล่าวนั้นสอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่อธิบายถึงรายวิชาฟิสิกส์ที่เป็นส่วนหนึ่งของวิทยาศาสตร์ โดยในอดีตนั้นมุ่งเน้นให้นักเรียนจดจำเนื้อหาสาระเป็นหลักในการจัดการเรียนรู้ และวัดผลโดยใช้แบบทดสอบ ดังนั้นสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จึงเสนอแนะให้ดำเนินการจัดการเรียนรู้เพื่อให้บรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายผสมผสานหรือบูรณาการกันไปตามสถานการณ์ ซึ่งถ้าจะใช้วิธีใดเพียงวิธีเดียวย่อมไม่ประสบผลสำเร็จ และยังได้แนะนำวิธีการจัดการเรียนรู้ไว้อย่างหลากหลาย ได้แก่ การใช้คำถาม การทดลอง กิจกรรมและการสาธิต การอภิปราย เป็นต้น ซึ่งวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ได้แนะนำไว้นั้นสามารถทำการวัดและประเมินผลไปด้วยในระหว่างการจัดการเรียนรู้ อีกทั้งยังเป็นประโยชน์ในการพัฒนาศักยภาพและการเรียนรู้ของผู้เรียนไปได้อย่างทันทั่วทั้งที่ ดีกว่าวัดผลในตอนสุดท้ายของการจัดการเรียนรู้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2553: 6-7)

กระบวนการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่สอดคล้องกับการประเมินผลระหว่างเรียนหรือการประเมินผลเพื่อพัฒนา (Formative Assessment) คือ การสอนความคิดรวบยอด เนื่องจากความคิดรวบยอดเป็นรากฐานของความคิด มนุษย์จะคิดไม่ได้ ถ้าไม่มีความคิดรวบยอดที่เป็นพื้นฐาน ความคิดรวบยอดจะช่วยให้การตั้งกฎเกณฑ์ หลักการต่างๆ และสามารถที่จะแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ได้ นอกจากนี้ ความคิดรวบยอดยังเป็นเครื่องมือที่จะช่วยในการสื่อความหมายที่จะให้คนเรามีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ความคิดรวบยอดประกอบด้วยความรู้เชิงบรรยาย (Declarative Knowledge) และความรู้เชิงกระบวนการ (Procedural Knowledge) วิธีการสอนความรู้ทั้งสองประการ จึงมีความสำคัญอย่างมาก

นักจิตวิทยาและนักการศึกษาหลายท่านได้ศึกษาถึงหลักการสอนความคิดรวบยอดและได้นำเสนอหลักการสอนความคิดรวบยอดของออสซูเบล (Ausubell) กานเย (Gagne') และคลอดสไมเออร์ และเฟรเยอร์ (Klausmeier and Frayer) (สุรงค์ โค้วตระกูล. 2556: 326-330) ว่าถ้าจำแนกความคิดรวบยอดเป็น 3 ประเภท คือ ความคิดรวบยอดที่มีลักษณะร่วมกัน ความคิดรวบยอดที่เป็นเชิงสัมพันธ์ ความคิดรวบยอดที่เป็นเชิงวิเคราะห์ เด็กจะเริ่มจากความคิดรวบยอดที่มีลักษณะร่วมกัน สำหรับจำแนกวัตถุ ส่วนความเปลี่ยนแปลงในการใช้ความคิดรวบยอดที่เป็นเชิงวิเคราะห์ ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุที่ใช้ในแต่ละขั้นของพัฒนาการ ครูสามารถกำหนดจำนวน และความเด่นชัดของคุณลักษณะของความคิดรวบยอดที่จะสอนให้แน่ชัด และใช้รายละเอียดดังกล่าวสำหรับการวางแผนการสอนของท่าน จะต้องมีการเน้นคุณลักษณะที่สำคัญสำหรับการวางแผนการสอนของท่าน จะต้องมีการเน้นคุณลักษณะที่สำคัญ แต่ขาดความเด่นชัดเป็นพิเศษ เราสามารถลดจำนวนคุณลักษณะที่มีมากเกินไปได้และเน้นความสนใจลักษณะที่มีความสำคัญ ซึ่งเป็นการง่ายต่อการเรียนความคิดรวบยอด ซึ่งการสอนดังกล่าวเหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์นั้นต้องได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ผสมผสานทั้งความรู้และกระบวนการอย่างสมดุล ไม่ว่าจะเป็นการตั้งคำถาม การออกแบบการเรียนการสอน การวัดประเมินผลการเรียนรู้ การจัดบรรยากาศการเรียนรู้ให้ผู้เรียนคิดและลงมือทำด้วยตนเอง (ประสาธน์ เถืองเฉลิม. 2558: 133-148)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการเรียนการสอนที่เป็นการพัฒนามุมมองของผู้เรียนให้เข้าใจถึงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และยังเป็นกระบวนการที่นำพาผู้เรียนไปสู่คุณลักษณะของผู้ที่ใฝ่รู้ในยุคโลกาภิวัตน์ เรียนรู้ที่จะแสวงหาความรู้ต่างๆ ด้วยการตั้งคำถาม การค้นคว้าหาคำตอบ และการใช้วิจารณญาณเพื่อตัดสินใจ มีหัวใจนักปราชญ์ สร้างเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิต รู้จักตนเอง ปรับความคิด ยอมรับกติกาของกลุ่ม ลงมือตรวจสอบหาความรู้ด้วยตนเอง และถ่ายโยงการเรียนรู้ด้วยปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มเพื่อน (ประสาธน์ เถืองเฉลิม. 2558: 133-148) ซึ่งรูปแบบดังกล่าวสอดคล้องกับการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To-Learn: A2L) ของดิเฟรนส์ และเจอร์ราซ (Dufresne; & Gerace. 2004: 428-432) ซึ่งกล่าวถึง การออกแบบการประเมินผลเพื่อส่งเสริมการจัดการเรียนรู้ที่เรียกว่า “การประเมินผลระหว่างเรียน” โดยในระหว่างการประเมินผลครูจะต้องรู้ข้อมูลพื้นฐานของผู้เรียนเพื่อนำมาปรับใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการของนักเรียน ซึ่งครูจะต้องมีส่วนร่วมในการประเมินผลระหว่างเรียนและการจัดกิจกรรมในชั้นเรียน โดยทั่วไปส่วนใหญ่ใช้วิธีการประเมินผลแบบ CFA (Classroom Formative Assessment: CFA) ซึ่งวิธีการประเมินผลนี้จะเกิดขึ้นเองในระหว่างการจัดการเรียนรู้ตามกลไกธรรมชาติ ซึ่งการประเมินผลดังกล่าวถือว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญในการจัดการเรียนรู้ อย่างไรก็ตามขั้นตอนการปฏิบัติของ CFA นั้นพบได้และมักเกิดขึ้นเฉพาะในกลุ่มของผู้เรียนวิทยาศาสตร์เท่านั้น ไม่ว่าจะเป็นในระดับชั้นมัธยมศึกษาหรือระดับที่สูงกว่า สำหรับวิธีการวัดและประเมินผลระหว่างการจัดการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์เบื้องต้น ตามแบบของ

ดิเฟรนส์ และ เจอร์ราชั้นั้น เป็นการประเมินผลระหว่างเรียนและการให้คำแนะนำเพื่อนำไปสู่การใช้จริงนั้น สามารถอธิบายได้โดยวิธีการของ CFA ที่มุ่งเน้นสำหรับการจัดการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์เบื้องต้นรูปแบบหนึ่ง คือ การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-to-Learn: A2L) เป็นวิธีการวัดและประเมินที่เกิดขึ้นจากความต้องการที่จะแก้ปัญหาการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนฟิสิกส์รูปแบบเดิม ให้มีความน่าสนใจ และเกิดประโยชน์อย่างสูงสุดต่อครูผู้สอน เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดี เพื่อช่วยในการพัฒนานักเรียนตามแนวคิดของดิเฟรนส์และเจอร์ราช (Dufresne; & Gerace. 2004) นั้นเป้าหมายสำคัญคือการใช้ A2L เป็นต้นแบบของเครื่องมือการวัดและประเมินผลระหว่างเรียน โดยบูรณาการระหว่างการจัดการเรียนรู้ควบคู่ไปกับการประเมินผลในห้องเรียนนั้นๆ ซึ่งการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน โดยแต่ละขั้นตอนแสดงเกี่ยวกับข้อคำถามที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ ถือเป็นจุดเริ่มต้นสำหรับการดำเนินการประเมินผลระหว่างเรียนในห้องเรียน เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์เบื้องต้น

จากที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้น การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ถือเป็นรูปแบบหนึ่งของการประเมินผลระหว่างเรียนที่นำไปสู่การบูรณาการการวัดและประเมินผลเข้าด้วยกันผ่านการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยจึงเลือกการวัดการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในห้องเรียน เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับผู้เรียน เพราะครูผู้สอนสามารถจัดกิจกรรมให้ตรงกับความสามารถของผู้เรียนได้ รวมทั้งยังสามารถทำการแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างทันทั่วทั้งที่ เนื่องจากสามารถทำการวัดและประเมินผลไปได้พร้อมๆ กัน ทำให้ผู้เรียนมีความคิดความเข้าใจจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังถือว่าการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้เป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เกิดทักษะ ความรู้ความเข้าใจ และแก้ปัญหาเป็น ทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอดที่เป็นรากฐานของความคิดทั้งหมด ซึ่งผู้วิจัยเชื่อว่าการเรียนรู้ที่ดีนั้นจำเป็นต้องมีแนวทางการวัดและประเมินผลที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาความคิดรวบยอดของผู้เรียน และยังช่วยให้ผู้เรียนเกิดความคงทนในการเรียนรู้หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ก่อนเรียนและหลังเรียน
2. เพื่อเปรียบเทียบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หลังเรียนและระยะติดตามผล

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลการใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ โดยให้ความสำคัญทั้งทางทฤษฎีและการปฏิบัติ

1. ในทางทฤษฎี การวิจัยนี้ทำให้ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing to Learn: A2L) ซึ่งเป็นการวัดประเมินอีกรูปแบบหนึ่งที่เป็นการประเมินความก้าวหน้า (Formative Assessment) ของผู้เรียน รวมทั้งหลักการสร้างเครื่องมืออย่างมีคุณภาพ ผู้ที่สนใจสามารถนำงานวิจัยนี้ไปใช้เป็นแนวทางการศึกษาเพื่อพัฒนาด้านการวัดประเมินให้มีการนำผลการประเมินมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้เรียน
2. ในทางปฏิบัติ ครูผู้สอนหรือผู้เกี่ยวข้องสามารถนำการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เพื่อช่วยพัฒนาความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของผู้เรียน

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 กรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2560 จำนวน 18,834 คน

ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ ปีการศึกษา 2560 จำนวน 43 คน ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบสองขั้นตอน (two-stage random sampling)

เนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 ประกอบด้วย 3 เรื่อง ได้แก่ 1) การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ 2) การเคลื่อนที่แบบวงกลม และ 3) การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรอิสระ คือ การใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To-Learn: A2L) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

ตัวแปรตาม คือ ความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To-Learn: A2L) หมายถึง ขั้นตอนกระบวนการวัดประเมินในระหว่างจัดการเรียนรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ตามแนวคิดของของดิเฟรนส์ และเจอร์ราซ (Dufresne & Gerace. 2004: 428-432) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน

ขั้นที่ 1 สำรวจแนวคิดพื้นฐาน (Exploring Naive Concepts) หมายถึง การจัดการเรียนรู้เพื่อปรับพื้นฐานความรู้เดิมของนักเรียนตามรูปแบบแนวคิด และหลักการทางฟิสิกส์ เพื่อให้ นักเรียนตระหนักถึงแนวความคิดของความรู้เดิมก่อนที่นักเรียนจะแสดงความคิดเห็นของนักเรียน และรับรู้สิ่งที่นักเรียนคนอื่น ๆ กำลังคิด ในทำนองเดียวกัน

ขั้นที่ 2 เสริมสร้างและจัดกลุ่ม (Honing and Clustering) หมายถึง การจัดการเรียนรู้เพื่อให้ นักเรียนสามารถแยกแยะแนวคิดของตนเองออกจากแนวคิดอื่น ที่มีความสัมพันธ์กันได้ โดยนักเรียนสามารถสรุปความเข้าใจของแนวคิดขึ้นใหม่ได้ และบูรณาการกับความรู้ที่มีในด้านอื่น ๆ

ขั้นที่ 3 วิเคราะห์และให้เหตุผลโดยใช้แนวคิด (Analyze and Reason Using Concepts) หมายถึง การจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนใช้ความเข้าใจที่มีวิเคราะห์ความเหมือนและแตกต่างของแนวคิด และให้เหตุผลโดยใช้แนวคิดนั้นๆเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ความซับซ้อนมากขึ้น โดยนักเรียนสามารถวิเคราะห์ และจัดแบ่งสถานการณ์ให้เหมาะสมกับความรู้พื้นฐานของนักเรียน และใช้เหตุผลที่เกี่ยวข้องกันบางส่วนเพื่อสรุปหรือตัดสิน

ขั้นที่ 4 การแก้ปัญหาโดยใช้ความคิดรวบยอดเป็นฐาน (Concept-Based Problem Solving) หมายถึง การจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้ความรู้เกี่ยวกับแนวคิดทางฟิสิกส์ในการแก้ปัญหาทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เพื่อเน้นความสนใจของนักเรียนเกี่ยวกับความคิดรวบยอดในการแก้ปัญหา นักเรียนสามารถอธิบายและประเมินความคิดรวบยอดและหลักการต่างๆ ที่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้

ขั้นที่ 5 รวมและจัดกลุ่มแนวคิดที่สัมพันธ์กัน (Organize and Interrelate Groups of Concepts) หมายถึง การจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนสามารถเลือกหลักการ แนวคิดที่เหมาะสมสำหรับการแก้ปัญหาต่างๆ ที่กำหนดให้พร้อมให้เหตุผลสำหรับการเลือกใช้หลักการของนักเรียนอย่างสมเหตุสมผล

2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้ศึกษา ค้นคว้า สร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการคิดและปฏิบัติ และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน

1. ขั้นสร้างความสนใจ (engagement) หมายถึง การนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ อาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย ความสนใจของตัวนักเรียนเองจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรูมาแล้ว

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) หมายถึง การทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจ วางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบตั้งสมมติฐาน

3. **ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation)** หมายถึง การสำรวจตรวจสอบข้อมูล ข้อสนเทศ ที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ

4. **ชั้นขยายความรู้ (elaboration)** หมายถึง การนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับ ความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม นำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์ หรือเหตุการณ์อื่นๆ

5. **ชั้นประเมิน (evaluation)** หมายถึง การประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้ะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด และนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ ในเรื่องอื่นๆ

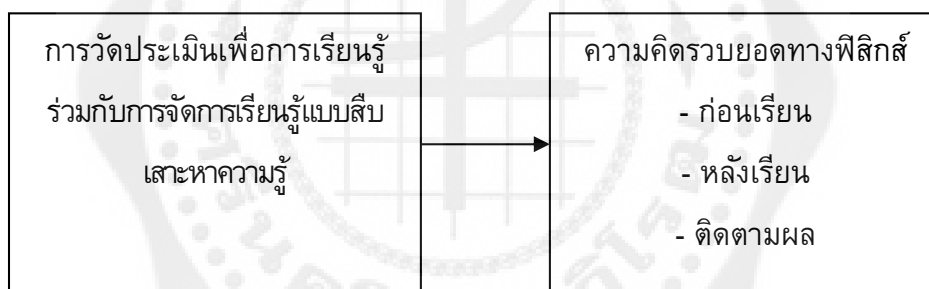
2. **การใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To-Learn: A2L)** ร่วมกับการจัดการ เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ข้อคำถามการวัด ประเมินเพื่อการเรียนรู้บูรณาการร่วมกับขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เพื่อ ประเมินความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียน

3. **ความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์** หมายถึง ความคิด แนวคิด หลักการ และกฎ เรื่อง การ เคลื่อนที่แบบต่างๆ ยึดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 ตามสาระที่ 4 แรงและ การเคลื่อนที่ ได้แก่ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ การเคลื่อนที่แบบวงกลม การเคลื่อนที่แบบฮาร์ มอนิกอย่างง่าย ของนักเรียนแต่ละคนที่มีต่อเหตุการณ์การจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนฟิสิกส์ โดย การนำข้อเท็จจริงมาศึกษาหรือเปรียบเทียบ แล้วสรุปรวมลักษณะที่สำคัญ มองเห็นความสัมพันธ์ของ สิ่งนั้นๆ สร้างเป็นความคิดหลักของแต่ละคนต่อการเรียนฟิสิกส์ที่แสดงถึงความคิด ความเข้าใจ ทำ ให้นำไปใช้ในการบรรยาย อธิบาย หรือพยากรณ์เหตุการณ์ วัตถุ และปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับ เหตุการณ์ในห้องเรียนฟิสิกส์ ซึ่งแต่ละคนอาจมีความรู้สึนึกคิดต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่ กับประสบการณ์ ความรู้เดิม วิทยุฒิ และเหตุผลของบุคคลนั้นๆจากการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์

กรอบแนวคิดของการวิจัย

ความคิดรวบยอดถือเป็นพื้นฐานสำคัญของการเรียนรู้สำหรับผู้เรียน เพราะความคิดรวบ ยอดถือเป็นฐานของความคิดทั้งหมด การจะเรียนวิชาฟิสิกส์ให้เข้าใจและสนุกนั้น พื้นฐานสำคัญคือ ความคิด เพราะวิชาฟิสิกส์ถือเป็นวิชาหนึ่งที่ต้องใช้ความรู้ ความเข้าใจ ความคิด และทักษะต่างๆ ก่อนข้างมากด้วยเนื้อหาของวิชาที่ยาก ดังนั้นถ้าผู้เรียนขาดความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์แล้วผู้เรียน อาจจะเข้าใจฟิสิกส์ไปตลอดการจัดกิจกรรมเรียนรู้ และทำให้ไม่ชอบวิชาฟิสิกส์ ความคิดรวบยอด จึงถือว่าเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการเรียนวิชาฟิสิกส์ และจากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่ เกี่ยวข้องผู้วิจัยพบว่ามีความหลากหลายแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับความคิดรวบยอด แต่มีหนึ่งแนวคิดที่ น่าสนใจ คือ แนวคิดของ ดิเฟรนส์ และ เจอร์ราช (Dufresne; & Gerace. 2004: 428-432) ที่กล่าวถึง การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To-Learn: A2L) ว่าเป็นรูปแบบที่สามารถช่วยส่งเสริม ความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ในเรื่องต่างๆ ในรายวิชาฟิสิกส์ได้ โดยต้องจัดการเรียนรู้ควบคู่กับ

รูปแบบการสอนที่เหมาะสม และตลอดการจัดการเรียนรู้จะต้องมีขั้นตอนให้เห็นอย่างเด่นชัด การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งเป็นการเรียนการสอนที่เหมาะสมสำหรับใช้ควบคู่ไปกับการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ ทำให้เกิดเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ถือเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนามุมมองของนักเรียนให้เข้าใจถึงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และยังเป็นกระบวนการที่นำพานักเรียนไปสู่คุณลักษณะของผู้ที่มีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนในยุคโลกาภิวัตน์ นักเรียนพร้อมที่จะแสวงหาความรู้ต่างๆ ด้วยการตั้งคำถาม การค้นคว้าหาคำตอบ และการใช้วิจารณ์ญาณเพื่อตัดสินใจ สร้างเสริมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิต รู้จักตนเอง ปรับความคิด ยอมรับกติกาของกลุ่ม ลงมือตรวจสอบหาความรู้ด้วยตนเอง และถ้อยโยงการเรียนรู้ด้วยปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มเพื่อน รวมทั้งช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหาหลักและหลักการ ทฤษฎี ตลอดจนการลงมือปฏิบัติ เพื่อให้ได้ความรู้ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ต่อไป (ประสาธ เนืองเฉลิม. 2558: 133-148) ดังนั้น การใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้จะช่วยทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ได้ดียิ่งขึ้น โดยพิจารณาจากผลการทดสอบก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผลเพื่อศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ หลังเรียนและระยะติดตามผลไม่แตกต่างกัน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเนื้อหาต่างๆ ตามหัวข้อ ดังต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
 - 1.1 ความหมายของการสืบเสาะหาความรู้
 - 1.2 รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
 - 1.3 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
2. การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To- Learn: A2L)
 - 2.1 แนวคิดเกี่ยวกับการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้
 - 2.2 ขั้นตอนของการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้
 - 2.3 ตัวอย่างข้อคำถามของการประเมินเพื่อการเรียนรู้
 - 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. ความคิดรวบยอด (concept)
 - 3.1 ความหมายของความคิดรวบยอด
 - 3.2 ลักษณะของความคิดรวบยอด
 - 3.3 ประเภทของความคิดรวบยอด
 - 3.4 กระบวนการสร้างความคิดรวบยอด
 - 3.5 การเรียนรู้ความคิดรวบยอด
 - 3.6 การสอนความคิดรวบยอด
 - 3.7 ความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์
 - 3.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักศึกษาหาความรู้ที่จะช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่างๆ ด้วยตนเอง ให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหาวิชา โดยผู้สอนมีบทบาทในการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการทางความคิด หาเหตุผลจนค้นพบความรู้หรือแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง แล้วสรุปออกมาเป็นหลักการหรือวิธีการในการแก้ปัญหา และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ (วิณา ประชากุล. 2553: 228; ภาพ เลหาไพบูลย์. 2542:123) ในที่นี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องในประเด็นต่างๆคือ ความหมายของการสืบเสาะหาความรู้ รูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ในประเด็นดังต่อไปนี้

1.1 ความหมายของการสืบเสาะหาความรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท. 2550) ให้แนวคิดว่าการสืบเสาะหาความรู้ เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) ซึ่งกล่าวไว้ว่า เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้น เสาะหา สืบหา ตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่างๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย

ภพ เลหาไพบูลย์ (2542: 123) ให้ความหมายว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการสอนที่เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ที่จะช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่างๆ ด้วยตนเอง ให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหาวิชา

วิภา ประชากุล (2553: 228) ให้ความหมายว่า การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ คือ กระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักศึกษาค้นคว้าหาความรู้

ประสาธ เนืองเฉลิม (2558: 134-136) กล่าวถึงความหมายไว้ว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีการเข้าถึงความรู้ความจริงของนักวิทยาศาสตร์ สำหรับใช้ศึกษาโลกรอบตัวและนำเสนอข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์สู่สาธารณชนด้วยการอธิบายอย่างเป็นเหตุเป็นผล ประกอบกับหลักฐานเชิงประจักษ์ที่น่าเชื่อถือ และเป็นการเรียนการสอนที่เป็นการพัฒนามุมมองของผู้เรียนให้เข้าใจถึงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และยังเป็นกระบวนการที่นำพาผู้เรียนไปสู่คุณลักษณะของผู้ที่ใฝ่รู้ในยุคโลกาภิวัตน์ เรียนรู้ที่จะแสวงหาความรู้ต่างๆ ด้วยการตั้งคำถาม การค้นคว้าหาคำตอบ และการใช้วิจารณ์ญาณเพื่อตัดสินใจ มีหัวใจนักปราชญ์ สร้างเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิต รู้จักตนเอง ปรับความคิด ยอมรับกติกาของกลุ่ม ลงมือตรวจสอบหาความรู้ด้วยตนเอง และถ้อยโยงการเรียนรู้ด้วยปฏิสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มเพื่อน

ดังนั้นกล่าวสรุปได้ว่า การสืบเสาะหาความรู้ เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้า สร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยผ่านกระบวนการคิดและปฏิบัติ และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือ ทั้งยังเป็นการพัฒนามุมมองของนักเรียนให้เกิดความความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ได้ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้ ทั้งช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหาหลักและหลักการ ทฤษฎี ตลอดจนการลงมือปฏิบัติ เพื่อให้ได้ความรู้ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ต่อไป

1.2 รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

วิภา ประชากุล (2553: 228-230) ได้แบ่งขั้นตอนการเรียนรู้ออกเป็น 5 ขั้นตอน

1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) ขั้นนี้มีลักษณะเป็นการแนะนำบทเรียน กิจกรรมจะประกอบด้วย การซักถามปัญหา การทบทวนความรู้เดิม การกำหนดกิจกรรมที่เกิดขึ้นในการเรียนการสอนและเป้าหมายที่ต้องการ

2. ขั้นสำรวจ (Exploration) ขั้นนี้กระตุ้นให้ผู้เรียนได้เกิดการปรับขยายความคิด โดยที่ผู้เรียนได้รับคำแนะนำ คำชี้แจง และวัสดุอุปกรณ์อย่างพอเพียงที่มีปฏิสัมพันธ์กับแนวคิด ผู้สอนไม่ควรบอกผู้เรียนว่าจะต้องเรียนอะไรและต้องไม่อธิบายแนวคิดให้แนวทางและคำแนะนำ เพื่อให้การสำรวจดำเนินต่อไปได้ ผู้เรียนรับผิดชอบต่อการสำรวจวัสดุ และการเก็บรวบรวมและ/หรือ การบันทึกข้อมูล

3. ขั้นอธิบาย (explanation) ขั้นนี้มุ่งหาสิ่งอำนวยความสะดวกทางจิตใจแก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนวางแผนแนวคิดเกี่ยวกับบทเรียนที่จะได้รับการสร้างขึ้นด้วยความร่วมมือกันระหว่างทั้งผู้เรียนและผู้สอนในการเลือกและจัดสภาพแวดล้อมของชั้นเรียน ช่วยให้เกิดการปรับขยายโครงสร้างความคิด ผู้สอนแนะแนวผู้เรียนจนตั้งคำอธิบายของตนเองเกี่ยวกับแนวคิด ซึ่งจะนำผู้เรียนไปสู่ระยะต่อไปโดยอัตโนมัติ

4. ขั้นขยายความรู้ (Expansion) ขั้นนี้มุ่งกระตุ้นความร่วมมือของกลุ่ม ผู้เรียนได้จัดระเบียบประสบการณ์ทางความคิดจากการค้นพบแล้วทำการเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่ ในสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้ว แนวคิดที่สร้างขึ้นต้องเชื่อมโยงกับความคิดอื่นหรือประสบการณ์อื่นที่สัมพันธ์กัน เพื่อช่วยผู้เรียนให้ประยุกต์ใช้ในสิ่งที่ได้เรียนรู้มา โดยการขยายตัวอย่างหรือโดยการจัดประสบการณ์เชิงสำรวจเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาส่วนบุคคลของผู้เรียน

5. ขั้นประเมินผล (evaluation) ขั้นนี้เป็นการทดสอบมาตรฐานการเรียนรู้ การเรียนรู้มักจะเกิดขึ้นในสัดส่วนการเพิ่มขึ้นที่น้อยกว่าการยกระดับทางความคิดที่มีการหยั่งรู้ที่เป็นไปได้ ดังนั้น การประเมินผลควรต่อเนื่อง ซึ่งไม่ใช่การสิ้นสุดของบทบาทหรือวิธีการของหน่วยการเรียนรู้ วัตถุประสงค์มีความจำเป็นต่อการจัดทำประเมินโดยรวมในการเรียนรู้ของผู้เรียน และเพื่อกระตุ้นการสร้างแนวคิดทางจิตใจและทักษะกระบวนการประเมินผลรวมถึงในแต่ละระยะของวัฏจักรการเรียนรู้ ไม่ใช่เพียงจัดเฉพาะตอนสุดท้าย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2553) รูปแบบการเรียนการสอน : กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่างๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อนแต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจและนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิม หรือความรู้จากแหล่งต่างๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้นและมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสนเทศ ที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ ในรูปต่างๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้โต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. ขั้นขยายความรู้ (elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่นๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่างๆ ได้มาก ก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อยซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่างๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. ขั้นประเมิน (evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้ะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ

การนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์หรือเรื่องอื่นๆ จะนำไปสู่ข้อโต้แย้งหรือข้อจำกัด ซึ่งจะก่อให้เกิดเป็นประเด็นหรือคำถามหรือปัญหาที่จะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไป ทำให้เกิดเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ จึงเรียกว่า inquiry cycle กระบวนการสืบเสาะหาความรู้จึงช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหาหลักและหลักการ ทฤษฎี ตลอดจนการลงมือปฏิบัติ เพื่อให้ได้ความรู้ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ต่อไป

ประสาท เนืองเฉลิม (2558: 147-148) ได้แบ่งขั้นตอนของกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ออกเป็น 5 ขั้น

1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) ขั้นนี้เป็นการแนะนำบทเรียนหรือประเด็นที่สนใจ ประเด็นอาจมาจากผู้เรียนนำเสนอหรือผู้สอนเป็นผู้เสนอแนะในห้องเรียน กิจกรรมการเรียนการสอนประกอบไปด้วยการซักถามประเด็นปัญหา การถกประเด็นปัญหา การทบทวนความรู้เดิม การกำหนดกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นในการเรียนการสอนและเป้าหมายที่ต้องการ ซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น ทั้งนี้กิจกรรมการเรียนการสอนควรจะอยู่บนพื้นฐานของประสบการณ์เดิมที่ผู้เรียนได้เรียนมาแล้ว

2. ขั้นสำรวจ (Exploration) ขั้นนี้กระตุ้นให้ผู้เรียนได้เกิดการปรับขยายความคิด โดยที่ผู้เรียนได้รับคำแนะนำ คำชี้แจงจากผู้สอน และมีการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ไว้อย่างพอเพียง ผู้สอนไม่ควรบอกผู้เรียนว่าจะต้องเรียนอะไรและต้องไม่อธิบายแนวคิดมากนัก เพื่อให้การสำรวจดำเนินต่อไปได้ ผู้เรียนต้องมีบทบาทร่วมกันในการรับผิดชอบต่อสิ่งที่สำรวจ การเก็บรวบรวมและ/หรือการบันทึกข้อมูลของตนเอง ผลที่ได้การสำรวจจะนำมาสร้างคำอธิบายตามความหมายและความเข้าใจของตนเอง

3. ขั้นอธิบาย (explanation) ขั้นนี้มุ่งหาสิ่งอำนวยความสะดวกทางจิตใจแก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนวางแผนแนวคิดเกี่ยวกับบทเรียนด้วยความร่วมมือระหว่างผู้เรียนและผู้สอน ซึ่งมีส่วนในการเลือกและจัดสภาพแวดล้อมของชั้นเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการปรับขยายโครงสร้างทางปัญญา สามารถกำหนดมโนทัศน์ตามความเข้าใจของตนเอง ผู้สอนเสนอแนะแนวทางแก่ผู้เรียนจนสร้างคำอธิบายตามความเข้าใจหรือกรอบแนวคิดของตน

4. ขั้นขยายความรู้ (Expansion) ขั้นนี้มุ่งกระตุ้นความร่วมมือของกลุ่ม ผู้เรียนจัดระเบียบประสบการณ์ทางความคิดผ่านการค้นพบ ทำการเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่ในสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้ว มโนทัศน์ที่สร้างขึ้นต้องเชื่อมโยงกับความคิดอื่นหรือประสบการณ์อื่นที่สัมพันธ์กัน ผู้เรียนประยุกต์ใช้ในสิ่งที่ได้เรียนรู้มา โดยการขยายความคิดจากตัวอย่างหรือจัดประสบการณ์เชิงสำรวจเพิ่มเติม สามารถค้นคว้าหารายละเอียดในสิ่งที่ต้องการศึกษา และสำรวจตรวจสอบได้มากขึ้น ตลอดจนมีการใช้ทักษะต่างๆ และมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกับผู้อื่น

5. ขั้นประเมินผล (evaluation) ขั้นนี้เป็นการทดสอบความรู้ ความเข้าใจตามมาตรฐานการเรียนรู้ การประเมินผลควรต่อเนื่องซึ่งไม่ใช่การสิ้นสุดของบทเรียน

ดังนั้นกล่าวสรุปได้ว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียนเพื่อให้นักเรียนเกิดความคิดรวบยอด เนื่องจากการสืบเสาะต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการสร้างและประเมินคำอธิบาย ผู้เรียนจะได้มีโอกาสซักถาม ตรวจสอบหลักฐาน เป็นต้น ส่วนการมีส่วนร่วมในการรายงานผล และอธิบายช่วยให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบการเชื่อมโยงที่สมเหตุสมผลของหลักฐาน ความรู้ที่ยอมรับและคำอธิบายที่เสนอไว้ อันจะนำไปสู่การแก้ปัญหา ข้อขัดแย้งหรือโต้แย้งที่มีหลักฐานการสังเกต ทดลองสนับสนุน ทางผู้วิจัยเองได้ยึดตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของสถาบันการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยยึดเนื้อหาสาระตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551

1.3 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นวิธีสอนที่เหมาะสมกับวิชาวิทยาศาสตร์ โดยที่ครูเป็นผู้เตรียมสภาพแวดล้อม จัดลำดับเนื้อหา แนะนำหรือช่วยให้นักเรียนประเมินความก้าวหน้าของตนเอง ส่วนนักเรียนเป็นผู้เรียนรู้ภายใต้เงื่อนไขของครู นักเรียนมีอิสระในการดำเนินการทดลองอย่างเต็มที่ (ภพ เลหาไพบูลย์. 2542: 156-157)

ข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีดังนี้ คือ

1. นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จึงมีความอยากเรียนรู้อยู่ตลอดเวลา
2. นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิดและฝึกการกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีจัดระบบความคิดและวิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทนและถาวรโดยการเรียนรู้ได้ กล่าวคือ ทำให้สามารถจดจำได้นานและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่อีกด้วย
3. นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน
4. นักเรียนสามารถรู้มโนคติ และหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น
5. นักเรียนมีจะเป็นผู้มีความกระตือรือร้นต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีดังนี้ คือ

1. ใช้เวลามากในการสอนแต่ละครั้ง
2. ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้นไม่ทำให้นักเรียนสนใจ จะทำให้นักเรียนเบื่อหน่ายและถ้าครูไม่เข้าใจบทบาทหน้าที่ในการสอนวิธีนี้ มุ่งควบคุมพฤติกรรมของนักเรียนมากเกินไปจะทำให้นักเรียนไม่มีโอกาสได้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง
3. นักเรียนที่มีระดับสติปัญญาต่ำ และเนื้อหาวิชาค่อนข้างยาก นักเรียนอาจจะไม่สามารถศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองได้
4. นักเรียนบางคนที่ยังไม่เป็นผู้ใหญ่พอ ทำให้ขาดแรงจูงใจที่จะศึกษาปัญหา และนักเรียนที่ต้องการแรงกระตุ้นเพื่อให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนมากๆ อาจจะพอสอดคล้องได้ แต่นักเรียนจะไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนด้วยวิธีนี้เท่าที่ควร
5. ถ้าใช้การสอนแบบนี้อยู่เสมออาจทำให้ความสนใจของนักเรียนในการศึกษาค้นคว้าลดลง

2. การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To- Learn: A2L)

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To- Learn:A2L) ผู้วิจัยทำการศึกษาในประเด็นต่างๆ ตามรายละเอียดดังนี้

2.1 แนวคิดเกี่ยวกับการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To- Learn: A2L)

การวัดผลและการประเมินผลการเรียนรู้ถือเป็นสิ่งสำคัญในการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนานักเรียนให้มีประสิทธิภาพและตรงตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Assessing-To- Learn (A2L) นั้นก็เป็นอีกหนึ่งแนวทางสำหรับการจัดการเรียนรู้ ซึ่ง การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ เกิดจากความต้องการที่จะการแก้ปัญหาการจัดการเรียนรู้รูปแบบเดิมในห้องเรียนฟิสิกส์ ให้มีความน่าสนใจ และเป็นประโยชน์ต่อครูผู้สอนอย่างสูงสุด เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดีเพื่อช่วยในการพัฒนานักเรียน ดิเฟรเนสส์ และ เจอร์ราช (Dufresne; & Gerace. 2004) ได้เสนอแนวคิด ทฤษฎี การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To- Learn:A2L) ขึ้นโดยทำการศึกษาอย่างต่อเนื่อง ระยะเวลา 5 ปี ซึ่งวางเป้าหมายไว้ว่าจะใช้ A2L เป็นต้นแบบของเครื่องมือการประเมินผลระหว่างเรียน โดยเริ่มต้นจาก

การพัฒนาเครื่องมือให้มีคุณภาพสำหรับการประเมินผลระหว่างเรียนในการจัดการเรียนรู้ และดำเนินการตามจุดประสงค์ของการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ ที่ต้องการ ส่งเสริมการเรียนรู้ โดยเน้นประสิทธิภาพของนักเรียนมากกว่าผลการเรียน สนับสนุนการบูรณาการและมีความยืดหยุ่น โดยใช้ความรู้ที่หลากหลายกับบริบทของปัญหา จัดให้ครูมีการประเมินผลอย่างต่อเนื่องมากขึ้นเพื่อเข้าใจแนวคิดของนักเรียนและความก้าวหน้าในการเรียนรู้ การมีส่วนร่วมที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนในกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียนและกระตุ้นให้เกิดการมีส่วนร่วมมากขึ้นในกลุ่มเล็ก ๆ และอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียนนั้น เพื่อแก้ปัญหาการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนฟิสิกส์ที่มีการจัดการเรียนรู้รูปแบบเดิม ทำให้นักเรียนได้ผลการเรียนรู้ไม่บรรลุตามเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่วางไว้ ซึ่งเป็นการบูรณาการระหว่างการจัดการเรียนรู้ควบคู่ไปกับการประเมินในห้องเรียนนั้นๆ การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ ถือเป็นกระบวนการหนึ่งของการประเมินผลระหว่างเรียน (formative assessment) ซึ่ง ดิเฟรนส์ และ เจอร์ราช (Dufresne; & Gerace. 2004: 428-432) กล่าวถึง การประเมินผลในห้องเรียนโดยทั่วไป มักจะเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ การประเมินผลในห้องเรียนนั้นเป็นปัจจัยสำคัญในการจัดการเรียนรู้ แต่มักพบได้น้อยในการจัดเรียนรู้อยู่

