

ผลการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นอนุบาล
ที่มีต่อการคิดอย่างมีเหตุผล และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ปริญญานิพนธ์

ของ

วินัย เขียมเมือง

๕-7 พ.ค. 2535

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้า

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

กุมภาพันธ์ 2529

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

178323

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิต และคณะกรรมการสอบ ให้พิจารณาปริญญานิพนธ์
ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาด้านหลักสูตร ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการที่ปรึกษา

..... ประธาน

..... กรรมการ

คณะกรรมการสอบ

..... ประธาน

..... กรรมการ

..... กรรมการ

ประกาศศุภกการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ โดยได้รับความช่วยเหลือและการให้คำแนะนำ
อย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สมจิต สวตนไพญลย์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วัฒนา วิชาลาภรณ์ กรรมการที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. ชุตินา วัฒนศิริ
และอาจารย์ ดร. โกศล มีคุณ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอกราบขอบพระคุณ
เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ยุพา วีระไวทยะ อาจารย์สมนึก พวงกลิ่น
อาจารย์วิสูตร รอดเชื้อ อาจารย์อุจน์ มณีคำ และอาจารย์พิชิต อ่วมจันทร์ ที่กรุณา
ตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการ ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ หัวหน้าหมวดวิชา
วิทยาศาสตร์ และคณะอาจารย์ที่สอนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสุราษฎร์รังสฤษดิ์
และขอขอบคุณนักเรียนชั้น ม. 3 ที่อำนวยความสะดวกและให้ความร่วมมือในการทดลองงานวิจัย
เป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และขอบคุณอาจารย์สุนทรี คันดิกันท์ ที่ทำให้
ความช่วยเหลือและ เป็นกำลังใจอย่างดียิ่งตั้งแต่ต้นจนสำเร็จการศึกษา

วินัย เทียมเมือง

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการค้นคว้า	5
	ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	5
	ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	5
	นิยามศัพท์เฉพาะ	6
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
	การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้	12
	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	19
	ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ เพียเจต์ กับความคิดอย่างมีเหตุผล ..	25
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์	38
	งานวิจัยที่เกี่ยวกับพัฒนาการทางสติปัญญาตามทฤษฎีของ เพียเจต์	42
	งานวิจัยเกี่ยวกับพัฒนาการทางสติปัญญาตามทฤษฎีของ เพียเจต์ กับ	
	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	44
	งานวิจัยเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับพัฒนาการทาง	
	การคิดและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	47
	สมมติฐานในการศึกษาค้นคว้า	51
3	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	52
	ประชากร	52
	กลุ่มตัวอย่าง	52
	วิธีเลือกกลุ่มตัวอย่าง	52

เนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง	54
ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง	54
แบบแผนของการวิจัย	54
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	55
การสร้างและการทดลองใช้เครื่องมือ	57
วิธีดำเนินการทดลอง	60
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	62
 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	 65
 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	 82
ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	82
สมมติฐานในการศึกษาค้นคว้า	82
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	83
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า	84
วิธีดำเนินการทดลอง	84
การวิเคราะห์ข้อมูล	85
สรุปผลการทดลอง	85
อภิปรายผล	87✓
ข้อสังเกตเกี่ยวกับการศึกษาค้นคว้า	95
ข้อเสนอแนะ	96
ข้อเสนอแนะในการเรียนการสอน	96
ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัย	96

บทที่

หน้า

บรรณานุกรม 98

ภาคผนวก 105

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 กลุ่มตัวอย่าง แบ่งตามระดับความสามารถทางการเรียน	53
2 แบบแผนการทดลอง แบบกลุ่มทดลอง -- กลุ่มควบคุมได้จากการสุ่มและ มีการสอบก่อนและสอบหลัง	54
3 แบบแผนการทดลองแบบแฟคตอเรียล	55
4 สรุปขั้นตอนการสอน	61
5 สถิติพื้นฐาน และค่านัยสำคัญของการทดสอบการคิดอย่างมีเหตุผลก่อน เรียนและหลังเรียน ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	66
6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการคิดอย่างมีเหตุผลภายหลัง การเรียนโดยพิจารณาจากวิธีสอน และความสามารถทางการเรียนของ กลุ่มตัวอย่าง	67
7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนน การคิดอย่างมีเหตุผลระหว่างนักเรียน ที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ	69
8 สรุปผลรวมทั้งหมดเมื่อเกิดปฏิสัมพันธ์ของ Two - Way ANOVA จาผลการ ทดสอบผลที่เกิดขึ้นของแต่ละองค์ประกอบในระดับต่าง ๆ	70
9 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดอย่างมีเหตุผลตามระดับ ความสามารถทางการเรียน เมื่อทดสอบด้วยวิธีสอบ A_1	71
10 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดอย่างมีเหตุผลตามระดับ ความสามารถทางการเรียน เมื่อทดสอบด้วยวิธีสอบ A_2	73
11 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียน กลุ่มที่มีความสามารถทางการเรียนสูง (B_1) เมื่อทดลองสอนด้วยวิธี สอน 2 วิธี	74

12	ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดอย่างมีเหตุผลของ นักเรียนกลุ่มที่มีความสามารถทางการเรียนปานกลาง (B_2) เมื่อ ทดลองสอนด้วยวิธีสอน 2 วิธี	75
13	ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดอย่างมีเหตุผลของ นักเรียนกลุ่มที่มีความสามารถทางการเรียนต่ำ (B_3) เมื่อทดลอง สอนด้วยวิธีสอน 2 วิธี	76
14	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ภายหลังการเรียน โดยพิจารณาจากวิธีสอนและ ความสามารถทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง	78
15	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ระหว่างนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ	80

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แผนภูมิการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้	17
2 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีสอนกับระดับความสามารถทางการเรียน	77

ภูมิหลัง

ภารกิจหลักของครูในการจัดการเรียนการสอนก็คือ ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ การเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ นั้นว่าสำคัญและจำเป็นต่อการพัฒนาบุคคลให้มีประสิทธิภาพ มากยิ่งขึ้น ทั้งนี้เพราะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีส่วนช่วยปรับปรุงคุณภาพชีวิตให้ดีขึ้น ทั้งนี้ นิคา สะเพียรชัย (นิคา สะเพียรชัย 2521 : 5) ได้กล่าวว่า วิชาวิทยาศาสตร์ ช่วยพัฒนาให้คนเป็นคนมีเหตุผล ใจกว้าง ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ชื่อสัตย์ต่อตนเอง เพื่อนร่วมงาน และต่อสังคม มีความขยันหมั่นเพียร ไม่ย่อหือต่อการแก้ปัญหา

สำหรับการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรปัจจุบัน นอกจาก จะต้องการให้นักเรียน เรียนรู้เนื้อหาที่เป็นความรู้ ซึ่งได้แก่ ข้อเท็จจริง มโนคติ กฎ หลักการ ทฤษฎี และสมมติฐานแล้ว ยังจำเป็นให้นักเรียนมีประสบการณ์ในการใช้ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการสืบเสาะหาความรู้เหล่านั้นด้วยตนเองควบคู่ไปด้วย ทั้งนี้เพื่อให้นักเรียนเป็นผู้ที่คิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาได้ (ปรีชา วงศ์ชูศิริ 2526 : 2)

การคิดเป็น นั้นว่าเป็นส่วนสำคัญในการแก้ปัญหา ดังนั้นการคิดจึงต้องคิดอย่างมีเหตุผล สมดังที่ท่านพุทธทาสภิกขุ (พุทธทาสภิกขุ 2517 : 41 - 42) ได้กล่าวไว้ว่า การมี เหตุผลที่ดีเป็นคุณค่าแห่งความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ เพราะเหตุผลเป็นสิ่งที่ช่วยให้บุคคลค้นพบ ความจริง อันจะเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต

การพัฒนาการทางด้านความคิดนั้น เพียเจต์ (ดวงเดือน ศาสตร์ภักดิ์ 2520 : 70 - 71 อ้างอิงมาจาก Barry Wadsworth) ได้สรุปแบ่งขั้นของการพัฒนาการทาง การคิดไว้เป็น 4 ขั้น โดยสรุปดังนี้

ขั้นของการรับรู้ด้วยประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหว (The period of Sensory - motor intelligence) ช่วงอายุ 0 - 2 ปี พฤติกรรมของเด็กจะอยู่ใน รูปการเคลื่อนไหวขั้นพื้นฐาน

ขั้นของการคิดก่อนปฏิบัติการ (The period of preoperational thought) ช่วงอายุ 2 - 7 ปี มีพัฒนาการทางภาษาและพัฒนาการทางการคิดอย่างมีพลังกับเกิดขึ้น

ขั้นของการคิดด้วยรูปธรรม (The period of concrete operations) ช่วงอายุ 7 - 11 ปี ในช่วงนี้เด็กสามารถพัฒนาการคิดที่อยู่ในรูปเหตุผลทางตรรกศาสตร์ มาใช้ในการแก้ปัญหาที่สามารถมองเห็นจับต้องได้

ขั้นของการคิดห้านามธรรม (The period of formal operations) ช่วงอายุ 11 - 15 ปี เป็นช่วงที่โครงสร้างทางการคิดของเด็กพัฒนาเจริญเต็มที่ สามารถใช้เหตุผลทางตรรกศาสตร์แก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ ทั้งปัญหาที่มองเห็นจับต้องได้ และปัญหาที่มองไม่เห็นจับต้องไม่ได้

ในขั้นปฏิบัติการด้วยนามธรรมนี้ (Formal Operation) เพียเจต์ ได้กล่าวว่า เด็กสามารถใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ และสร้างสมมติฐานในการแก้ปัญหา โครงสร้างทางสมอง (Schema) เป็นโครงสร้างใหม่ ๆ ที่ถูกสร้างขึ้นได้แก่ โครงสร้างที่เกี่ยวกับสัดส่วน และการสมมูลย์ของของเหลว การเคลื่อนที่สัมพันธ์ของวัตถุและความน่าจะเป็น (Piaget and Inhelder. 1969 : 140 - 144)

จากแนวความคิดตามทฤษฎีของ เพียเจต์นี้ จรรยา สุวรรณทัต (จรรยา สุวรรณทัต 2519 : 2 - 3) ได้กล่าวถึงการพัฒนาทางสติปัญญาและความคิดของเด็กไทย ปรากฏว่า เด็กไทยมีพัฒนาขึ้นตอนทางสติปัญญาช้ากว่าเด็กยุโรปตะวันตกประมาณ 2 - 3 ปี สาเหตุที่ทำให้พัฒนาการทางสติปัญญาและความคิดแตกต่างกัน ส่วนหนึ่งเป็นเพราะประสบการณ์ที่นักเรียนได้รับจากโรงเรียน มักจะไม่ค่อยเลือกเนื้อหาที่จะพัฒนาความคิด กล่าวคือ ครูไม่ให้นักเรียนได้ฝึกคิด แต่มักจะสอนเน้นไปในด้านจดจำข้อเท็จจริงต่าง ๆ จึงทำให้เด็กขาดทักษะในการคิดแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยเฉพาะเหตุผลทางตรรกศาสตร์

✱ ในปัจจุบันการสอนวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนควรมุ่งให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เพราะทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติ และฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ (ทพวงมหาวิทยาลัย 2525 : 58 - 59) แต่ปรากฏว่าการสอนในปัจจุบันจริง ๆ ผู้สอนยังยึดเนื้อหาความรู้มากเกินไป และขาดการเน้นทักษะกระบวนการ

ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่ง กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ (กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ 2525 : 113) ได้อภิปรายผลการวิจัยเรื่อง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษา โดยดูจากคะแนนที่เด็กทำข้อสอบทักษะได้ต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของคะแนนรวม แสดงว่าเด็กยังไม่ได้รับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เท่าที่ควร เหตุผลประการหนึ่งมาจากครูผู้สอนยึดเนื้อหามากเกินไปและสอนทักษะเท่าที่มีอยู่ในหนังสือแบบเรียนและคู่มือครู ไม่ได้ชี้ให้นักเรียนเห็นถึงการนำทักษะเหล่านั้นไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

* จากเหตุผลดังกล่าว ทำให้มีแนวคิดว่า หากจะมีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่มุ่งให้นักเรียนหัดคิด โดยเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก็จะเป็นการเพิ่มความสามารถและคุณภาพของนักเรียน ในอันที่จะศึกษาเล่าเรียนได้ดีขึ้น การสอนเพื่อพัฒนาความคิดแก่นักเรียนให้มีผู้ทดลองใช้วิธีการหลายวิธี เช่น จรรจา สุวรรณทัต (จรรจา สุวรรณทัต 2519 : 14) ได้ทดลองสอนสิ่งกับวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์แก่เด็กไทยระดับ 7 - 8 ขวบพบว่าเด็กที่ได้รับการสอนสิ่งกับทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (กลุ่มทดลอง) จะให้คะแนนในการทำแบบทดสอบของเพียเจต์สูงกว่าเด็กที่ไม่ได้รับการสอน (กลุ่มควบคุม) รัชธกร บุญช่วย (รัชธกร บุญช่วย 2522 : 32) ได้ใช้เกมและปริศนาคณิตศาสตร์สอนเด็กนักเรียนชั้นมัธยมปีที่ 1 (ม. 1) ผลปรากฏว่า นักเรียน ม. 1 มีการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์หลังการทดลองดีกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ ยงยุทธ วงศ์นาม (ยงยุทธ วงศ์นาม 2524 : 40 - 41) ได้ใช้วิธีสอนแบบสืบสวนสอบสวน สร้างพัฒนาการทางความคิดตามทฤษฎีเพียเจต์ กับนักเรียนชั้นประถมปีที่ 2 พบว่าภายหลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีความสามารถในการอนุรักษ์และการจัดรวมประเภทสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และกลุ่มทดลองมีความสามารถในการอนุรักษ์และการจัดรวมประเภทสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกจากนี้ยังพบว่า ความสามารถในการหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันในทางบวก $r = .808$ (สุรินทร์ ผลกล้วย 2524 : 55) อีกประเด็นหนึ่งด้วย

สำหรับการจัดการเรียนการสอนนี้ ผู้วิจัยได้เคยนิเทศการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ของ
 นักศึกษาฝึกสอนในโรงเรียนมัธยม และศึกษาจากหนังสือแบบเรียนและคู่มือครูวิชาวิทยาศาสตร์
 ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่าในบางขั้นตอนของการสอน โดยเฉพาะขั้นตอนการอธิบายก่อนการ
 ทดลอง ครูไม่ได้เน้นทักษะการตั้งสมมติฐาน การให้นิยามเชิงปฏิบัติการ และทักษะการกำหนด
 และควบคุมตัวแปร ซึ่งเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการตามที่สมาคม
 วิทยาศาสตร์ชั้นสูงของสหรัฐอเมริกา หรือ AAAS ได้แบ่งไว้ ซึ่งก็สอดคล้องกับงานวิจัยของ
 สุเทพ อุตสาหะ (Usaha. 1983 : 2305 - A) ได้วิเคราะห์ระดับของความรู้จาก
 คำถามที่มีอยู่ข้างท้ายของแต่ละบทในหนังสือแบบเรียนวิทยาศาสตร์ในชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
 พบว่า มีคำถาม 55.4% เป็นคำถามระดับสูง ที่เน้นเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 ขั้นบูรณาการ แต่พบในชั้น ม. 2 น้อยที่สุด และได้ให้ข้อเสนอแนะว่าควรที่จะเพิ่มจำนวนคำถาม
 ระดับสูงให้มากขึ้นกว่าเดิมในหนังสือแบบเรียน ม. 2 และ ม. 3 โดยเฉพาะคำถามที่เกี่ยวกับ
 ความคิดในระดับสูง เพื่อพัฒนาทักษะที่เกี่ยวกับการคิด วิเคราะห์ และใช้เหตุผล จึงเป็นที่
 ยืนยันได้ว่า การเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์
 มีความสำคัญยิ่ง ที่จะนำไปสู่การคิดอย่างมีเหตุผล และผลสัมฤทธิ์ในการเรียนสูงขึ้นดังที่ ธงชัย
 ชีวรีชา (ธงชัย ชิวรีชา 2521 : 60) ได้ให้ข้อคิดไว้ว่า ทักษะการตั้งสมมติฐาน
 เป็นทักษะที่จะนำไปสู่การค้นพบความรู้ใหม่ของวิทยาศาสตร์และเป็นทักษะที่จำเป็นในการ
 ดำรงชีวิตของมนุษย์ ดังนั้นการฝึกให้นักเรียนตั้งสมมติฐาน จึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งในการสอน
 วิชาวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้

ผู้วิจัยตระหนักถึงแนวการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในชั้นมัธยมศึกษา ซึ่งผู้ที่เรียนในระดับนี้
 ส่วนใหญ่อยู่ในขั้นพัฒนาการทางความคิด จากรูปธรรมไปสู่แบบนามธรรม ควรจะได้รับการกระตุ้น
 และส่งเสริมการคิดอย่างมีเหตุผล จึงสนใจที่จะทำวิจัยเกี่ยวกับเรื่อง การสอนแบบสืบเสาะหา
 ความรู้โดยเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ที่มีต่อการคิดอย่างมีเหตุผลและ
 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ความมุ่งหมายของการค้นคว้า

1. เพื่อศึกษาพัฒนาการด้านการคิดอย่างมีเหตุผล ของนักเรียนที่สอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการกับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท.

2. เพื่อเปรียบเทียบผลของการคิดอย่างมีเหตุผลระหว่างนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ ที่สอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ การสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท.

3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ ที่สอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ การสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท.

ความสำคัญของการค้นคว้า

1. ได้รูปแบบของการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษา ที่ช่วยให้เด็กเกิดการคิดอย่างมีเหตุผล

2. เป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อก่อให้เกิดการคิดอย่างมีเหตุผล และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

3. ผลการศึกษาจะเป็นแนวทางแก่ครูตลอดจนนักศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการสอนวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ประกอบในการพัฒนาเลือกจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ให้เหมาะสมกับระดับความสามารถทางการเรียนของนักเรียน

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. ประชากร เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนคุรุราษฎร์รังสฤษดิ์ อำเภोजอมบึง จังหวัดราชบุรี ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2528 จำนวน 6 ห้องเรียน มีนักเรียนรวมทั้งสิ้น 265 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนคุรุราษฎร์รังสฤษดิ์ อำเภोजอมบึง จังหวัดราชบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2528 จำนวน 2 ห้องเรียน รวม 60 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

2.1 กลุ่มทดลอง 30 คน สอนตามแผนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

2.2 กลุ่มควบคุม 30 คน สอนตามแผนการสอน ตามแนวคู่มือครูของ สสวท.

3. ระยะเวลาในการทดลอง กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ใช้เวลาทดลอง กลุ่มละ 20 คาบ โดยทำการทดลองวันละ 1 คาบ คาบละ 50 นาที สัปดาห์ละ 2 วัน รวมเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

4. เนื้อหาที่นำมาใช้ทดลอง เรื่องการขนส่งและการสื่อสารวิชาวิทยาศาสตร์ จากแบบเรียนเล่ม 6 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของกระทรวงศึกษาธิการ ที่จัดทำโดย สสวท.

5. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ก. ตัวแปรอิสระ ได้แก่

1. วิธีการสอน 2 วิธี คือ

1.1 การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

1.2 การสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท.

2. ความสามารถทางการเรียน

ข. ตัวแปรตาม ได้แก่

1. การคิดอย่างมีเหตุผล

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ผลการสอน หมายถึง ผลที่นักเรียนได้รับหลังจากการสอน ได้แก่

1.1 การคิดอย่างมีเหตุผล

1.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

2. การคิดอย่างมีเหตุผล (Logical reasoning) หมายถึง การกระทำหรือกระบวนการทางสมอง ในอันที่จะลงความเห็นเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงหรือปรากฏการณ์ และสามารถสรุปผลจากเหตุได้ การคิดอย่างมีเหตุผลสามารถแยกออกได้ดังนี้

2.1 การคิดอย่างมีเหตุผลแบบสัดส่วน (proportional reasoning) หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล 2 จำนวน ที่เป็นสัดส่วนกัน

2.2 การคิดอย่างมีเหตุผลแบบผสม (Combinatorial reasoning) หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาเหตุผลอย่างมีระบบ โดยรวบรวมตัวประกอบหรือเหตุผลที่อาจเป็นไปได้ เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา

2.3 การแยกและการควบคุมตัวแปร (Separation and control of Variables) หมายถึง ความสามารถในการแยกตัวแปรหรือตัวประกอบตัวหนึ่งออกจากตัวแปรอื่น ๆ และพิจารณาถึงผลที่เกิดขึ้นในขณะที่มีการควบคุมตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.4 การอ้างเหตุผลเชิงตรรกวิทยา (Syllogism) หมายถึง การใช้เหตุผลที่ประกอบด้วยข้อความ (Premise) 2 ประการ และข้อสรุปว่า ข้อความที่ให้มานั้นเป็นจริงหรือสมเหตุสมผลหรือไม่

2.5 การสันนิษฐานความเป็นเหตุเป็นผล (propositional Thinking) หมายถึง การให้เหตุผลอธิบายปัญหาที่ต้องพิสูจน์ หรือจากใจหาย โดยการคิดคาดการณเป็นขั้น ๆ มีการควบคุมตัวแปรหนึ่งไว้ แล้วใช้ตัวแปรอื่น ๆ เป็นตัวทดลองไปเรื่อยจนสามารถหาคำตอบได้

2.6 การตั้งสมมติฐานเชิงใช้เหตุผลแบบอนุมาน (Hypothetical deductive Reasoning) หมายถึง การให้เหตุผลแบบคาดคะเนในคำตอบล่วงหน้า เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาโดยการนำหลักการใหญ่ที่เก็บประสบการณ์เดิมไปสัมพันธ์กับหลักการย่อย