นอกจากนี้ ดิเฟรนส์ และ เจอร์ราช (Dufresne; & Gerace. 2004: 428-432) ยังได้กล่าวถึง โมเดลพื้นฐานสำหรับวิธีการประเมินผลในห้องเรียน (Classroom formative assessment: CFA) ว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการจัดการเรียนรู้ แต่การปฏิบัติตาม CFA นั้นพบได้น้อยในกลุ่มผู้เรียนวิทยาศาสตร์ และยังอธิบายถึงวิธีการประเมินผลในห้องเรียน (CFA) เพื่อใช้สำหรับการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์เบื้องต้น โดยใช้วิธีการ "การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-to-Learn :A2L)" ซึ่งยกตัวอย่างของการประเมินผลระหว่างเรียน (formative assessment) ไว้อย่างหลากหลาย และแสดงให้เห็นเกี่ยวกับข้อคำถามที่สอดคล้องกับเป้าหมายการเรียนรู้ เพื่อใช้เป็นตัวอย่างสำหรับครูในการประเมินผลระหว่างเรียน ในห้องเรียนของนักเรียน

การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ หรือ A2L นั้นใช้ในการออกแบบเครื่องมือการประเมินผลระหว่างเรียน ในระบบการสื่อสารภายในห้องเรียน (Classroom Communication System : CCS) โดย CCSs มีขั้นตอน ดังนี้

1. นำเสนอข้อคำถามหน้าห้องเรียน
2. รวบรวมคำตอบของนักเรียนเป็นรายคน
3. แสดงผลคำตอบของนักเรียนหน้าห้องเรียน
4. บันทึกผลคำตอบของนักเรียนเป็นรายบุคคล

ซึ่งการดำเนินการตามวิธีการจัดการเรียนรู้ ของ A2L จะแตกต่างจากการวัดและประเมินผลรูปแบบเดิม A2L ไม่ใช่วิธีการจัดการเรียนรู้แต่เป็นวิธีการวัดประเมินผล ใช้การมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน หรือ การแก้ปัญหาเกี่ยวกับคำถามที่นำเสนอให้กับนักเรียน ซึ่งขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่นักเรียนทำอาจเป็นรายบุคคลหรือกลุ่มเล็กๆ นักเรียนลงมือปฏิบัติตามกิจกรรม โดยครูใช้เวลาอยู่กับนักเรียนเป็นรายบุคคลหรือกลุ่มเล็ก ในการโต้ตอบกับกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน เมื่อผ่านไปช่วงเวลาหนึ่ง ครูให้นักเรียนตอบคำถามจากกิจกรรมการเรียนรู้ในห้องเรียน ซึ่งคำตอบจะถูกนำเสนอหน้าชั้นเรียน เพื่อสรุป และหาข้อเสนอแนะให้นักเรียนเข้าใจคำตอบที่ตรงกัน

โดยทั่วไป นักเรียนแต่ละคนจะมีคำตอบที่หลากหลาย โดยคำตอบแต่ละคำตอบนั้นจะถูกนำมาใช้เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียนในการแสดงความคิด และร่วมกันอภิปรายข้อคำถามการวัดประเมินของนักเรียน ในระหว่างการอภิปรายในห้องเรียน นักเรียนบางคนอาจให้เหตุผลข้อเสนอนั้น หรือรายละเอียดเพิ่มเติม และสร้างความมั่นใจบนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้รับ โดยครูปรับเปลี่ยนกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับนักเรียน โดยนักเรียนเป็นผู้สะท้อนความคิดเห็นปัญหาของการเรียนรู้

A2L เป็นเกณฑ์การวัดประเมินที่ใช้ร่วมกับวิธีการจัดการเรียนรู้ โดยการส่งเสริมการเรียนรู้ในวิชาฟิสิกส์เบื้องต้น ซึ่งจะได้รับข้อมูลเกี่ยวกับการทำความเข้าใจของนักเรียน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ ให้มีความเป็นเอกลักษณ์ เพื่อบรรลุเป้าหมายของการประเมินผลระหว่างเรียนในห้องเรียน เพื่อมุ่งเน้นปฏิสัมพันธ์ในการอภิปราย ระหว่างครูและนักเรียน สำหรับการจัดการเรียนรู้ ให้มีความยืดหยุ่น และให้ข้อเสนอแนะกับนักเรียน ตลอดจนการประเมินตนเองของนักเรียน การค้นหาเป้าหมายก่อให้เกิดคำถามที่สำคัญ คือ ประเภทของข้อมูลที่ควรรับรู้ คำถามการประเมินที่มีความเหมาะสมกับข้อมูลที่ได้รับ สามารถนำข้อมูลที่ได้มาใช้ให้เกิดประสิทธิภาพอย่างไรกับนักเรียน ความเข้าใจสำหรับคำถามสามารถตรวจสอบคำตอบบางส่วนของผลการประเมินผลระหว่างเรียน

ในส่วนบทบาทของครูที่เลือกใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ หรือ A2L ในการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน ย่อมต้องพูดถึงบทบาทของครูในห้องเรียนนั้นๆ (Gerace; et al. 2000) โดยครูมีบทบาทดังนี้

1. รูปแบบการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ ครูมีหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก
2. ครูใช้การจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือ และใช้ข้อคำถามในการอภิปรายกลุ่มย่อย สำหรับการวัดประเมิน
3. ครูรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับคำตอบที่ได้ของนักเรียนตามข้อคำถามการวัดประเมินเพื่อนำไปสู่การอภิปรายผลในห้องเรียน โดยการอภิปรายจะมีการให้คำแนะนำกับนักเรียนเพื่อครูใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ต่อไป

เหตุผลสำคัญของการจัดทำระบบการประเมินผลระหว่างเรียน คือ การประเมินผลเพื่อตัดสินใจนั้นเป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง ส่วนใหญ่ใช้ระยะเวลาในการทดสอบ ข้อมูลอยู่ในที่ระดับต่ำ การแก้ปัญหา ทักษะการเรียนรู้เกิดจากการท่องจำของนักเรียน และเพื่อจัดการเรียนรู้ให้เป็นไปอย่างต่อเนื่องและมีทิศทางที่แน่นอน และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจสอบและเพิ่มอิทธิพลต่อกระบวนการพัฒนาทักษะการคิด ทักษะการตัดสินใจวิทยาศาสตร์ และพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องของนักเรียน จำเป็นต้องใช้รูปแบบการประเมินผลแบบบูรณาการควบคู่ไปกับการจัดการเรียนรู้

2.2 ขั้นตอนของการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To-Learn: A2L)

ตามแนวคิดของ ดิเฟรนส์ และ เจอร์ราช (Dufresne; & Gerace. 2004: 428-432) การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To-Learn: A2L) จัดเป็นกระบวนการหนึ่งที่ทำกรวัดและประเมินผลพร้อมกันในคราวเดียว ทั้งยังเป็นการบูรณาการการจัดการเรียนรู้ควบคู่กับการวัดประเมิน โดยดำเนินการตามขั้นตอนของรูปแบบ A2L ซึ่งแตกต่างจากรูปแบบเดิมที่เคยมี จัดได้ว่า A2L เป็นกระบวนการที่ง่ายที่สุด ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 สำรวจแนวคิดพื้นฐาน (Exploring Naive Concepts) เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่ที่ได้เรียนมีประสบการณ์และความรู้ความเข้าใจพื้นฐานทางฟิสิกส์อยู่แล้ว ดังนั้นก่อนการจัดการเรียนรู้ ควรปรับพื้นฐานความรู้เดิมของนักเรียนตามรูปแบบแนวคิด และหลักการทางฟิสิกส์ เพื่อให้ นักเรียนตระหนักถึงแนวความคิดความรู้เดิมก่อนที่นักเรียนจะแสดงความเห็นของนักเรียนและไต่ถามสิ่งที่นักเรียนคนอื่น ๆ กำลังคิด ในทำนองเดียวกัน มันเป็นสิ่งสำคัญที่ครูควรตระหนักถึงความเข้าใจของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ นักเรียนสามารถเรียนรู้กิจกรรมได้ดีกว่า และตรงตามความต้องการของนักเรียนโดยเฉพาะ

ตัวอย่างขั้นที่ 1 Exploring Naive Concepts

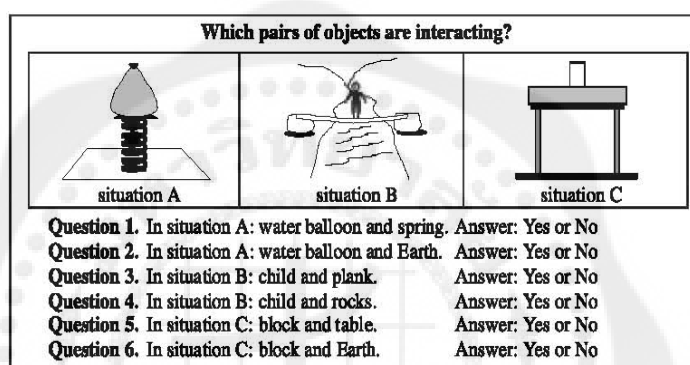


Fig. 1. Recognizing the interaction between two objects.

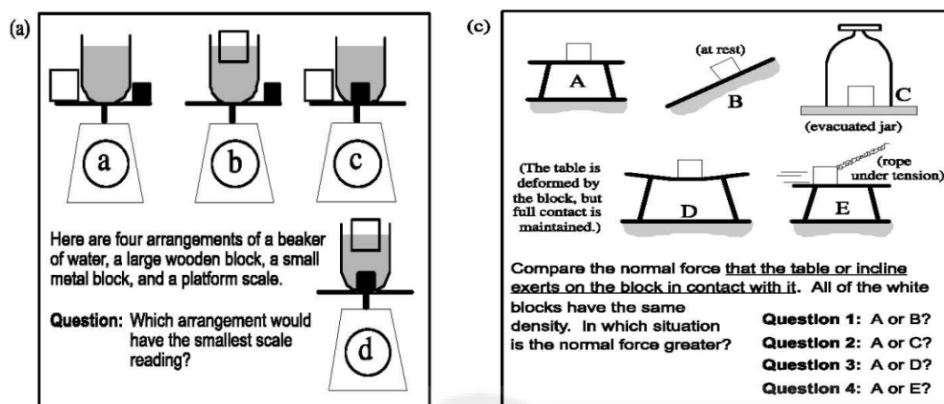
ภาพประกอบ 2 ตัวอย่างขั้นที่ 1 Exploring Naive Concepts

ที่มา: Robert J. Dufresne; & William J. Gerace. (2004). Assessing-To-Learn: Formative Assessment in Physics Instruction. p. 429.

จากรูปให้หาปฏิสัมพันธ์ของวัตถุคู่หนึ่งในแต่ละสถานการณ์ โดยสร้างคำถามจากสถานการณ์ เพื่อให้ นักเรียนบอกปฏิสัมพันธ์ของวัตถุแต่ละคู่ ตัวอย่างเช่น ในสถานการณ์ A ให้ลูกโป่งใส่น้ำกับสปริง แล้วถามว่าลูกโป่งใส่น้ำกับสปริงมีปฏิสัมพันธ์กันหรือไม่ (คำตอบ ตอบได้แค่ มี หรือ ไม่มี เท่านั้น)

ขั้นที่ 2 เสริมสร้างและจัดกลุ่ม (Honing and Clustering) เมื่อนักเรียนเรียนรู้แนวคิดทางฟิสิกส์แล้วให้นักเรียนทำกิจกรรมอยู่ในขอบเขตของเนื้อหาที่เรียน เพื่อแยกแนวคิดของตนเองออกจากแนวคิดอื่น ที่สัมพันธ์กัน เมื่อเวลาผ่านไปคาดว่านักเรียนจะสรุปความเข้าใจของแนวคิด และบูรณาการกับความรู้ในด้านอื่น ๆ เพื่อให้นักเรียนสามารถนำแนวคิดที่ได้ไปใช้ใน ชีวิตประจำวันได้อย่างหลากหลาย

ตัวอย่างขั้นที่ 2 Honing and Clustering



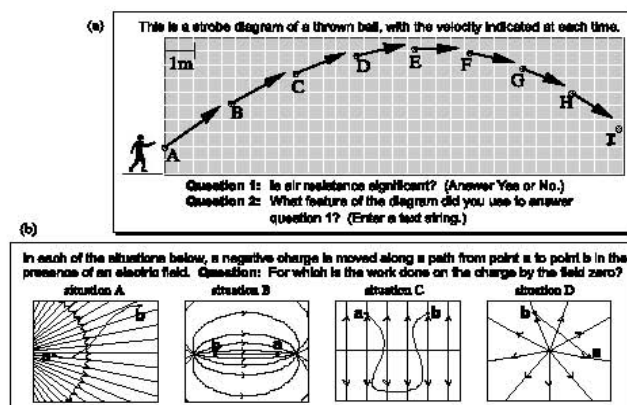
ภาพประกอบ 3 ตัวอย่างขั้นที่ 2 Honing and Clustering

ที่มา: Robert J. Dufresne; & William J. Gerace. (2004). Assessing-To-Learn: Formative Assessment in Physics Instruction. p. 430.

จากรูปตัวอย่าง C เค้าให้เปรียบเทียบขนาดของแรงตามปกติ โดยที่กำหนดให้ A เป็นขนาดของแรงตามปกติ B, C, D, E เป็นแรงที่มีขนาดต่างๆ โดยที่กำหนดบล็อกมีความหนาแน่นเท่ากัน แต่เปลี่ยนลักษณะของแรงที่ถูกกระทำไปเรื่อยๆ แล้วเปรียบเทียบกับแรงขนาดปกติว่าแรงไหนมีค่าเพิ่มขึ้นบ้าง (คำตอบ ตอบได้แค่ A หรือ B ตอบได้คำตอบเดียวใน 1 คำถาม)

ขั้นที่ 3 วิเคราะห์และให้เหตุผลโดยใช้แนวคิด (Analyze and Reason Using Concepts) เมื่อนักเรียนเข้าใจแนวคิด หรือชุดของแนวคิด ซึ่งเป็นเป้าหมายสำคัญ เพื่อให้ให้นักเรียนใช้ความเข้าใจที่มีวิเคราะห์และให้เหตุผลเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ความซับซ้อนมากขึ้น โดยการวิเคราะห์ และจัดแบ่งสถานการณ์ให้เหมาะสมกับความรู้พื้นฐานของนักเรียน ในเหตุผลที่เกี่ยวข้องกันบางส่วนใช้เพื่อสรุปหรือตัดสิน วิเคราะห์และให้เหตุผลข้อคำถามการประเมินผลที่ต้องการโดยให้นักเรียนจัดการกับสถานการณ์ที่ซับซ้อนและคำถามสามารถแก้ไขเพิ่มเติมได้ในเชิงคุณภาพ แต่ก็ถือเป็นเรื่องยากสำหรับนักเรียนที่จะใช้สมการเป็นศูนย์กลาง เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาบางส่วน ข้อคำถามอาจจะเปิดคำถามปลายเปิดที่นักเรียนมีอิสระในการตอบ เพื่อกำหนดเป้าหมาย และการตั้งสมมติฐานของคำตอบ

ตัวอย่างขั้นที่ 3 Analyze and Reason Using Concepts



ภาพประกอบ 4 ตัวอย่างขั้นที่ 3 Analyze and Reason Using Concepts

ที่มา: Robert J. Dufresne; & William J. Gerace. (2004). Assessing-To-Learn: Formative Assessment in Physics Instruction. p. 431.

จากรูปตัวอย่าง a ให้นักเรียนให้เหตุผลเกี่ยวกับแรง โดยใช้กฎข้อที่สองของนิวตันมาอธิบาย ด้วยการตอบคำถามจากข้อคำถามที่กำหนดให้ คำถามแรกให้ตอบแค่ใช่ ไม่ใช่ แล้วเอาคำตอบของข้อแรกมาอธิบายว่าใช่เพราะ ไม่ใช่เพราะ (คำตอบ เป็นการตอบแบบอธิบาย)

ขั้นที่ 4 การแก้ปัญหาโดยใช้ความคิดรวบยอดเป็นฐาน (Concept-Based Problem Solving) เป็นเป้าหมายของการสอน เป็นการพัฒนาความสามารถของนักเรียนที่จะใช้ความรู้เกี่ยวกับแนวคิดทางฟิสิกส์ในการแก้ปัญหาทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ หลักสูตรในรูปแบบเดิมนั้นมุ่งเน้นนักเรียนในด้านพีชคณิตในการแก้ปัญหา แต่ไม่ได้เรียนรู้และใช้วิธีการทางความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ในการแก้ปัญหา และเพื่อเน้นความสนใจของนักเรียนเกี่ยวกับความคิดรวบยอดในการแก้ปัญหา ครูต้องการให้นักเรียนอธิบายและประเมินความคิดรวบยอดและหลักการต่างๆ ที่สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

ตัวอย่างขั้นที่ 4 Concept-Based Problem Solving

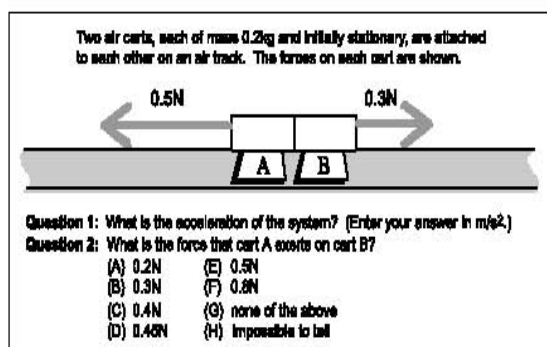


Fig. 4. Problem solving with Newton's laws.

ภาพประกอบ 5 ตัวอย่างขั้นที่ 4 Concept-Based Problem Solving

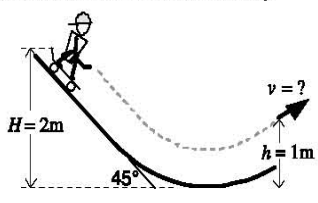
ที่มา: Robert J. Dufresne; & William J. Gerace. (2004). Assessing-To-Learn: Formative Assessment in Physics Instruction. p. 431.

จากรูปตัวอย่างให้นักเรียนให้แกสมการโดยใช้กฎของนิวตัน จากรูปตัวอย่าง ถามเรื่องหา ความเร่ง และแรงที่กระทำ ของการจذبทั้งสองใบ

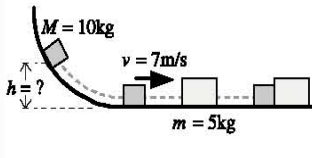
ขั้นที่ 5 จัดระบบและหาความสัมพันธ์ของกลุ่มแนวคิด (Organize and Interrelate Groups of Concepts) มีการจัดข้อคำถามที่ใช้จะถามนักเรียนเพื่อเปรียบเทียบสอง ปัญหา โดยได้แบ่งข้อคำถามเป็น 3 ส่วน ส่วนแรก นักเรียนตัดสินใจว่าพวกเขาจะแก้ปัญหาทั้งสอง โดยใช้วิธีการที่คล้ายกัน สำหรับปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้ง จากนั้นนักเรียนระบุหลักการที่สามารถ นำมาใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น หลังจากการอภิปรายในชั้นเรียนในการให้เหตุผลสำหรับตัวเลือก ของนักเรียน นักเรียนทำซ้ำในส่วนแรก ซึ่งมีปัญหาที่แตกต่างกัน ข้อคำถามที่จะช่วยให้ครูกำหนด คุณสมบัติของสถานการณ์ที่นักเรียนมุ่งเน้นในการตัดสินใจเกี่ยวกับวิธีการแก้ปัญหา นั้นแสดงให้เห็นขอบเขตที่นักเรียนประสบความสำเร็จในเลือกหลักการที่เหมาะสมสำหรับการแก้ปัญหาที่กำหนดให้เช่นเดียวกับเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการเลือกหลักการ ประสพผลสำเร็จ

ตัวอย่างขั้นที่ 5 Organize and Interrelate Groups of Concepts

Problem A. A child on a skateboard is rolling down a ramp having straight and curved portions as shown. What is the speed of the skateboard when she reaches the end of the ramp (if we ignore the effects of friction and air resistance)?



Problem B. A 10kg block is released from rest onto a curved frictionless track from an unknown height h . The block is traveling at 7m/s just before it collides and sticks to a 5kg block. From what height was the block released?



Question 1: Would you solve these two problems using similar approaches? (Answer Y for Yes or N for No.)

Question 2: What principle would you use to solve Problem A? (Enter a text string.)

Question 3: What principle would you use to solve Problem B? (Enter a text string.)

Fig. 6. Organizing physics principles around problem solving.

ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างขั้นที่ 5 Organize and Interrelate Groups of Concepts

ที่มา : Robert J. Dufresne; & William J. Gerace. (2004). Assessing-To-Learn: Formative Assessment in Physics Instruction. p. 432.

จากรูปตัวอย่างเป็นการจัดกลุ่มหลักทางฟิสิกส์ที่เหมือนกันเพื่อใช้แก้สมการหรือโจทย์ปัญหา จากรูปแบ่งการถามเป็นสามส่วนคือ 1. แก้ปัญหาหรือสมการด้วยวิธีเดียวกัน 2. ใช้หลักการใดในการแก้โจทย์ปัญหา A 3. ใช้หลักการใดในการแก้โจทย์ปัญหา (คำตอบเป็นแบบเขียนตอบ หรืออธิบาย)

2.3 ตัวอย่างข้อคำถามของการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To-Learn: A2L)

ครูส่วนใหญ่มักใช้ข้อคำถามหรือการประเมินผลที่ชอบและรู้สึกว่านักเรียนได้รับประโยชน์จากวิธีการประเมินผลเป็นอย่างมาก แต่เป็นที่น่าเสียดายที่ครูพบว่าการประเมินผลของตัวเองนั้นไม่สามารถที่จะประเมินผลได้อย่างครอบคลุมตามหลักสูตร ดังนั้นการใช้ข้อคำถามสำหรับการประเมินระหว่างเรียนจึงจำเป็นอย่างมาก เพื่อให้นักเรียนได้ใช้ความสามารถในการคิด และอภิปรายเกี่ยวกับความคิดทั้งหมดของนักเรียน และช่วยเสริมความคิดที่บอกว่าคำตอบที่ถูกต้องไม่ได้เป็นเหตุผลสำคัญเสมอไป สำหรับวิธีการประเมินผลที่ให้ผลดีนั้น ภายในห้องเรียนจะต้องจัดให้มีสภาพแวดล้อมที่สนับสนุนต่อการจัดการเรียนรู้ เพื่อที่นักเรียนจะเสนอความคิดของพวกเขา นักเรียนเองอย่างเต็มที่ และจะต้องถือเหตุผลเป็นสิ่งสำคัญมากกว่าคำตอบ จากประสบการณ์ของนักเรียนแล้วบ่อยครั้งที่มักให้คำตอบที่เหมาะสมกับปัญหาที่ไม่ถูกต้อง การตอบสนองของนักเรียนจึงจำเป็นต่อการตอบปัญหาหรือการตีความ โดยวัตถุประสงค์ของข้อคำถามนั้นคือ ต้องการแสดงให้เห็นถึง

ความคิดของนักเรียน แต่ไม่ได้จะประเมินความรู้ของนักเรียน ซึ่งหลายคำตอบของข้อคำถามที่รวบรวมได้จากนักเรียน และพบบ่อนั้นอาจจะเป็นตัวเลือกที่ไม่ถูกต้อง แต่ครูบางคนไม่สนใจกับเรื่องนี้และค่อนข้างมีการตอบสนองที่ไม่ถูกต้องจนผิดอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้ครูยังเคยใช้ "ไม่มีข้อใดถูก" ให้เลือกข้อที่ถูกต้อง เพราะตัวเลือกเหล่านี้อาจชักน่านักเรียนเข้าสู่การทำผิดพลาดและต้องการให้นักเรียนได้รับการส่งเสริมเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้องในหมู่ตัวเลือก มุมมองนี้อาจจะเหมาะสมสำหรับการประเมินผลปลายทาง แม้จะมีความสมบูรณ์แต่ก็ไม่เข้ากันกับผลของการประเมิน บางส่วนของข้อคำถามที่ตรงไปตรงมาและมีการเลือกใช้เพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น พวกครูสามารถนำมาใช้ในการสำรวจหัวข้อใหม่และถ้านักเรียนส่วนใหญ่ตอบสนองได้อย่างถูกต้องก็เป็นไปได้ที่จะใช้เวลาในหัวข้อนี้ ซึ่งจะลดระดับความกดดันในการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรที่ต้องการ

วิธีการที่เราพบว่ามีประสิทธิภาพมากที่สุดคือ การให้นักเรียนช่วยกันหาหรือ ถกเถียงเกี่ยวกับข้อคำถามในกลุ่มเล็ก ๆ การใช้เหตุผลของนักเรียนกับเพื่อนร่วมชั้น เพื่อฝึกการแสดงออกทางความคิดของนักเรียน มีนักเรียนมากมายยินดีที่จะพูดในห้องเรียน หากพวกเขาได้รับการฝึกฝนและให้การแสดงความคิดเห็นของนักเรียนในครั้งแรก ซึ่งหลังจากได้รับคำตอบ คำตอบของนักเรียนทั้งหมดจะถูกเรียบเรียง (โดยระบบการตอบสนองในห้องเรียน) และนำเสนอคำตอบของนักเรียนในห้องเรียน วิธีการนี้ทำให้นักเรียนตระหนักได้ว่า ความคิดของตัวนักเรียนเอง มีบทบาทสำคัญในการแก้ปัญหา

การขยายความของคำตอบ วิธีการในการประเมิน คำตอบที่ไม่ถูกต้องทั้งหมด นักเรียนแต่ละคนจะแสดงให้เห็นถึงการตอบสนองที่ไม่ถูกต้อง ข้อบกพร่องบางอย่างทางความคิดของนักเรียน หรือในกระบวนการสื่อสารของตัวนักเรียนเอง นั้นเป็นสิ่งสำคัญของแต่ละคำตอบที่ตอบผิดและวิเคราะห์เพื่อตรวจสอบว่าเกิดขึ้นจากทางคณิตศาสตร์ ความคิดเชิงตรรกะ หรือข้อผิดพลาดในการสื่อสาร สำหรับผู้เริ่มต้นอาจใช้เวลานาน แต่จะเป็นวิธีการที่สะดวกในการระบุลักษณะข้อผิดพลาดของนักเรียน ซึ่งข้อผิดพลาดของแนวคิด มีผลกระทบมากที่สุดในการจัดการเรียนรู้ที่ตามมา โดยทั่วไปเป็นความคิดที่ดีที่จะบอกนักเรียนว่าเป็นสิ่งที่ดี เกี่ยวกับการคิดในสิ่งที่ไม่ดี ครูที่จะบอกว่าไม่ถูกต้อง เพื่อระบุสถานการณ์คำตอบที่ถูกต้อง

ตัวอย่างข้อคำถามของ A2L จาก A2L: Assessing-to-Learn Physics: A2L Project Website สำหรับใช้ในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีข้อคำถามสำหรับการประเมินผลระหว่างเรียนครอบคลุมเนื้อหาในรายวิชาฟิสิกส์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 ในที่นี้ผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างข้อคำถามสำหรับการประเมินผลระหว่างเรียนบางส่วน ดังรายละเอียดในตารางต่อไปนี้

ตาราง 1 ตัวอย่างข้อคำถาม ขั้นที่ 1 สำรวจแนวคิดพื้นฐาน (Exploring Naive Concepts)

ตัวอย่างข้อคำถาม ขั้นที่ 1 สำรวจแนวคิดพื้นฐาน (Exploring Naive Concepts)



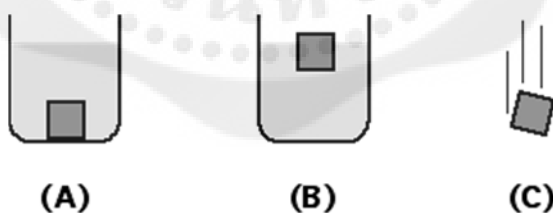
จากรูปจะเห็นว่ามวลที่ไม่รู้จักสามารถวัดได้ โดยวางมวลที่รู้จักบนพื้นเอียงที่ไม่มีแรงเสียดทานและวัดความเร็ว แล้ววางมวลที่ไม่รู้จักบนพื้นเอียงเดียวกันและวัดความเร็ว สามารถหาค่าของมวลใหม่ได้หรือไม่ พร้อมอธิบาย

1. Yes
2. No

ตาราง 2 ตัวอย่างข้อคำถาม ขั้นที่ 2 เสริมสร้างและจัดกลุ่ม (Honing and Clustering)

ตัวอย่างข้อคำถาม ขั้นที่ 2 เสริมสร้างและจัดกลุ่ม (Honing and Clustering)

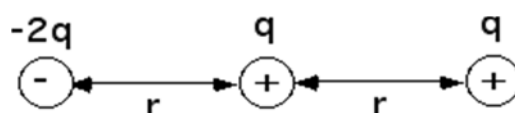
พิจารณา 3 รูปที่แสดงด้านล่าง โดยกรณี A บล็อกอยู่ด้านล่างของปีกเกอร์ ที่เต็มไปด้วยน้ำมัน กรณี B บล็อกลอยอยู่บนน้ำ และกรณี C ที่ปล่อยตกอิสระ บล็อกใดสัมผัสกับแรงโน้มถ่วงน้อยที่สุด



- | | |
|---|---------------------|
| 1. บล็อก A | 2. บล็อก B |
| 3. บล็อก C | 4. บล็อก A และ B |
| 5. บล็อก A และ C | 6. บล็อก B และ C |
| 7. ทุกบล็อกสัมผัสกับแรงโน้มถ่วงเดียวกัน | 8. ทุกข้อที่กล่าวมา |
| 9. ไม่สามารถหาค่าได้ | |

ตาราง 3 ตัวอย่างข้อคำถาม ชั้นที่ 3 วิเคราะห์และให้เหตุผลโดยใช้แนวคิด
(Analyze and Reason Using Concepts)

ตัวอย่างข้อคำถาม ชั้นที่ 3 วิเคราะห์และให้เหตุผลโดยใช้แนวคิด
(Analyze and Reason Using Concepts)



ประจุ 3 ประจุ อยู่บนแนวแกน X ตามภาพ อยากทราบว่าทิศทางของแรงไฟฟ้าบนประจุขวาสุดมีทิศทางไปทางไหน

1. $\longrightarrow$

3. $\longleftarrow$

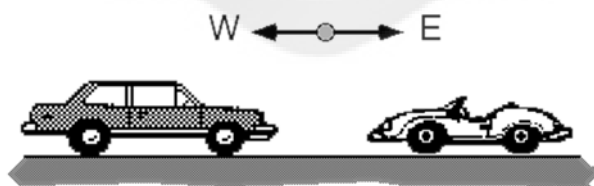
5. แรงบนประจุขวาสุดเป็น 0

2. $\uparrow$
4. $\downarrow$

ตาราง 4 ตัวอย่างข้อคำถาม ชั้นที่ 4 การแก้ปัญหาโดยใช้ความคิดรวบยอดเป็นฐาน
(Concept-Based Problem Solving)

ตัวอย่างข้อคำถาม ชั้นที่ 4 การแก้ปัญหาโดยใช้ความคิดรวบยอดเป็นฐาน
(Concept-Based Problem Solving)

บนถนนแห่งหนึ่งรถยนต์ขับไปทางทิศตะวันออกด้วยอัตราเร็ว 50 ไมล์ต่อชั่วโมง แล้วชนกับรถสปอร์ตที่มุ่งหน้าไปทางทิศตะวันตกด้วยอัตราเร็ว 60 ไมล์ต่อชั่วโมง ถ้ารถยังคงติดกันอยู่ความเร็วสุดท้ายเป็นเท่าไร



1. 10 mph, ไปทางทิศตะวันตก

3. 30 mph, ไปทางทิศตะวันตก

5. 20 mph, ไปทางทิศตะวันออก

7. รถหยุดนิ่ง

9. ไม่สามารถหาค่าได้

2. 20 mph, ไปทางทิศตะวันตก

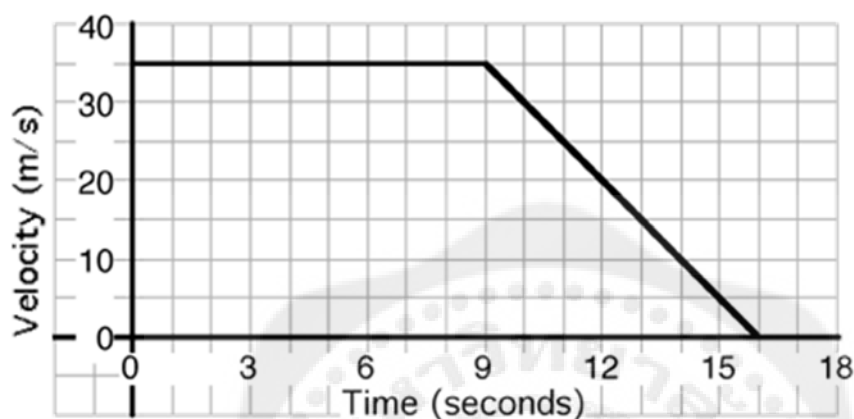
4. 10 mph, ไปทางทิศตะวันออก

6. 30 mph, ไปทางทิศตะวันออก

8. ทุกข้อที่กล่าวมา

ตาราง 5 ตัวอย่างข้อคำถาม ชั้นที่ 5 รวบรวมและจัดกลุ่มแนวคิดที่สัมพันธ์กัน
(Organize and Interrelate Groups of Concepts)

ตัวอย่างข้อคำถาม ชั้นที่ 5 รวบรวมและจัดกลุ่มแนวคิดที่สัมพันธ์กัน
(Organize and Interrelate Groups of Concepts)



การเคลื่อนที่ของวัตถุ หนึ่ง อธิบายได้ดังกราฟข้างต้น การเคลื่อนที่ของวัตถุในช่วงเวลาที่ 16 วินาที วัตถุเคลื่อนที่ได้ระยะทางมากที่สุดเท่าไร

- | | |
|----------------------|-------------|
| 1. 200 เมตร | 2. 250 เมตร |
| 3. 300 เมตร | 4. 350 เมตร |
| 5. 400 เมตร | 6. 450 เมตร |
| 7. ไม่สามารถหาค่าได้ | |

จากตัวอย่างข้อคำถามข้างต้น ถือเป็นสิ่งสำคัญสำหรับขั้นตอนของ Assessing-To-Learn (A2L) ทำให้ครูสามารถสร้างข้อคำถามในแต่ละชั้นได้อย่างเหมาะสม และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของแต่ละชั้นได้ และทำให้ครูเข้าถึงการสร้างหรือกำหนดข้อคำถามสำหรับใช้ในขั้นตอนของ A2L ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น มีแนวทาง หรือตัวอย่างให้เห็นอย่างชัดเจน ดีกว่าให้ครูลองผิดลองถูกในการสร้างข้อคำถามขึ้นมาเองแบบไม่มีแบบอย่างหรือตัวอย่าง

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To-Learn:

A2L)

การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ เป็นลักษณะหนึ่งของการประเมินผลระหว่างเรียน (Formative Assessment) เป็นการประเมินผลที่กระทำในขณะที่จัดการเรียนรู้ เพื่อดูพัฒนาการ ความคืบหน้าของความรู้ หรือเพื่อติดตามความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียน ควบคู่ไปกับการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยจึงได้ทำการค้นคว้าเอกสารงานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.4.1 งานวิจัยในประเทศ

ชุมพล ผิวงาม (2553) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้แบบแผนการทดลองแบบหนึ่งกลุ่มมีการวัดซ้ำ เพื่อตรวจสอบความคงทนของการเรียนรู้ ในเนื้อหา การออกแบบการวัดตัวแปรและการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น สำหรับการวิจัยของครู” โดยใช้สื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนรู้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ของนิสิตหลักสูตร ปริญญาการศึกษาบัณฑิต โดยมีจุดมุ่งหมายสำคัญเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนและหลังการเรียนรู้ในเนื้อหา การออกแบบการวัดตัวแปรและการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น สำหรับการวิจัยของครู” โดยใช้สื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนรู้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ และเพื่อเปรียบเทียบความคงทนของการเรียนรู้ ภายหลังจากการเรียนรู้จบแล้ว 3 สัปดาห์ ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 หลักสูตรปริญญาการศึกษาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2552 ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) จำนวน 1 ห้องเรียน โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม จากทั้งหมด 3 ห้องเรียน รวมจำนวน 45 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย สื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนรู้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งมีพิสัยของความยากอยู่ระหว่าง 0.21 พิสัยของอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.21 ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 5 มีค่าความเชื่อมั่นเป็น .827, .874, .896, .758 และ .767 ตามลำดับ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติทดสอบ test (t test for Dependent Samples) และเทคนิคการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (ANOVA with Repeated Measure) ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ในทุกหน่วยการเรียนรู้ ภายหลังจากการเรียนรู้จบแล้ว 3 สัปดาห์ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ พบว่า ในทุกหน่วยการเรียนรู้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแยกตามช่วงเวลาการทดสอบในการทดสอบระดับ Univariate พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างเรียน หลังเรียน และติดตามผลสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ และขนาดอิทธิพลของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนรู้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 5 มีค่าเท่ากับ (Partial η^2 = p value<.699 (Partial η^2 = .699, p value<.001), .869 (Partial η^2 = .869, p value<.001), .901 (Partial η^2 = .901, p value<.001)และ .790 (Partial η^2 = .790, p value<.001) ตามลำดับ