การศึกษายังมีเหตุผลนี้ วัดได้จากคะแนนการทำแบบทดสอบการศึกษายังมีเหตุผลของ Burney. (Sund. 1976 : 165 - 173 อ้างอิงมาจาก Burney. 1974) เป็นข้อสอบที่วัดระดับสติปัญญาการเรียนรู้มีความเชื่อมั่นสูง (.825) ต่อมา ดร. มุหา วีระไวทยะ ได้ดัดแปลงเป็นภาษาไทย และ ณรงค์ พ่วงศรี ได้นำมาปรับปรุงอีกครั้งหนึ่ง (ณรงค์ พ่วงศรี 2525 : 80 - 90)

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ความสามารถในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งวัดได้จากการตอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยวัดความสามารถด้านต่าง ๆ 4 ด้าน คือ

3.1 ความรู้ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ศัพท์วิทยาศาสตร์ สิ่งกับ (concept) ข้อตกลง ลำดับขั้นและแนวโน้มการจัดจำพวก ประเภท และเกณฑ์ต่าง ๆ เทคนิคและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์ หลักการกฎเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์และทฤษฎี

3.2 ด้านความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถจำแนกหรืออธิบายความรู้ได้เมื่อปรากฏในรูปใหม่ และแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกลักษณะหนึ่ง

3.3 ด้านการนำความรู้ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ที่แตกต่างออกไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

3.4 ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการคิดและฝึกปฏิบัติทักษะการสังเกต การจัดกระทำ และการสื่อความหมายข้อมูล การลงความเห็นข้อมูล การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การตีความหมายข้อมูล และการลงข้อสรุป การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การออกแบบการทดลองและควบคุมตัวแปร การคำนวณ และการทดลอง

4. การสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. หมายถึง การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้กิจกรรมที่สำคัญคือ การอภิปราย การถามตอบและการทดลอง ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

4.1 ขั้นตอนิปรายก่อนการทดลอง

4.1.1 อภิปรายปัญหา

4.1.2 อภิปรายจุดมุ่งหมายของการทดลอง

4.1.3 อภิปรายวิธีทดลอง

4.1.4 อภิปรายข้อควรระวังในขณะทำการทดลอง

4.2 ขั้นตอนทดลอง

ทำการทดลองตามทีกำหนดไว้ในแบบเรียน

4.3 ขั้นตอนิปรายหลังการทดลอง

นำผลที่ได้จากการทดลองมารวมกันอภิปรายเพื่อสรุปเป็นความรู้ใหม่

5.) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถที่เกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบในการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหาจนเกิดความรู้ความเข้าใจแล้วคล่อง จำแนกออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่ ทักษะขั้นพื้นฐาน และทักษะขั้นบูรณาการ (American Association for Advancement of Science. 1970 : 35 - 176)

ทักษะขั้นบูรณาการประกอบด้วย 5 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะประมวลผลและการตีความหมายข้อมูล ทักษะการออกแบบการทดลอง

6.) การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หมายถึง การสอนที่มีกิจกรรมคล้ายกับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสท. และเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการทั้ง 5 ทักษะ กล่าวคือ (สมจิต สวทนไญุลย์ 2526 : 64 - 66 อ้างอิงมาจาก AAAS. 1970 : 35 - 176)

ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึง การคาดการณ์ว่าตัวแปรต่าง ๆ จะมีความสัมพันธ์กันอย่างไร เป็นการสรุปคำอธิบายโดยอาศัยการสังเกตหรือการสรุปอ้างอิงเป็นพื้นฐาน

ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

การกำหนดตัวแปร หมายถึง การแยกตัวแปรต่าง ๆ ออกเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรอื่น ๆ ที่ต้องควบคุม

การควบคุมตัวแปร หมายถึง การพยายามทำให้สรุปได้ว่าผลการทดลอง (ตัวแปรตาม) เป็นผลมาจากตัวแปรต้นโดยการควบคุมตัวแปรอื่น ๆ ที่อาจมีผลต่อตัวแปรตาม

ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การให้ความหมายของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ในรูปที่สังเกต วัด คือนำมาปฏิบัติการได้และบอกด้วยว่า ในสถานการณ์หนึ่ง ๆ จะมีวิธีสังเกต หรือวิธีวัดสิ่งนั้นได้อย่างไร

ทักษะการออกแบบการทดลอง หมายถึง การกำหนดโครงการทดลอง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลมาทดสอบสมมติฐานโดยคำนึงถึง

1. นิยามปฏิบัติการของตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
2. การควบคุมตัวแปรต่าง ๆ

ทักษะการประมวลผล และการตีความหมายข้อมูล

การประมวลผลข้อมูล หมายถึง การรวบรวมข้อมูลให้อยู่ในรูปของตาราง ข้อความ หรือข้อความกึ่งตารางหรือกราฟและการคำนวณค่าสถิติพื้นฐานจากข้อมูล

การตีความหมายข้อมูล หมายถึง การบอกความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ จากข้อมูลที่ประมวลผลมาแล้ว หรือการให้ความหมายของข้อมูลเชิงปริมาณเป็นเชิงคุณภาพ

✓ การสอนโดยเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ประกอบด้วย
ขั้นตอนการสอนดังนี้

6.1 ขั้นตอนการทบทวนก่อนการทดลอง

ครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนดังนี้

- 6.1.1 ระบุนิยามจากสถานการณ์ที่กำหนดให้
- 6.1.2 ตั้งสมมติฐานเกี่ยวข้องกับปัญหา
- 6.1.3 เลือกสมมติฐานที่เหมาะสม
- 6.1.4 กำหนดและควบคุมตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสมมติฐาน
- 6.1.5 กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ
- 6.1.6 ออกแบบการทดลอง เพื่อทดสอบสมมติฐาน

6.2 ชั้นทดลอง

ปฏิบัติการทดลองตามที่กำหนดไว้ในแบบเรียน

6.3 ชั้นอภิปรายหลังการทดลอง

6.3.1 นำผลที่ได้จากการทดลองมาดำเนินการประมวลผลและตีความหมายข้อมูล เพื่อลงข้อสรุป

6.3.2 อภิปรายเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน

6.3.3 สรุปผลที่ได้เป็นความรู้ใหม่

7. หัตถ์มาการทางด้านการคิดอย่างมีเหตุผล หมายถึง การเปลี่ยนแปลงความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเป็นไปในลักษณะคิดได้ดียิ่งขึ้น มีประสิทธิภาพขึ้นกว่าเดิม การเปลี่ยนแปลงดังกล่าว วัดได้จากผลต่างของคะแนนก่อนสอนและหลังสอน ด้วยข้อสอบการคิดอย่างมีเหตุผล

8. ความสามารถทางการเรียน หมายถึง ระดับความสามารถของนักเรียนในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยถือเกณฑ์ที่นักเรียนมีคะแนนในวิชาวิทยาศาสตร์ (ว. 306) จากการวัดผลในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2528 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งนักเรียนได้เรียนซึ่งนักเรียนได้เรียนผ่านไปแล้ว โดยจัดแบ่งเป็น 3 ระดับ ดังนี้

ความสามารถทางการเรียนสูง หมายถึงคะแนนผลการสอบอยู่ในเกรด 3, 4

ความสามารถทางการเรียนปานกลาง หมายถึงคะแนนผลการสอบอยู่ในเกรด 2

ความสามารถทางการเรียนต่ำ หมายถึงคะแนนผลการสอบอยู่ในเกรด 1, 0

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันนี้มีการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์มากในระดับมัธยมศึกษาของไทย โดยเฉพาะในต่างประเทศซึ่งมีการศึกษาและวิจัยอย่างกว้างขวาง ผู้วิจัยได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัย ดังจะขอเสนอข้อมูลเป็นหมวดหมู่ตามลำดับของความเกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า ดังต่อไปนี้

1. การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้
2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
3. ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ กับการคิดอย่างมีเหตุผล
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
5. งานวิจัยที่เกี่ยวกับพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์
6. งานวิจัยที่เกี่ยวกับพัฒนาการทางสติปัญญาตามทฤษฎีของเพียเจต์กับผลสัมฤทธิ์

ทางการเรียน

7. งานวิจัยที่เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับพัฒนาการทางการคิดและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

การเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น ปีพุทธศักราช 2521 มีจุดประสงค์ดังต่อไปนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ 2520 : 45)

1. เพื่อให้เกิดความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีขั้นพื้นฐานของวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เกิดความเข้าใจในลักษณะขอบเขตและวงจำกัดของวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้เกิดทัศนคติที่ดีทางวิทยาศาสตร์
4. เพื่อให้เกิดทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์
5. เพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงอิทธิพลของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อมวลมนุษยและ

สภาพแวดล้อม

จากจุดประสงค์ดังกล่าว การจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันจึง
 หวังให้ผู้เรียน ได้รับความรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง ทั้งนี้
 เพื่อให้ผู้เรียนรู้จักคิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง รู้จักใช้กระบวนการทาง
 ความคิดในการแสวงหาความรู้ การเรียนจะต้องสอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
 และความต้องการของสังคมยุคปัจจุบันและเตรียมพร้อมเพื่ออนาคตด้วย/การเรียนรู้จะเกิดผลดี
 ที่สุดจะต้องจัดให้เหมาะกับระดับพัฒนาการของเด็ก ตามผลงานของนักศึกษานักจิตวิทยาที่สำคัญ
 เช่น เพียเจต์ บรูเนอร์ (มังกร ทองสุยดี 2521 : 35) ซึ่งกระบวนการสืบเสาะหา
 ความรู้ (Inquiry) ทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการหนึ่งที่ถูกนำมาใช้สอนในระดับชั้น
 มัธยมศึกษาในปัจจุบัน โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Method) เป็นวิธีที่มุ่งให้ผู้เรียนได้
 สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของกระบวนการ
 สืบเสาะหาความรู้ในแง่มุมต่าง ๆ กันดังนี้

คารินและซันด์ (Carin and Sund. 1975 : 97 - 104) ได้ให้ความหมาย
 ของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ว่า เป็นการให้กระบวนการทางสมองของตนเองค้นหาความรู้
 ในลักษณะการกระทำกิจกรรมเหมือนผู้ใหญ่ (Maturing adult) ในการแก้ปัญหา โดย
 การตั้งสมมติฐานและออกแบบการทดลอง เพื่อหาวิธีการต่าง ๆ สืบเสาะถึงปรากฏการณ์
 ความสัมพันธ์ต่าง ๆ ของธรรมชาติ การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีพื้นฐานมาจากการค้นพบ
 (Discovery) ซึ่งเป็นกระบวนการทางสมองในการกระตุ้นความคิดรวบยอดและหลักการ
 ต่าง ๆ เหมาะสมสำหรับการสอนในระดับประถมศึกษา สำหรับชั้นมัธยมศึกษาเน้นการค้นพบ
 (Discovery) จะเป็นพื้นฐานของความรู้ที่มั่นคง ที่จะเรียนในชั้นสูง ๆ ซึ่งวัสดุอุปกรณ์
 ต่าง ๆ ก็จะมีการออกแบบโดยเน้นการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) ซึ่ง
 พฤติกรรมของเด็กจะออกมาในรูปการคิดปัญหาขึ้นมาเอง ออกแบบการทดลองและรวบรวมข้อมูล
 ด้วยตนเอง ซึ่งความสำเร็จของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ จะต้องขึ้นอยู่กับสิ่งต่อไปนี้คือ
 ระดับการพัฒนาทางสติปัญญาของนักเรียนและสมรรถภาพของครู