ดาวเรือง ลุมทอง (2553) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของรูปแบบข้อมูลย้อนกลับ ที่มีต่อการพัฒนาการของผลงานด้านทัศนศิลป์: การประยุกต์ใช้ข้อมูลย้อนกลับทั่วไปและข้อมูลชี้แนะเพื่อการปรับปรุง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. เพื่อสร้างเกณฑ์การประเมินและข้อมูลย้อนกลับสำหรับผลงานศิลปะตามแนวคิดข้อมูลย้อนกลับทั่วไปและข้อมูลชี้แนะเพื่อการปรับปรุง 2. เพื่อตรวจสอบคุณภาพของเกณฑ์การประเมินผลงานและรูปแบบข้อมูลย้อนกลับที่สร้างขึ้น 3. เพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการด้านผลงานศิลปะของผู้เรียนตามรูปแบบข้อมูลย้อนกลับและทักษะด้านศิลปะที่แตกต่างกัน การตรวจสอบคุณภาพกระทำโดยการวิเคราะห์ความตรงตามเนื้อหา ความตรงตามโครงสร้าง ความเที่ยงแบบความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน และความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ เพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการของผลงานศิลปะ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จำนวน 79 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ คู่มือการประเมินผลงานศิลปะ เกณฑ์การประเมินผลงานศิลปะและชุดข้อมูลย้อนกลับ 3 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบทั่วไป รูปแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุง และรูปแบบ วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (repeated measures ANOVA) และการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) ผลการวิจัยสรุปได้ว่า 1. ข้อมูลย้อนกลับและเกณฑ์การประเมินผลงานศิลปะประกอบด้วยเกณฑ์ 4 ด้าน ได้แก่ ด้านทัศนธาตุ ด้านองค์ประกอบด้านทักษะฝีมือ และด้านความคิดริเริ่ม 2. เกณฑ์การประเมินผลงานด้านศิลปะมีคุณภาพด้านความตรงตามโครงสร้างด้วยวิธีการเทียบกับกลุ่มรู้จัก ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินวิเคราะห์ด้วยค่า Cohen's kappa มีค่าอยู่ในระดับปานกลางและมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในค่อนข้างสูง ($r = 0.797$) 3. ในภาพรวมผู้เรียนมีพัฒนาการของการผลงานศิลปะในระยะที่ 2 สูงกว่าระยะที่ 1 และระยะที่ 3 สูงกว่าระยะที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในระยะที่ 3 ผู้เรียนกลุ่มทักษะสูงได้รับรูปแบบชี้แนะเพื่อการปรับปรุงมีพัฒนาการสูงกว่าผู้เรียนกลุ่มทักษะสูงที่ได้รับรูปแบบทั่วไปและรูปแบบผสมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อุบล หอมชู (2554) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาการแบบประเมินตามสภาพจริงในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากการสอนแบบโครงการ โดยมีความมุ่งหมายเพื่อพัฒนาและศึกษาคุณภาพของแบบประเมินตามสภาพจริง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนหนองจอก (ภักดีนรเศรษฐ) จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน 40 คน ได้มาด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย และนักเรียนในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนลำปำหรือพวง จำนวน 19 คน โดยเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ได้ผลการวิจัยว่า แบบประเมินตามสภาพจริงในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากการสอนแบบโครงการ มีค่าความเที่ยงตรง อำนาจจำแนก ความยากง่าย ค่าความเชื่อมั่นอยู่ในเกณฑ์ที่ดี และมีค่าความเหมาะสม/ ความเป็นไปได้ในการนำแบบประเมินตามสภาพจริงไปใช้ได้ระดับมากที่สุด ส่วนผลของการใช้แบบประเมินตามสภาพจริงในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์จากการสอนแบบโครงการ พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความมุ่งมั่นในการทำงานอยู่ในระดับดี ความสามารถในการทำโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยรวมอยู่ในระดับดี

ฟาสิทธิ์ อาแว (2555) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนารูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยเพื่อนเสริมสร้างทักษะการเขียนภาษาไทยของผู้เรียนที่ใช้ภาษาไทยเป็นภาษาที่สอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. เพื่อพัฒนารูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยเพื่อนเพื่อเสริมสร้างทักษะการเขียนภาษาไทยของผู้เรียนที่ใช้ภาษาไทยเป็นภาษาที่สอง 2. เพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการทางการเขียนภาษาไทยของผู้เรียนระหว่างกลุ่มผู้เรียนที่ใช้รูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยเพื่อนกับกลุ่มผู้เรียนที่ไม่ใช้รูปแบบฯ 3. เพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการทางการเขียนภาษาไทยของผู้เรียนที่มีทักษะทางการเขียนภาษาไทยระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับต่ำ

เมื่อได้รับข้อมูลย้อนกลับจากเพื่อนที่มีทักษะทางการเขียนแตกต่างกัน และ 4. เพื่อประเมินประสิทธิผลของการใช้รูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยเพื่อนฯ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 254 คน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ คู่มือการใช้รูปแบบฯ แบบประเมิน แบบวัดทัศนคติและแบบสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยใช้สถิติภาคบรรยาย การทดสอบความแปรปรวนสองทางผสม (two-way mixed ANOVA) การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ส่วนข้อมูลเชิงคุณภาพใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. รูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยเพื่อนฯ ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบสำคัญได้แก่ หลักการของรูปแบบ จุดมุ่งหมายของรูปแบบ กิจกรรมการเรียนการสอน และชุดแบบฟอร์มการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยเพื่อน
2. พัฒนาการทางการเขียนภาษาไทยของกลุ่มผู้เรียนที่ใช้รูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยเพื่อนฯ โดยภาพรวมสูงกว่ากลุ่มผู้เรียนที่ไม่ใช้รูปแบบฯ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
3. พัฒนาการทางการเขียนภาษาไทยของผู้เรียนที่มีทักษะทางการเขียนระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับต่ำ ไม่แตกต่างกัน เมื่อได้รับข้อมูลย้อนกลับจากเพื่อนที่มีทักษะทางการเขียนแตกต่างกัน
4. จากการประเมินประสิทธิผลของการใช้รูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยเพื่อนฯ พบว่า ผู้เรียนมีพัฒนาการทางการเขียนภาษาไทย โดยค่าเฉลี่ยคะแนนทดสอบความสามารถทางการเขียนก่อนทดลองสูงกว่าค่าเฉลี่ยคะแนนทดสอบหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และโดยภาพรวมผู้เรียนมีทัศนคติที่ดีต่อรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยเพื่อนฯ นอกจากนี้ครูและผู้เรียนยอมรับรูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยเพื่อนฯ มีความเหมาะสมและมีความเป็นไปได้ทางการปฏิบัติ

2.4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

เดวิด เจ นิโคลาส และ เดบรา แมคฟาร์แลน ดิก (David J. Nicola; & Debra Macfarlane-Dick. 2006) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การประเมินความก้าวหน้าและการเรียนโดยกำกับตนเอง โดยหลักปฏิบัติ 7 ข้อของการตอบสนองที่ดี มีรูปแบบเป็นลักษณะการตีความที่แสดงให้เห็นว่ากระบวนการที่นำเสนอสามารถช่วยให้นักเรียนควบคุมของการเรียนรู้ของตัวเองได้ ซึ่งการเรียนโดยกำกับตนเอง (self-regulated) เหมาะสำหรับผู้เรียน โดยใช้หลักปฏิบัติ 7 ข้อของการตอบสนองที่ดี (good feedback) ที่เป็นหลักการสนับสนุนการเรียนโดยกำกับตนเอง เหตุผลสำคัญคือการที่นักเรียนจะได้ประเมินตัวเองจากการทำงาน การตอบสนองของตัวเอง และการศึกษาที่สูงขึ้นจะช่วยสร้างขีดความสามารถของนักเรียนได้ งานวิจัยนี้มุ่งเน้นด้านหลักการตอบสนองเป็นข้อมูลและตัวอย่างบางส่วนเพื่อช่วยต่อการปรับใช้เครื่องมือ โดยการตอบสนองที่ได้จะเป็นคำอธิบายสั้น ๆ การเปลี่ยนแปลงนี้มุ่งเน้นให้เกิดกับนักเรียน ซึ่งจะมีการควบคุมสถานการณ์มากกว่าบทบาทหน้าทีในการสร้างและการใช้การตอบสนองที่มีความหมายลึกซึ้ง สำหรับวิธีการที่ครูใช้เป็นการวัดประเมินผล เพื่อสนับสนุนการเรียนรู้ในของนักเรียน

มากาเรท เฮอริเทจ และคณะ (Margaret Heritage; et al. 2009) ได้ศึกษาเรื่อง จากหลักฐานสู่การปฏิบัติ โดยผ่านกระบวนการประเมินเพื่อพัฒนา มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลกระทบในการสอนจากการวัดความรู้ครูโดยการตอบสนองของนักเรียน โดยการศึกษาG และผล

การวัดที่น่าเชื่อถือ เครื่องมือที่ใช้เป็นข้อสอบจาก National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing (CRESST) และมีรูปบิตเตอร์ เป็นเกณฑ์การให้คะแนน 4 เกณฑ์ ซึ่งมีการออกแบบ G-Study เป็นแบบ three-facet design โดย $p \times r \times m \times t$ เมื่อ m แทน หลักการทางคณิตศาสตร์ r แทน ผู้ประเมิน และ t แทน ชนิดของชิ้นงาน และ ใช้ผลการตอบสนองของนักเรียนในชั้นเรียนเป็นตัวสะท้อนความรู้ในการสอนของครู ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นครูที่สอนในรายวิชาคณิตศาสตร์ จากการเข้าร่วมโดยสมัครใจ 107 คน ผลการวิจัยนำเสนอในรูปแบบของค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง (G-Coefficient) พบว่า ผลการสรุปอ้างอิงในการศึกษาของ G มีความซับซ้อนมากในการประเมินความรู้ความเข้าใจของครูเกี่ยวกับการปฏิบัติงานและเน้นความท้าทายในการพัฒนาความรู้ที่ถูกต้องและความน่าเชื่อถือได้ของครู คำถามจำนวนมากยังคงอยู่ในการศึกษาซึ่งรวมถึงลักษณะพื้นฐานของครูที่ทำให้ทำงานร่วมกันและหลักการง่ายขึ้น ซึ่งอาจจะต้องการวิจัยเพิ่มเติมต่อไป

ออลแลน เฟลด์แมน และ เบรนด้า เอ็ม แคโปปิอันโค (Allan Feldman; & Brenda M. Capobianco. 2007) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการบูรณาการการประเมินผลระหว่างเรียนร่วมกับเทคโนโลยี ผู้การปฏิบัติของครู โดยผู้เข้าร่วมเป็นครูฟิสิกส์ที่สอนอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่สนใจในการปรับปรุงระบบตอบสนองในชั้นเรียน (CRS) เพื่อส่งเสริมการประเมินผลระหว่างเรียน โดยนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ โดยใช้วิธีการการสัมภาษณ์ การสังเกต ในห้องเรียนมาอภิปรายร่วมกัน ครูฟิสิกส์ที่เข้าร่วมกันในการวิจัยการนี้ต้องเรียนรู้วิธีการประเมินผลระหว่างเรียนและ ระบบตอบสนองในชั้นเรียน (CRS) เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนและครู ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทำให้นักวิจัยสามารถสร้างแบบจำลองทักษะความรู้ที่จำเป็นสำหรับการผสมผสานเทคโนโลยีเข้ากับการปฏิบัติในการสอนของครู ได้ 4 รูปแบบ คือ รูปแบบของเทคโนโลยี (ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์) รูปแบบของวิธีการสร้างรายการการประเมินระหว่างเรียน รูปแบบวิธีการสอน และรูปแบบการบูรณาการหลักสูตร ซึ่งหลักดังกล่าวตั้งอยู่บนพื้นฐานความคิดที่ว่าครูต้องพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับ CRS เพื่อให้นักเรียนตอบสนองได้สะดวก (เช่น ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์สำหรับการสร้างข้อคำถาม) และการปฏิบัติที่เกิดขึ้นจริง (เช่น วิธีการสอน และหลักสูตร) นับสำคัญที่ครูจะต้องทำเกี่ยวกับ การประเมินผลระหว่างเรียน (FA) ถือเป็นส่วนสำคัญในการปฏิบัติของครู โดยใช้ระบบการตอบสนองในห้องเรียน (CRS) สิ่งที่ต้องปฏิบัติ ได้แก่ 1) มีส่วนร่วมกับเทคโนโลยี 2) เข้าใจธรรมชาติของการประเมินผลระหว่างเรียน และ 3) ร่วมมือกับครูท่านอื่นที่สนใจ

จากงานวิจัยที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้น ทั้งงานวิจัยภายในประเทศและงานวิจัยต่างประเทศกล่าวได้ว่า มีลักษณะที่เน้นการประเมินผลระหว่างเรียนหรือการประเมินผลเพื่อพัฒนา (Formative Assessment) เป็นการประเมินผลที่กระทำในขณะที่จัดการเรียนรู้ เกิดขึ้นในห้องเรียน มีมาตรฐานเนื้อหา และมีเกณฑ์เป็นตัวกำหนด สามารถประเมินผลเป็นระยะ ๆ ได้ตลอดเวลา โดยการทำการวัดและประเมินไปพร้อมๆกัน เพื่อที่ครูจะสามารถจัดการเรียนรู้และทำการวัดประเมินได้ตรงกับวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ และสามารถสะท้อนการเรียนรู้ของนักเรียน สะท้อนการจัดการเรียนรู้ของครู ว่านักเรียนมีจุดไหนต้องแก้ไข ครูจะได้จัดการเรียนรู้เพิ่มเติมได้ตรงตามความต้องการ

และตรงจุดประสงค์ของการเรียนรู้ ทั้งยังมีรูปแบบการวัดผลและประเมินผลที่หลากหลาย ถือเป็นหัวใจสำคัญของการวัดผลและประเมินผล ซึ่งสอดคล้องกับงานของผู้วิจัยคือ การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (A2L) เป็นการประเมินผลระหว่าง (Formative Assessment) ลักษณะหนึ่ง เป็นรูปแบบการวัดประเมินที่มีผลต่อการศึกษาพัฒนาการเรียนรู้อะไรและความคงทนทางความรู้ของนักเรียน

3. ความคิดรวบยอด (concept)

ความคิดรวบยอดถือเป็นหลักพื้นฐานในการคิดของมนุษย์ และยังเป็นเครื่องมือสำคัญในการสื่อความหมาย ความคิดรวบยอดมีความสำคัญสำหรับการเรียนการสอน และการดำรงชีพของมนุษย์มาก มีนักจิตวิทยาหลายท่านได้ให้ความสนใจและทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับความคิดรวบยอดไว้อย่างกว้างขวาง ดังเช่นครูผู้สอนที่ควรให้ความสำคัญกับความคิดรวบยอด ส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียนให้มีความสามารถในการเรียนรู้ความคิดรวบยอดเพื่อเป็นพื้นฐานและเครื่องมือในการเรียนรู้ และนำไปใช้ในชีวิตจริงต่อไป

ในที่นี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความคิดรวบยอด ในประเด็นต่างๆ ที่เกี่ยวข้องคือ ความหมายของความคิดรวบยอด ลักษณะของความคิดรวบยอด ประเภทของความคิดรวบยอด กระบวนการสร้างความคิดรวบยอด การเรียนรู้ความคิดรวบยอด การสอนความคิดรวบยอด ในประเด็นดังต่อไปนี้

3.1 ความหมายของความคิดรวบยอด (concept)

ความคิดรวบยอด มีรากฐานมาจากภาษาอังกฤษคำว่า Concept ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมาย แทน Concept ไว้แตกต่างกันไป เช่น แนวคิด ความคิด ความคิดรวบยอด สังกกับ มโนทัศน์ มโนคติ มโนภาพ เป็นต้น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

พจนานุกรมศัพท์สังคมวิทยา อังกฤษ-ไทย ฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2549) อธิบายว่า มโนภาพ หรือ ความคิดรวบยอด หมายถึง ภาพในใจ หรือแบบของความคิดที่เป็นตัวแทนสิ่งของทั้งประเภท เช่น "แมว" เป็นมโนภาพทั่วไปสำหรับแมวทั้งหมด ถึงแม้แมวแต่ละตัวอาจจะไม่เหมือนกัน "ดำ" เป็นมโนภาพของสีหรือความดำทั่วไป ไม่ว่าจะปรากฏเป็นคุณลักษณะของสิ่งใดในโอกาสใด "ความยุติธรรม" เป็นมโนภาพสำหรับคุณสมบัติอย่างหนึ่งที่เป็นกลางไม่ลำเอียง ไม่ว่าจะปรากฏในการกระทำเรื่องใดที่ไหน

กูดวิน และ คลอสมีย์ (อกนิษฐ์ บุญสะอาด. 2557: 9; อ้างอิงจาก Goodwin; & Klausmeire. 1976: 96) ให้ความหมายความคิดรวบยอด ว่าสิ่งที่บ่งบอกถึงคุณลักษณะของสิ่งต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นวัตถุ เหตุการณ์ หรือกระบวนการที่ทำให้เราแยกสิ่งต่างๆ เหล่านั้นออกจากสิ่งอื่นได้ ขณะเดียวกันก็สามารถที่จะเชื่อมโยงสิ่งที่เป็นหมวดหมู่เดียวกันเข้าไว้ด้วยกัน

สจวร์ต โค้วตระกูล (2556: 327) ให้ความหมายว่า ความคิดรวบยอดเป็นคำที่เป็นนามธรรม ใช้แทน สัตว์ วัตถุ สิ่งของ ที่ได้จัดไว้ในจำพวกเดียวกันโดยถือลักษณะ (Attribute) ที่สำคัญหรือวิฤติเป็นเกณฑ์

ชนาธิป พรกุล (2554: 123) ให้ความหมายของ มโนทัศน์ (concept) ไว้ว่า

1. ข้อความที่แสดงแก่นของเรื่องใดเรื่องหนึ่งซึ่งเกิดจากการรวบรวม ลักษณะเฉพาะของเรื่องนั้น

2. การจัดลักษณะที่เหมือนกันของสิ่งของ เหตุการณ์ ประสบการณ์ หรือ กระบวนการเข้าด้วยกันอย่างมีระเบียบขึ้นเป็นหน่วยความคิด ประเภท หมู่ หรือกลุ่มคล้ายคำจำกัดความ

3. ความเข้าใจจนสามารถกำหนดเกณฑ์ที่จะใช้แบ่งประเภทสรรพสิ่ง รอบตัวที่เป็นสิ่งของวัตถุ พฤติกรรม และสิ่งที่เป็นนามธรรม หรือ มโนทัศน์ใช้ในความหมายของคำต่อไปนี้ ความคิด (idea) หัวข้อ (theme/topic) องค์ประกอบ หรือโครงสร้างของศาสตร์ (element/structure of disciplines) และลำดับขั้นตอน (categories)

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2548: 120) ให้ความหมายว่า ความคิดรวบยอด เป็นผลสรุปจากการรับรู้ของเรา ที่มีต่อสิ่งเร้าที่มีคุณลักษณะต่างๆร่วมกันอยู่ เป็นการรวบรวมสิ่งที่ คล้ายคลึงกันเข้ารวมกันเป็นรูปเป็นแบบอันเดียวกัน เช่น หนังสือรวมตั้งแต่พจนานุกรมจนถึงหนังสือ การ์ตูน เป็นต้น

มาลี จุฑา (2542: 121) ให้ความหมายว่า ความคิดรวบยอด หมายถึง ความ เข้าใจในลักษณะของสิ่งเร้า และสามารถแยกประเภทของสิ่งเร้าได้

วิชัย วงษ์ใหญ่ (2532: 18) ให้ความหมายว่า ความคิดรวบยอด หมายถึง ภาพที่เกิดขึ้นในใจของบุคคลเกี่ยวกับกลุ่มของสิ่งเร้าที่มีคุณสมบัติและคุณลักษณะร่วมกัน กลุ่มของ สิ่งเร้าอาจเป็นชนิด ประเภทของวัตถุ ธรรมชาติ เหตุการณ์ หรือบุคคลก็ได้

มาลินี จุฑาปะมา (2554: 162) ให้ความหมายว่า เป็นรูปแบบของความคิด แบบหนึ่ง เกิดขึ้นจากการที่มนุษย์พยายามเรียนรู้ ทำความเข้าใจสิ่งแวดล้อม ซึ่งประกอบด้วย วัตถุ บุคคล ความคิด พฤติกรรม เหตุการณ์ คุณภาพ หรือความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ โดยวิธีการจัดระบบ การจัดหมวดหมู่ โดยอาศัยคุณลักษณะเฉพาะที่สิ่งต่างๆ เหล่านี้มีร่วมกันหรือมีความสัมพันธ์กันอยู่

กฤษณ์ เพ็ชรทวีพรเดช และคณะ (2550: 170) หมายถึง ความคิด ความเข้าใจ ของบุคคลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งของหรือเหตุการณ์ต่างๆ ซึ่งทำให้บุคคลสามารถสรุปรวมลักษณะเหมือน หรือแยกแยะลักษณะต่างๆของคุณสมบัติของเหตุการณ์นั้นๆได้

ดังนั้นกล่าวสรุปได้ว่า ความคิดรวบยอด คือ หลักพื้นฐานในการคิดของบุคคลเป็นกระบวนการ การกระทำ หรือ ความคิดแบ่งออกไปเป็นประเภทต่างๆ เกิดเป็นภาพที่เกิดขึ้นในใจโดยรับรู้จาก สิ่งเร้า ต่างๆ เหตุการณ์ ประสบการณ์ หรือสิ่งแวดล้อมรอบๆตัวบุคคลนั้นๆ เชื่อมโยงจัดระบบและรวบรวมเข้า ไว้ด้วยกันของแต่ละบุคคล และเป็นเครื่องมือสำคัญในการสื่อความหมาย ความคิดรวบยอดมีความสำคัญสำหรับการเรียนการสอน และการดำรงชีพของมนุษย์มาก

3.2 ลักษณะของความคิดรวบยอด

ลักษณะของความคิดรวบยอด เป็นลักษณะที่แบ่งความคิดรวบยอดไว้ด้วยลักษณะ ที่สำคัญ 2 ประการ ตามรายละเอียดดังนี้ (มาลี จุฑา. 2542: 121)

1. ลักษณะเฉพาะ (Attributes) เป็นลักษณะเด่นของสิ่งเร้านั้นๆ อาจจะเป็นรูปร่างขนาด และสีของสิ่งเร้า เช่น แอปเปิ้ลจะมีรูปร่างค่อนข้างกลมขนาดเท่ากำปั้นและสีค่อนข้างแดงเข้ม เป็นต้น

2. คุณค่า (Values) เป็นคุณลักษณะที่ระบุถึงคุณค่าของสิ่งเร้านั้น ซึ่งอาจนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่างกัน และรวมถึงการยอมรับที่ต่างกันด้วย เช่น แอปเปิ้ลผลใหญ่ จะมีคุณค่าสูงกว่าแอปเปิ้ลที่ไม่กรอบและไม่หวาน ดังที่เปรียบเทียบกันระหว่างแอปเปิ้ลที่มาจากต่างประเทศกับแอปเปิ้ลที่ผลิตในประเทศไทย เป็นต้น

กุนทรี เพ็ชรทวีพรเดช และคณะ (2550: 171) ได้สรุป ลักษณะของความคิดรวบยอดมี 2 ประเภทด้วยกัน คือ

1. ความคิดรวบยอดแบบรูปธรรม เป็นความคิดรวบยอดเกี่ยวกับประเภทสิ่งของ การกระทำ สังเกตได้ สัมผัสได้

2. ความคิดรวบยอดแบบนามธรรม เป็นความคิดรวบยอดของสิ่งที่ป็นนามธรรม ซึ่งเป็นความคิดรวบยอดเกี่ยวกับความคิดหรือจินตนาการ

ดังนั้นกล่าวสรุปได้ว่า ลักษณะของความคิดรวบยอด เป็นคุณลักษณะเฉพาะตัว ที่แสดงออกมาให้เห็นทั้งในทางรูปแบบของรูปธรรมและในทางรูปแบบของนามธรรม ลักษณะของความคิดรวบยอดขึ้นอยู่กับสิ่งที่บุคคลนั้นๆ ได้รับรู้ และเรียนรู้ อาจแสดงออกมาในลักษณะเฉพาะ ที่เป็นลักษณะเด่นของสิ่งเร้านั้นๆ หรือแสดงออกด้านคุณค่า ที่เป็นคุณลักษณะที่ระบุถึงคุณค่าของสิ่งเร้านั้น ซึ่งอาจนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่างกัน และรวมถึงการยอมรับที่ต่างกันด้วย ขึ้นอยู่กับตัวบุคคล เพราะแต่ละบุคคลอาจแสดงออกไม่เหมือนกัน

3.3 ประเภทของความคิดรวบยอด

ประเภทของความคิดรวบยอดเป็นรูปแบบแนวคิดที่นักวิชาการทางการศึกษาเสนอขึ้นเพื่อให้ง่ายต่อการแบ่งกลุ่มของความคิดรวบยอดที่แตกต่างกันไป ดังรายละเอียดดังนี้

ชนาธิป พรกุล (2554: 123-124) ได้แบ่งประเภทของมโนทัศน์ไว้อย่างน้อย 3 ประเภท คือ ประเภทที่ 1 แบ่งเป็น 2 พวก ได้แก่

1. สิ่งที่เป็นรูปธรรม (concrete) สามารถรับรู้ได้โดยตรงทางประสาทสัมผัสทั้ง 5 ได้แก่ การดู การเห็น การได้กลิ่น และการสัมผัส เช่น โต๊ะ ต้นไม้ แก้วน้ำ เป็นต้น

2. สิ่งที่เป็นนามธรรม (abstract) รับรู้ด้วยความรู้สึก ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ สิ่งแวดล้อม ประเพณี ค่านิยม ความเชื่อ ตลอดจนการเลี้ยงดู มโนทัศน์เดียวกันบุคคลอาจมีต่างกัน เช่น ความงาม ความยุติธรรม อีสราภาพ เป็นต้น

ประเภทที่ 2 แบ่งเป็น 3 พวก ตามลักษณะที่ใช้เป็นเกณฑ์ ได้แก่

1. ลักษณะเชื่อมโยงเป็นเรื่องเดียวกัน (conjunctive concept) เป็นมโนทัศน์ที่เรียนรู้ได้ง่าย เพราะมีลักษณะสำคัญชุดเดียว เช่น แก้ว เป็นเฟอร์นิเจอร์ชิ้นหนึ่งที่ประกอบด้วยที่หนึ่ง ขา และพนักพิง มักมีที่วางแขนออกแบบสำหรับคนนั่ง แม้ว่า แก้วจะมีหลายชนิด แต่แก้วทุกชนิดต้องมีลักษณะสำคัญเหมือนกัน

2. ลักษณะแยกออกจากกัน (disjunctive concept) เป็นมโนทัศน์ที่มีความซับซ้อนเพียงเล็กน้อย ต้องเรียนรู้ลักษณะของมโนทัศน์อย่างน้อย 2 ชุด เช่น พลเมืองเป็นสมาชิกของชาติ ซึ่งมีความจงรักภักดีต่อรัฐบาล และยอมให้รัฐบาลปกครอง

3. ลักษณะเกี่ยวข้อกัน (rational concept) เป็นมโนทัศน์ที่มีความซับซ้อนที่สุด ต้องเรียนรู้จากการเปรียบเทียบ หรือการหาความสัมพันธ์ของ 2 สิ่ง หรือ 2 เหตุการณ์ เช่น คำว่า มาก ในประโยค ฝนตกมากของคนกรุงเทพฯ อาจเป็นฝนตกน้อยสำหรับชาวนา

ประเภทที่ 3 แบ่งเป็น 3 พวกตามวิธีเรียนรู้มโนทัศน์ของ Bruner ได้แก่

1. เรียนรู้โดยการทำ (enactive concept)
2. เรียนรู้โดยการดูภาพ (iconic concept)
3. เรียนรู้จากสัญลักษณ์ เช่น ภาษา (symbolic concept)

ดังนั้น คนเราจึงอาจเรียนรู้มโนทัศน์ของ การว่ายน้ำ ด้วยการว่ายน้ำ หรือด้วยการดูวีดิทัศน์เทคนิคการว่ายน้ำ หรือด้วยการอ่านหนังสือ

บรูเนอร์ (Bruner) กล่าวว่า การเรียนรู้มโนทัศน์จะเกิดขึ้นเรียงตามลำดับขั้น การพัฒนาการเด็กเล็กเรียนรู้จากการปฏิบัติ วัยรุ่นเรียนจากการดู และผู้ใหญ่เรียนรู้จากการอ่าน การฟังการศึกษาทำความเข้าใจมโนทัศน์ประเภทต่างๆ จะทำให้ครูทราบว่าแต่ละมโนทัศน์มีวิธีการเรียนรู้อย่างไร และเลือกวิธีสอนแบบใดจึงจะเกิดประสิทธิภาพ

มาลี จูฮา (2542: 122) ได้แบ่งประเภทของความคิดรวบยอด เป็น 2 ประเภท คือ

1. ความคิดรวบยอดที่ง่าย ๆ (Simple Concept) เป็นความคิดรวบยอดที่มีคุณลักษณะเฉพาะที่เด่นในด้านใดด้านหนึ่ง เช่น การบวก เป็นคุณลักษณะเฉพาะที่เด่นในเรื่องการเพิ่มจำนวนหรือปริมาณให้มากขึ้น เป็นต้น

2. ความคิดรวบยอดที่ซับซ้อน (Complex Concept) เป็นความคิดรวบยอดที่มีคุณลักษณะเฉพาะที่เด่นมากกว่า 1 ด้านขึ้นไป แบ่งเป็น 3 ประเภทย่อย คือ

2.1 ความคิดรวบยอดเชื่อมต่อกัน (Conjunctive Concept) เป็นความคิดรวบยอดที่มีคุณลักษณะเฉพาะที่เด่นๆ มาเชื่อมต่อกัน

2.2 ความคิดรวบยอดที่ไม่เชื่อมต่อกัน (Disjunctive Concept) เป็นความคิดรวบยอดที่มีคุณลักษณะที่ตรงข้ามกัน

2.3 ความคิดรวบยอดชนิดสัมพันธ์ (Relative Concept) เป็นความคิดรวบยอดที่ต้องใช้ความสัมพันธ์ของลักษณะเด่นมากกว่า 2 สิ่งขึ้นไป

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2548: 121 อ้างอิงจาก Hulse. 1980) ได้แบ่งประเภทของความคิดรวบยอด เป็น 2 ลักษณะคือ

1. ความคิดรวบยอดที่ให้คำจำกัดความได้ชัด (Welldefined Concept) เป็นความคิดรวบยอดที่เราสามารถให้คำจำกัดความเฉพาะ โดยมีคุณลักษณะที่เป็นไปกฎบางกฎ เช่น ดวงจันทร์ แม้เราจะเห็นเพียงเสี้ยวเดียวหรือเต็มดวงก็ตาม

2. ความคิดรวบยอดที่ให้คำจำกัดความไม่เด่นชัด (Ill-defined Concept) เป็นรายการสิ่งของ วัตถุหรือเหตุการณ์ต่างๆที่เราถือว่าเทียบเท่ากันได้ เมื่อวัตถุประสงคในการจำแนก เช่น คำนวณ แดงกว่า บวก ซึ่งต่างก็เป็นผักเป็นต้น

เดอ คอคโค (ปริยาพร วงศ์อนุตรโรจน์. 2548: 121; อ้างอิงจาก De Cecco. 1974) ได้แบ่งความคิดรวบยอดเป็น 3 ชนิด คือ

1. ความคิดรวบยอดชนิดสังเคราะห์ลักษณะ (Conjunctive Concepts) คือ ความคิดรวบยอดตั้งแต่ 2 ลักษณะขึ้นไป และเกิดจากการมีส่วนร่วมของลักษณะใหญ่ (Attributes) เช่น สมุดสีเขียวเป็นการรวมของสมุดและสีเขียว โดยสิ่งต่างๆที่พบ มักจะมีลักษณะร่วมกันในด้านสี รูปร่าง และขนาด เป็นต้น

2. ความคิดรวบยอดชนิดแยกแยะลักษณะ (Disjunctive Concepts) เป็นการคิดรวบยอดที่เปิดโอกาสให้ตัดสินใจเลือกเอาอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งสองอย่างรวมกัน จะหมายถึงอะไรก็ขึ้นอยู่กับ การตัดสินใจของผู้เลือก เช่น “สไลด์” อาจแทนความคิดรวบยอดของการนัดหยุดงาน หรือแทนความความคิดรวบยอดของการขว้างลูกบอลไป

3. ความคิดรวบยอดชนิดสัมพันธ์ (Relation Concepts) เป็นความคิดรวบยอดที่เกิดจากความสัมพันธ์กัน ระหว่างลักษณะเฉพาะของความคิดรวบยอด เช่น ความคิดรวบยอดของระยะทาง ซึ่งเกิดจากความสัมพันธ์กันระหว่างจุดสองจุด หรือความคิดรวบยอดของทิศทางซึ่งเป็นความสัมพันธ์กันระหว่างจุดสองจุดกับการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่ง ความคิดรวบยอดที่เกิดจากลักษณะสัมพันธ์กัน มีความยากต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน เช่น ระยะทาง จะมีเรื่องเวลามากน้อย เป็นต้น

เดล มาร์ (ปริยาพร วงศ์อนุตรโรจน์. 2548: 122; อ้างอิงจาก Del mar. 1971) ก็ได้จำแนกความคิดรวบยอดเป็น 3 ประเภท เช่นกัน แต่เรียกชื่อแตกต่างกันไป

1. ความคิดรวบยอดที่มีลักษณะร่วมกัน (Superordinate Concept) เป็นความคิดรวบยอดที่แทนคุณลักษณะร่วมระหว่างสิ่งของ เช่น เด็กที่จัดกลุ่ม มะม่วง ขนุน กล้วย แอปเปิ้ล เข้าด้วยกัน ภายใต้ชื่อรวมๆ ว่า “ผลไม้” แสดงว่าเขากำลังใช้ความคิดรวบยอดที่มีลักษณะร่วมกัน

2. ความคิดรวบยอดที่เป็นเชิงสัมพันธ์ (Relational Concepts) ได้แก่ ความคิดรวบยอดที่อาศัยปฏิสัมพันธ์ระหว่างสมาชิก หรือส่วนประกอบของกลุ่ม เป็นลักษณะของการจัดกลุ่ม เช่น เด็กนักเรียนชายหญิง ไม่ชดไฟ บุหรี่ เพราะการใช้ไม่ชดไฟจุดบุหรี่สูบ เหล่านี้คือ ตัวอย่างของความคิดรวบยอดที่เป็นเชิงสัมพันธ์

3. ความคิดรวบยอดที่เป็นเชิงวิเคราะห์ (Analytical Concepts) คือ ความคิดรวบยอดที่วางอยู่บนพื้นฐานของคุณลักษณะที่สังเกตได้ ซึ่งเป็นส่วนของวัตถุแต่ละชิ้นในกลุ่ม เช่น กลุ่มที่จัดสัตว์สี่เท้าเข้าด้วยกัน

ในด้านการเจริญเติบโตและพัฒนาการ เด็กจะเริ่มจากความคิดรวบยอดที่มีลักษณะร่วมกัน สำหรับจำแนกวัตถุต่างๆ ส่วนความเปลี่ยนแปลงในการใช้ความคิดรวบยอดที่เป็นเชิงวิเคราะห์ ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุที่ใช้ในแต่ละขั้นของพัฒนาการ

ครูสามารถกำหนดจำนวน และความเด่นชัดของคุณลักษณะของความคิดรวบยอดที่จะสอนให้แน่ชัด และใช้รายละเอียดดังกล่าวสำหรับการวางแผนการสอนของท่าน จะต้องมีการเน้นคุณลักษณะที่สำคัญสำหรับการวางแผนการสอนของท่าน จะต้องมีการเน้นคุณลักษณะที่สำคัญ แต่ขาดความเด่นชัดเป็นพิเศษ เราสามารถลดจำนวนคุณลักษณะที่มีมากเกินไปได้และเน้นความสนใจลักษณะที่มีความสำคัญ ซึ่งเป็นการง่ายต่อการเรียนความคิดรวบยอด

ดังนั้นกล่าวสรุปได้ว่า ประเภทของความคิดรวบยอดนั้นสามารถจัดกลุ่มได้ 3 ประเภทตามแนวคิดของ เดล มาร์ (ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. 2548: 122; อ้างอิงจาก Del mar. 1971) ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อครูผู้สอนในการจัดการเรียนรู้เป็นอย่างมากเนื่องจากสามารถดูความเปลี่ยนแปลงในการใช้ความคิดรวบยอดที่เป็นเชิงวิเคราะห์ หรือดูพัฒนาการการเรียนรู้ของนักเรียนได้ หากผู้สอนมีความรู้ความเข้าใจในประเภทของความคิดรวบยอดแล้ว ก็จะสามารถนำความรู้ความเข้าใจดังกล่าวไปใช้ในการวางแผน ส่งเสริมความสามารถของผู้เรียนให้สอดคล้องกับประเภทของความคิดรวบยอดได้ และสามารถจัดกิจกรรมให้ตรงกับความสามารถของนักเรียนในการเรียนรู้รายวิชาที่ยาก หรือมีความซับซ้อนของเนื้อหาต่อไปได้

3.4 กระบวนการสร้างความคิดรวบยอด

การเรียนรู้ความคิดรวบยอดของผู้เรียนนั้น ผู้เรียนมักต้องสร้างจินตนาการได้ความสามารถในการสร้างจินตนาการเป็นการนำไปสู่ความเข้าใจ ซึ่งแต่ละคนอาจไม่เท่ากันและไม่เหมือนกัน เช่น มีด ถ้าผู้เรียนเด็ก ก็นึกถึงสิ่งที่ใช้ตัดกระดาษ แม่บ้านอาจนึกถึงมีด เป็นเครื่องมือเครื่องใช้ที่หั่นผัก หั่นเนื้อ เพื่อปรุงอาหาร โลเวล (Loyal. 1966) อธิบายการสร้างความคิดรวบยอดว่า ผู้เรียนจะสามารถสร้างความคิดรวบยอดได้ก็ต่อเมื่อเขาสามารถ (ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. 2548: 123-124)

1. แยกแยะ (Discrimination) หมายถึง คุณสมบัติของวัตถุ หรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นว่าหมายถึงอะไรเป็นอย่างไร