ขั้นตอนการศึกษานักวิทยาศาสตร์

1. พบปัญหา
2. ตั้งสมมติฐาน
3. ออกแบบการทดลอง
4. ดำเนินการทดลอง
5. สังเคราะห์ความรู้
6. เกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์

ลักษณะการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

1. เน้นตัวผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง
2. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้จะสร้างให้นักเรียนเกิดมโนคติด้วยตนเอง

(Self - Concept)

3. เพิ่มระดับความคาดหวังให้นักเรียน หลังจากที่ได้ผู้เรียนได้ประสบความสำเร็จในระดับหนึ่งแล้ว

4. การเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ เราสามารถพัฒนาความสามารถพิเศษเฉพาะตัวได้ เช่น การวางแผนทางสังคม ความคิดสร้างสรรค์ และความสามารถทางวิชาการ ซึ่งต้องอาศัยความเป็นอิสระและมีโอกาสคิด

5. การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้จะหลีกเลี่ยงการเรียนรู้จากการบอกเล่าหรือการบรรยาย แต่จะเน้นกิจกรรมการทดลองให้ผู้เรียนค้นพบด้วยตนเอง

6. การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้จะมีเวลาให้นักเรียนคิด ถูกรื้อ และปรับปรุงความรู้ใหม่เพื่อการเรียนรู้

ซันด์ (Sund. 1973 : 37) กล่าวว่า การสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) เป็นการค้นหาความรู้โดยเน้นวิธีการได้มาซึ่งความรู้มากกว่าตัวของความรู้ ซึ่งเป็นผลผลิตของการศึกษาค้นคว้า ดังนั้นการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้จะเป็นการช่วยให้นักเรียนได้วางแผนและกำหนดวิธีการค้นคว้าหาความรู้เอาเอง ในที่สุดนักเรียนก็จะได้ค้นพบความรู้ที่เป็นคำตอบ ซึ่งจะตรงกับเจตนารมณ์ที่แท้จริงของวิทยาศาสตร์ เพราะนักวิทยาศาสตร์ก่อนที่จะได้ตัวความรู้วิทยาศาสตร์ ก็ต้องใช้กระบวนการทางความคิดหลายอย่าง

จากความหมายของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ดังกล่าวแล้ว มีนักการศึกษา
หลายท่านได้กำหนดขั้นตอนในการเรียนการสอนไว้เป็นแนวทางดังนี้

ซันด์ และโทรบริจ (Sund and Trowbridge. 1973 : 63) ได้กำหนด
ขั้นตอนในการสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1. ใช้คำถามเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ
2. กำหนดปัญหา
3. สร้างสมมติฐาน
4. ออกแบบการทดลอง
5. ปฏิบัติการทดลอง
6. สรุปผลเป็นความรู้

เอเซป (ASEP) (Australian Science Education Project.
1974 : 81) ได้กำหนดขั้นตอนของการสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1. สร้างสถานการณ์ที่ก่อให้เกิดการสืบเสาะหาความรู้
2. ค้นคว้าแก้ปัญหาที่ต้องการสืบเสาะหาความรู้
3. สรุปผลการสืบเสาะหาความรู้

ในขั้นตอนทั้ง 3 ข้างต้น จะต้องอาศัยการกำหนดและนิยามปัญหาและการค้นคว้า
เพื่อแก้ปัญหา แทรกอยู่ระหว่างขั้นตอนทั้ง 3 ด้วย

สุวัณท์ นิยมคำ (สุวัณท์ นิยมคำ 2517 : 125) กล่าวว่า การสอนแบบ
สืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีที่ยกผู้เรียนได้วางแผน และกำหนดวิธีการค้นคว้าหาความรู้
เอาเอง เป็นการสร้างผู้นำ เป็นการสอนตรงตามเจตนารมณ์ที่แท้จริงของวิทยาศาสตร์
เพราะนักวิทยาศาสตร์ก่อนที่จะได้ตัวความรู้ก็ใช้กระบวนการคิดหลายอย่าง

ลักษณะของการจัดกิจกรรมสำเร็จรูปสำหรับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

1. ครูกำหนดปัญหา
2. เสนอแนะวิธีรวบรวมข้อมูล
3. ให้นักเรียนรวบรวมข้อมูลตามข้อ 2
4. เมื่อรวบรวมข้อมูลแล้วให้นักเรียนจัดทำตารางและเขียนกราฟตามที่ครูบอก

5. ตั้งคำถามที่ต้องการไว้ แล้วให้นักเรียนตอบโดยใช้ข้อมูลข้างต้น

6. ให้นักเรียนสรุปคำตอบของปัญหา อภิปรายหน้าชั้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้กำหนดขั้นตอนในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้ (ประวิตร ชูศิลป์ 2524 : 5 - 6)

1. การอภิปรายก่อนการทดลอง (Pre - lab discussion) เป็นขั้นที่ผู้สอนจะใช้คำถามต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอยากรู้ อยากเห็น คิด สงสัย หรือเป็นการแนะแนวทางในการทดลอง รวมถึงการออกแบบการทดลอง เพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ก่อนปัญหา