2. การสรุปรวบยอด (Generalization) หมายถึง การเอาสิ่งต่างๆที่เป็นตัวประกอบรวมในบรรดาสิ่งต่างๆ ที่เราจัดเข้าเป็นหมู่ เป็นพวกของความคิดรวบยอดร่วมกันมาสัมพันธ์กันเป็นหมวดหมู่

การสร้างความคิดรวบยอดเป็นกระบวนการทางจิตใจ ซึ่งจะต้องประกอบด้วย การรับรู้ ความจำ การคิดหาเหตุผล และการจัดระเบียบของความคิดให้เป็นหมวดหมู่ หากคุณลักษณะร่วมกัน ซึ่งผู้เรียนจะต้องได้รับความรู้ต่างๆผ่านการสัมผัสของอวัยวะรับสัมผัส และระบบประสาทส่วนกลางเป็นผู้ทำหน้าที่จัดระเบียบประสาท แยกแยะความแตกต่าง และเลือกความรู้ที่เข้าสู่สมองทำให้เกิดการรับรู้ขึ้นภายหลัง การรับรู้ช่วยให้เกิดการแยกแยะความแตกต่าง และสรุปรวบยอดได้

กระบวนการสร้างความคิดรวบยอด จึงต้องอาศัยการพัฒนาเป็นลำดับขั้นต่อเนื่อง และเป็นกระบวนการที่สลับซับซ้อน บางครั้งการสร้างความคิดรวบยอด อาจมีเพียงการย่นย่อ และนำไปสู่ขั้นการสรุปความเหมือนได้เลย เนื่องมาจากสาเหตุดังนี้

1. การเห็นความสัมพันธ์ของเหตุการณ์
2. การเชื่อมโยงไปหาสิ่งที่เกี่ยวข้อง
3. การวิเคราะห์ส่วนละเอียดของสิ่งเร้านั้น
4. การรับรู้ในส่วนของเหตุการณ์หรือสิ่งเร้าที่เปลี่ยนแปลงไป
5. การเข้าใจและหาทางที่จะตอบสนองต่อสิ่งเร้านั้น
6. การตั้งและทดสอบสมมุติฐาน

ออซเบล และ ซัลลิแวน (ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. 2548: 125-126; อ้างอิงจาก Ausubel; & Sullivan. 1970) สรุปกระบวนการสร้างความคิดรวบยอดไว้ดังนี้

1. วิเคราะห์และแยกแยะความแตกต่างของกระบวนการสิ่งเร้า
 2. ตั้งสมมุติฐาน โดยพิจารณาลักษณะร่วมของส่วนย่อยในการย่นย่อ
 3. ทดสอบสมมุติฐานที่สร้างขึ้นในสถานการณ์หนึ่งๆ
 4. เลือกข้อสมมุติฐานที่สามารถรวมกลุ่มสิ่งเร้าซึ่งมีลักษณะบางประการ
- ร่วมกันได้

5. หาลักษณะจำเพาะของสิ่งเร้ามาสัมพันธ์กับแนวคิดของตน
6. แยกแยะความแตกต่างระหว่างความคิดรวบยอดที่รับมาใหม่กับความคิดรวบยอดเดิมที่มีอยู่แล้วเพื่อหาความสัมพันธ์กัน

7. สรุปครอบคลุมลักษณะจำเพาะของความคิดรวบยอดใหม่ครอบคลุมส่วนย่อยทั้งหมดในกลุ่ม

8. หาสัญลักษณ์ทางภาษา เป็นความคิดรวบยอดที่รับมาใหม่

ทิสนา แชมมณี (2554: 122) กล่าวถึงกระบวนการสร้างความคิดรวบยอดไว้ดังนี้

1. สังเกต ให้ผู้เรียนรับรู้ข้อมูล และศึกษาด้วยวิธีการต่างๆ โดยใช้สื่อประกอบเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดข้อกำหนดเฉพาะด้วยตนเอง

2. จำแนกความแตกต่าง ให้ผู้เรียนบอกข้อแตกต่างของสิ่งที่รับรู้และให้เหตุผลในความแตกต่าง

3. หาลักษณะร่วม ผู้เรียนมองเห็นความเหมือนในภาพรวมของสิ่งที่รับรู้ และสรุปเป็นวิธีการ หลักการ คำจำกัดความ หรือนิยาม

4. ระบุนิยามความคิดรวบยอด ผู้เรียนได้ความคิดรวบยอดเกี่ยวกับสิ่งที่รับรู้

5. ทดสอบและนำไปใช้ ผู้เรียนได้ทดลอง ทดสอบ สังเกต ทำแบบฝึกหัดปฏิบัติ เพื่อประเมินความรู้

มาลี จุฑา (2542: 122-124) ได้กล่าวถึง กระบวนการสร้างความรู้ความคิดรวบยอดไว้ว่าเป็น กระบวนการเกิดความคิดรวบยอด โดยสรุปความคิดรวบยอด ว่ามีขั้นตอนการเกิด ดังนี้

1. การสัมผัส ทำให้เกิดประสบการณ์
2. การรับรู้ มีการแปลความหมายของการสัมผัส
3. การจำ ทำให้จำได้

4. การคิดหาเหตุผล มีการวิเคราะห์สิ่งที่จำได้นั้น

5. การสรุปรวบยอด เกิดความรู้ความเข้าใจเป็นความคิดรวบยอด

ดังนั้นกล่าวสรุปได้ว่า กระบวนการสร้างความคิดรวบยอด มักต้องสร้างจินตนาการ เพื่อนำไปสู่ความเข้าใจ นอกจากนี้ยังเป็นกระบวนการทางจิตใจ ซึ่งประกอบด้วย การรับรู้ ความจำ การคิดหาเหตุผล และการจัดระเบียบความคิดให้เป็นหมวด เป็นหมู่ แล้วหาคุณลักษณะร่วมกัน ผ่านการสัมผัส ทำให้เกิดการรับรู้ และ การรับรู้ที่ช่วยให้เกิดการแยกแยะความแตกต่าง และสรุป รวบยอดได้

3.5 การเรียนรู้ความคิดรวบยอด

การเรียนรู้ความคิดรวบยอดต้องให้ผู้เรียนสามารถแยกแยะ และเห็นความแตกต่าง รวมทั้งสามารถสรุปรวบยอดได้ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้เรียนหรือสิ่งที่เรียนมาก่อน รวมทั้งความสามารถด้านเชาว์ปัญญาและความคิด ความสามารถในการรับรู้ มีความจำ มีสภาพความมั่นคงทางอารมณ์ มีความอยากในการเรียน ซึ่งเป็นส่วนประกอบทั่วไปของการเรียนรู้ สำหรับลำดับขั้นตอนของการเรียนรู้ความคิดรวบยอดเป็นดังนี้ (ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. 2548: 129-130)

1. การเรียนรู้เริ่มจากประสบการณ์ของผู้เรียนจากสิ่งที่ได้เห็น ได้ยิน และได้สัมผัสมาก่อน
2. จากประสบการณ์เดิม ผู้เรียนจะนำความรู้ที่นำมาใช้ในการแยกแยะความแตกต่างของสิ่งที่ได้รับ
3. ผู้เรียนจะเริ่มพิจารณาถึงลักษณะร่วมของสิ่งเหล่านั้น
4. ตั้งสมมุติฐานว่าความคิดรวบยอดนั้นคืออะไร
5. ทดสอบสมมุติฐานที่สร้างขึ้น
6. เลือกข้อสมมุติฐานที่สามารถรวมกลุ่มสิ่งเร้า ซึ่งมีลักษณะบางประการร่วมกัน หากปรากฏว่าถูก ก็จะคงสมมุติฐานนั้นไว้ ถ้าผิดก็จะกลับไปสังเกต และคิดสมมุติฐานใหม่ จนกว่าจะถูก ก็จะคงสมมุติฐานนั้นไว้

ออซูเบล (สรวงศ์ โค้วตระกูล. 2556: 237; อ้างอิงจาก Ausubel. 1968) ได้สรุปว่า กระบวนการเรียนรู้ความคิดรวบยอดอาจจะแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท และให้ความหมายของ กระบวนการเรียนรู้ทั้ง 2 ประเภท ดังนี้

Concept Formation หมายถึง การเรียนรู้ ความคิดรวบยอดจากประสบการณ์ของการเรียนรู้ เป็นการเรียนรู้โดยการค้นพบหรือใช้วิธีอุปมาน (Inductive Process) ตัวอย่างเช่น เด็กที่เรียนรู้ความคิดรวบยอดของเครื่องใช้ประจำวัน เช่น หมวก รองเท้า โดยการมีประสบการณ์ว่า ถ้าออกไปข้างนอกจะต้องสวมหมวกที่ศีรษะ สวมรองเท้าที่เท้า เป็นต้น เด็กรับรู้รูปร่าง หมวก และคำว่า หมวก แทนสิ่งที่ตนรับรู้และมีมโนภาพ

Concept Assimilation เป็นกระบวนการเรียนรู้ความคิดรวบยอดแบบอนุมาน (Deductive Process) โดยทราบจากคำจำกัดความของความคิดรวบยอด พร้อมกับตัวอย่างของความคิดรวบยอด และคุณลักษณะวิกฤติ (Critical Attributes) ของความคิดรวบยอดนั้น เด็กโตและผู้ใหญ่ใช้กระบวนการ Concept Assimilation

จากการเรียนรู้ความคิดรวบยอดข้างต้น เป็นประโยชน์สำหรับครูผู้สอนในการเป็นนำไปใช้เป็นแนวทางวางแผนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ความคิดรวบยอดแก่ผู้เรียนได้ ทั้งนี้ การจะให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ความคิดรวบยอด จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องจัดกิจกรรมอย่างเป็นระบบให้ผู้เรียนได้กระทำกิจกรรมอย่างเต็มศักยภาพ

3.6 การสอนความคิดรวบยอด

การสอนความคิดรวบยอด เป็นรูปแบบการสอนที่เน้นการพัฒนาด้านพุทธิพิสัยรูปแบบหนึ่ง ผู้วิจัยได้ศึกษาเกี่ยวกับ ทฤษฎี/หลักการ/แนวคิดการสอนความคิดรวบยอด รูปแบบ/วิธีการสอนความคิดรวบยอด ตามนักจิตวิทยาและนักวิชาการการศึกษาแล้วไว้ในลักษณะต่าง ๆ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

การสอนความคิดรวบยอด เป็นงานสำคัญยิ่งของครูทุกระดับการศึกษา เพราะความคิดรวบยอดเป็นรากฐานของความคิด มนุษย์จะคิดไม่ได้ ถ้าไม่มีความคิดรวบยอดที่เป็นพื้นฐาน เพราะความคิดรวบยอดจะช่วยในการตั้งกฎเกณฑ์หลักการต่าง ๆ และสามารถที่จะแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ได้ นอกจากนี้ความคิดรวบยอดเป็นเครื่องมือที่จะช่วยในการสื่อความหมายที่จะให้คนเรามีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ความคิดรวบยอดประกอบด้วยความรู้เชิงบรรยาย (declarative knowledge) และความรู้เชิงกระบวนการ (procedural knowledge) วิธีการสอนความรู้ทั้งสองประการ จึงมีความสำคัญอย่างมากนักจิตวิทยาและนักการศึกษาหลายท่านได้ศึกษาถึงหลักการสอนความคิดรวบยอดและได้นำเสนอหลักการสอนความคิดรวบยอดของ ออซูเบล (Ausubell) กานเย (Gagne') และ คลอดสไมเออร์และ เฟรเยอร์ (Klausmeier; & Frayer) (สุรางค์ ไคว์ตระกูล. 2556: 326-329) มีรายละเอียดดังนี้

ออซูเบล (Ausubell) เสนอหลักการสอนความคิดรวบยอดที่เป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไปว่าวิธี “Top-Down” ซึ่งเชื่อว่า ถ้าผู้เรียนได้เรียนความคิดรวบยอดที่มีความหมายกว้างครอบคลุมความคิดรวบยอดย่อยหลาย ๆ อย่างก่อน โดยรู้คุณลักษณะที่สำคัญ หรือวิกฤติของความคิดรวบยอดนั้น ก็จะส่งผลให้ผู้เรียนสามารถจัดความคิดรวบยอดย่อยที่มีคุณลักษณะร่วมให้อยู่ภายใต้ได้ ทั้งนี้ ออซูเบล (Ausubell) เสนอหลักการสอนดังนี้

1. เริ่มด้วยความคิดรวบยอดที่มีความหมายกว้างและมีคุณลักษณะวิกฤติที่สามารถคลุมความคิดรวบยอดที่ย่อยออกไปหลาย ๆ ชนิด
2. เน้นให้ผู้เรียนทราบถึงคุณลักษณะวิกฤติของความคิดรวบยอด
3. จัดกลุ่มสิ่งเร้าที่มีคุณลักษณะวิกฤติร่วมกับความคิดรวบยอดที่ได้บอกผู้เรียนในข้อหนึ่ง

4. ให้ตัวอย่างเฉพาะสิ่งเร้า ซึ่งอาจจะเป็นสัตว์ วัตถุ สิ่งของที่มีคุณลักษณะ เหมือนกับความคิดรวบยอด

5. สรุปลักษณะที่เด่นหรือวิกฤติของความคิดรวบยอดย่อย พร้อมกับให้ ตัวอย่าง

กานเย (Gagne') เสนอวิธีสอน ซึ่งเป็นวิธีตรงข้ามกับ ออซูเบล (Ausubell) เรียกว่า Bottom – up Model ซึ่งมีหลักการว่าในการสอนความคิดรวบยอดควรจะเริ่มจากความคิด รวบยอดที่เฉพาะและง่ายก่อน โดยให้ผู้เรียนทราบคำจำกัดความและคุณลักษณะของความคิด รวบยอดเพื่อจะได้ใช้เป็นพื้นฐานที่จะสร้างกฎ หรือหลักการที่จะเรียนรู้ความคิดรวบยอดที่กว้างหรือ สูงขึ้นโดยมองเห็นความสัมพันธ์ของความคิดรวบยอดเฉพาะกับความคิดรวบยอด

คลอสไมเออร์ (Klausmeir) และ เฟรเยอร์ (Frayer) แบ่งการสอนความคิด รวบยอดเป็น 3 รูปแบบ คือ

1. การสอนขั้นรูปธรรมและขั้นเหมือน (Concrete / Indentify Level Process)

1.1 แสดงตัวอย่างซึ่งอาจจะเป็นของจริงหรือรูปภาพ พร้อมกับมีของ ที่เหมือนกับตัวอย่างไว้หลาย ๆ อย่าง

1.2 ในขณะที่แสดงตัวอย่างให้ผู้เรียนดู ครูจะต้องบอกชื่อความคิด รวบยอดพร้อม ๆ กับตัวอย่าง

1.3 ครูจะต้องบอกข้อมูลย้อนกลับให้ผู้เรียนทันทีว่าคำตอบของผู้เรียน ถูกหรือผิด การบอกให้ผู้เรียนทราบทันทีว่าคำตอบของผู้เรียนถูกหรือผิดจะช่วยให้ผู้เรียนจำสิ่งที่ เรียนได้ดีขึ้น

1.4 ครูควรที่จะแสดงรูปภาพที่มีขนาดต่างกันไป หรือสีต่างกันไปให้ ผู้เรียนดูและถามให้ผู้เรียนบอกว่าเป็นอะไร

1.5 ถ้ามีความจำเป็นที่จะต้องสอนผู้เรียนซ้ำตั้งแต่ขั้นหนึ่งถึงขั้นสี่ก็ ควรจะทำ เพื่อความแน่ใจว่าผู้เรียนได้เรียนรู้ความคิดรวบยอดที่ครูตั้งใจจะสอน

2. การสอนความคิดรวบยอดประเภทการจัดกลุ่มขั้นต้น (Beginning Classificatory Level)

2.1 ครูยกตัวอย่างความคิดรวบยอดที่ต้องการจะเสนอพร้อมกับสิ่งที่ ไม่ใช่ตัวอย่างสัก 2-3 ชนิด

2.2 ช่วยหรือแนะนำให้ผู้เรียนใช้วิธีอนุมานหรืออุปมาน เพื่อจะหา คุณลักษณะพิเศษของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

2.3 ให้ผู้เรียนให้คำจำกัดความของ สี่เหลี่ยมจัตุรัส ด้วยตนเอง

2.4 ให้นักเรียนใช้รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่อยู่กับรูปสี่เหลี่ยมด้านไม่เท่าอื่น ๆ โดยใช้คุณลักษณะวิกฤติที่นักเรียนค้นพบในขั้นที่ 2 เป็นเกณฑ์

3. การสอนความคิดรวบยอดขั้นที่มีวุฒิภาวะและขั้นสูง (Mature Classificatory and Formal Level)

3.1 เตรียมผู้เรียนให้มีความสนใจและใส่ใจความคิดรวบยอดที่จะเรียนรู้ โดยบอกชื่อความคิดรวบยอดที่จะเรียน

3.2 ให้ตัวอย่างและสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่างของความคิดรวบยอดที่ให้นักเรียนเรียนรู้พร้อมกับสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่าง โดยให้ดูรูปภาพหรือของนั้น

3.3 ช่วยนักเรียนให้ตั้งคำถามที่จะทำได้ สามารถบอกชื่อความคิดรวบยอดที่จะเรียนรู้ได้ ตัวอย่างคำถามที่จะใช้ทายชื่อของความคิดรวบยอด “สี่เหลี่ยมจัตุรัส” มีดังต่อไปนี้

- เป็นรูปหน้าราบไข่มุ
- เป็นรูปปิดทุกด้านไข่มุ
- เป็นรูปที่เรียบง่ายไข่มุ
- มี 4 ด้านไข่มุ
- ด้านทั้ง 4 ด้าน มีความยาวเท่ากันไข่มุ
- มุมทั้ง 4 มุมเท่ากันหรือไม่ ถ้าคำตอบของทุกข้อบอกว่า “ใช่”

ความคิดรวบยอดคือ “สี่เหลี่ยมจัตุรัส”

3.4 ให้ผู้เรียนใช้คำจำกัดความของความคิดรวบยอดและคุณลักษณะที่สำคัญหรือวิกฤตของความคิดรวบยอด โดยคำพูดของนักเรียนเอง

3.5 ครูควรพยายามให้ผู้เรียนมีโอกาสใช้ความคิดรวบยอดที่เรียนรู้แล้วแก้ปัญหาต่อไป

3.6 ครูควรบอกให้ผู้เรียนทราบความคิดรวบยอดที่เรียนมานั้นผิดหรือถูก

ชนาธิป พรกุล (2554: 123) กล่าวถึงการสอนมโนทัศน์ (concept) ว่า มีสิ่งที่เราต้องเรียนรู้มากมาย จึงจำเป็นต้องมีการรวบรวมจัดเข้าเป็นประเภท หรือหมวดหมู่ เพื่อสะดวกแก่การจดจำ ถ่ายทอด และสื่อสาร มโนทัศน์เป็นเรื่องสำคัญที่ครูต้องจัดการให้ผู้เรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง สมองมีความสามารถสร้างมโนทัศน์ จากการรับข้อมูลเข้ามา แล้วแยกแยะ จัดระเบียบข้อมูลที่ซับซ้อนเป็นหมวดหมู่ เพื่อง่ายต่อการบันทึกเป็นความทรงจำ และนำกลับมาใช้ เมื่อสมองรับข้อมูลใหม่ที่คล้ายคลึงก็จะเข้าใจได้ง่ายขึ้น ถ้าสมองจัดระเบียบสิ่งต่างๆ ได้ดีมากเท่าไร คนเราก็จะเข้าใจเรื่องราวต่างๆ ได้ดีขึ้นเท่านั้น

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2548: 130-132) กล่าวถึง การที่จะสอนให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอด ผู้สอนควรมีหลักการตามที่เคลาส์ไมเออร์ และริบเบิล (Kleausmeior; & Ripple. 1971) แนะนำไว้ดังนี้

1. การเน้นคุณลักษณะของความคิดรวบยอด
2. การใช้ถ้อยคำที่เหมาะสม
3. การชี้ให้เห็นธรรมชาติของความคิดรวบยอดที่เรียน

4. การพิจารณาจัดลำดับของการเสนอตัวอย่าง
5. ส่งเสริมและแนะนำเด็กให้รู้จักเรียน ต้องการค้นคว้า
6. จัดให้มีการเรียนการใช้ประโยชน์ จากการเรียนความคิดรวบยอด
7. ให้ผู้เรียนรู้จักวัดผลตนเองว่าเข้าใจในความรู้หรือไม่

มาลี จุฑา (2542: 127) สรุป วิธีสอนเพื่อให้เกิดความคิดรวบยอด ดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. กำหนดลักษณะของสิ่งเร้าหรือบทเรียนให้ชัดเจน
3. อธิบายด้วยคำพูดที่ง่ายแก่การเข้าใจ
4. เสนอตัวอย่างให้เห็นชัด
5. ให้ผู้เรียนสรุปเป็นหลักการ
6. วัดและประเมินผล

นาคยา บิลันธนาพันธ์ (2542: 15-17) อธิบายถึง การสอนความคิดรวบยอด นั้นมีหลายวิธี ถ้าจะจัดกลุ่มการสอนใหญ่ ๆ ของการสอนสามารถจัดได้เป็น 2 ลักษณะ คือ การสอนแบบ Deductive กับการสอนแบบ Inductive มีลักษณะดังนี้

1. ลักษณะการสอนความคิดรวบยอดแบบ Deductive

- 1.1 กำหนดความคิดรวบยอดที่จะสอน และแจ้งให้ผู้เรียนทราบ
- 1.2 อธิบายความหมายของความคิดรวบยอดนี้
- 1.3 ให้ผู้เรียนดูและคัดเลือกสิ่งที่เป็นตัวอย่างและที่ไม่ใช่ตัวอย่างของความคิดรวบยอดนี้
- 1.4 ให้ผู้เรียนเสนอตัวอย่างใหม่เพิ่มเติมที่เป็นตัวอย่างของความคิดรวบยอดนี้
- 1.5 ให้ผู้เรียนสรุป อธิบาย อีกครั้งหนึ่งว่าความคิดรวบยอดนี้เป็นอย่างไร

2. ลักษณะการสอนความคิดรวบยอดแบบ Inductive

- 2.1 ไม่บอกความคิดรวบยอดและอธิบายความหมายของความคิดรวบยอดนั้นแก่ผู้เรียนก่อน
- 2.2 ให้ผู้เรียนดูตัวอย่าง แล้วให้คัดเลือกว่าตัวอย่างเหล่านี้มีอะไรที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันได้และอะไรที่ไม่เข้ากลุ่มกัน
- 2.3 ให้ผู้เรียนสังเกตลักษณะที่มีอยู่ร่วมกันในตัวอย่างที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันนั้น
- 2.4 ให้ผู้เรียนคิดตั้งชื่อคำหรือกลุ่มคำจากตัวอย่างเหล่านี้
- 2.5 ให้ผู้เรียนสรุป อธิบาย ความหมายของคำหรือกลุ่มคำที่ตั้งขึ้นว่าหมายความว่าอย่างไร

กฤษณี เพ็ชรทวีพรเดช (2550: 171-174) อธิบายถึง ประเภทของวิธีพื้นฐาน การสอนแบบความคิดรวบยอด ไว้ 2 ประเภท คือ

1. การสอนแบบนิรนัย เป็นวิธีการสอนที่ผู้สอนได้จัดกระบวนการเรียนการสอนให้ผู้เรียนได้เกิดความคิดรวบยอดที่เกี่ยวกับ ทฤษฎี กฎ หลักการ ข้อเท็จจริง หรือข้อสรุปตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวังในบทเรียน โดยผ่านกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่เริ่มต้นจากคำจำกัดความของความคิดรวบยอดนั้น จากนั้นจึงให้ตัวอย่างหลายๆ ตัวอย่าง หรืออาจให้ผู้เรียนฝึกนำทฤษฎี หลักการ กฎเกณฑ์ หรือข้อสรุปไปใช้ในสถานการณ์ที่หลากหลาย หรืออาจเป็นลักษณะให้ผู้เรียนหาหลักฐานเหตุผลมาพิสูจน์ยืนยัน ทฤษฎี กฎ หลักการ ข้อเท็จจริง หรือข้อสรุปเหล่านั้น

2. การสอนแบบอุปนัย เป็นวิธีการสอนที่ผู้สอนได้จัดกระบวนการเรียนการสอนจากรายละเอียดปลีกย่อยหรือจากส่วนย่อยไปหาส่วนใหญ่ หรือกฎเกณฑ์ หลักการ ข้อเท็จจริง หรือ ข้อสรุป โดยการนำตัวอย่าง ข้อมูล เหตุการณ์ สถานการณ์ หรือปรากฏการณ์ ที่มีหลักการแฝงอยู่มาให้ผู้เรียนได้ศึกษา สังเกตทดลอง เปรียบเทียบหรือวิเคราะห์ จนสามารถสรุปหลักการหรือกฎเกณฑ์ได้ด้วยตนเอง

ดังนั้นกล่าวสรุปได้ว่า การสอนความคิดรวบยอดเป็นสิ่งสำคัญมาก เป็นการจัดการเรียนการสอนในยุคการปฏิรูปการศึกษา เนื่องจากปัจจุบันเป็นยุคของข่าวสารข้อมูล เนื้อหา ความรู้ที่เพิ่มพูนขึ้นอย่างรวดเร็ว ความคิดรวบยอดนั้นถือเป็นรากฐานของความคิด มนุษย์จะคิดไม่ได้ ความคิด รวบยอดช่วยในการตั้งกฎเกณฑ์หลักการต่าง นอกจากนี้ความคิดรวบยอดเป็นเครื่องมือที่จะช่วยในการสื่อความหมายให้บุคคลมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ความคิดรวบยอดต้องเรียนเป็นไปตามลำดับ พัฒนาการ ทั้งนี้ การสอนความคิดรวบยอดที่นักจิตวิทยาเสนอแนะไว้นั้นมีหลายรูปแบบ ครูผู้สอนจะต้องรู้จัก เลือกใช้ โดยคำนึงถึงธรรมชาติของวิชาที่สอน วัยและพัฒนาการของผู้เรียนเป็นสำคัญด้วย และหากผู้เรียนได้เรียนรู้สิ่งที่เป็นแก่นสารของความรู้หรือความคิดรวบยอดแล้ว จะสามารถนำไปใช้ในการแสวงหาความรู้ หรือเป็นพื้นฐานในการทำความเข้าใจและความคิดตลอดจนประเมินประสบการณ์ที่ได้รับจากการเรียนรู้ตลอดชีวิตได้

3.7 ความคิดรวบยอด (concept) ทางฟิสิกส์

สุระ วุฒิพรหม (ออนไลน์) กล่าวถึง ความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ ไว้ว่า ความเข้าใจเกี่ยวกับการเรียนรู้ฟิสิกส์ เป็นความสัมพันธ์ระหว่างคณิตศาสตร์กับฟิสิกส์ คนส่วนใหญ่มักมีความเชื่อว่า “ฟิสิกส์กับคณิตศาสตร์เป็นของคู่กัน หากไม่มีทักษะทางคณิตศาสตร์ที่ดีก็จะไม่เข้าใจฟิสิกส์ได้” เป็นคำกล่าวที่ถูกต้องแต่ไม่ทั้งหมด เพราะนักเรียนสามารถเรียนรู้ฟิสิกส์ได้โดยไม่ต้องเอาคณิตศาสตร์มาเกี่ยวข้อง ทั้งนี้คณิตศาสตร์เป็นเพียงเครื่องมือหนึ่งที่ใช้ทำนายค่าที่ถูกต้องหรืออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเท่านั้น ปัญหาในการเรียนการสอนฟิสิกส์ไม่ได้อยู่ที่ครูไม่ได้ใช้คณิตศาสตร์ในการอธิบาย แต่หากอยู่ที่ครูแยกความสัมพันธ์ระหว่างฟิสิกส์กับคณิตศาสตร์ออกจากกัน รวมทั้งการใช้คณิตศาสตร์เป็นตัวนำทางในการสอน มุ่งเน้นที่การจำสมการและการนำไปใช้ ทำให้นักเรียนขาดความรู้ความเข้าใจในความคิดรวบยอดในเรื่องต่างๆ จึงไม่แปลกที่นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง หรือนักเรียนที่สามารถแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ยากๆ ได้ บางครั้งก็ไม่เข้าใจหลักการพื้นฐานทางฟิสิกส์อย่างถูกต้อง อยากให้ครูตระหนักว่าความจำในระยะยาว (long term memory) คือความคิดรวบยอด (conceptual understanding) ไม่ใช่สมการทางคณิตศาสตร์

นักเรียนแต่ละคนเข้ามาสู่ห้องเรียนพร้อมพื้นฐานความรู้ความเข้าใจเดิมเกี่ยวกับฟิสิกส์ ถ้าเป็นพื้นฐานความรู้ความเข้าใจเดิมที่ไม่ถูกต้อง ครูจะต้องรีบแก้ไขข้อมูล แนวคิดหรือความเข้าใจ เพื่อให้เกิดกรอบความคิดที่ถูกต้องและสามารถจัดระบบเพื่อไม่ให้นักเรียนย้อนกลับไปสู่พื้นฐานและแนวความคิดเดิมในภายหลัง หากการเรียนการสอนในห้องเรียนสามารถเชื่อมโยงกับพื้นฐานเดิมเหล่านั้น นักเรียนจะเกิดการเรียนรู้ที่แท้จริง รวมทั้งสามารถประยุกต์ไปสู่สถานการณ์อื่นๆ ได้ เช่น ความเข้าใจในเรื่องมวลและน้ำหนัก ซึ่งในทางฟิสิกส์ มีความแตกต่างกัน มวลคือปริมาณที่บ่งบอกถึงความเฉื่อยของวัตถุ แต่น้ำหนักเป็นแรงที่เกิดเนื่องจากโลกดึงดูดวัตถุ ดังนั้นมวลของวัตถุเป็นค่าคงที่เสมอ ไม่ว่าจะทำการวัดที่ใดในจักรวาลแต่น้ำหนักของวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงตามสถานที่ ฉะนั้นในชีวิตประจำวันทีกล่าวว่า มีน้ำหนักตัว 50 กิโลกรัม สิ่งที่เรากล่าวถึงก็คือมวลในทางฟิสิกส์นั่นเอง

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ครูมีบทบาทเป็นผู้ถ่ายทอดอย่างเดียว ไม่ได้ช่วยให้นักเรียนเข้าใจความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ แม้จะใช้การทดลองประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ แต่ก็ไม่ได้ช่วยทำให้นักเรียนเข้าใจมากขึ้น เพราะสิ่งที่เห็นในห้องปฏิบัติการยากที่จะเจอในชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ฟิสิกส์จากเหตุการณ์ที่เห็นอยู่ทุกวันหรือเป็นการเรียนรู้ฟิสิกส์จากสิ่งรอบตัวที่รู้อยู่แล้ว (physics already known) แล้วสามารถอธิบายปรากฏการณ์นั้นด้วยหลักการทางฟิสิกส์ได้อย่างถูกต้อง น่าจะเป็นทางเลือกใหม่ของการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ฟิสิกส์ ตัวอย่าง นักเรียนทราบว่า ขณะที่นั่งบนรถแล้วรถหยุดกะทันหันเขาจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าเสมอ แต่นักเรียนจะไม่ทราบว่าเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นนั้นสอดคล้องกับกฎความเฉื่อยหรือกฎข้อที่หนึ่งของนิวตัน ในทางฟิสิกส์ทีกล่าวว่า “วัตถุจะยังคงรักษาสภาพการเคลื่อนที่ ไม่ว่าจะเป็นอยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ตราบเท่าที่แรงสุทธิภายนอกที่มากกระทำเป็นศูนย์”

นอกจากนี้การตั้งคำถามที่มีคุณค่าของครูที่สามารถให้นักเรียนคิดตาม เป็นการสร้างความสนใจในการเรียนรู้ เช่น การนำเข้าสู่บทเรียนเรื่องโมเมนตัมและการดล “ในห้องนี้ใครกล้ากระโดดลงจากโต๊ะโดยไม่ย่อเข้าบ้าง” นักเรียนจะบอกครูทันทีว่าไม่มีทางเป็นไปได้ เพราะเวลาเรากระโดดลงจากที่สูง เมื่อเท้าถึงพื้นเรามักจะย่อเข้าเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอาการบาดเจ็บที่เท้า ครูอาจจะถามต่อไปว่า “เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น สามารถอธิบายได้ด้วยเหตุผลทางฟิสิกส์หรือไม่” โดยให้นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายจนได้ข้อสรุปที่ว่า การย่อเข้าทำให้เวลาที่เท้ากระทบต่อพื้นนานขึ้น ทำให้เกิดแรงที่กระทำน้อยลง

บางครั้งการเรียนรู้ฟิสิกส์จากสิ่งรอบตัวที่รู้อยู่แล้วยังสามารถสอนได้ในแบบการสอนแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์ (interactive lecture demonstrations) ซึ่งเป็นการสร้างสถานการณ์เพื่อให้ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงที่สุด เพื่อให้นักเรียนได้ค้นพบคำตอบและเข้าใจจากประสบการณ์ของตนเอง โดยการลองผิดลองถูก หรือเป็นการจัดระบบนำร่องเพื่อชี้นำสู่การเรียนรู้ สามารถใช้ในการเรียนรู้ไปสู่ความรู้ใหม่หรือทบทวนความรู้เดิมไม่ว่าจะเป็นสถานที่ใดหรือเวลาใดก็ได้ เช่น การเป่าลูกโป่ง 2 ลูกให้มีขนาดต่างกัน และต่อเข้าหากันด้วยท่ออันหนึ่ง อยากทราบว่าลูกโป่งจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบนี้ นักเรียนจะสามารถสร้างภาพขึ้นภายใน เพื่อคาดคะเนคำตอบที่จะเกิดขึ้น ปรากฏว่าลูกโป่งลูกเล็กจะมีขนาดเล็กลงเมื่อต่อเข้าหากันด้วยท่อ เพราะลูกโป่งที่มีขนาดเล็กจะมีความดันมากกว่าลูกโป่งที่มีขนาดใหญ่ การเคลื่อนที่ของความดัน จะต้องเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความดันมากกว่าไปสู่บริเวณที่มีความดันน้อยกว่าจนลูกโป่งทั้งสองลูก มีความดันเท่ากัน การสอนแบบสาธิตเชิงปฏิสัมพันธ์นี้จะเกิดประโยชน์อย่างสูงสุดเมื่อนักเรียน สามารถบูรณาการทางความรู้เข้ากับสิ่งที่เห็นในชีวิตประจำวันและสามารถให้เหตุผลได้ด้วยหลักการ เดียวกัน เช่น นำไปอธิบายว่าทำไมคนเราจึงสามารถหายใจเข้าและหายใจออกได้ เพราะการหายใจ เข้าปอดขยายใหญ่ (มีปริมาตรมาก) ความดันในปอดลดลง เกิดความแตกต่างระหว่างความดัน ภายในและภายนอกร่างกาย อากาศจึงสามารถเคลื่อนที่เข้าไปในปอดได้ ในทางตรงกันข้ามเมื่อ หายใจออกปอดหดตัว (มีปริมาตรน้อย) ความดันเพิ่มขึ้น อากาศจึงเคลื่อนที่ออกมาสู่ภายนอก ร่างกายได้

หัวใจสำคัญของการเรียนรู้ฟิสิกส์จากสิ่งรอบตัวที่รู้อยู่แล้วอยู่ที่ความอิสระในการ เลือกเหตุการณ์ที่สนใจในชีวิตประจำวันของนักเรียน แล้วพยายามอธิบายด้วยคำพูดของตนเอง ก่อนที่ครูและนักเรียนจะร่วมกันอภิปรายจนได้ข้อสรุปเป็นความคิดรวบยอดที่ถูกต้อง และในขั้นตอน สุดท้ายนักเรียนต้องเขียนบทความ เพื่อเป็นการนำเสนอความเข้าใจที่เกิดจากการเรียนรู้ และเป็น การฝึกการถ่ายทอดความรู้ไปในตัว บ่อยครั้งเหตุการณ์ที่นักเรียนยกตัวอย่างมาและเขียนเป็น บทความเป็นตัวอย่างได้ดีกว่าตัวอย่างของครูหรือในหนังสือเรียน

ฉะนั้นการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ฟิสิกส์จะต้องเน้น “ผู้เรียน” และ “การเรียนรู้” มากกว่า “ผู้สอน” และ “การสอน” โดยผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้อำนวยการความสะดวก และผู้นำร่องความรู้ โดยเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ตลอดจนดำเนินการอภิปราย หาข้อสรุปเป็นองค์ความรู้ของตนเอง รวมทั้งการนำเสนอความรู้ที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ แล้วสามารถนำ ความรู้ไปประยุกต์ใช้หรืออธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันได้

ผลจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนฟิสิกส์จากสิ่งรอบตัวที่รู้อยู่แล้วทำให้นักเรียนจดจำความคิดรวบยอดได้นานขึ้น สามารถเชื่อมโยงความเกี่ยวเนื่องของเนื้อหาในหัวข้อที่ เรียนผ่านมาแล้วกับหัวข้อต่อไปได้ง่ายขึ้น มีอิสระในการเรียนอย่างสนุกสนาน มีความมั่นใจเพิ่มขึ้น กล้าแสดงความคิดเห็น และมองเหตุการณ์ต่างๆ ที่เห็นในชีวิตประจำวันอย่างวิทยาศาสตร์

3.7.1 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางของกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

กระทรวงศึกษาธิการดำเนินการจัดทำหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบไปด้วยสาระหลัก 8 สาระ คือ สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต สิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สารและสมบัติของสาร แรงและการเคลื่อนที่ พลังงาน กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ ธรรมชาติของ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำหรับการศึกษาระดับขั้นพื้นฐาน

ตัวชีวิตชั้นปีและตัวชีวิตช่วงชั้น ซึ่งเป็นเป้าหมายสำหรับผู้เรียนทุกคนที่จะได้รับการพัฒนาทั้งด้านความรู้ กระบวนการคิด กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา ความสามารถในการสื่อสาร การตัดสินใจ การนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ตลอดจนมีจิตวิทยาศาสตร์ คุณธรรมและค่านิยมที่ถูกต้องเหมาะสม โดยมุ่งเน้นความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล ตั้งแต่ปีการศึกษา 2553 เป็นต้นไป โรงเรียนจะต้องใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 จึงจำเป็นต้องมีสื่อการเรียนการสอนที่ได้รับการพัฒนาอย่างเหมาะสมและเป็นไปตามเป้าหมายดังกล่าว

หลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับวิชาฟิสิกส์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6 พุทธศักราช 2551 ประกอบด้วย 6 รายวิชา แบ่งเป็นรายวิชาพื้นฐาน 1 รายวิชา และรายวิชาเพิ่มเติม 5 รายวิชา ดังนี้

รายวิชาพื้นฐานฟิสิกส์ ประกอบด้วยความรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐาน ตามมาตรฐานการเรียนรู้ สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ และสาระที่ 5 พลังงาน ส่วนรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์เล่ม 1 ถึงฟิสิกส์เล่ม 5 จัดแบ่งเนื้อหาตามแขนงของวิชาฟิสิกส์ กล่าวคือ ฟิสิกส์เล่ม 1 และฟิสิกส์เล่ม 2 มีเนื้อหาเกี่ยวกับกลศาสตร์ ฟิสิกส์เล่ม 3 มีเนื้อหาเกี่ยวกับ คลื่น ฟิสิกส์เล่ม 4 มีเนื้อหาเกี่ยวกับไฟฟ้าและแม่เหล็ก และ ฟิสิกส์เล่ม 5 มีเนื้อหาเกี่ยวกับสสารและฟิสิกส์แผนใหม่

สำหรับหนังสือเรียนรายวิชาพื้นฐาน ฟิสิกส์ เป็นรายวิชาซึ่งนักเรียนที่ต้องการเรียนเน้นทางวิทยาศาสตร์ต้องเรียนทุกคน เนื้อหาความรู้ที่จัดไว้ประกอบด้วย การเคลื่อนที่แนวตรง สนามของแรง ปรากฏการณ์คลื่น กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมและให้นักเรียนได้คุ้นเคยกับฟิสิกส์ ซึ่งจะศึกษาในรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ต่อไป

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 1 – 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 ได้พัฒนาขึ้นให้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ และสาระที่ 5 พลังงาน สถานศึกษาสามารถนำไปใช้เป็นหนังสือเรียนหลักได้ ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาความรู้ที่เป็นหลักการพื้นฐานที่จำเป็นที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน และความรู้เพื่อการศึกษาดำเนินไปในระดับสูง มีกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูล การปฏิบัติการทดลอง และการอภิปราย อันจะก่อให้เกิดทักษะที่สำคัญในการเรียนรู้และการดำรงชีวิต

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ ตามหลักสูตร 2551 มิได้มุ่งหวังให้เป็นแหล่งสะสม ความรู้สำหรับให้นักเรียนท่องจำ แต่มุ่งกระตุ้นให้นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็น อยากรทดลอง เพื่อหาข้อเท็จจริงต่าง ๆ ด้วยตัวของนักเรียนเอง โดยใช้ความคิดหาเหตุผลค้นหา คำตอบด้วยตัวเอง หรือ บางครั้งอาจค้นหาผลสรุปจากการทำการทดลอง ดังนั้นครูจึงมีบทบาทเป็นผู้ช่วยให้นักเรียนได้รู้จักพึ่งตัวเองให้มากขึ้นโดยพยายามสนับสนุนให้นักเรียนได้ฝึกการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการตอบปัญหาและการทำการทดลอง ครูควรใช้การให้ความรู้โดยการบอกตรงๆให้น้อยลงและใช้คำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนใช้ความคิดเพิ่มมากขึ้น

คำถามที่สอดแทรกไว้ในบทเรียน คำถามเหล่านี้นักเรียนควรตอบได้โดยอาศัยพื้นความรู้ที่เรียนผ่านมาแล้ว จุดมุ่งหมายของคำถามเหล่านี้ก็เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปที่ต้องการให้นักเรียนทราบโดยไม่ต้องบอกข้อสรุปนั้นตรงๆ

การเรียนรู้ภาคปฏิบัติ จะมีสองรูปแบบ คือกิจกรรมและการทดลอง ในการทำกิจกรรม นักเรียนจะได้ลงมือปฏิบัติจริงเพื่อสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นและบันทึกสิ่งที่สังเกตได้เพื่อนำมา อภิปรายหรือสรุป แต่ในการทำการทดลอง นักเรียนจะได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดย การทดลองแต่ละเรื่องจะบอกวิธีทดลองโดยระบุขั้นตอนการทดลองเป็นลำดับ แต่ นักเรียนต้องออกแบบ ตารางบันทึกผลการทดลองด้วยตัวเองให้เหมาะสมและสอดคล้องกับจุดประสงค์ของการทดลองนั้นๆ เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อไป นักเรียนจะได้ฝึกการลงข้อสรุปจากการทำการทดลอง และการอภิปราย ร่วมกันตามแนวคำถาม ท้ายการทดลอง

สรุปสาระสำคัญ (summary) เนื่องจากหนังสือเรียนนี้มุ่งหวังให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจได้ด้วยตนเอง จึงเพิ่ม “สรุปสาระสำคัญ” ไว้ตอนท้ายของบทเรียนด้วยทุกบท ครูควรเน้นกับนักเรียนว่า สรุปสาระสำคัญที่ปรากฏตอนท้ายของแต่ละบทในหนังสือเรียนเป็นภาพรวมของเนื้อหาหรือความรู้ในบทเท่านั้น สรุปสาระสำคัญไม่สามารถทดแทนเนื้อหาทั้งหมดหรือทำให้เกิดความเข้าใจทั้งบทได้ การเรียนรู้ในแต่ละบทจะประสบผลสำเร็จได้นั้นต้องศึกษาในรายละเอียด (รวมทั้งการทำการทดลองและกิจกรรม) อย่างครบถ้วนเท่านั้น

แบบฝึกหัด (exercises) ในท้ายบทแต่ละบทแบ่งเป็น 2 ส่วน คือคำถาม (questions) และปัญหา (problems) ของหัวข้อนั้น ๆ “คำถาม” จะมุ่งตรวจสอบความเข้าใจในเนื้อหาหัวข้อนั้นๆ โดยการเขียนตอบ หรือครูอาจเลือกมาบางข้อให้นักเรียนตอบภายในชั้นเรียนก็ได้ ถ้ามีเวลาเหลือเพียงพอ ส่วน “ปัญหา” มีไว้เพื่อให้นักเรียนฝึกฝนและตรวจสอบความสามารถในการแก้ปัญหาโดยการเขียนตอบเช่นกัน นอกจากนี้ครูอาจหาแบบฝึกหัดอื่นๆ ที่เห็นว่าเหมาะสมมาให้นักเรียนทำเพื่อเพิ่มพูนประสบการณ์ของ นักเรียนอีกก็ได้

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็ก แรงไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

ตาราง 6 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางสาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ มาตรฐาน ว 4.1

ระดับ ชั้น	มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด	สาระสำคัญ
ม. 4-6	1. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสนามโน้มถ่วง และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- ในสนามโน้มถ่วงจะมีแรงกระทำต่อวัตถุ ทำให้วัตถุน้ำหนัก เมื่อปล่อยวัตถุวัตถุจะตกแบบเสรี สนามโน้มถ่วงทำให้วัตถุต่างๆไม่ตกจากโลก เช่น การโคจรของดาวเทียมรอบโลก และอาจใช้แรงโน้มถ่วงไปใช้ประโยชน์ เพื่อหาแนวตั้งของช่างก่อสร้าง
	2. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการเคลื่อนที่ของอนุภาคในสนามไฟฟ้า และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าอยู่ในสนามไฟฟ้า จะมีแรงกระทำต่ออนุภาคนั้น ซึ่งอาจทำให้การเคลื่อนที่ของอนุภาคเปลี่ยนไป สามารถนำสมบัตินี้ไปประยุกต์สร้างเครื่องมือบางชนิด เช่น เครื่องกำจัดฝุ่น ออสซิลโลสโคป
	3. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการเคลื่อนที่ของอนุภาคในสนามแม่เหล็ก และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- เมื่ออนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก จะมีแรงกระทำต่อวัตถุนั้นซึ่งอาจทำให้สภาพการเคลื่อนที่ของอนุภาคเปลี่ยนไป สามารถนำสมบัตินี้ไปประยุกต์สร้างหลอดภาพโทรทัศน์
	4. วิเคราะห์และอธิบายแรงนิวเคลียร์และแรงไฟฟ้าระหว่างอนุภาคในนิวเคลียส	- อนุภาคในนิวเคลียส เรียกว่า นิวคลีออน นิวคลีออนประกอบด้วย โปรตอนและนิวตรอน นิวคลีออนในนิวเคลียสยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงนิวเคลียร์ ซึ่งมีค่ามากกว่าแรงผลัทางไฟฟ้าระหว่าง นิวคลีออน นิวคลีออนจึงอยู่รวมกันในนิวเคลียสได้

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตาราง 7 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางสาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่ มาตรฐาน ว 4.2

ระดับ ชั้น	มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด	สาระสำคัญ
ม. 4-6	1. อธิบายและทดลองความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัด เวลา ความเร็ว ความเร่งของการเคลื่อนที่ในแนวตรง	- การเคลื่อนที่แนวตรงเป็นการเคลื่อนที่ในแนวใดแนวหนึ่ง เช่น แนวราบหรือแนวตั้งที่มีการกระจัด ความเร็ว ความเร่ง อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน โดยความเร่งของวัตถุหาได้จากความเร็วที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา
	2. สังเกตและอธิบายการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ แบบวงกลม และแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	- การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่วิถีโค้งที่มีความเร็วในแนวราบคงตัวและความเร่งในแนวดิ่งคงตัว - การเคลื่อนที่แบบวงกลมเป็นการเคลื่อนที่ที่มีความเร็วในแนวเส้นสัมผัสวงกลม และมีแรงในทิศทางเข้าสู่ศูนย์กลาง - การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายเป็นการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาซ้ำทางเดิม เช่น การแกว่งของลูกตุ้มอย่างง่าย โดยที่มุมสูงสุดเบนจากแนวดิ่งมีค่าคงตัวตลอด
	3. อภิปรายผลการสืบค้นและประโยชน์เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ แบบวงกลม และแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	- การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ เช่น การเล่นเทนนิส บาสเกตบอล - การเคลื่อนที่แบบวงกลมสามารถนำไปใช้ประโยชน์ เช่น การวิ่งทางโค้งของรถยนต์ให้ปลอดภัย - การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการสร้างนาฬิกาแบบลูกตุ้ม

สาระที่ 5 พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลการใช้พลังงานต่อชีวิต และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตาราง 8 ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางสาระที่ 5 พลังงาน

ระดับชั้น	มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด	สาระสำคัญ
ม. 4-6	1. ทดลองและอธิบายสมบัติของคลื่นกล และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็ว ความถี่ และความยาวคลื่น	- คลื่นกล มีสมบัติการสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน - อัตราเร็ว ความถี่ และความยาวคลื่นมีความสัมพันธ์กันดังนี้ $\text{อัตราเร็ว} = \text{ความถี่} \times \text{ความยาวคลื่น}$
	2. อธิบายการเกิดคลื่นเสียง บีตส์ของเสียง ความเข้มเสียง ระดับความเข้มเสียง การได้ยินเสียง คุณภาพเสียง และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์	- คลื่นเสียงเกิดจากการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียง - บีตส์ของเสียงเกิดจากคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดสองแหล่ง ที่มีความถี่ต่างกันเล็กน้อยมารวมกัน ทำให้ได้ยินเสียงดังค่อยเป็นจังหวะ - ความเข้มเสียง คือ พลังงานเสียงที่ตกกระทบบนหนึ่งหน่วยพื้นที่ในหนึ่งหน่วยเวลา - ระดับความเข้มเสียงจะบอกความดังค่อยของเสียงที่ได้ยิน - เครื่องดนตรีแต่ละชนิดที่ใช้ตัวโน้ตเดียวกัน จะให้รูปคลื่นที่แตกต่างกัน เรียกว่า มีคุณภาพเสียงต่างกัน
	3. อภิปรายผลการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับมลพิษทางเสียงที่มีต่อสุขภาพของมนุษย์และการเสนอวิธีการป้องกัน	- มลพิษทางเสียงที่มีผลต่อสุขภาพของมนุษย์ ถ้าฟังเสียงที่มีความเข้มเสียงสูงกว่ามาตรฐานเป็นเวลานาน อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อการได้ยินและสภาพจิตใจได้ การป้องกันโดยการหลีกเลี่ยงหรือใช้เครื่องครอบหูเพื่อลดการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียง เช่น เครื่องจักร

ตาราง 8 (ต่อ)

ระดับ ชั้น	มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด	สาระสำคัญ
ม. 4-6	4. อธิบายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และ นำเสนอผลการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับ ประโยชน์และการป้องกันอันตรายจาก คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	- คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ประกอบด้วย สนามแม่เหล็ก และสนามไฟฟ้าที่ เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา สเปกตรัมของคลื่น แม่เหล็กไฟฟ้ามีความต่อเนื่องกัน โดยคลื่น แม่เหล็กไฟฟ้า ช่วงความถี่ต่าง ๆ มีลักษณะ เฉพาะตัว ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ แตกต่างกัน เช่น การรับส่งวิทยุ โทรศัพท์ การป้องกันอันตรายจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น ไม่อยู่ใกล้ไมโครเวฟขณะเตาทำงาน
	5. อธิบายปฏิกิริยานิวเคลียร์ ฟิชชัน ฟิวชัน และความสัมพันธ์ระหว่างมวล กับพลังงาน	- ปฏิกิริยานิวเคลียร์เป็นปฏิกิริยาที่ทำให้ นิวเคลียสเกิดการเปลี่ยนแปลงกิริยาที่ นิวเคลียสของธาตุที่มีเลขมวลมากแตกตัว เรียกว่า ฟิชชัน ปฏิกิริยาที่เกิดจากการหลอม รวมนิวเคลียสของธาตุที่มีมวลน้อย เรียก ว่าฟิวชัน ความสัมพันธ์ระหว่างมวลและ พลังงานเป็นไปตามสมการ $E=MC^2$
	6. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานที่ได้ จากปฏิกิริยานิวเคลียร์และผลต่อ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม	- ปฏิกิริยานิวเคลียร์ทำให้ผลกระทบต่อ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
	7. อภิปรายผลการสืบค้นข้อมูล เกี่ยวกับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์และนำ ความรู้ไปใช้ประโยชน์	- โรงไฟฟ้านิวเคลียร์เป็นโรงไฟฟ้าพลังงาน ความร้อนประเภทหนึ่งซึ่งได้พลังงานความ ร้อนจากพลังงานนิวเคลียร์
	8. อธิบายชนิดและสมบัติของรังสีจาก ธาตุกัมมันตรังสี	- รังสีจากธาตุกัมมันตรังสีมี 3 ชนิด คือ แอลฟา บีตา และแกมมา ซึ่งมีอำนาจทะลุ ผ่านต่างกัน

ตาราง 8 (ต่อ)

ระดับ ชั้น	มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด	สาระสำคัญ
ม. 4-6	9. อธิบายการเกิดกัมมันตภาพรังสีและบอกวิธีการตรวจสอบรังสีในสิ่งแวดล้อม การใช้ประโยชน์ผลกระทบต่อนสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม	- กัมมันตภาพรังสีเกิดจากการสลายของไอโซโทปของธาตุที่ไม่เสถียร สามารถตรวจจับได้โดยเครื่องตรวจจับรังสีในธรรมชาติมีรังสีแต่ส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำมาก - รังสีมีประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรม การเกษตร การแพทย์ โบราณคดี รังสีในระดับสูงมีอันตรายต่อนสิ่งมีชีวิต

3.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์

จากการศึกษางานวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับความคิดรวบยอด (Concept) ที่มีการให้ความหมายแตกต่างกันไป ผู้วิจัยจึงได้ทำการค้นคว้าเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดรวบยอดวิชาวิทยาศาสตร์ กรอบมโนทัศน์ ที่สอดคล้องกับงานของผู้วิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ ซึ่งเป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่ง ดังนี้

3.8.1 งานวิจัยในประเทศ

พฤทธิ มาเนตร (2553) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจัดกรอบมโนทัศน์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิงโมทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิงโมทัศน์โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจัดกรอบมโนทัศน์ กลุ่มประชากรที่ใช้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2552 จำนวน 45 คน ซึ่งได้รับการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจัดกรอบมโนทัศน์ โดยใช้การวิจัยแบบ One-Group Pretest-Posttest Desing สถิติที่ใช้ t-test dependent sample พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจัดกรอบมโนทัศน์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความสามารถทางการคิดเชิงโมทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจัดกรอบมโนทัศน์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อกนิษฐ์ บุญสะอาด (2557) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาแบบประเมินความคิดรวบยอด วิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ : การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินความคิดรวบยอด โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ วิชาฟิสิกส์ เรื่องงานพลังงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม และแบบการเลือกคำเชื่อมที่มีลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ และจำนวนครั้งในการวัดที่ต่างกัน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 68 คน แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 16 จำนวน 1 โรงเรียน ผลการศึกษาพบว่า แบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้ผังมโนทัศน์แบบการเลือกคำเชื่อม จำนวน 4 ฉบับ ค่าความเชื่อมั่นมีค่าตั้งแต่ 0.65 – 0.70 และแบบประเมินความคิดรวบยอดวิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม จำนวน 4 ฉบับ ค่าความเชื่อมั่นมีค่าตั้งแต่ 0.66 – 0.84 ค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของลำดับของการสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่เริ่มจากแบบสร้างผังคำและคำเชื่อม ตามด้วยแบบการสร้างผังคำและคำเชื่อมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และค่าสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิงของแบบประเมินความคิดรวบยอดโดยใช้แผนผังมโนทัศน์แบบการสร้างผังคำและคำเชื่อม มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในการวัด 1 ครั้ง และ 2 ครั้ง

ประภพพร โคตา (2554) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการเขียนผังมโนทัศน์ เป็นงานวิจัยเชิงทดลองที่ได้ทดลองในกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนพุทธโสธร จังหวัดฉะเชิงเทราจำนวน 2 ห้องเรียนที่ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ห้องเรียนละ 40 คน จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 80 คน โดยนำมาสุ่มจับฉลากเพื่อกำหนดกลุ่มทดลองที่ได้รับ ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และชุดกิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มการเขียนผังมโนทัศน์ เครื่องมือที่ใช้เป็นชุดกิจกรรมเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการเขียนผังมโนทัศน์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ลักษณะเลือกคำตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ มีความเชื่อมั่น 0.86 ค่าความยากง่าย 0.22 - 0.80 ค่าอำนาจจำแนก 0.26 - 0.59 โดยที่แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์เป็นแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ มีความเชื่อมั่น 0.89 ค่าความยากง่าย 0.20 - 0.78 ค่าอำนาจจำแนก 0.26 - 0.81 การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนและหลังการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ใช้ t-test for Dependence samples และเปรียบเทียบผลการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ระหว่างกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 โดยใช้ t-test Independence Samples ในรูปคะแนนผลต่างใช้แบบแผนการวิจัยแบบ Randomized Control Group Pretest - Posttest Design ผลที่ได้คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ชุดกิจกรรมเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการเขียนผังมโนทัศน์มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการเขียนผังมโนทัศน์มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

พัชร โพชนา (2559) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาชีววิทยา โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิต“พิบูลบาเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน 33 คน ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3) แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และ 4) แบบวัดเจตคติต่อวิชาชีววิทยา สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที (t-test) และการเทียบเกณฑ์ร้อยละ 70 ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม วิชาชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม วิชาชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึม วิชาชีววิทยา เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พิจิตรา ศรีพัฒยศ (2558) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักร 7 ขั้น ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 วิชาชีววิทยา เรื่องการตอบสนองของพืช เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักร 7 ขั้น ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 วิชาชีววิทยา เรื่องการตอบสนองของพืช เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี จำนวน 24 คน จำนวน 1 ห้องเรียน ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นฐาน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยาโดยใช้การสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักร 7 ขั้น ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 เรื่อง การตอบสนองของพืช แบบทดสอบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา มีค่าความเชื่อมั่น 0.88 ค่าความยากง่าย 0.25-0.74 ค่าอำนาจจำแนก 0.21-0.85 แบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มีค่าความเชื่อมั่น 0.78 ค่าความยากง่าย 0.26-0.72 ค่าอำนาจจำแนก 0.21-0.65 และแบบวัดจิตวิทยาาสตร์ มีค่าความเชื่อมั่น 0.91 ค่าอำนาจจำแนก 0.22-0.70 ซึ่งวิเคราะห์ข้อมูลโดยเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาก่อนเรียนและ หลังเรียนโดยใช้การทดสอบ (t-test) แบบ Dependent Sample และเปรียบเทียบคะแนนหลังเรียนของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์กับเกณฑ์

70% โดยใช้การทดสอบที (t-test) แบบ One Sample และเปรียบเทียบจิตวิทยาสตรกับเกณฑ์ที่กำหนด ผลการศึกษา พบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังการเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักร 7 ขั้นร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคจิ๊กซอว์ 2) สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักร 7 ขั้นร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 สูงกว่าเกณฑ์ 70 % อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) จิตวิทยาสตรของนักเรียนหลังการเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักร 7 ขั้นร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 อยู่ในเกณฑ์ระดับดี

ศศิวิมล สนิทบุญ (2558) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ ที่มีต่อมโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพัฒนาการด้านมโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี จำนวน 22 คน ซึ่งเป็นห้องเรียนที่เน้นด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม จำนวน 7 แผน แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัด การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การสังเกตและปรับปรุงรูปแบบกระบวนการด้วย Action research การคิดวิเคราะห์ ข้อมูลใช้วิธีการศึกษาคะแนนพัฒนาการ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละ และการทดสอบแบบที (Paired Samples t-test) ผลการวิจัยพบว่า 1) มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ที่สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีพัฒนาการอยู่ในระดับกลาง เฉลี่ยร้อยละ 40.37 2) การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ที่สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีพัฒนาการอยู่ในระดับกลาง เฉลี่ยร้อยละ 49.09

จุไรรัตน์ สอนสีดา (2560) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับการกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับการกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาก่อนเรียนและหลังเรียน และเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับการกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิค

ของโพลยาหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิต “พิบูลบาเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม จำนวน 32 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าทีแบบสองกลุ่มสัมพันธ์ และการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างเดียว ผลการวิจัยพบว่า 1) มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4) เจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.8.2 งานวิจัยในประเทศ

อัสนัน (Asan. 2007: 186-195) ได้ศึกษาการใช้แผนผังมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในนักเรียนเกรด 5 เพื่อตรวจสอบผลที่ได้จากการดำเนินการผสานเอาแผนผังมโนทัศน์เข้าร่วมกับ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน 23 คน ที่ Ata โรงเรียนประถมศึกษา เมืองแทรบซอน ประเทศตุรกี โดยทดสอบก่อนเรียนกับนักเรียนจากแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น เป็นคำถามแบบปรนัย 20 ข้อ นักเรียนในกลุ่มทดลองและการควบคุมมีโอกาสได้รับเทคนิคการสอนที่ครอบคลุมหน่วยเดียวกันในเรื่องความร้อนและอุณหภูมิ มีการสอบก่อนเรียน ก่อนการทดลองจะเริ่มหลังจากบทเรียนเริ่มต้นอย่างไรก็ตาม ก่อนการทดลองกลุ่มควบคุมได้รับรูปแบบการเรียนที่ใช้รูปแบบการพูดทบทวนแบบดั้งเดิมและกลุ่มทดลองได้รับการสัมผัสกับการทบทวนโดยใช้แรงบันดาลใจจากการสอนโดยใช้แผนที่ทางความคิดผ่านทางคอมพิวเตอร์ การออกแบบการทดลองเป็นแบบกลุ่มควบคุมที่ไม่เท่าเทียมกัน non equivalent control group เครื่องมือการทดลอง คือ แผนที่ความคิด หลังจากได้ดำเนินการรับรูปแบบการสอนที่ต่างกัน หลังการทดลองนักเรียนทั้งสองกลุ่มได้สอบหลังเรียน คะแนนที่ได้วิเคราะห์ทางสถิติสำหรับทดสอบในรูปคะแนน $t - test$ มีผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

หยิน และชเวลสัน (Yin; & Shavelson. 2008) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงต่อการประเมินแผนผังมโนทัศน์เพื่อศึกษาความคิดรวบยอด ที่ทดลองในกลุ่มนักเรียนเกรด 8 จำนวน 92 คน จากพื้นที่รอบอ่าวแคลิฟอร์เนีย ในเนื้อหาที่เกี่ยวกับความหนาแน่น

มวล วัตถุ โดยเลือกใช้รูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่มี 2 รูปแบบ คือรูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างจาก ผังคำโดยออกแบบสร้างเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำ(construct -a- by creating linking phrases) หรือรูปแบบ c ที่มีการกำหนดกลุ่มคำ (concept term) ซึ่งจะให้นักเรียนออกแบบผังมโนทัศน์ ที่ต้อง ออกแบบเส้นเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มคำที่กำหนดมาให้ และรูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่ สร้างผังคำโดยเลือกเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำ(construct -a- by selecting linking phrases) หรือ รูปแบบ s ซึ่งนักเรียนต้องเลือกเส้นที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มคำที่กำหนดให้ จากรายการ ที่มีอยู่สามารถเลือกที่จะใช้ได้กี่ครั้งก็ได้เพื่อบรรยายความสัมพันธ์ของทั้ง 2 กลุ่ม โดยมีการใช้เกณฑ์ ในการพิจารณา คือ ในบางคำที่มีทิศทางหัวลูกศรจะไม่มีผล เนื่องจากดูความสัมพันธ์ และเลือกใช้ เงื่อนไข คำเชื่อมที่จำเป็น (mandatory preposition) แบ่งเป็น 4 ระดับ ตั้ง 0-3 คะแนน โดยออกแบบ งานวิจัยเป็นแบบเทคนิคแผนผังมโนทัศน์แบบ 4x2 คือรูปแบบที่เป็นแบบ ลำดับของการใช้แผนผัง x โอกาส (Map sequence x occasion) ที่มีการแบ่งนักเรียนออกเป็นทั้ง 4 กลุ่ม คือ 1.กลุ่มที่ได้รับ รูปแบบที่เป็นแบบ CS ชั้นแรกใช้รูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างจากผังคำโดยออกแบบสร้างเส้น เชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำ ในขั้นที่สองรูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างผังคำโดยเลือกเส้นเชื่อมโยง ระหว่างกลุ่มคำ จำนวน 22 คน 2. กลุ่มที่ได้รับรูปแบบ SC ชั้นแรกใช้รูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่สร้าง ผังคำโดยเลือกเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำ ขั้นที่สอง ใช้รูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างจากผังคำ โดยออกแบบสร้างเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำ จำนวน 23 คน 3. กลุ่มที่ได้รับ รูปแบบ CC ใช้ รูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างจากผังคำโดยออกแบบสร้างเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำทั้ง สองครั้ง จำนวน 26 คนแบ่งออกได้ 4 กลุ่มที่ได้รับรูปแบบ SS ใช้รูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างผังคำ โดยเลือกเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำทั้งสองครั้ง จำนวน 21 คน มีการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุป อ้างอิงโดยแบ่งฟาชะออกเป็น 3 ฟาชะ คือ 1. คำเชื่อมที่ใช้ 2. โอกาส(ลำดับคำตามรูปแบบงานที่ใช้) 3.รูปแบบของแผนผังมโนทัศน์ ซึ่งในขั้นการศึกษา G study มีการศึกษา 2 ช่วง การเปรียบเทียบ แบบ CS และ SC กับโครงสร้างที่เป็นแบบ C หรือแบบ S เพียงอย่างเดียว การวิเคราะห์แหล่งของความ แปรปรวนของ การออกแบบฟาชะ นักเรียน x โอกาส x คำเชื่อม (S x O x P) ที่เป็นรูปแบบผสม รูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างจากผังคำโดยออกแบบสร้างเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำ C (62.4%)มากกว่า รูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างผังคำโดยเลือกเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำ S (50.3%) เช่นเดียวกับความแปรปรวนของฟาชะ คำเชื่อม รูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างผังคำโดย เลือกเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำ S มากกว่า รูปแบบแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างผังคำโดยเลือกเส้น เชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำ S (5.1%) ซึ่งต่างจากฟาชะ นักเรียน x คำเชื่อม (S x P) รูปแบบแผนผัง มโนทัศน์ที่สร้างผังคำโดยเลือกเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำ S (25.3) มากกว่ารูปแบบแผนผังมโน ทัศน์ที่สร้างจากผังคำโดยออกแบบสร้างเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำ C (16.2%) ซึ่งในรูปแบบของ แบบแผนผังมโนทัศน์ที่สร้างผังคำโดยเลือกเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำ S ดีกว่าแบบรูปแบบ แผนผังมโนทัศน์ที่สร้างจากผังคำโดยออกแบบสร้างเส้นเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มคำ C ทั้งในด้านความ เชื่อมั่นประสิทธิภาพการประเมิน

เซบเนม แคนดิล อินเกค (Sebnem Kandil Ingec. 2008) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้คอนเซปต์การ์ตูน เป็นเครื่องมือในการประเมินผลทางฟิสิกส์ มีงานวิจัยมากมายเกี่ยวกับการเขียนการ์ตูนเกี่ยวกับฟิสิกส์ เคมี และคณิตศาสตร์ ทางการศึกษา โดยใช้การ์ตูนเป็นวิธีการประเมินทางเลือก ซึ่งได้จัดทำตัวอย่างการ์ตูนไว้ 5 เล่ม เกี่ยวกับเรื่อง แรงดล โมเมนตัม สมการของแรงดลและโมเมนตัม กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และสมบัติทางเวกเตอร์ของโมเมนตัม การศึกษาพบว่า ครูฟิสิกส์ก่อนนำเอาการ์ตูนไปใช้ในการประเมินไม่ได้ให้ความสำคัญกับข้อเท็จจริงของโมเมนตัมที่เป็นปริมาณเวกเตอร์เท่าใดนัก พบว่ามีเพียง 15% เท่านั้นที่ให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์โมเมนตัม ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าสมควรว่าครูควรที่จะศึกษาอย่างจริงจัง เพราะมีการประยุกต์ใช้การอนุรักษ์โมเมนตัมในชีวิตประจำวัน และเนื้อหาที่นักเรียนใช้เรียนในห้องเรียนเป็นอย่างมาก

จากเอกสารและงานวิจัยที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้น สรุปได้ว่า ความคิดรวบยอดนั้นถือเป็นรากฐานสำคัญสำหรับการเรียนรู้ของนักเรียน ความคิดรวบยอดก่อให้เกิดแนวคิด ความเข้าใจ และทักษะแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น และยังสามารถแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ความคิดรวบยอดนั้นส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียนได้ดี โดยผ่านรูปแบบการวัดและประเมินผลที่มีประสิทธิภาพควบคู่กับการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม ทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิด การแก้ปัญหา การเชื่อมโยง และจัดระบบความรู้ที่ได้รับอย่างเป็นขั้นตอนผ่านการใช้รูปแบบการประเมินผลที่เป็นการประเมินผลระหว่างเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานของผู้วิจัยที่ใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในการพัฒนาความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. วิธีการทดลอง และขั้นตอนการทดลอง
4. การจัดกระทำข้อมูล
5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 กรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2560 จำนวน 52 โรงเรียน จากข้อมูลของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 มีนักเรียนทั้งหมด 18,834 คน

ตัวอย่าง

ตัวอย่างที่ใช้วิจัยในครั้งนี้เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ จำนวน 43 คน ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบสองขั้นตอน (two-stage random sampling)

ขั้นตอนที่ 1 จากโรงเรียนทั้งหมด 52 โรงเรียน ในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 กรุงเทพมหานคร เลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) มา 1 โรงเรียน ซึ่งเป็นโรงเรียนที่มีนักเรียนหลากหลายความสามารถ และให้ความร่วมมือในการทดลองเป็นอย่างดี เนื่องจากการวิจัยนี้ต้องเก็บข้อมูล 3 ระยะ คือ ก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผล โรงเรียนที่ได้คือ โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ

ขั้นตอนที่ 2 สุ่มห้องเรียน ด้วยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม (sampling unit) จากห้องเรียนทั้งหมด 9 ห้องเรียน เลือกมาใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน 43 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การดำเนินการในการสร้างเครื่องมือวิจัย ผู้วิจัยเน้นการพัฒนา รูปแบบการวัดประเมินผล เพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To-Learn : A2L) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) โดยพิจารณาจากคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดทำขึ้นโดยนำขั้นตอนของการวัดประเมินผล เพื่อการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน บูรณาการกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และทำการสร้าง เครื่องมือ คือ ข้อคำถามที่ใช้ในแต่ละขั้นของกิจกรรมการเรียนรู้ตามการวัดประเมินผลเพื่อการเรียนรู้ ซึ่งข้อคำถามมีจุดเน้นแตกต่างกันไปตามขั้นตอนของการวัดประเมินผลเพื่อการเรียนรู้ โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนของการวัด ประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To-Learn: A2L) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ มีทั้งหมด 3 แผนการเรียนรู้ แบ่งตามเนื้อหาได้ดังนี้

1. การเคลื่อนแบบโพรเจกไทล์ ใช้เวลาสอน 2 คาบ (100 นาที)
2. การเคลื่อนแบบวงกลม ใช้เวลาสอน 2 คาบ (100 นาที)
3. การเคลื่อนแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ใช้เวลาสอน 2 คาบ (100 นาที)

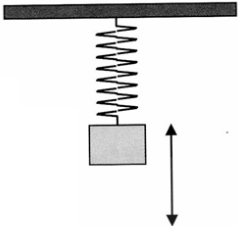
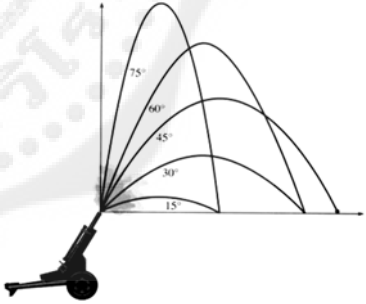
ผู้วิจัยนำความรู้หรือแบบจำลองไปใช้อธิบายหรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์หรือ เรื่องอื่นๆ เพื่อนำไปสู่ข้อโต้แย้งหรือข้อจำกัด ซึ่งจะก่อให้เกิดเป็นประเด็นหรือคำถามหรือปัญหาที่จะต้อง สืบรวจตรวจสอบ โดยนำรูปแบบการสอนแบบกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการวัด ประเมินเพื่อการเรียนรู้มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยผสมผสานขั้นตอนของ A2L และขั้นของ 5E เข้า ด้วยกันทำให้เกิดเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ เพื่อที่จะได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้และวัด ประเมินไปพร้อมกัน

ตัวอย่างการบูรณาการแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหา ความรู้ (5E) ร่วมกับการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (A2L) ในเนื้อหาเรื่องแบบโพรเจกไทล์

ตาราง 9 ตัวอย่างการบูรณาการแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับ A2L ในเนื้อหาเรื่องแบบโพรเจกไทล์

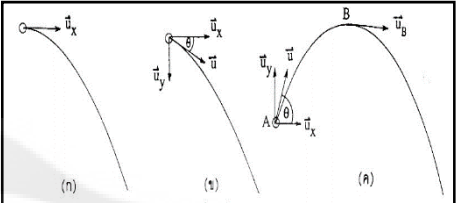
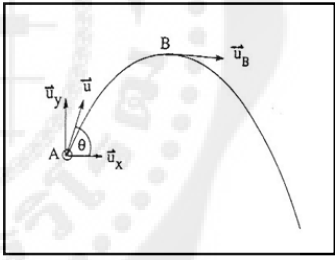
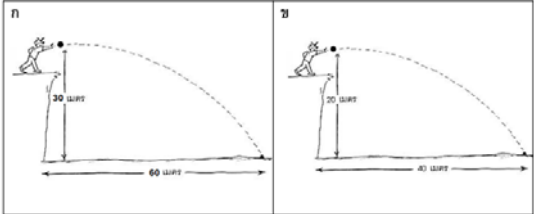
การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้	ตัวอย่างข้อคำถามการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้
1. ขั้นสร้างความสนใจ ครูให้นักเรียนเข้าสู่บทเรียนโดยทบทวนความรู้เดิม พร้อมทั้งโยนของแล้วให้นักเรียนสังเกตการ เคลื่อนที่ของของที่โยน	ไม่มี

ตาราง 9 (ต่อ)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้	ตัวอย่างข้อคำถามการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (A2L)
2. ขั้นสำรวจและค้นหา 2.1 ครูให้นักเรียนศึกษาใบความรู้ เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ 2.2 ให้นักเรียนช่วยกันอภิปรายและสรุปเพื่อให้ได้แนวความคิดเกี่ยวกับเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ โดยใช้ขั้นตอนที่ 1 ของการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To- Learn: A2L) ให้นักเรียนเลือกตอบว่าใช่ หรือ ไม่ใช่ แต่จะไม่ตัดสินว่าผิดหรือถูก	ขั้นที่ 1 สำรวจแนวคิดพื้นฐาน (Exploring Naive Concepts)  จากรูป วัตถุผูกติดกับสปริง เป็นการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ใช่หรือไม่ (ไม่ใช่)
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป 3.1 ครูอธิบายความรู้เกี่ยวกับเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ 3.2 ให้นักเรียนช่วยกันตรวจสอบ จัดกลุ่มของความรู้เกี่ยวกับเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ โดยใช้ขั้นตอนที่ 2 ของการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To- Learn: A2L)	ขั้นที่ 2 เสริมสร้างและจัดกลุ่ม (Honing and Clustering) จากรูปให้นักเรียนเปรียบเทียบการยิงลูกปืนมุมที่ 15°, 30°, 45°, 60° และ 75° มุมใดที่ยิงลูกปืนแล้วได้ระยะทางไกลที่สุด มุมใดลอยอยู่ในอากาศได้นานที่สุด 

ตาราง 9 (ต่อ)



การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้	ตัวอย่างข้อคำถามการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้
4. ขั้ขยายความรู้ 4.1 ให้นักเรียนช่วยกัน วิเคราะห์ ให้เหตุผล และ แก้ปัญหาเกี่ยวกับเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ โดยใช้ขั้นตอนที่ 3 และ 4 ของการวัดประเมินเพื่อการ เรียนรู้ (Assessing-To- Learn: A2L) 4.2 ให้นักเรียนใช้ความเข้าใจที่มีวิเคราะห์และให้ เหตุผลเกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ เพื่อใช้สรุป หรือตัดสินใจ ข้อคำถามจะเป็นคำถามปลายเปิดที่ นักเรียนมีอิสระในการตอบ ตามขั้นที่ 3 4.3 ให้นักเรียนอธิบายและประเมินการตอบโดยใช้ ความคิดรวบยอดของนักเรียนร่วมกับหลักการต่างๆ ใช้ในการแก้ปัญหา ตามขั้นที่ 4	ขั้นที่ 3 วิเคราะห์และให้เหตุผลโดยใช้แนวคิด (Analyze and Reason Using Concepts) ให้นักเรียนวิเคราะห์และให้เหตุผลเกี่ยวกับลักษณะการ เคลื่อนโพรเจกไทล์แบบต่างๆ ว่าเป็นอย่างไร พร้อมทั้ง บอกได้ว่าปริมาณต่างของการเคลื่อนที่ได้  ขั้นที่ 4 แก้ปัญหาโดยใช้ความคิดรวบยอดเป็นฐาน (Concept-Based Problem Solving) ให้นักเรียนใช้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบ โพรเจกไทล์แก้ปัญหา จากรูป ณ จุดสูงสุดของโพรเจกไทล์ ตรงตำแหน่ง B มีความเร็วเป็นอย่างไร 
5. ขั้นประเมินผล 5.1 ครูให้นักเรียน จัดระบบและหาความสัมพันธ์ของ กลุ่มแนวคิด (Organize and Interrelate Groups of Concepts) โดยให้นักเรียนลองเปรียบเทียบสอง สถานการณ์จากแนวคิดที่ได้ และอภิปราย ร่วมกันในชั้นเรียน	ขั้นที่ 5 จัดระบบและหาความสัมพันธ์ของกลุ่มแนวคิด (Organize and Interrelate Groups of Concepts) 1. นักเรียนใช้วิธีการแก้ปัญหาทั้งสองสถานการณ์คล้ายกันหรือไม่ 2. นักเรียนใช้หลักการใดในการแก้ปัญหาสถานการณ์ ก 3. นักเรียนใช้หลักการใดในการแก้ปัญหาสถานการณ์ ข 

ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนของการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To-Learn: A2L) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) มีรายละเอียดดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตร มาตรฐานการเรียนรู้ ลำดับแนวความคิดต่อเนื่องและขอบข่ายของเนื้อหา เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 คู่มือครูและหนังสือเรียนฟิสิกส์ 1

2. กำหนดสาระการเรียนรู้ เพื่อนำมาเป็นเนื้อหาในการใช้คำถามในแต่ละขั้นตอนของการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)

3. วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของเรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ

4. ศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎี แนวคิด ของการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ จากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และดำเนินการสร้างแผนโดยผู้วิจัยได้ประยุกต์แนวความคิดการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ของการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ซึ่งมีองค์ประกอบดังนี้

4.1 ชื่อเรื่อง

4.2 มาตรฐานการเรียนรู้

4.3 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

4.4 ผลการเรียนรู้

4.5 ความคิดรวบยอด

4.6 สื่อการเรียนการสอน

4.7 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยแทรกกระบวนการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ในกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

4.8 การวัดและประเมินผล

4.9 บรรณานุกรม

5. หากคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้นั้น นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางการสอนฟิสิกส์ จำนวน 3 คน ประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบประเมินที่มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระดับ คือ น้อยที่สุด น้อย ปานกลาง มาก และมากที่สุด

การแปลความหมายเกี่ยวกับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ใช้เกณฑ์ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.51 - 5.00 หมายถึง เหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

คะแนนเฉลี่ย 3.51 - 4.50 หมายถึง เหมาะสมอยู่ในระดับมาก

คะแนนเฉลี่ย 2.51 - 3.50 หมายถึง เหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 1.51 - 2.50 หมายถึง เหมาะสมอยู่ในระดับน้อย

คะแนนเฉลี่ย 1.00 - 1.50 หมายถึง เหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.00 - 5.00 แสดงว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้ได้

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ เป็นข้อสอบปรนัยแบบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน แต่ถ้าตอบผิดให้ 0 คะแนน

ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ มีรายละเอียดดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์
2. ศึกษาทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบทดสอบความคิดรวบยอดเพื่อกำหนดเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์
3. เขียนนิยามเชิงปฏิบัติการของความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์
4. สร้างแบบทดสอบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ เป็นข้อสอบปรนัยแบบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยมีรายละเอียดของข้อสอบดังนี้

ตาราง 10 ตารางกำหนดรายละเอียดข้อสอบ

เนื้อหา	พฤติกรรมการเรียนรู้						รวม
	จำ	เข้าใจ	ประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า	สร้างสรรค์	
การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	1	2	1	2	1	-	7
กฎการเคลื่อนที่แบบวงกลม	1	2	1	2	1	-	7
การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	1	1	1	2	1	-	6
รวม	3	5	3	6	3	-	20

5. นำแบบทดสอบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านวัดผล 2 คน และผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิชาฟิสิกส์ 3 คน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยพิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด แล้วนำผลที่ได้มาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item Objective Congruence: IOC) ถ้ามีค่า IOC มากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้ ผลการตรวจสอบพบว่าแบบทดสอบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์มีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.60 – 1.00

6. นำแบบทดสอบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 50 คน แล้วนำมาวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้เทคนิค 50% ในการแบ่งกลุ่มสูงกลุ่มต่ำ (ชวาล แพรัตกุล, 2552: 88-89) และคัดเลือกข้อที่มีค่าความยากระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไปไว้ใช้ในการทดลอง ซึ่งข้อสอบที่คัดเลือกไว้มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.30 – 0.78 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.60

แบบแผนการทดลอง

E O ₁ X O ₂ - O ₃

เมื่อกำหนดให้

E แทน กลุ่มทดลอง

X แทน การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (A2L)

O₁ แทน การวัดก่อนการทดลอง

O₂ แทน การวัดหลังการทดลอง

O₃ แทน การวัดเพื่อติดตามผลหลังการทดลอง 4 สัปดาห์

- แทน ไม่ได้รับตัวแปรจัดกระทำ (treatment)

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ สาเหตุที่เลือกการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ เพราะว่าเป็นเนื้อหาที่มีความซับซ้อน เป็นการเรียนเรื่องการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นใน 2 มิติ ทำให้ผู้เรียนเกิดความสับสนในเนื้อหาสาระและความคิดรวบยอดของเรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ

3.2 ขั้นตอนการทดลอง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองไว้ 4 ขั้นตอน แต่ละขั้นมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นก่อนการทดลอง ชี้แจงให้นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทราบถึงการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To-Learn: A2L) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนได้ปฏิบัติตามได้อย่างถูกต้อง และนำแบบทดสอบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ จำนวน 20 ข้อ ดำเนินการทดสอบก่อนการทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง เวลา 50 นาที ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ควบคุมด้วยตนเอง นำมาตรวจให้คะแนนแล้วบันทึกผลไว้เป็นคะแนนก่อนการทดลอง

ขั้นที่ 2 ขั้นทดลอง ดำเนินการทดลองกับกลุ่มทดลอง โดยสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To-Learn: A2L) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ จำนวน 3 แผน แผนละ 2 คาบ คาบละ 50 นาที ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเคลื่อนแบบโพรเจกไทล์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเคลื่อนแบบวงกลม

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การเคลื่อนแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

ระยะเวลาที่ใช้ในการทำวิจัยในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 โดยใช้เวลาในการทดลอง 3 สัปดาห์

ขั้นที่ 3 ขั้นหลังการทดลอง ผู้วิจัยทำการทดสอบหลังการทดลองกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยแบบทดสอบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ จำนวน 20 ข้อ เวลา 50 นาที ซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกันกับแบบทดสอบก่อนเรียน สัปดาห์ละ 2 คาบ (1 แผนการจัดการเรียนรู้) คาบละ 50 นาที

ขั้นที่ 4 ติดตามผล ผู้วิจัยทำการติดตามผลหลังทำการทดลองโดยเว้นระยะหลังการทดลองเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ซึ่งเป็นช่วงระยะเวลาที่เหมาะสม ความคงทนของความรู้ของนักเรียนยังคงอยู่ เหมาะสำหรับการวัดความรู้ของกลุ่มตัวอย่าง ด้วยแบบทดสอบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ฉบับเดิมอีก 1 ครั้งเพื่อติดตามผล

4. การจัดการทำข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีลำดับขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. วิเคราะห์สถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าความเบ้ และค่าความโด่ง

2. ตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ ด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) วิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้วิธีการหาสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha)

3. เปรียบเทียบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To-Learn: A2L) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผล ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (ANOVA with Repeated Measured)

5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ได้แก่ การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (ANOVA with Repeated Measured) โดยใช้สูตรดังนี้ (ชูศรี วงศ์รัตน์. 2553: 253-257)

$$\text{สูตร} \quad F = \frac{MS_{\text{treat}}}{MS_{\text{res}}}$$

เมื่อ MS_{treat} แทน ค่าความแปรปรวนของสิ่งทดลอง (ตัวแปรอิสระ)

$$MS_{\text{treat}} = \frac{SS_{\text{treat}}}{df_{\text{treat}}}$$

MS_{res} แทน ค่าความแปรปรวนของส่วนที่เหลือ (ความคลาดเคลื่อน)

$$MS_{\text{res}} = \frac{SS_{\text{res}}}{df_{\text{res}}}$$

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้(Assessing-To- Learn: A2L) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้(5E) ที่มีต่อความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. สถิติพื้นฐานของคะแนนความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผล

2. ผลการเปรียบเทียบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผล

สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้ เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจในการแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ตรงกัน ผู้วิจัยจึงกำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
M	แทน	คะแนนเฉลี่ย
Sk	แทน	ความเบ้
Ku	แทน	ความโด่ง
SS	แทน	ผลบวกกำลังสองของค่าความแตกต่างระหว่างข้อมูลและค่าเฉลี่ยของกลุ่มข้อมูล (Sum of square)
MS	แทน	ค่าเฉลี่ยของผลบวกกำลังสอง (Mean Square)
t	แทน	ค่าสถิติทดสอบ t -test
F	แทน	ค่าสถิติทดสอบ F -test
df	แทน	ค่าชั้นความเป็นอิสระ (Degrees of Freedom)
p	แทน	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To-Learn: A2L) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่มีต่อความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. สถิติพื้นฐานของคะแนนความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผล

สถิติพื้นฐานของคะแนนความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผล พบว่าหลังเรียนนักเรียนมีความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์มากกว่าก่อนเรียน โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 15.07 และ 9.77 ตามลำดับ และหลังเรียนนักเรียนมีความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์น้อยกว่าระยะติดตามผล โดยมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 15.07 และ 15.53 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาลักษณะการแจกแจงของข้อมูลพบว่าข้อมูลส่วนใหญ่มีการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย ($Sk < 0$) แสดงว่านักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนสูงกว่าค่าเฉลี่ย และข้อมูลมีความโด่งต่ำกว่าโค้งปกติ ($Ku < 0$) แสดงว่าข้อมูลมีการกระจายมากกว่าโค้งปกติ

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผล ของความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์จำแนกตามเนื้อหา พบว่า การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.88, 5.88 และ 5.95 ตามลำดับ การเคลื่อนที่แบบวงกลม นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.21, 5.56 และ 5.72 ตามลำดับ และการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.70, 3.60 และ 3.88 ตามลำดับ ดังตาราง 11

ตาราง 11 สถิติพื้นฐานของคะแนนความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผล

เนื้อหา	การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	Min	Max	M	SD	Sk	Ku
การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์	ก่อนเรียน	43	7	2	6	3.88	1.14	.339	-.872
	หลังเรียน	43	7	3	7	5.88	0.99	-.710	.369
	ติดตามผล	43	7	3	7	5.95	0.95	-.778	.703
การเคลื่อนที่แบบวงกลม	ก่อนเรียน	43	7	1	7	4.21	1.36	-.219	.431
	หลังเรียน	43	7	3	7	5.56	1.03	-.369	-.437
	ติดตามผล	43	7	3	7	5.72	0.98	-.499	.042

ตาราง 11 (ต่อ)

เนื้อหา	การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	Min	Max	M	SD	Sk	Ku
การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	ก่อนเรียน	43	6	0	4	1.70	0.89	.435	-.159
	หลังเรียน	43	6	1	5	3.60	1.24	-.766	-.251
	ติดตามผล	43	6	1	6	3.88	1.01	-.495	.494
รวม	ก่อนเรียน	43	20	5	15	9.77	2.08	-.141	.129
	หลังเรียน	43	20	12	18	15.07	2.06	-.149	-1.43
	ติดตามผล	43	20	13	19	15.53	1.45	.361	-.006

หมายเหตุ standard error of skewness = .361 standard error of kurtosis = .709

2. ผลการเปรียบเทียบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผล

ผลการทดสอบข้อตกลงเบื้องต้นของ compound symmertry พบว่า ข้อมูลจากการวัดซ้ำทั้ง 3 ครั้ง มีขนาดความสัมพันธ์และขนาดความแปรปรวนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งไม่เป็นไปตามข้อตกลงเบื้องต้น ผู้วิจัยจึงพิจารณาค่าของ Greenhouse-Geisser แทนค่าของ Mauchly's W (Greenhouse-Geisser = .789, df = 2, p = .002) ดังตาราง 12

ตาราง 12 ผลการตรวจสอบข้อตกลงเบื้องต้น

Within Subjects Effect	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Sig.	Epsilon ^b		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Lower-bound
time	.732	12.769	2	.002	.789	.814	.500

หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่า คะแนนเฉลี่ยของความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์จากการวัดอย่างน้อย 2 ช่วงระยะเวลาแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($F = 189.362$, df = 1.578, $p = .000$) โดยพิจารณาจากค่าสถิติ Greenhouse-Geisser ดังตาราง 13

ตาราง 13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ

Source		SS	df	MS	F	Sig.
time	Sphericity Assumed	882.853	2	441.426	189.362*	.000
	Greenhouse-Geisser	882.853	1.578	559.556	189.362*	.000
	Huynh-Feldt	882.853	1.629	541.990	189.362*	.000
	Lower-bound	882.853	1.000	882.853	189.362*	.000
Error (time)	Sphericity Assumed	195.814	84	2.331		
	Greenhouse-Geisser	195.814	66.266	2.955		
	Huynh-Feldt	195.814	68.414	2.862		
	Lower-bound	195.814	42.000	4.662		

หมายเหตุ * $p < .05$

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ของคะแนนความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียน ก่อนเรียน หลังเรียน และติดตามผล พบว่า

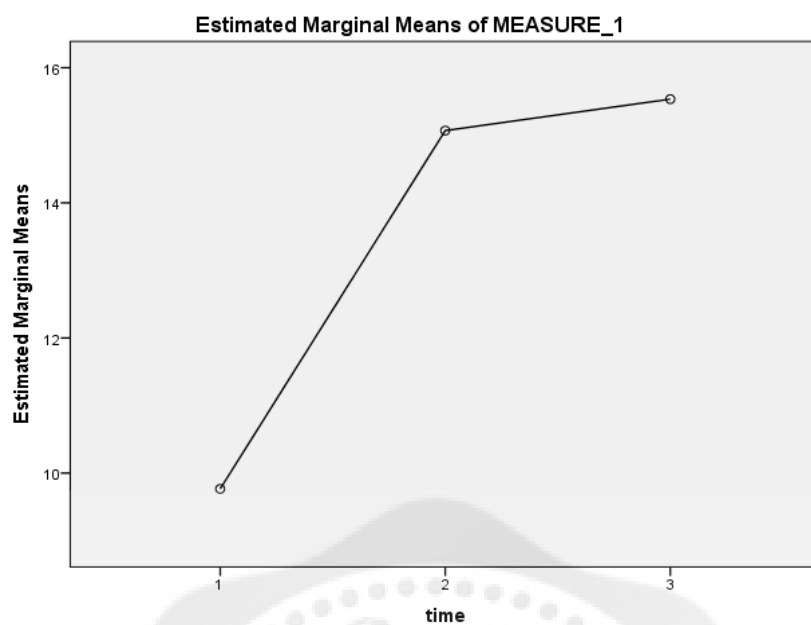
1. ค่าเฉลี่ยของคะแนนความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ก่อนเรียน แตกต่างจากหลังเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ค่าเฉลี่ยของคะแนนความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หลังเรียน และระยะติดตามผลแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตาราง 14

ตาราง 14 ผลการเปรียบเทียบคะแนนรายคู่ทางความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียน ก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผล

time	ก่อนเรียน (M=9.77)	หลังเรียน (M=15.07)	ติดตามผล (M=15.53)
ก่อนเรียน (M=9.77)	-	-	-
หลังเรียน (M=15.07)	5.302*	-	-
ติดตามผล (M=15.53)	5.767*	0.465	-

หมายเหตุ * $p < .05$



ภาพประกอบ 7 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของคะแนนเฉลี่ยความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ ก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผล ของกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้ศึกษาผลการใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To-Learn: A2L) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่มีต่อความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ โดยมีกระบวนการและผลการวิจัยโดยสรุปดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย คือ 1) เพื่อเปรียบเทียบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ก่อนเรียนและหลังเรียน 2) เพื่อเปรียบเทียบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หลังเรียนและระยะติดตามผล

สมมติฐานการวิจัย คือ 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ หลังเรียนและระยะติดตามผลไม่แตกต่างกัน

ตัวอย่างวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน 43 คน ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบสองขั้นตอน (two-stage random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนของการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ มีทั้งหมด 3 แผนการเรียนรู้ ตามเนื้อหาเรื่องการเคลื่อนแบบโพรเจกไทล์ การเคลื่อนแบบวงกลม และการเคลื่อนแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย โดยบูรณาการแผนการจัดการเรียนรู้ 5E ร่วมกับ A2L และ 2) แบบทดสอบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ เป็นข้อสอบปรนัย แบบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองโดยเลือกใช้แบบแผนการทดลองแบบ One - group Repeated measured design โดยทำการวัดหรือสังเกตผลภายหลังจากการทดลองในแต่ละครั้งแล้วนำผลไปเปรียบเทียบกัน เพื่อศึกษาพัฒนาการของกลุ่มทดลอง โดยผู้วิจัยดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้คือ ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้เวลา 1 คาบ (50 นาที) จากนั้นดำเนินการทดลองโดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้กับกลุ่มทดลองตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ จำนวน 3 แผนการเรียนรู้ ตามเนื้อหาสาระเรื่อง การเคลื่อนแบบโพรเจกไทล์ การเคลื่อนแบบวงกลม และการเคลื่อนแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย โดยใช้เวลาในการทดลองแผนการจัดการเรียนรู้ละ 2 คาบ คาบละ 50 นาที ทั้งหมด 6 คาบ เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองแล้วทำการทดสอบหลังเรียน (Post-test)

โดยใช้แบบทดสอบชุดเดียวกับการทดสอบก่อนเรียน จากนั้นทำการติดตามผลหลังทำการทดลอง โดยเว้นระยะหลังการทดลองเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ซึ่งเป็นช่วงระยะเวลาที่เหมาะสม เป็นระยะเวลาไม่สั้นเกินไปและไม่นานเกินไป สำหรับการวัดความรู้ของกลุ่มตัวอย่าง ด้วยแบบทดสอบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ฉบับเดิมอีก 1 ครั้งเพื่อติดตามผล โดยใช้เวลาในการทดสอบ 1 คาบ (50 นาที) แล้วนำผลคะแนนที่ได้วิเคราะห์ผลผ่านโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าความเบ้ ค่าความโด่ง ของคะแนนความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ และวิเคราะห์ผลเพื่อเปรียบเทียบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียน ก่อนเรียน หลังเรียน และระยะติดตามผล ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ (ANOVA with Repeated Measured)

สรุปผลการวิจัย

ผลการใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์หลังเรียน ($M=15.07$) สูงกว่าก่อนเรียน ($M=9.77$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์หลังเรียน ($M=15.07$) และระยะติดตามผล ($M=15.53$) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่านักเรียนมีความคงทนในการเรียนรู้

อภิปรายผล

จากการศึกษาผลการใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ ประกอบด้วย 3 เนื้อหา ได้แก่ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ การเคลื่อนที่แบบวงกลม และการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายซึ่งเป็นการเคลื่อนที่ใน 2 มิติ และมีความซับซ้อนของเนื้อหา ยากต่อการทำความเข้าใจ ผู้วิจัยจึงนำการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ ทำให้เกิดเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องและมีการวัดประเมินไปพร้อมกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของดิเฟรนส์และเจอร์ราซ (Dufresne & Gerace. 2004: 428-432) เพื่อให้ผู้เรียนเกิด

ความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ตามธรรมชาติและความสามารถของนักเรียน โดยแต่ละชั้นใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับเนื้อหาและความรู้ความสามารถของนักเรียนแต่ละคนในการทำ ความเข้าใจ ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้ และมีความใส่ใจที่จะศึกษา ค้นคว้า หรือ สืบค้นข้อมูลก่อนมาเรียนมากขึ้น ผ่านกระบวนการสำรวจ ตรวจสอบ จัดกลุ่ม วิเคราะห์ ให้เหตุผล คิดแก้ปัญหา และจัดกลุ่มความสัมพันธ์ของเนื้อหาอย่างเป็นขั้นตอน และนำความรู้ที่ได้ไปเชื่อมโยง บูรณาการกับรายวิชาอื่นผ่านสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน ซึ่งถือเป็นประโยชน์สำหรับครู และ นักเรียนเป็นอย่างมาก ผลการวิจัยพบว่าหลังจากนำการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการ เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มาใช้ในการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนมีความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาจำแนกตามเนื้อหาพบว่านักเรียนมีคะแนนก่อน เรียนและหลังเรียนในเนื้อหาเรื่องการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายต่ำกว่าเรื่องอื่น ทั้งนี้อาจ เนื่องมาจากเนื้อหาเรื่องนี้มีความซับซ้อนมากกว่าเรื่องอื่นๆ นักเรียนต้องมีความรู้ความเข้าใจในเรื่อง ของคลื่น และฟังก์ชันคลื่นในระดับหนึ่งจึงจะสามารถเข้าใจเรื่องการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย แต่เมื่อนำการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มาใช้ในการ จัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แสดงให้เห็นว่าการใช้การวัด ประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถช่วยส่งเสริมความคิด รวบยอดของนักเรียนได้ไม่ว่าเนื้อหานั้นจะง่ายหรือยากก็ตาม สอดคล้องกับงานวิจัยของปิยะมาศ อажหาญ (2554: 108-121) ที่ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการคิด วิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการและการจัดการ เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการและการจัดการ เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ระดับ .01 และเมื่อเปรียบเทียบนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการและการ จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูง กว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับจุไรรัตน์ สอนสีดา (2560: 21-37) ที่ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ชั้น ร่วมกับการกระบวนการแก้โจทย์ ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ชั้น ร่วมกับการกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิค ของโพลยา มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชา ฟิสิกส์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนหลังเรียนโดยใช้การวัดประเมินเพื่อการ เรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และระยะติดตามผลแตกต่างกันอย่างไม่มี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 แสดงว่านักเรียนมีความคงทนในการเรียนรู้ เนื่องจากการวัดประเมิน เพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นกระบวนการที่จัดขึ้นเพื่อมุ่งเน้นให้ นักเรียนเกิดความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ตามการแบ่งประเภทความคิดรวบยอดของ เดอ คอคโค

(ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. 2548: 121; อ้างอิงจาก De Cecco. 1974) ผ่านกระบวนการสำรวจ ตรวจสอบ จัดกลุ่ม วิเคราะห์ ให้เหตุผล คิดแก้ปัญหา และจัดกลุ่มความสัมพันธ์ของเนื้อหาอย่างเป็นขั้นตอน โดยแต่ละขั้นตอนมีความชัดเจน กระบวนการดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง ทำให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ๆ ตามขีดความสามารถ ความสนใจ โดยยึดหลักความแตกต่างระหว่างบุคคล และสามารถเรียนรู้ได้อย่างอิสระ รวมทั้งยังสามารถถามตอบข้อสงสัยและแสดงความคิดเห็นได้อย่างอิสระในห้องเรียนผ่านการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ หากนักเรียนไม่เข้าใจตรงไหนก็สามารถซักถามได้ทันที อีกทั้งยังเป็นการวัดประเมินผลภายในตัวเองผ่านการจัดการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนมีอิสระในการเรียน มีความสนุกในการเรียนมากขึ้น จึงทำให้นักเรียนเกิดความคงทนของความรู้หลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของประถมพร โคตา (2554: 94-104) ที่ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการเขียนผังมโนทัศน์ พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการเขียนผังมโนทัศน์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการเขียนผังมโนทัศน์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน และสอดคล้องกับศศิวิมล สนิทบุญ (2558: 106-112) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ ที่มีต่อมนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า 1) มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีพัฒนาการอยู่ในระดับกลาง เฉลี่ยร้อยละ 40.37 2) การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีพัฒนาการอยู่ในระดับกลาง เฉลี่ยร้อยละ 49.09

3. การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To-Learn: A2L) ตามแนวคิดของดิเฟรนส์ และเจอร์ราซ (Dufresne; & Gerace. 2004: 428-432) เป็นกระบวนการหนึ่งที่ทำกรวัดและประเมินผลพร้อมกัน และเป็นการบูรณาการการจัดการเรียนรู้ควบคู่กับการวัดประเมิน โดยดำเนินการตามขั้นตอนของ A2L ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นที่ 1 สำรวจแนวคิดพื้นฐาน (Exploring Naive Concepts) ขั้นที่ 2 เสริมสร้างและจัดกลุ่ม (Honing and Clustering) ขั้นที่ 3 วิเคราะห์และให้เหตุผลโดยใช้แนวคิด (Analyze and Reason Using Concepts) ขั้นที่ 4 การแก้ปัญหาโดยใช้ความคิดรวบยอดเป็นฐาน (Concept-Based Problem Solving) และขั้นที่ 5 จัดระบบและหาความสัมพันธ์ของกลุ่มแนวคิด (Organize and Interrelate Groups of Concepts) จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา

ความรู้ ขั้นที่ 1 สำรวจแนวคิดพื้นฐาน (Exploring Naive Concepts) ขั้นเป็นขั้นที่ง่ายที่สุดเพราะใช้คำถามแล้วให้นักเรียนตอบได้ว่าใช่หรือไม่ใช่เท่านั้น ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีประสบการณ์และความรู้ความเข้าใจพื้นฐานทางฟิสิกส์อยู่แล้ว ดังนั้นก่อนการจัดการเรียนรู้ครูผู้สอนควรปรับพื้นฐานความรู้เดิมของนักเรียนตามรูปแบบแนวคิดและหลักการทางฟิสิกส์ให้เป็นไปในทิศทางเดียวกันก่อน แต่ขั้นที่ยากที่สุดและใช้เวลานานที่สุด คือ ขั้นที่ 2 เสริมสร้างและจัดกลุ่ม (Honing and Clustering) เมื่อนักเรียนเรียนรู้แนวคิดทางฟิสิกส์แล้วให้นักเรียนทำกิจกรรมอยู่ในขอบเขตของเนื้อหาที่เรียน เพื่อแยกแนวคิดของตนเองออกจากแนวคิดอื่น แล้วนักเรียนจะต้องสรุปความเข้าใจของแนวคิด และบูรณาการกับความรู้ในด้านอื่น ๆ เพื่อให้นักเรียนสามารถนำแนวคิดที่ได้ไปใช้ ซึ่งเป็นสิ่งที่ยากเพราะนักเรียนแต่ละคนมีแนวคิดของตัวเอง การที่จะสรุปแนวคิดของแต่ละคนให้อยู่ในขอบเขตเดียวกันและสัมพันธ์กันนั้นค่อนข้างยากและใช้เวลานานมาก นอกจากนี้ ขั้นที่ 2 นี้ถือเป็นขั้นเริ่มต้นจริงๆ ของ A2L ที่จะให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองและวัดประเมินความรู้ของนักเรียนที่มีอยู่ไปพร้อมกันกับการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนใช้ความเข้าใจที่มีวิเคราะห์และให้เหตุผลเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ความซับซ้อนมากขึ้น โดยการวิเคราะห์ และจัดแบ่งสถานการณ์ให้เหมาะสมกับความรู้พื้นฐานของนักเรียน ในเหตุผลที่เกี่ยวข้องกันบางส่วนใช้เพื่อสรุปหรือตัดสินใจวิเคราะห์และให้เหตุผลข้อคำถามการประเมินผลที่ต้องการโดยให้นักเรียนจัดการกับสถานการณ์ที่ซับซ้อนและคำถามสามารถแก้ไขเพิ่มเติมได้ในเชิงคุณภาพ ส่วนขั้นที่ 3-5 ถ้านักเรียนสามารถสรุปแนวคิดได้แล้วก็สามารถดำเนินการตามแนวคิดของนักเรียนได้เลยจึงไม่ยากเท่าขั้นที่ 2

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ครูควรอธิบาย และชี้แจงรายละเอียดกับนักเรียนให้เข้าใจตรงกัน สร้างความตระหนักให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนมีความมุ่งมั่นและตั้งใจที่จะพัฒนาตนเอง มีความเชื่อมั่นในตนเอง และกล้าแสดงออก ชักถามเมื่อพบข้อบกพร่องของตนเอง เพื่อประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ครูผู้สอนจะต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นอย่างดี และเตรียมพร้อมโดยการศึกษานโยบาย จัดเตรียมเอกสารแบบฝึกหัดให้กับผู้เรียนเพื่อให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ในขณะเดียวกันครูผู้สอนก็ต้องเป็นผู้ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน ส่งเสริม และสร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการเรียนโดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการ

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พร้อมทั้งประเมินตนเอง เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้ กระตือรือร้น และนำข้อมูลที่ได้รับจากการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มาใช้ในการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของตนเองให้เต็มตามศักยภาพที่มี

1.3 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ครูผู้สอนควรมีการยืดหยุ่นและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกแสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน แก้ปัญหด้วยตนเองอย่างอิสระ โดยครูเป็นเพียงผู้ให้คำปรึกษาและชี้แนะเท่านั้น

1.4 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ ขั้นที่ 2 เสริมสร้างและจัดกลุ่ม (Honing and Clustering) เป็นขั้นที่จัดยากและใช้เวลานานที่สุด เนื่องจากนักเรียนแต่ละคนมีแนวคิดเป็นของตัวเอง การจะทำให้แนวคิดของนักเรียนทุกคนเป็นไปในทิศทางเดียวกันนั้น จำเป็นต้องใช้เวลานาน ซึ่งขั้นนี้เป็นขั้นสำคัญที่จะนำแนวคิดที่ได้ไปใช้ในขั้นต่อไป ดังนั้น ครูผู้สอนควรคอยชี้แนะและพยายามให้นักเรียนแต่ละคนช่วยกันสรุปแนวคิดออกมาให้ได้ใกล้เคียงกันมากที่สุด ขั้นนี้ครูผู้สอนต้องให้เวลานักเรียน คอยจับประเด็นแนวคิดของนักเรียนแต่ละคน และช่วยจำกัดกรอบของแนวคิดให้แคบลงเพื่อให้ได้แนวคิดที่ตรงกันและนำไปใช้ในการดำเนินการในขั้นต่อไป

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 การวิจัยครั้งนี้ศึกษาชี้ให้เห็นผลของการใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียนในภาพรวมเป็นกลุ่ม ในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษากับนักเรียนเป็นรายบุคคล โดยเฉพาะนักเรียนที่มีผลการเรียนรู้ค่อนข้างต่ำและเข้าใจเนื้อหาได้ค่อนข้างช้า เพราะการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้มีลักษณะเด่นคือ จะใช้ข้อคำถามวัดประเมินไปพร้อมๆ กับกระบวนการจัดการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง มีขั้นตอนของการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ที่ชัดเจน ซึ่งเหมาะสำหรับการวัดประเมินนักเรียนเป็นรายบุคคล โดยที่กระบวนการวัดประเมินตามขั้นต่างๆ จะช่วยกระตุ้นนักเรียนให้เกิดความกระตือรือร้น มีความพร้อมที่จะเรียนรู้ตลอดเวลา หากนักเรียนมีปัญหาในส่วนใด ครูสามารถทราบและแก้ไขได้ทันทีผ่านกระบวนการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้

2.2 การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของการใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียน ซึ่งเป็นการวัดผลการเรียนรู้เฉพาะด้านพุทธิพิสัยเท่านั้น ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการศึกษาผลของการใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อผลการเรียนรู้ในเนื้อหาที่มีความเข้าใจยาก มีความซับซ้อน เช่น แรง กฎการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่แบบหมุน ฟิสิกส์อะตอม โดยศึกษาที่ละขั้นของการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ เพื่อดูว่าขั้นไหนส่งผลต่อความคิดรวบยอดของนักเรียนมากที่สุด



บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กฤษณ์ เพ็ชรทวีพรเดช. (2550). สุตยอติวิธีสอนวิทยาศาสตร์ นำไปสู่การจัดการเรียนของครูยุคใหม่. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: อักษรเจริญทัศน์.
- จุไรรัตน์ สอนสีดา. (2560). ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิคของโพลยาที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์). ชลบุรี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา. ถ่ายเอกสาร.
- จักรินทร์ วรรณโพธิ์กลาง. (2547). คู่มือ รวมสุดยอดเทคนิคฟิสิกส์ Entrance. กรุงเทพฯ: พ.ศ. พัฒนา. จิตรารมภ์ ทองนิม. (2530). มโนทัศน์ทางฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (มัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- ชนาธิป พรกุล. (2554). การสอนกระบวนการคิด: ทฤษฎีและการนำไปใช้. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชวาล แพร์ตกุล. (2552). เทคนิคการวัดผล. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ชารีนา พลสา. (2553). การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยการใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชุมพล ผิวงาม. (2553). การประยุกต์ใช้แบบแผนการทดลองแบบหนึ่งกลุ่มมีการวัดซ้ำ เพื่อตรวจสอบความคงทนของการเรียนรู้ในเนื้อหา การออกแบบการวัดตัวแปรและการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น สำหรับการวิจัยของครู โดยใช้สื่อคอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนรู้ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตของนิสิตหลักสูตรปริญญาการศึกษาบัณฑิต: กรณีศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชูศรี วงศ์รัตน์. (2553). เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 12. กรุงเทพฯ: ฐานบัณฑิต.
- ดาวเรือง ลุมทอง. (2553). ผลของรูปแบบข้อมูลย้อนกลับที่มีต่อพัฒนาการของผลงานด้านทัศนศิลป์: การประยุกต์ใช้ข้อมูลย้อนกลับทั่วไปและข้อมูลชี้แนะเพื่อการปรับปรุง. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดและประเมินผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- ไทรรงค์ เจนการ. (2549). การประเมินเพื่อการเรียนรู้. กรุงเทพฯ: กลุ่มส่งเสริมการเรียนการสอน และประเมินผล สำนักวิชาการ และมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน.

- ทศนา แหมมณี. (2554). รูปแบบการเรียนการสอนทางเลือกที่หลากหลาย. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- หัตถ์มณี ชูขวัญ. (2548). การเปรียบเทียบคุณภาพของการประเมินความคิดรวบยอดวิชาคณิตศาสตร์ โดยใช้แผนผังมโนทัศน์ที่มีการตรวจให้คะแนนด้วยวิธีที่แตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การวัดและประเมินผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- นาคยา ปิณฑานนท์. (2542). การเรียนรู้ความคิดรวบยอด. กรุงเทพฯ: แม็ค.
- บุญเลี้ยง ทุมทอง. (2556). ทฤษฎีและการพัฒนาารูปแบบการจัดการเรียนรู้ (*Theories and Development of Instructional Model*). กรุงเทพฯ: เอส.พรินต์ไทย แพลตฟอร์.
- ประมพร โคตา. (2554). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการเขียนผังมโนทัศน์. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ประสาธ เนืองเฉลิม. (2558). การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. (2548). จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพฯ: ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.
- ผ่องพรรณ ตรัยมงคลกุล; และ สุภาพ จัตุราภรณ์. (2555). การออกแบบการวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- พิจิตรา ศรีพัฒน์ศ. (2558). การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักร 7 ขั้น ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคจิ๊กซอว์ 2 วิชาชีววิทยา เรื่องการตอบสนองของพืช เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์). ชลบุรี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา. ถ่ายเอกสาร.
- พฤทธิ มาเนตร. (2553). การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบจัดกรอบ มโนทัศน์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดเชิง มโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. สารนิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ฟาสีอะห์ อาแว. (2555). การพัฒนารูปแบบการให้ข้อมูลย้อนกลับโดยเพื่อนเพื่อเสริมสร้างทักษะ การเขียนภาษาไทยของผู้เรียนที่ใช้ภาษาไทยเป็นภาษาที่สอง. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดและประเมินผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- ภพ เล่าไพบูลย์. (2542). แนวการสอนวิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง). พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

- มาลีณี จุฑะธพ. (2539). จิตวิทยาการเรียนการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: อักษรา พัฒนา.
- มาลี จุฑา. (2542). จิตวิทยาการเรียนการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: อักษรา พัฒนา.
- มาลีณี จุฑะธพ. (2554). จิตวิทยาการศึกษา. บุรีรัมย์: เรวัตการพิมพ์.
- รักษพล รัตนวงศ์. (2558. พฤษภาคม-มิถุนายน). *สอนเพื่อทำข้อสอบ หรือ สอนก่อนแล้วค่อยทำข้อสอบ*. นิตยสาร สสวท. 194: 40-44
- ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. (2538). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- (2540). *สถิติวิทยาทางการวิจัย*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- (2541). *เทคนิคการสร้างและสอบข้อสอบความถนัดทางการเรียน*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- (2543). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- วิจารณ์ พานิช. (2556). *การเรียนรู้เกิดขึ้นอย่างไร*. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสยามกัมมาจล.
- วิยะดา ระวังสุข. (2545). *การประเมินความคิดรวบยอดวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (การวัดและประเมินผลการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- วีณา ประชากุล. (2553). *รูปแบบการเรียนการสอน*. มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ศศิวิมล สนิทบุญ. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ ที่มีต่อมโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์). ชลบุรี: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยบูรพา. ถ่ายเอกสาร.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2555). *ทฤษฎีการทดสอบแนวใหม่*. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2545). *ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช สารานุกรม.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2554). *แนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2550). *รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนากระบวนการคิดระดับสูงวิชาชีววิทยาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. สืบค้นเมื่อจาก <http://www.ipst.ac.th/biology/Bio-Articles/mag-content10.html>
- (2553). *คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์เล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6*. กรุงเทพฯ: องค์การคำของ สกสค.
- (2555). *การวัดและประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.

- สุรางค์ โค้วตระกูล. (2556). *จิตวิทยาการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 11. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุระ วุฒิพรหม. (2547). *ทางเลือกใหม่ของการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ฟิสิกส์เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง*. วารสารการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี. 130: 20-23.
- สิรพัฒน์ ประโทนเทพ. (2555. พฤษภาคม-มิถุนายน). *ทำอะไรถึงจะเก่งฟิสิกส์*. นิตยสาร สสวท. 177: 36-39.
- สมนึก บุญพาไสว. (2534). *การแก้ปัญหามโนมิตในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์*. วารสาร สสวท. 73: 19-21.
- สมนึก ภัททิยธนี. (2555). *การวัดผลการศึกษา*. พิมพ์ครั้งที่ 8. กทม.: ประสานการพิมพ์.
- สมพร สุขะ. (2545). *การพัฒนารูปแบบของเว็บเพจเพื่อการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต*. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ด. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เสกสรร สายสีเสด. (2545). *การพัฒนาแบบระบบการเรียนการสอนโดยใช้อินเทอร์เน็ตสำหรับสถาบันราชภัฏ*. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ด. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อกนิษฐ์ บุญสะอาด. (2557). *การพัฒนาแบบประเมินความคิดรวบยอด วิชาฟิสิกส์โดยใช้แผนผังมโนทัศน์: การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสรุปอ้างอิงความน่าเชื่อถือของผลการวัด*. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและพัฒนาศักราชภาพมนุษย์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- Asan, A. (2007). Concept Mapping in Science Class: A Case Study of fifth grade students. *Educational Technology; & Society*. 10(1): 186-195.
- Beatty, I. D.; et al. (2008). *Technology-Enhanced Formative Assessment: An Innovative Approach To Student-Centered Science Teaching*. Proceedings of the Association for Science Teacher Education (ASTE) International Conference, St. Louis, MO. Online.
- Black, P.; & William, D. (1998a). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education*, 5 (1): 7-74.
- (1998b). Inside the black box: Raising standards through classroom assessment. *Phi Delta Kappan*. 80 (2): 139-148.
- Boston, Carol (2002). *The concept of formative assessment*. Retrieved September 26, 2014, from <http://PAREonline.net/getvn.asp?v=8&n=9>.
- David J. Nicol; & Debra Macfarlane-Dick. (2006). *Formative assessment and selfregulated learning: a model and seven principles of good feedback practice*. Retrieved October 4, 2014, from <http://www.tandfonline.com/loi/cshe20>.

- Douglas G. Wren. (2008). *Using Formative Assessment to Increase Learning*. Retrieved October 4, 2014, from www.vbschools.com/.../ResearchBriefFormAssmtFinal.pdf.
- Dufresne R. J., Gerace W. J. (2004). *Assessing-To-Learn: Formative Assessment in Physics instruction*. Retrieved October 4, 2014, from <http://www.srri.umass.edu/sites/srri/files/dufresne-2004alf.pdf>.
- Dufresne, R. J.; et al. (2000). *ASK-IT/A2L: Assessing Student Knowledge with Instructional Technology*. Retrieved October 4, 2014, from <http://umperg.physics.umass.edu/library/UMPERG-2000-09>.
- Dufresne, R. J.; et al. (2002). *Assessing-To-Learn (A2L): Reflective Formative Assessment Using a Classroom Communication System*. Pathways to Change: An International Conference on Transforming Math and Science Education in the K16 Continuum, April 18-21, 2002. Crystal City, Arlington VA.
- Frechtling, J.; et al. (1997). *User-Friendly Handbook for Mixed Method Evaluations*. Retrieved October 4, 2014, from <http://www.nsf.gov/pubs/1997/nsf97153/start.htm>.
- Greene, J.C.; et al. (1989). *Toward a Conceptual Framework for Mixed-Method Evaluation Designs*. Retrieved October 4, 2014, from <http://www.jstor.org/pss/1163620>.
- Gerace, W. J.; et al. (2000). *Assessing-to-Learn Formative Assessment Materials for High School Physics*. Retrieved October 4, 2014, from http://libres.uncg.edu/ir/uncg/f/W_Gerace_Assessing_2011.pdf.
- Ives, C. (2014). *Daydreaming or Deep in Thought? Using Formative Assessment to Evaluate Student Participation*. Retrieved April 3, 2014, from <http://www.facultyfocus.com/articles/effective-teaching-strategies/daydreaming-deep-thought-using-formative-assessment-evaluate-stude>.
- Margaret Heritage; et al. (2009). From Evidence to Action: A Seamless Process in Formative Assessment. *Educational Measurement*. 28(3): 24–31.
- Sebnem Kandil Incec. (2008). Use of concept cartoons as an assessment tool in physics education. *US-China Education*. 5(11): 47-54.
- Yin, Y.; & Shavelson, R. J. (2008). Application of Generalizability Theory to Concept Map Assessment Research. *Applied Measurement in Education*. 21(3): 273-291.



ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญ



รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

- | | |
|--|---|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์. ดร. อรอุมา เจริญสุข | ภาควิชาวัดผลและวิจัยการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์. ดร. ทวีภา ตั้งประภา | ภาควิชาวัดผลและวิจัยการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 3. อาจารย์ ดร. วิชุดา บุญยรัตกลิน | ภาควิชาฟิสิกส์
คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 4. อาจารย์วรรณนัส เอกศรีรุ่งโรจน์ | ครูชำนาญการพิเศษ วิชาฟิสิกส์
โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ
จังหวัดกรุงเทพมหานคร |
| 5. อาจารย์สัγκα สักกะวงศ์ | ครูชำนาญการพิเศษ วิชาฟิสิกส์
โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ
จังหวัดกรุงเทพมหานคร |

ภาคผนวก ข

คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- คุณภาพแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
- คุณภาพของแบบทดสอบวัดความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์
- ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
- ค่าความยากง่าย (p)
- ค่าอำนาจจำแนก (r)
- ค่าความเชื่อมั่น (α)
- คะแนนการทดสอบก่อนเรียน หลังเรียน และติดตามผล

เกณฑ์สำหรับแปลความหมายระดับคุณภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง เหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง เหมาะสมอยู่ในระดับมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง เหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง เหมาะสมอยู่ในระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง เหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ตาราง 15 คุณภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับ
การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ที่มีต่อความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			ค่าเฉลี่ย	ระดับ คุณภาพ
	1	2	3		
1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด					
1.1 สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551	5	5	5	5.00	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้					
2.1 ครอบคลุมพฤติกรรมด้านความรู้ ทักษะ กระบวนการและคุณลักษณะอันพึงประสงค์	5	5	5	5.00	มากที่สุด
2.2 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด	5	5	5	5.00	มากที่สุด
3. ความคิดรวบยอด					
3.1 สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551	5	5	5	5.00	มากที่สุด
3.2 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด	5	4	5	4.70	มากที่สุด
4. เนื้อหา					
4.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5.00	มากที่สุด
4.2 เนื้อหาถูกต้อง	5	4	5	4.70	มากที่สุด

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่			ค่าเฉลี่ย	ระดับ คุณภาพ
	1	2	3		
5. กิจกรรมการเรียนรู้					
5.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5.00	มากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับความคิดรวบยอดในแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	5	4	5	4.70	มากที่สุด
5.3 ขั้นตอนการสอนเป็นไปตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E)ร่วมด้วยรูปแบบการวัดประเมินผลเพื่อการเรียนรู้ (A2L)	4	5	4	4.30	มาก
5.4 ความชัดเจนของกิจกรรมการเรียนรู้ที่กำหนดไว้เป็นไปตามขั้นตอนของรูปแบบการวัดประเมินผลเพื่อการเรียนรู้ (A2L)	4	5	4	4.30	มาก
5.5 ความเป็นไปได้ในการดำเนินการตามกิจกรรมการเรียนรู้ที่กำหนดไว้	5	4	5	4.70	มากที่สุด
6. สื่อที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้					
6.1 สอดคล้องกับเนื้อหาที่สอน	5	5	5	5.00	มากที่สุด
6.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	4	4.30	มาก
6.3 มีความเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5.00	มากที่สุด
7. การวัดและประเมินผล					
7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	3	4.30	มาก
7.2 สามารถวัดและประเมินผลสิ่งที่ระบุไว้ได้	5	4	5	4.70	มากที่สุด
7.3 สอดคล้องกับหลักการวัดและประเมินผลเพื่อการพัฒนา	5	4	5	4.70	มากที่สุด
8. เวลา					
8.1 มีความเหมาะสมกับเนื้อหา	5	5	5	5.00	มากที่สุด
8.2 มีความเหมาะสมกับขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5.00	มากที่สุด

ตาราง 16 การคำนวณหาค่าความสอดคล้องของข้อคำถามกับเนื้อหา (IOC) ของแบบทดสอบ
ความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ

ข้อที่	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญคนที่					IOC
	1	2	3	4	5	
1	+1	+1	+1	0	+1	0.80
2	+1	+1	+1	0	+1	0.80
3	+1	+1	+1	0	0	0.60
4	+1	+1	0	+1	+1	0.80
5	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
6	+1	+1	+1	0	+1	0.80
7	+1	+1	+1	0	+1	0.80
8	+1	+1	+1	+1	0	0.80
9	+1	+1	+1	+1	0	0.80
10	+1	+1	+1	0	+1	0.80
11	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
12	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
13	+1	+1	+1	0	+1	0.80
14	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
15	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
16	+1	+1	+1	0	+1	0.80
17	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
18	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
19	+1	+1	+1	+1	+1	1.00
20	+1	0	+1	0	+1	0.80

ผู้วิจัยคัดเลือกแบบทดสอบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบต่างๆ
ข้อที่มีค่าดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) โดยพิจารณาจากค่า $IOC \geq 0.5$ จึงคัดเลือกข้อที่มีค่า
IOC ตั้งแต่ 0.6 - 1.00 จำนวน 20 ข้อ

ตาราง 17 ระดับค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (Coefficient- α) ของแบบทดสอบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์

ข้อที่	p	แปรผล	r	แปรผล	ผลการพิจารณา
1	0.30	ใช้ได้	0.28	ใช้ได้	คัดเลือก
2	0.48	ใช้ได้	0.32	ใช้ได้	คัดเลือก
3	0.54	ใช้ได้	0.60	ใช้ได้	คัดเลือก
4	0.70	ใช้ได้	0.44	ใช้ได้	คัดเลือก
5	0.78	ใช้ได้	0.28	ใช้ได้	คัดเลือก
6	0.38	ใช้ได้	0.36	ใช้ได้	คัดเลือก
7	0.70	ใช้ได้	0.20	ใช้ได้	คัดเลือก
8	0.66	ใช้ได้	0.44	ใช้ได้	คัดเลือก
9	0.58	ใช้ได้	0.28	ใช้ได้	คัดเลือก
10	0.64	ตัดทิ้ง	0.48	ตัดทิ้ง	ตัดทิ้ง
11	0.46	ใช้ได้	0.20	ใช้ได้	คัดเลือก
12	0.54	ใช้ได้	0.28	ใช้ได้	คัดเลือก
13	0.66	ใช้ได้	0.28	ใช้ได้	คัดเลือก
14	0.44	ใช้ได้	0.24	ใช้ได้	คัดเลือก
15	0.34	ใช้ได้	0.44	ใช้ได้	คัดเลือก
16	0.50	ใช้ได้	0.28	ใช้ได้	คัดเลือก
17	0.36	ใช้ได้	0.24	ใช้ได้	คัดเลือก
18	0.44	ใช้ได้	0.32	ใช้ได้	คัดเลือก
19	0.32	ใช้ได้	0.40	ใช้ได้	คัดเลือก
20	0.38	ใช้ได้	0.28	ใช้ได้	คัดเลือก

แบบทดสอบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ มีจำนวนข้อสอบที่ผ่านการคัดเลือกจำนวน 20 ข้อ มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.30 – 0.78 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.60 ค่าความเชื่อมั่น (Coefficient- α) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 0.74 เนื่องจากผู้วิจัยออกข้อสอบ เท่าจำนวนที่ต้องการใช้ อาจมีบางข้อไม่ผ่านการคัดเลือก ผู้วิจัยจึงทำการปรับแก้ให้ครอบคลุมนิยาม ศัพท์เฉพาะที่ตั้งไว้

ตาราง 18 คะแนนจากการใช้แบบทดสอบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ ก่อนเรียน หลังเรียน
และติดตามผล

เลขที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ติดตามผล	เลขที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ติดตามผล
1	12	18	16	23	8	16	15
2	11	16	17	24	10	12	14
3	10	12	15	25	10	13	15
4	10	17	14	26	7	17	15
5	11	16	15	27	6	18	16
6	12	18	17	28	9	17	16
7	10	14	15	29	11	17	18
8	10	14	16	30	7	13	15
9	12	15	17	31	7	14	13
10	11	13	14	32	13	17	19
11	11	12	15	33	9	17	15
12	9	14	13	34	11	17	16
13	7	15	14	35	10	13	14
14	8	16	16	36	11	17	15
15	5	15	17	37	9	12	14
16	8	13	15	38	13	16	15
17	6	16	14	39	15	18	19
18	10	16	17	40	11	13	16
19	9	12	15	41	9	17	15
20	11	16	17	42	12	13	17
21	10	13	14	43	8	12	15
22	11	18	18				



ภาคผนวก ค

- ตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ เรื่อง เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
 วิชา ฟิสิกส์ 1 รหัส ว 31203 เวลา 2 ชั่วโมง
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ครูผู้สอน นางสาวกมลวดี เจริญกุล

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่างๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

1. ความสามารถในการสื่อสาร
 - 1.1 สามารถเลือกใช้วิธีการสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ
2. ความสามารถในการคิด
 - 2.1 สามารถคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ คิดอย่างเป็นระบบ
3. ความสามารถในการแก้ปัญหา
 - 3.1 สามารถประยุกต์ความรู้เพื่อการแก้ปัญหา
4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต
 - 4.1 สามารถเรียนรู้ด้วยตนเอง
 - 4.2 สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์
5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี
 - 5.1 มีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี และการเลือกใช้เทคโนโลยี

ผลการเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถสังเกตการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ได้
2. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายและลักษณะของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ได้
3. นักเรียนสามารถอธิบายปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ได้
4. นักเรียนสามารถทำการทดลองเพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ในแนวโค้งได้
5. นักเรียนสามารถบันทึกข้อมูลและสรุปผลจากการทดลองได้
6. นักเรียนสามารถคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ทั้งในแนวตั้งและในแนวนอน เมื่อกำหนดสถานการณ์ให้ได้
7. นักเรียนสามารถยกตัวอย่างการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ในชีวิตประจำวันได้

8. นักเรียนมีความรับผิดชอบในชั้นเรียนและเข้าชั้นเรียนตรงตามเวลา
9. นักเรียนมีความกระตือรือร้นและความสนใจใฝ่รู้ในการร่วมกิจกรรมในชั้นเรียน
10. นักเรียนถาม - ตอบคำถามในชั้นเรียน
11. นักเรียนมีความซื่อสัตย์ ยอมรับในสิ่งที่กระทำ

ความคิดรวบยอด (concept)

การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวเส้นโค้งพาราโบลา หรือเป็นการเคลื่อนที่วิถีโค้ง ถ้าไม่คิดแรงต้านของอากาศ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ประกอบด้วยการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งและแนวระดับที่เป็นอิสระต่อกัน การเคลื่อนที่ในแนวดิ่งเป็นการเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลกเพียงแรงเดียว (การตกแบบเสรี) มีค่าความเร่งคงตัว ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวระดับไม่มีแรงกระทำ มีความเร็วคงตัว เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่เท่ากันทั้งสองแนวแกน การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

สื่อการเรียนการสอน

- 3.1 หนังสือเรียนฟิสิกส์ 1
- 3.2 ใบความรู้ เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
- 3.3 ใบงาน เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
- 3.4 อุปกรณ์การทดลอง เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
- 3.5 สื่อ Power Point เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

จัดโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน : กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมด้วยรูปแบบการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To-Learn: A2L) โดยก่อนเริ่มกิจกรรมการเรียนการสอนให้นักเรียนแบ่งกลุ่มตามความสมัครใจ กลุ่มละ 3-4 คน

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ

ครูให้นักเรียนเข้าสู่บทเรียนโดยการโยนของแล้วให้นักเรียนสังเกตการเคลื่อนที่ของสิ่งของเหล่านั้น เพื่อนำเข้าสู่เรื่องของ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา

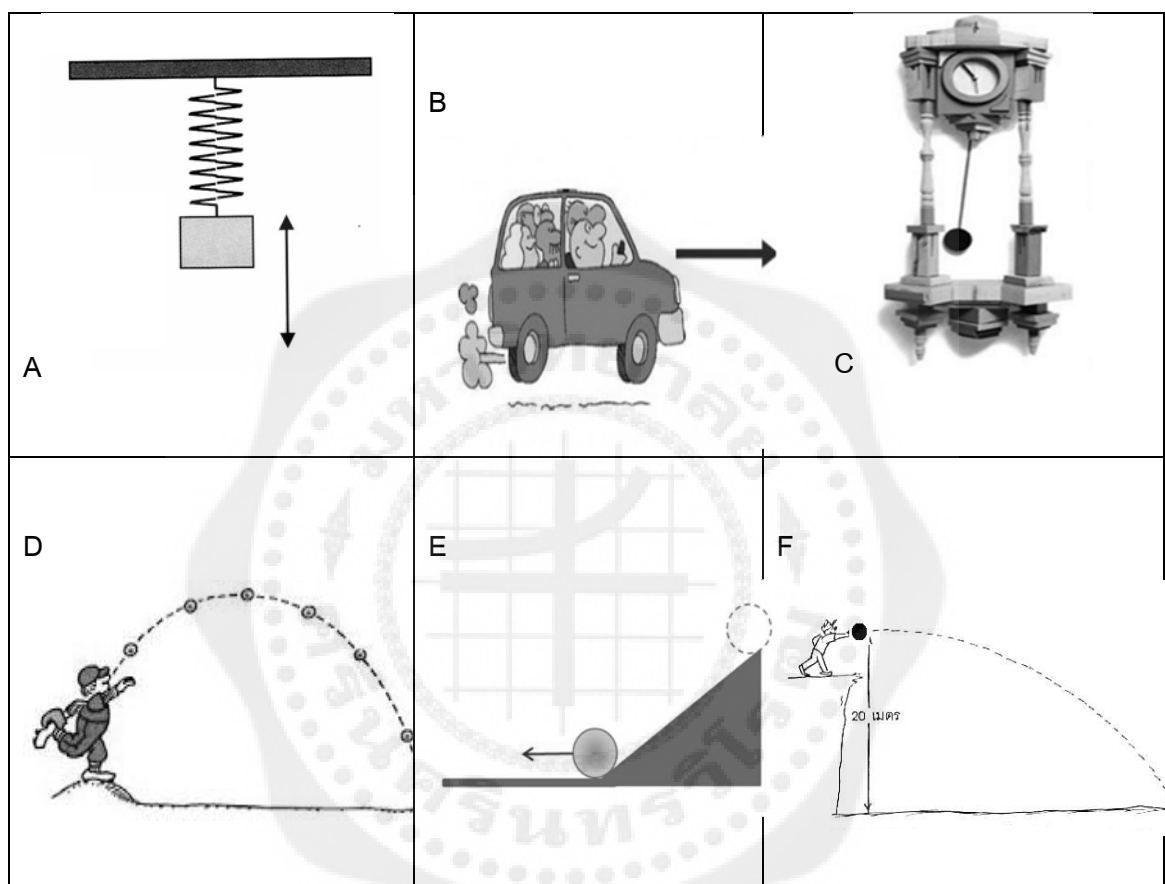
- 1.ครูให้นักเรียนศึกษาใบความรู้เรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
- 2.ให้นักเรียนช่วยกันอภิปรายและสรุปเพื่อให้ได้แนวความคิดเกี่ยวกับเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ โดยใช้ขั้นตอนที่1 ของการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To- Learn: A2L)

2.1 สำรวจแนวคิดพื้นฐาน (Exploring Naive Concepts)

ให้นักเรียนเลือกตอบว่าใช่ หรือ ไม่ใช่ แต่จะไม่ตัดสินว่าผิดหรือถูก

ตัวอย่างข้อคำถาม

จากรูปต่อไปนี้ให้นักเรียนสังเกตแนวการเคลื่อนที่ว่าการเคลื่อนที่ใดเป็นการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์



รูป A วัตถุผูกติดกับสปริง เป็นการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ ใช่หรือไม่ (ไม่ใช่)

รูป B รถวิ่งบนถนนราบ เป็นการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ ใช่หรือไม่ (ไม่ใช่)

รูป C การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา เป็นการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ ใช่หรือไม่ (ไม่ใช่)

รูป D การเคลื่อนที่ของลูกเบสบอล เป็นการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ ใช่หรือไม่ (ใช่)

รูป E ลูกกลมเหล็กกลิ้งบนพื้นเอียง เป็นการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ ใช่หรือไม่ (ไม่ใช่)

รูป F โยนวัตถุจากหน้าผาสูง 20 เมตร เป็นการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ ใช่หรือไม่ (ใช่)

ขั้นที่ 3 ขั้นตอนิบายและลงข้อสรุป

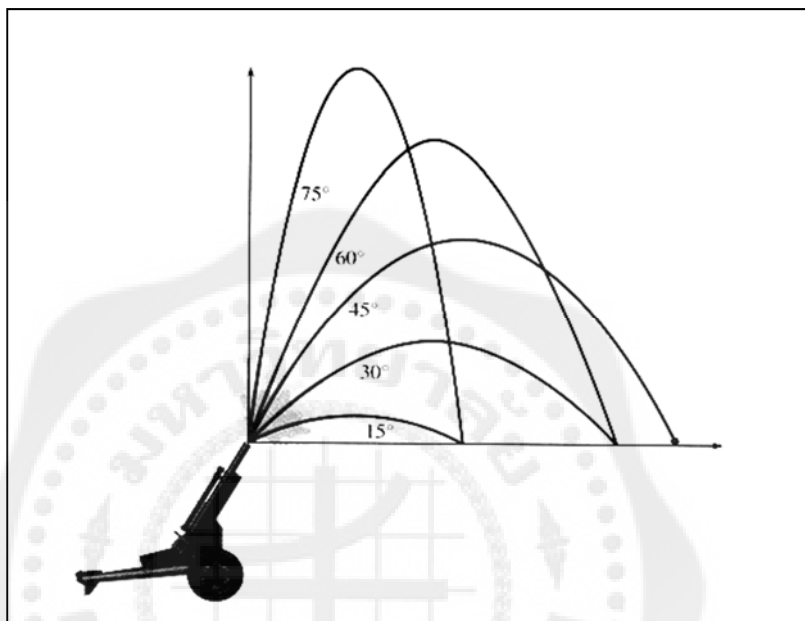
1.ครูอธิบายความรู้เกี่ยวกับเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์

2.ให้นักเรียนช่วยกันแก้ปัญหาเกี่ยวกับเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ โดยใช้ขั้นตอนที่ 2 ของการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To- Learn: A2L)

2.1 เสริมสร้างและจัดกลุ่ม (Honing and Clustering)

ให้นักเรียนสรุปความเข้าใจตามของแนวคิดของตนเอง

ตัวอย่างข้อคำถาม



จากรูปให้นักเรียนเปรียบเทียบการยิงลูกปืนมุมที่ 15° , 30° , 45° , 60° และ 75° มุมใดที่ยิงลูกปืนแล้วได้ระยะทางไกลที่สุด มุมใดลอยอยู่ในอากาศได้นานที่สุด (แนวการตอบ นักเรียนจะสังเกตรการยิงลูกปืนที่มุมต่างๆ แล้วเปรียบเทียบกันว่ามุมไหนยิงแล้วได้ระยะทางไกล ระยะเวลาไกล หรือมุมไหนยิงแล้วลูกปืนลอยอยู่ในอากาศได้นานที่สุด จากคำถามนักเรียนต้องตอบได้ว่าในกรณีที่ยิงด้วยความเร็วต้นเท่ากัน ได้ระยะทางไกลคือมุม 45° ส่วนมุมที่ลอยได้นานที่สุดคือ มุม 60°)

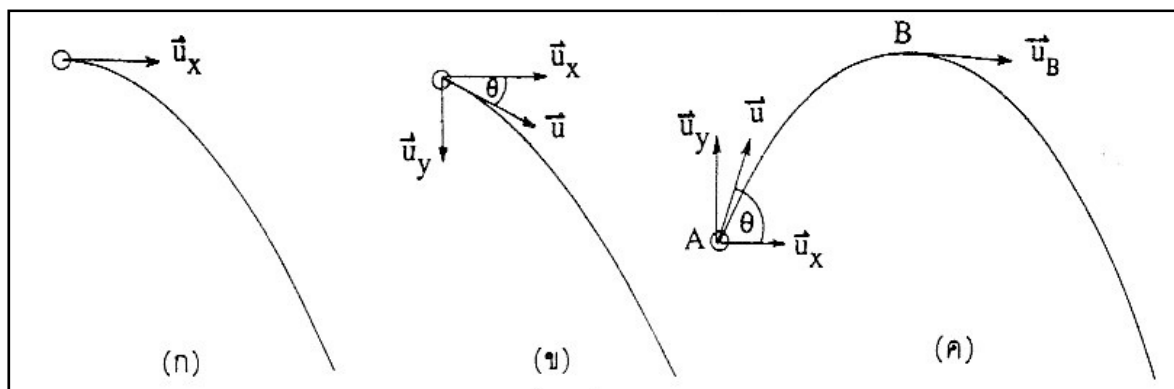
ขั้นที่ 4 ขยายความรู้

ให้นักเรียนช่วยกัน วิเคราะห์ ให้เหตุผล และแก้ปัญหาเกี่ยวกับเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ โดยใช้ขั้นตอนที่ 3 และ 4 ของการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To- Learn: A2L)

1. วิเคราะห์และให้เหตุผลโดยใช้แนวคิด (Analyze and Reason Using Concepts)

ให้นักเรียนใช้ความเข้าใจที่มีวิเคราะห์และให้เหตุผลเกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ เพื่อใช้สรุปหรือตัดสินใจ ข้อคำถามจะเป็นคำถามปลายเปิดที่นักเรียนมีอิสระในการตอบ

ตัวอย่างข้อคำถาม

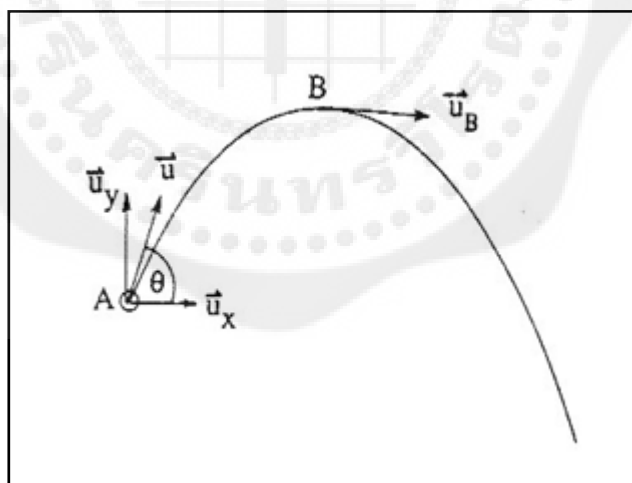


ให้นักเรียนวิเคราะห์และให้เหตุผลเกี่ยวกับลักษณะการเคลื่อนที่โปรเจกไทล์แบบต่างๆ ว่าเป็นอย่างไร พร้อมทั้งบอกได้ว่าปริมาณต่างของการเคลื่อนที่ใด (แนวการตอบ ในสถานการณ์ ก มีความเร็วต้นในแนวระดับเพียงแนวเดียว ในสถานการณ์ ข และ ค มีความเร็วต้นทั้งในแนวระดับและแนวตั้ง)

2. แก้ปัญหาโดยใช้ความคิดรวบยอดเป็นฐาน (Concept-Based Problem Solving)

ให้นักเรียนอธิบายและประเมินการตอบโดยใช้ความคิดรวบยอดของนักเรียนร่วมกับหลักการต่างๆ ใช้ในการแก้ปัญหา

ตัวอย่างข้อคำถาม



ให้นักเรียนใช้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์แก้ปัญหา จากรูป ณ จุดสูงสุดของโปรเจกไทล์ ตรงตำแหน่ง B มีความเร็วเป็นอย่างไร (แนวการตอบ นักเรียนต้องตอบได้ว่าการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์เกิดขึ้นพร้อมกันสองแนว แกน ดังนั้นต้องพิจารณาทั้งสองแนว แกนคือ แกน x และแกน y เพราะเวลาคำนวณหาปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้องเราแยกคิดทีละแนว แกน จากรูปต้องจุด B $v_y = 0$ แต่ $v_x = u_x$ ดังนั้นความเร็ว ณ จุดสูงสุดเท่ากับ u_x)

3. ให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย

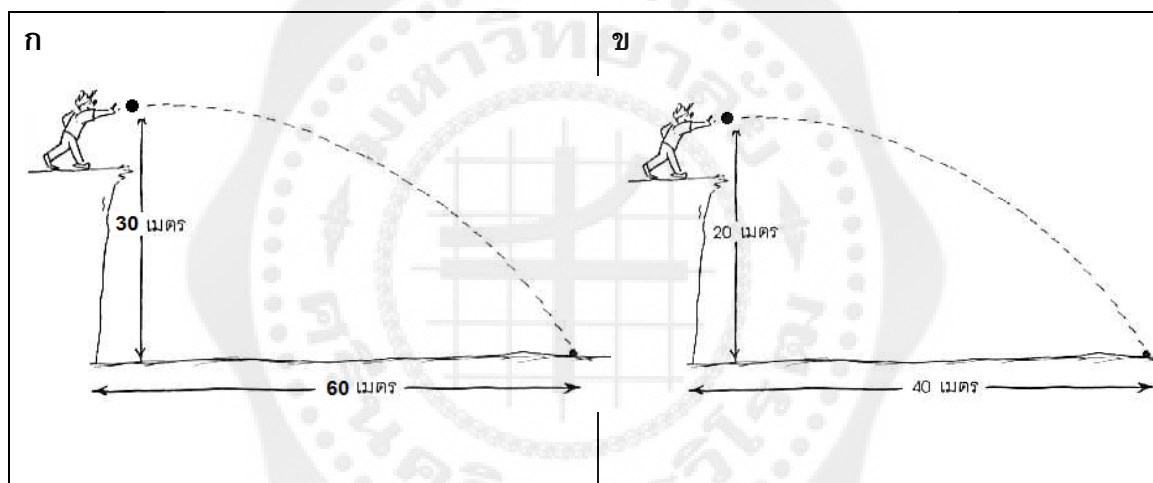
ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล

ครูให้นักเรียน จัดระบบและหาความสัมพันธ์ของกลุ่มแนวคิด (**Organize and Interrelate Groups of Concepts**)

ให้นักเรียนลองเปรียบเทียบสองสถานการณ์จากแนวคิดที่ได้ และอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน

ตัวอย่างข้อคำถาม

จากสถานการณ์ ก และ สถานการณ์ ข จงหาอัตราเร็วของลูกบอลที่ถูกปาออกไป เมื่อชายคนหนึ่งปาลูกบอลออกไปในแนวระดับจากที่สูงตามรูป ปรากฏว่าลูกบอลตกห่างจากจุดปาในแนวราบตามรูป



1. นักเรียนใช้วิธีการแก้ปัญหาทั้งสองสถานการณ์คล้ายกันหรือไม่ (แนวการตอบ ใช่)
2. นักเรียนใช้หลักการใดในการแก้ปัญหาสถานการณ์ ก (แนวการตอบ กำหนดปริมาณที่รู้ก่อนว่ามีปริมาณไหนบ้าง แล้วดูว่าโจทย์ต้องการรู้อะไร แล้วให้ปริมาณที่ต้องรู้มาครบป่าวถ้าให้มาไม่ครบก็ต้องหาปริมาณนั้นๆก่อน แล้วค่อยหาปริมาณที่อยากรู้จริงๆ ซึ่งเวลาหาเราจะแยกหาทีละแนวแกน)
3. นักเรียนใช้หลักการใดในการแก้ปัญหาสถานการณ์ ข (แนวการตอบ กำหนดปริมาณที่รู้ก่อนว่ามีปริมาณไหนบ้าง แล้วดูว่าโจทย์ต้องการรู้อะไร แล้วให้ปริมาณที่ต้องรู้มาครบป่าวถ้าให้มาไม่ครบก็ต้องหาปริมาณนั้นๆก่อน แล้วค่อยหาปริมาณที่อยากรู้จริงๆ ซึ่งเวลาหาเราจะแยกหาทีละแนวแกน)

การวัดและประเมินผล

วัดประเมินพร้อมกับการสอนตามขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To-Learn: A2L) ในแต่ละชั้น โดยดูจากการตอบข้อคำถามของนักเรียนที่ตอบในห้องเรียน โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินในแต่ละข้อดังนี้

กระบวนการของ A2L	เกณฑ์การวัดประเมินตามชั้นของ A2L	
	ผ่าน	ไม่ผ่าน
ขั้นที่ 1 สรุปรวแนวคิดพื้นฐาน	ดูการตอบข้อคำถามของนักเรียนแต่ละกลุ่มถ้าตอบไปในทำนองเดียวกันเกินกว่าร้อยละ 80 ถือว่าผ่าน ไปขั้นต่อไปได้	ดูการตอบข้อคำถามของนักเรียนแต่ละกลุ่มถ้าตอบไปในทำนองเดียวกันต่ำกว่า ร้อยละ 80 ถือว่าผ่าน ไปขั้นต่อไปไม่ได้ ทำซ้ำในชั้นเดิมต่อจนกว่าจะผ่าน
ขั้นที่ 2 เสริมสร้างและจัดกลุ่ม	ดูการตอบข้อคำถามของนักเรียนแต่ละกลุ่มถ้าตอบไปในทำนองเดียวกันเกินกว่าร้อยละ 80 ถือว่าผ่าน ไปขั้นต่อไปได้	ดูการตอบข้อคำถามของนักเรียนแต่ละกลุ่มถ้าตอบไปในทำนองเดียวกันต่ำกว่า ร้อยละ 80 ถือว่าผ่าน ไปขั้นต่อไปไม่ได้ ทำซ้ำในชั้นเดิมต่อจนกว่าจะผ่าน
ขั้นที่ 3 วิเคราะห์และให้เหตุผลโดยใช้แนวคิด	ดูการตอบข้อคำถามของนักเรียนแต่ละกลุ่มถ้าตอบไปในทำนองเดียวกันเกินกว่าร้อยละ 80 ถือว่าผ่าน ไปขั้นต่อไปได้	ดูการตอบข้อคำถามของนักเรียนแต่ละกลุ่มถ้าตอบไปในทำนองเดียวกันต่ำกว่า ร้อยละ 80 ถือว่าผ่าน ไปขั้นต่อไปไม่ได้ ทำซ้ำในชั้นเดิมต่อจนกว่าจะผ่าน
ขั้นที่ 4 การแก้ปัญหาโดยใช้ความคิดรวบยอดเป็นฐาน	ดูการตอบข้อคำถามของนักเรียนแต่ละกลุ่มถ้าตอบไปในทำนองเดียวกันเกินกว่าร้อยละ 80 ถือว่าผ่าน ไปขั้นต่อไปได้	ดูการตอบข้อคำถามของนักเรียนแต่ละกลุ่มถ้าตอบไปในทำนองเดียวกันต่ำกว่า ร้อยละ 80 ถือว่าผ่าน ไปขั้นต่อไปไม่ได้ ทำซ้ำในชั้นเดิมต่อจนกว่าจะผ่าน

ขั้นที่ 5 จัดระบบและหาความสัมพันธ์ของกลุ่มแนวคิด	ดูการตอบข้อคำถามของนักเรียนแต่ละกลุ่มถ้าตอบไปในทำนองเดียวกันเกินกว่าร้อยละ 80 ถือว่าผ่าน	ดูการตอบข้อคำถามของนักเรียนแต่ละกลุ่มถ้าตอบไปในทำนองเดียวกันต่ำกว่าร้อยละ 80 ถือว่าผ่าน ไปขั้นต่อไปไม่ได้ ทำซ้ำในชั้นเดิมต่อจนกว่าจะผ่าน
--	--	--

***** หมายเหตุ หลังจัดกิจกรรมโดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมด้วยรูปแบบการวัดประเมินเพื่อการเรียนรู้ (Assessing-To-Learn: A2L) ใช้เวลา 2 ชั่วโมงสำหรับกิจกรรมการทดลอง

4.1 เรื่องการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ตามหนังสือเรียนฟิสิกส์ เล่ม 1

บรรณานุกรม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2547). **คู่มือครูสาระ**

การเรียนรู้พื้นฐาน การเคลื่อนที่และพลังงาน. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2548). **หนังสือเรียน**

สาระการเรียนรู้พื้นฐาน การเคลื่อนที่และพลังงาน. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

นิรันดร์ สุวรรตน์. **ฟิสิกส์ O-NET.** กรุงเทพฯ : พ.ศ. พัฒนา.

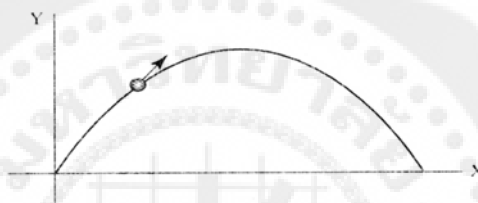
นิรันดร์ สุวรรตน์. **ฟิสิกส์ ม.4-6 เล่ม 1.** กรุงเทพฯ : พ.ศ. พัฒนา.

รูปภาพที่เกี่ยวข้องต่างๆ หา online จาก www.google.co.th

ใบความรู้ที่ 1
การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์



การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ (projectile motion) เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวโค้งพาราโบลา ถ้าไม่คิดแรงต้านของอากาศ การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ประกอบด้วย การเคลื่อนที่ในแนวดิ่งและแนวระดับที่เป็นอิสระต่อกัน การเคลื่อนที่ในแนวดิ่งเป็นการเคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วงของลูกเพียงแรงเดียว หรือการตกแบบเสรี ซึ่งมีความเร่งคงตัว g ส่วนการเคลื่อนที่ในแนวระดับไม่มีแรงกระทำ จึงเป็นการเคลื่อนที่ที่มีความเร็วคงตัว ตัวอย่างของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ที่พบคือ การเตะลูกฟุตบอล การโยนลูกบาสเกตบอล การโยนลูกวอลเลย์บอล การตีลูกเทนนิส เป็นต้น



รูปแสดงเส้นทางการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

การเคลื่อนที่ในแนวระดับของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ขณะที่วัตถุเคลื่อนที่อยู่ในอากาศจะมีแรงดึงดูดของโลก (mg) กระทำเพียงแรงเดียวเท่านั้น โดยในแนวระดับ แรงกระทำต่อวัตถุมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นสมการในการเคลื่อนที่ คือ

$$s_x = u_x t$$

เมื่อ s_x = การกระจัดในแนวระดับ (m)

u_x = ความเร็วในแนวระดับ (m/s)

t = เวลาในการเคลื่อนที่ (s)

การเคลื่อนที่ในแนวดิ่งของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ขณะที่วัตถุเคลื่อนที่อยู่ในอากาศ จะมีแรงดึงดูดของโลก (mg) กระทำเพียงแรงเดียว ดังนั้นความเร่งของวัตถุในแนวดิ่ง a_y จึงเท่ากับ g สมการในการเคลื่อนที่ คือ

$$v_y = u_y + gt$$

$$v_y^2 = u_y^2 + 2gs_y$$

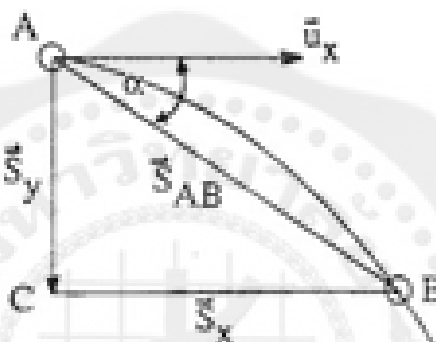
$$s_y = u_y t + \frac{1}{2} gt^2$$

$$s_y = \left(\frac{u_y + v_y}{2} \right) t$$

(ข้อสังเกต : การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์มีหลักการคิดดังนี้)

1. เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ในแนวระดับ เท่ากับเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง ($t_x = t_y = t$)
2. ความเร็วในแนวระดับคงที่เสมอ เนื่องจากไม่มีความเร่งในแนวระดับ ($v_x = u_x$)
3. การคำนวณให้แยกคิดตามแนวระดับ (แกน X) และแนวดิ่ง (แกน Y) โดยใช้สูตรที่กล่าวไปแล้ว โดยกำหนดทิศทางของความเร็วต้นเป็นบวก (+) ปริมาณใดมีทิศตรงข้ามกับความเร็วต้นเป็นลบ (-)

การหาการกระจัด ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์



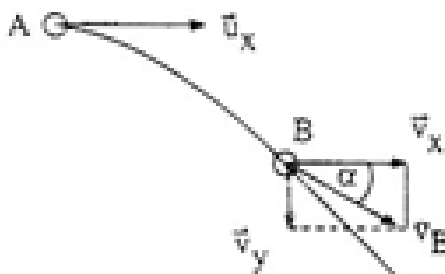
รูปประกอบการคำนวณหาการกระจัดของวัตถุ

$$s_{AB} = \sqrt{s_x^2 + s_y^2}$$

$$\tan \alpha = \frac{s_y}{s_x}$$

(เมื่อ α เป็นมุมที่ s_{AB} ทำกับแนวระดับ)

การหาความเร็ว ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์



รูปประกอบการคำนวณหาความเร็วของวัตถุ

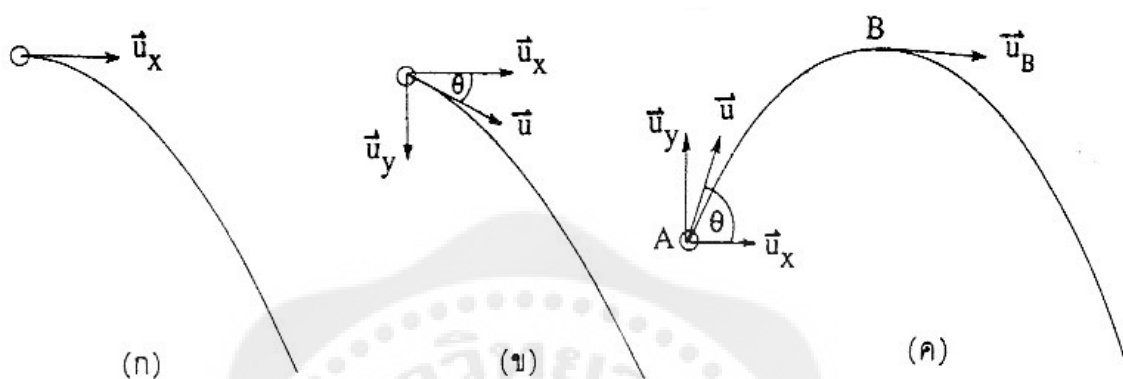
$$v_B = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

$$\tan \alpha = \frac{v_y}{v_x}$$

(เมื่อ α เป็นมุมที่ v_B ทำกับแนวนอน)

ลักษณะการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ แบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ

1. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ แบบทั่วไป

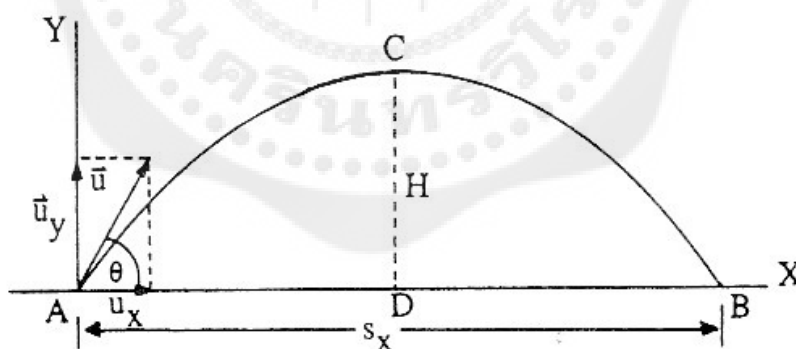


รูปแสดงการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์แบบต่างๆ

จากรูป (ก) มีเฉพาะความเร็วต้นในแนวนอนเพียงแนวเดียว

(ข) และ (ค) มีความเร็วต้นทั้งแนวนอนและแนวตั้ง

2. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ เมื่อจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายอยู่ในแนวนอนเดียวกัน



รูปแสดงการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ เมื่อจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายอยู่ในแนวนอนเดียวกัน

1. สมการหาเวลาทั้งหมดในการเคลื่อนที่ โดยที่ T = เวลาจาก A B (s)

$$T = \frac{2u \sin \theta}{g}$$

2. สมการหาการกระจัดในแนวระดับ (s_x) โดยที่ s_x = การกระจัดในแนวระดับ

จาก A $\rightarrow$ B (m)

$$s_x = \frac{u^2(2 \sin \theta \cos \theta)}{g}$$

$$s_x = \frac{u^2 \sin 2\theta}{g}$$

3. สมการหาการกระจัดในแนวดิ่ง (s_y) โดยที่ s_y = การกระจัดในแนวดิ่ง

จาก A $\rightarrow$ C (m)

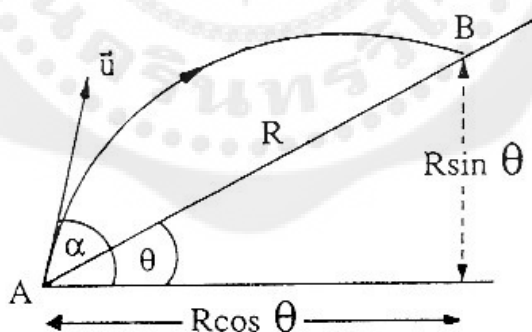
$$s_y = \frac{u^2 \sin^2 \theta}{2g} \quad \text{หรืออาจใช้} \quad H = \frac{u^2 \sin^2 \theta}{2g}$$

4. สมการความสัมพันธ์ระหว่าง s_x และ s_y (ข้อสังเกต: มุม 45° กับแนวระดับเป็นมุมที่ทำให้วัตถุตกไกลที่สุด เมื่อปาววัตถุให้เคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์)

$$\tan \theta = \frac{4s_y}{s_x}$$

3. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ของวัตถุที่ตกบนพื้นเอียง มี 2 กรณี ดังนี้

1. กรณีขว้างวัตถุบนพื้นเอียงจากล่างขึ้นบน



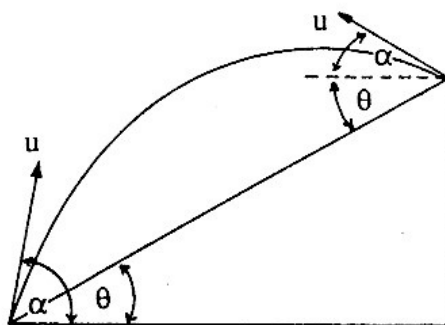
รูปแสดงการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียงจากล่างขึ้นบน

$$\alpha = 45^\circ + \frac{\theta}{2}$$

โดย α = มุมระหว่างความเร็วต้นกับแนวระดับ ที่ทำให้วัตถุตกไกลที่สุด

θ = มุมของพื้นเอียง

2. กรณีขว้างวัตถุบนพื้นเอียงจากบนลงล่าง



รูปแสดงการเคลื่อนที่ของวัตถุบนพื้นเอียงจากบนลงล่าง

$$\alpha = 45^\circ - \frac{\theta}{2}$$

โดย α = มุมระหว่างความเร็วต้นกับแนวระดับ ที่ทำให้วัตถุตกไกลที่สุด

θ = มุมของพื้นเอียง

ตัวอย่างที่ 1 ขว้างลูกบอลออกจากที่สูง 5 m ออกไปในแนวระดับด้วยความเร็ว 10 m/s จงหา

1. นานเท่าไรลูกบอลตกถึงพื้นด้านล่าง
2. ลูกบอลตกถึงพื้นห่างจากตำแหน่งที่ขว้างเท่าไร

ตัวอย่างที่ 2 นักทุ่มน้ำหนักทีมชาติไทยทุ่มลูกเหล็กออกไปด้วยความเร็ว 20 m/s จะทุ่มได้ไกลที่สุดเท่าไร

ตัวอย่างที่ 3 ขว้างวัตถุลงจากพื้นเอียง ซึ่งทำมุม 30° กับแนวระดับ ด้วยอัตราเร็ว 20 m/s ทำมุม 60° กับพื้นเอียง จงหาก้อนหินลอยอยู่ในอากาศนานเท่าใด และตกไกลจากจุดขว้างเท่าไร

ตัวอย่างที่ 4 นักรักบี้เตะลูกบอลขึ้นด้วยความเร็ว 20 m/s เป็นมุม 60° กับแนวระดับ เขาจะต้องวิ่งด้วยความเร็วอย่างน้อยที่สุดเท่าไร จึงจะไปรับลูกบอลที่เขาเตะออกไปเองได้พอดีก่อนตกถึงพื้นดิน

ตัวอย่างที่ 5 ยิงปืนทำมุม 53° กับแนวระดับ ถ้าลูกปืนมีอัตราเร็ว 300 m/s อยากทราบว่าลูกปืนตกไกลจากจุดยิงเท่าไร

ตัวอย่างที่ 6 พื้นเอียงอันหนึ่งทำมุม 30° กับแนวนระดับ ยิงวัตถุขึ้นไปตามพื้นเอียงทำมุม 45° กับแนวนระดับตามระนาบของพื้นเอียง ถ้าวัตถุมีความเร็วต้น 10 m/s จงหาความกว้างของพื้นเอียง

ชื่อ-นามสกุล..... เลขที่..... ห้อง..... วันที่.....

ใบงานเรื่อง การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

ตอนที่ 1 เติมคำในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. จงอธิบายลักษณะของการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

.....

2. ให้นักเรียนยกตัวอย่างการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน

.....

3. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ขึ้นไปถึงตำแหน่งสูงสุด ความเร็วของวัตถุจะเป็นอย่างไร

.....

4. เหยี่ยวนาถั่วเท่ากันสองเหยี่ยว เหยี่ยวหนึ่งถูกตีบนพื้นโต๊ะราบ ขณะเหยี่ยวหลุดออกจากขอบโต๊ะ อีกเหยี่ยวหนึ่งก็ถูกปล่อยจากขอบโต๊ะ นักเรียนคิดว่าเวลาที่เหยี่ยวทั้งสองอยู่ในอากาศแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร

.....

ตอนที่ 2 ให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาตามกำหนดดังต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. เมื่อปา วัตถุออกไปในแนวระดับจากที่สูง 80 m ปรากฏว่าวัตถุตกห่างจากจุดปาในแนวราบ 20 m จงหาอัตราเร็วของวัตถุที่ถูกลาออกไป

2. เครื่องบินทิ้งระเบิด บินในแนวระดับด้วยความเร็ว 200 m/s และสูงจากพื้นดิน 2000 m เมื่อทิ้งระเบิดที่ตกลงมา จงหาว่า (ก) ระเบิดตกไกลจากตำแหน่งที่ทิ้งตามแนวระดับเท่าไร (ข) ระเบิดกระทบพื้นดินด้วยอัตราเร็วเท่าไร

3. จะต้องขว้างวัตถุจากจุดฟ้าตึกสูง 20 m ออกไปในแนวระดับด้วยความเร็วเท่าใดวัตถุจึงตกกระทบพื้นล่างในทิศทำมุม 45° กับแนวระดับ

4. ลูกบอลกลิ้งตกจากบันได ด้วยอัตราเร็ว 4 m/s ตรงขอบบันไดพอดี ถ้าบันไดแต่ละขั้นสูงและกว้าง 20 cm เท่ากัน ลูกบอลจะตกลงบันไดขั้นที่เท่าไร โดยคิดว่าขั้นที่หนึ่งคือขั้นที่ต่ำกว่าระดับที่ลูกบอลตก 20 cm

5. เด็กคนหนึ่งยืนอยู่บนดาดฟ้าตึกสูง 50 m แล้วปาก้อนหินออกไปในแนวทำมุมกับ 37° กับแนวระดับด้วย ความเร็ว 25 m/s จงหาว่า (ก) นานเท่าไรก้อนหินตกถึงพื้นดิน (ข) ก้อนหินตกห่างจากตัวตึกเท่าไร

6. ขว้างวัตถุจากหน้าผาสูง 40 m ทำมุมเงย 53° กับแนวระดับด้วยความเร็ว 12.5 m/s จงหาว่า (ก) นานเท่าไรวัตถุตกถึงพื้น (ข) วัตถุตกห่างจากตีนผาเท่าไร (ค) วัตถุขึ้นไปได้สูงสุดจากพื้นเท่าไร

7. ยิงลูกปืนมวล 40 กรัม ด้วยความเร็ว 100 m/s ทำมุม 53° กับแนวระดับห่างจากตึกหลังหนึ่ง 120 m จงหาลูกปืนตกกระทบตึกที่ตำแหน่งสูงจากพื้นระดับที่ยิงเท่าไร

8. ขว้างก้อนหินออกไปทำมุม 45° กับแนวระดับด้วยอัตราเร็ว 10 m/s กำหนดให้ $g = 10 \text{ m/s}^2$ จงหา (ก) นานเท่าใดก้อนหินตกถึงพื้นดิน (ข) ก้อนหินขึ้นไปได้สูงสุดเท่าไร (ค) ก้อนหินตกไกลจากจุดที่ขว้างเท่าใด

9. จงพิสูจน์ว่าถ้ายิงมุมยิงของโปรเจกไทล์ 2 ครั้ง รวมกันได้ 90° โดยความเร็วต้นของทั้งสองครั้ง เท่ากันระยะตกไกลตามแนวราบจะเท่ากัน กำหนดให้ θ, β เป็นมุมยิงโปรเจกไทล์สองครั้งตามลำดับ และ $\theta + \beta = 90^\circ$

10. วัตถุก้อนหนึ่งยิงในแนวทำมุม 45° กับแนวระดับปรากฏว่า ณ จุดสูงสุดวัตถุมีความเร็ว 10 m/s จงหาว่า (ก) วัตถุขึ้นไปได้สูงสุดเท่าไร (ข) วัตถุตกไกลจากจุดยิงเท่าไร

11. มาร์คโยนก้อนหินก้อนหนึ่งขึ้นไปในแนวตั้ง จากระดับพื้นด้วยอัตราเร็ว 10 m/s ทันทีที่ก้อนหินหลุดจากมือเขา เขาสังเกตเห็นว่าเป็น ขณะเดียวกับที่รถกำลังผ่านเสาไฟฟ้าต้นหนึ่ง แบบแบบซึ่งยืนอยู่ข้างถนนสังเกตเห็นก้อนหินเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ออกจากมือ มาร์คสังเกตเห็นว่า รถกำลังผ่านเสาไฟฟ้าอีกต้นหนึ่งถามว่าเสาไฟฟ้าทั้งสองต้นห่างกันเท่าไร

12. เครื่องบินลำหนึ่งกำลังบินไปตามแนวระดับด้วยความเร็วคงที่ โดยอยู่สูงจากพื้นดิน 1500 m ขณะยิงเครื่องบินผ่านปืนพอดี้และเครื่องบินมีความเร็วเท่าใด

13. เคนอยู่บนตึกสูงแห่งหนึ่ง ขว้างวัตถุจากตาดฟ้าตึกไปในแนวระดับ เจฟยืนอยู่ที่พื้นด้านล่างห่างจากตึก 40 m วัตถุเข้าหาตึกด้วยความเร่ง 5 m/s^2 ปรากฏว่า วัตถุไปได้ 10 m วัตถุพอดีตกโดนหัวเจฟ อยากทราบว่า (ก) ตึกสูงเท่าไร (ข) เคนขว้างวัตถุด้วยความเร็วเท่าไร

14. แจ็คสันเล็งปืนทำมุม 37° เพื่อยิงลูกมะพร้าว ณ ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากต้นมะพร้าว 80 m ถ้าลูกปืนถูกยิงออกไปด้วยความเร็ว 200 m/s จงหาว่าแจ็คสันต้องเล็งปืน ณ ตำแหน่งที่สูงกว่าลูกมะพร้าวเท่าใดจึงจะยิงถูกลูกมะพร้าวพอดี

15. ยิงปืนขึ้นจากพื้นทำมุม 37° จากจุดห่างจากขอบหน้าผา 240 m โดยหน้าผามีความสูง 80 m ลูกปืนตกเฉียดขอบหน้าผาพอดี จงหา (ก) ความเร็วต้นของลูกปืน (ข) ลูกปืนตกถึงพื้นห่างจากหน้าผาเท่าไร

ภาคผนวก ง
แบบทดสอบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์



แบบทดสอบความคิดรวบยอดทางฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 20 ข้อ ให้เวลา 50 นาที
2. ให้นักเรียนอ่านโจทย์ในแต่ละข้อให้เข้าใจก่อนแล้วจึงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมาย x ทับตัวอักษรที่ถูกต้อง ลงในกระดาษคำตอบ
3. ห้ามขีด - เขียน หรือทำเครื่องหมายใด ๆ ลงในข้อสอบ
4. ไม่อนุญาตให้ใช้เครื่องคำนวณ ใด ๆ ในการสอบ
5. ให้ส่งข้อสอบพร้อมทั้งกระดาษคำตอบคืนกรรมการคุมสอบทุกฉบับ

1. ตัวอย่างใดต่อไปนี้เป็นไม่ใช้การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์
 1. น้ำพุ การเคลื่อนที่ของลูกบอลที่ถูกเตะจากพื้น
 2. ดอกไม้ไฟ ลูกบาสเกตบอลที่กำลังลอยเข้าห่วง
 3. การเคลื่อนที่ของนักกระโดดไกล การเคลื่อนที่ของสัตว์บางประเภท
 4. การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา การโคจรของดวงจันทร์รอบโลก
2. ข้อใดต่อไปนี้อาจกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ในสนามโน้มถ่วงของโลก
 1. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์เป็นการเคลื่อนที่ตกอย่างอิสระ มีแรงมากกระทำเพียงแรงเดียวคือแรงดึงดูดของโลก
 2. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ มีแนวการเคลื่อนที่เป็นวิถีโค้งเกิดขึ้นเพียงแนวตั้งอย่างเดียว มีค่าความเร่งของการเคลื่อนที่เท่ากับความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก
 3. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ ตลอดการเคลื่อนที่เวลาที่ใช้ไม่เท่ากัน เนื่องจากในแนวตั้งมีค่าความเร็วเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ
 4. การเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ จะต้องมีความเร็วต้นในแนวตั้งเสมอ ส่วนในแนวระดับมีหรือไม่มีก็ได้
3. ถ้าปล่อยวัตถุก้อนหนึ่งให้ตกอย่างอิสระ พร้อมกับดีดวัตถุอีกก้อนหนึ่งออกไปในแนวระดับ โดยที่วัตถุทั้งสองมีลักษณะเหมือนกันทุกประการ และปล่อยวัตถุทั้งสองที่ระดับความสูงเดียวกัน วัตถุทั้งสองจะมีลักษณะการเคลื่อนที่อย่างไร
 1. วัตถุทั้งสองใช้เวลาเท่ากัน แต่ตกถึงพื้นไม่พร้อมกัน
 2. วัตถุทั้งสองถูกแรงดึงดูดของโลกกระทำเพียงแรงเดียว โดยไม่คิดแรงต้านของอากาศ
 3. วัตถุทั้งสองมีความเร่งในการเคลื่อนที่ต่างกัน
 4. วัตถุทั้งสองมีการกระจัดในแนวตั้งเพียงแนวเดียวเท่านั้น

4. ถ้ายิงวัตถุออกไปในแนวระดับด้วยความเร็วประมาณหนึ่ง เมื่อเวลาผ่านไปพบว่า วัตถุตกกระทบพื้นด้านล่างด้วยความเร็วในแนวระดับกับแนวดิ่งเท่ากัน อยากทราบว่าความเร็วขณะที่วัตถุตกกระทบพื้นทำมุมกี่องศากับแนวระดับ

- | | |
|---------------|---------------|
| 1. 30° | 2. 45° |
| 3. 53° | 4. 60° |

5. ข้อใดเป็นปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์

- | | | | |
|-------------|----------|-----------|-----------|
| 1. ความเร็ว | เวลา | การกระจัด | คาบ |
| 2. ความถี่ | คาบ | ความเร่ง | การกระจัด |
| 3. เวลา | ความเร็ว | การกระจัด | ความเร่ง |
| 4. เวลา | ความถี่ | ความเร็ว | ความเร่ง |

6. ข้อใดต่อไปนี้อีกกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์และการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง

- ใช้สมการการคำนวณเหมือนการเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงทุกประการ
- เป็นการเคลื่อนที่อย่างอิสระ ภายใต้แรงดึงดูดของโลกเพียงแรงเดียวที่มากกระทำ มีแนวการเคลื่อนที่เหมือนกันทุกประการ
- ปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่มีเพียงแนวระดับเพียงแนวเดียว ซึ่งมีค่าความเร็วคงที่เหมือนกัน
- เป็นการเคลื่อนที่ที่มีทิศการเคลื่อนที่เพียงทิศเดียวเท่านั้น

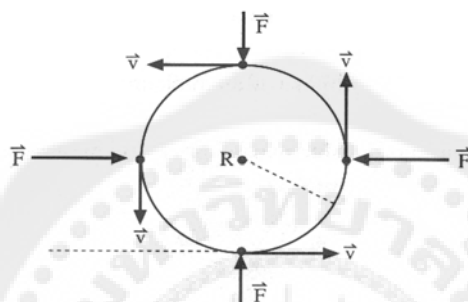
7. การยิงวัตถุออกไปในแนวระดับด้วยมุม 30° , 45° และ 60° ข้อใดสรุปได้ถูกต้อง เมื่อจุดยิงจุดตกอยู่บนระดับเดียวกัน

- เมื่อยิงวัตถุด้วยความเร็วต้นเท่ากัน ระยะตกของมุมทั้งสามเท่ากัน แต่มุม 60° ลอยอยู่ในอากาศได้นานที่สุด
- เมื่อยิงวัตถุด้วยความเร็วต้นเท่ากัน ระยะตกของมุมทั้งสามไม่เท่ากัน มุม 45° ตกได้ระยะไกลที่สุด
- เมื่อยิงวัตถุด้วยความเร็วต้นเท่ากัน ระยะตกของมุม 30° และ 60° จะเท่ากัน และตกถึงพื้นด้วยความเร็วต้นน้อยที่สุด
- เมื่อยิงวัตถุด้วยความเร็วต้นไม่เท่ากัน ระยะตกของมุมทั้งสามเท่ากัน ลอยอยู่ในอากาศได้นานเท่ากัน และตกถึงพื้นด้วยความเร็วต้นน้อยที่สุดเท่ากันทั้งสามมุม

8. ข้อใดต่อไปนี้อธิบายความหมายของการเคลื่อนที่แบบวงกลมได้ถูกต้อง

1. เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวโค้งพาราโบลา ถ้าไม่คิดแรงต้านของอากาศ ประกอบด้วยการเคลื่อนที่ในแนวตั้งและแนวนอนที่เป็นอิสระต่อกัน
2. เป็นการเคลื่อนที่ที่วัตถุเคลื่อนที่กลับไปกลับมาซ้ำทางเดิมโดยไม่มีการสูญเสียพลังงานผ่านตำแหน่งสมดุล โดยมุมที่เบนจากแนวตั้งซึ่งเป็นค่าสูงสุดจะคงตัวตลอด
3. เป็นการเคลื่อนที่ที่วัตถุจะถูกแรงโน้มถ่วงของโลกกระทำให้วัตถุเคลื่อนที่ในสนามโน้มถ่วง
4. เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีแนวทางการเคลื่อนที่ตามเส้นทางโค้งของวงกลมโดยรัศมีคงที่

จากรูปใช้ตอบคำถามข้อที่ 9



9. จากลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุดังรูป ข้อใดอธิบายเกี่ยวกับแรงและความเร็วได้ถูกต้อง

1. การเคลื่อนที่ของวัตถุด้วยความเร็วคงที่ แรงลัพธ์ที่มากกระทำมีทิศตั้งฉากกับความเร็วเสมอ
2. การเคลื่อนที่โดยมีแรงกระทำตั้งฉากกับความเร่งและทิศทางเข้าสู่ศูนย์กลางของวงกลม และจะเกิดความเร่งเข้าสู่ศูนย์กลาง
3. การเคลื่อนที่โดยความเร่งที่เกิดขึ้นจะต้องตั้งฉากกับรัศมีของวงกลมเสมอ
4. การเคลื่อนที่ที่เป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของที่ 2 ของนิวตัน เพราะแรงลัพธ์ทำหน้าที่เป็นแรงสู่ศูนย์กลาง และมีขนาดเท่ากันกับความเร็ว

10. ข้อใดต่อไปนี้เป็นตัวอย่างการเคลื่อนที่แบบวงกลมทั้งหมด

1. รถจักรยานยนต์กำลังเลี้ยวโค้ง รถไฟเหาะตีลังกาตามทางโค้งวงกลมแนวตั้ง
การเคลื่อนที่ของล้อรถ
2. การเลี้ยวโค้งของรถยนต์ การเคลื่อนที่ของลูกกลมโลหะไปตามรางโค้ง
วงกลม ดอกไม้ไฟ
3. รถไฟเหาะตีลังกาตามทางโค้งวงกลมแนวตั้ง ดาวเทียมโคจรรอบโลก
การโยนลูกบอลลงห่วง
4. การหมุนรอบตัวเองของโลก การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา การเคลื่อนที่ของนักกระโดดโกล

11. วัตถุก้อนหนึ่งมวล 2 กิโลกรัม ผูกติดกับเชือกยาว 2 เมตร แล้วจับปลายด้านอีกด้านหนึ่งให้ เป็นวงกลมในระนาบระดับด้วยอัตราเร็ว 5 เมตรต่อวินาที อยากทราบว่าแรงตึงเชือกขณะเหวี่ยง วัตถุเป็นกี่นิวตัน

- | | |
|---------------|---------------|
| 1. 50 นิวตัน | 2. 75 นิวตัน |
| 3. 100 นิวตัน | 4. 125 นิวตัน |

12. วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่แบบวงกลมระนาบระดับด้วยรัศมี 3 เมตร ด้วยอัตราเร็ว 15 เมตรต่อวินาที อยากทราบว่าวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร่งสู่ศูนย์กลางกี่เมตรต่อวินาที²

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1. 50 เมตรต่อวินาที ² | 2. 75 เมตรต่อวินาที ² |
| 3. 100 เมตรต่อวินาที ² | 4. 125 เมตรต่อวินาที ² |

13. ข้อใดเรียงลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาการเคลื่อนที่แบบวงกลมของวัตถุได้ถูกต้อง

- ก. เขียนรูปการเคลื่อนที่ของวัตถุ
- ข. ใส่แรงกระทำต่อวัตถุให้ครบทุกแรง
- ค. พิจารณาจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่แล้วแตกแรงที่กระทำต่อวัตถุให้อยู่แนวผ่านจุด ศูนย์กลางมวล และในแนวตั้งฉากกับแนวผ่านจุดศูนย์กลางมวล
- ง. แรงแลพัทธ์ในแนวผ่านจุดศูนย์กลางของการเคลื่อนที่คือแรงสู่ศูนย์กลาง
- จ. แรงไถ่พุ่งเข้าหาจุดศูนย์กลางมีค่าเป็นบวก ส่วนแรงไถ่พุ่งออกจากจุดศูนย์กลางมีค่าเป็นลบ

- | | |
|--------------|--------------|
| 1. ค ก ข ง จ | 2. ก ข ค ง จ |
| 3. ก ค ข จ ง | 4. ค ก ข จ ง |

14. ข้อใดสรุปการเคลื่อนที่แบบวงกลมของวัตถุเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่ได้ถูกต้อง

- 1. เมื่อวัตถุเคลื่อนที่แบบวงกลมด้วยอัตราเร็วคงที่ คาบจะมีค่าคงที่ แต่ความถี่จะไม่คงที่
- 2. เมื่อวัตถุเคลื่อนที่แบบวงกลมแนวราบด้วยอัตราเร็วคงที่ จะมีแรงลพัทธ์กระทำในทิศตั้ง

ฉากกับความเร็วตลอดเวลา

- 3. เมื่อวัตถุเคลื่อนที่แบบวงกลมด้วยอัตราเร็วคงที่ คาบกับความถี่จะแปรผกผันซึ่งกันและกัน
- 4. เมื่อวัตถุเคลื่อนที่แบบวงกลมในแนวตั้งด้วยอัตราเร็วคงที่ แรงตึงเชือกเชือก ณ ตำแหน่ง

ต่างๆ จะเท่ากัน

15. ข้อใดต่อไปนี้เป็นกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับความหมายของปริมาณต่างๆเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

1. การกระจัด คือ ระยะทางของวัตถุ ณ ตำแหน่งต่างๆ โดยวัดจากตำแหน่งปลาย
2. คาบ คือ จำนวนรอบที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา
3. ความถี่ คือ ช่วงเวลาที่วัตถุเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ นับจากจุดปลายด้านหนึ่งไปยังจุดปลายอีกด้านหนึ่ง แล้วเคลื่อนที่กลับมายังจุดปลายเดิม
4. แอมพลิจูด คือการกระจัดสูงสุดของการเคลื่อนที่ วัดจากจุดสมดุลไปยังจุดปลาย มีค่าคงที่เสมอ

16. ข้อใดต่อไปนี้เป็นกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย

1. คาบ และความถี่ของวัตถุไม่ขึ้นอยู่กับช่วงกว้างของการเคลื่อนที่
2. การสั่นของวัตถุที่ผูกติดสปริงในแนวระดับ ความถี่จะแปรผกผันกับรากที่สองของมวล
3. การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย เมื่อความเร็วมีค่าสูงสุด ความเร่งของการเคลื่อนที่จะมีค่าต่ำสุด
4. เป็นการเคลื่อนที่ที่มีขนาดของแรงและความเร่งแปรผกผันกับมวลของการกระจัด และอยู่ในทิศเดียวกันเสมอ

17. อนุภาคชนิดหนึ่งเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายด้วยอัตราเร็ว 20 เรเดียนต่อวินาที มีอัตราเร่งสูงสุด 200 เมตรต่อวินาที² จงหาแอมพลิจูดของการเคลื่อนที่นี้

- | | |
|--------------|-------------|
| 1. 0.25 เมตร | 2. 0.5 เมตร |
| 3. 0.75 เมตร | 4. 1 เมตร |

18. จากข้อ 17 จงหาอัตราเร็วสูงสุดของการเคลื่อนที่

- | | |
|---------------------|---------------------|
| 1. 5 เมตรต่อวินาที | 2. 7 เมตรต่อวินาที |
| 3. 10 เมตรต่อวินาที | 4. 12 เมตรต่อวินาที |

19. กำหนดให้มี สปริง A และสปริง B สันอยู่ในแนวดิ่ง โดยผูกมวลติดกับปลายสปริงทั้งสอง โดยมวลที่ติดอยู่กับสปริง A เป็น 2 เท่าของสปริง B แต่ค่า n ของสปริง B เป็น 2 เท่าของสปริง A สรุปการเคลื่อนที่ของสปริงทั้งสองนี้ได้อย่างไร

1. A มีแอมพลิจูดเป็น 2 เท่าของ B แต่มีความถี่เท่ากัน
2. A มีแอมพลิจูดเป็น 4 เท่าของ B แต่มีความถี่เท่ากัน
3. A มีแอมพลิจูดเป็น 2 เท่าของ B แต่มีความถี่เป็นครึ่งหนึ่งของ B
4. A มีแอมพลิจูดเป็น 4 เท่าของ B แต่มีความถี่เป็นครึ่งหนึ่งของ B

20. ในการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ของการสั่นของมวลติดสปริง และการแกว่งของลูกตุ้ม นาฬิกา ในการคำนวณหาค่า คาบ ความถี่ และอัตราเร็วเชิงมุม นั้น ควรเลือกใช้สมการอย่างไร

1. การคำนวณหาค่า คาบ ความถี่ และอัตราเร็วเชิงมุม ของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายนั้นใช้สมการเหมือนกัน

2. การคำนวณหาค่า คาบ ความถี่ ใช้สมการเหมือนกันเนื่องจากมีคาบและความถี่มีความสัมพันธ์กัน ส่วนอัตราเร็วเชิงมุม นั้นใช้สมการต่างกัน

3. การคำนวณหาค่า คาบ ความถี่ และอัตราเร็วเชิงมุม ของการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่ายนั้นใช้สมการต่างกัน เนื่องแบบสปริง และแบบลูกตุ้มนาฬิกามีตัวแปรที่ต่างกัน

4. การคำนวณหาค่า คาบ ความถี่ ใช้สมการต่างกัน ส่วนอัตราเร็วเชิงมุม นั้นใช้สมการเหมือนกัน



ประวัติย่อผู้วิจัย



ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาวกมลวดี เจริญกุล
วันเดือนปีเกิด	6 พฤษภาคม 2530
สถานที่เกิด	จังหวัดน่าน
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	12/3 ตรอก 2 สวนตาล ตำบลในเวียง อำเภอเมือง จังหวัดน่าน 55000
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ครูผู้ช่วย
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	499 ถนนพัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพมหานคร 10250
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2549	ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จาก โรงเรียนสตรีศรีน่าน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน
พ.ศ. 2554	ระดับปริญญาตรี การศึกษาด้านจิต (กศ.บ.) สาขาวิทยาศาสตร์-ฟิสิกส์ จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2561	ระดับปริญญาโท ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาการวิจัยและพัฒนาศักยภาพมนุษย์ (แขนงวิชาการทดสอบและวัดผลการศึกษา) จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