2. การให้นักเรียนปฏิบัติการทดลอง (Experimental period) เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะลงมือปฏิบัติการทดลอง ผู้สอนจะคอยควบคุม และให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด คอยกระตุ้นสนับสนุน และเป็นพี่ปรึกษาอยู่ด้วย นักเรียนจะเก็บรวบรวมข้อมูล

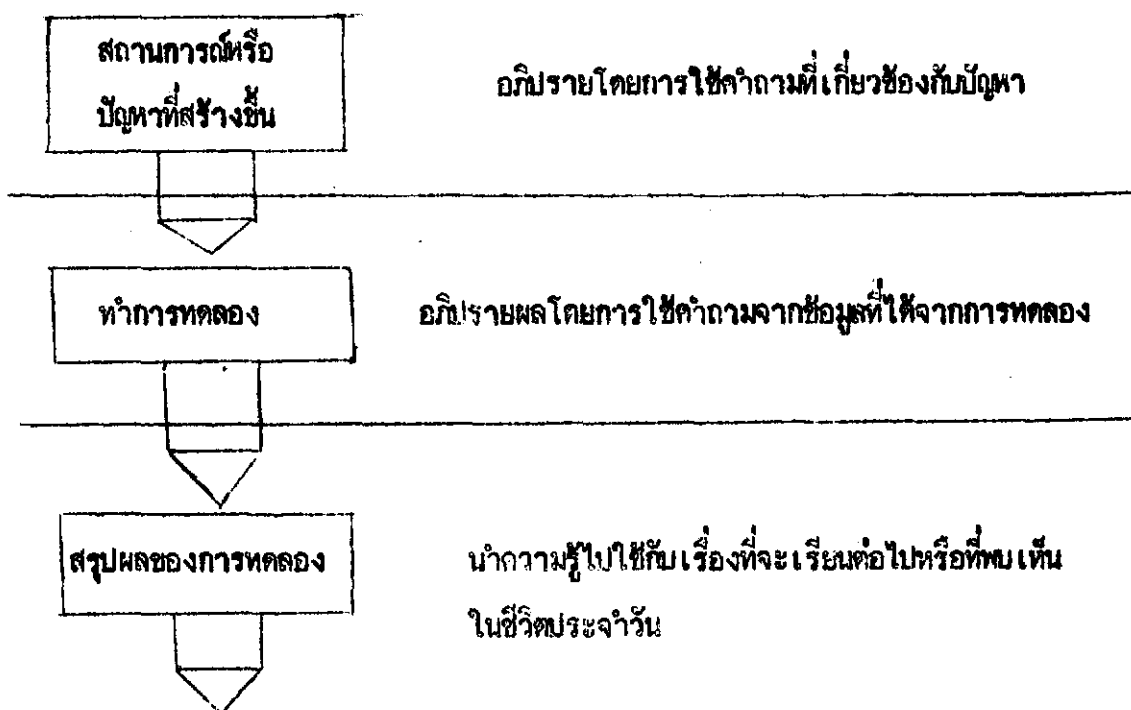
3. การอภิปรายหลังการทดลอง (Post - lab discussion) เป็นขั้นที่ผู้สอนจะต้องใช้คำถามเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถใช้ข้อมูลจากการทดลองที่รวบรวมไว้มาสรุปเป็นความรู้ รวมทั้งอภิปรายข้อผิดพลาดของการทดลองที่อาจเป็นไม่ได้ คำถามต่าง ๆ ที่ผู้สอนใช้ตอนนี้ นอกจากจะช่วยให้ นักเรียนสรุปผลการทดลองได้แล้ว ยังจะช่วยให้นักเรียนอยากรู้ อยากเห็น มีแนวคิดอย่างกว้างขวางยิ่งขึ้น

ไชศรี อารณวิทย์ และเบญจวรรณ กองศิริ (ไชศรี อารณวิทย์ และเบญจวรรณ กองศิริ 2525 : 5 - 7) กล่าวว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นการสอนที่จะทำให้การเรียนการสอนสัมฤทธิ์ผล โดยผู้เรียนได้มีโอกาสพัฒนาความคิดและได้รับการปลูกฝังทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมที่สำคัญดังนี้

1. การทดลอง การทดลองจะมีอยู่ในแผนเรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นคุณสมบัติพื้นฐานในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง

2. การใช้คำถาม เป็นวิธีการอย่างหนึ่งที่จะช่วยให้การเรียนชวนให้คิดได้ ทำให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะต่าง ๆ

การสอนที่ที่จะต้องมีการนำเข้าสู่บทเรียน เพื่อให้นักเรียนเกิดความพร้อมที่จะเรียน สามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ เกิดความสนใจและกระตือรือร้นที่จะเรียน การสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นวิธีที่มุ่งให้ผู้เรียนได้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งประกอบด้วย การอภิปรายและการทดลอง ก็ควรจะสอดแทรกการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยทุกครั้งของการสอน การอภิปรายถือเป็นกิจกรรมที่สำคัญในการศึกษา และปลูกฝังให้ผู้เรียนรู้จักใช้ความคิดของตนเอง ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่นในแง่ของเหตุผล ไม่เชื่ออะไรง่ายๆ ส่วนการทดลองเป็นหัวใจของการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เพราะเป็นแกนนำไปสู่การฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ของผู้เรียน นอกจากนี้ยังฝึกให้นักเรียนรู้จักการทำงานเป็นกลุ่ม เป็นผู้นำและผู้ตามที่ดีในบางโอกาส เพื่อความเข้าใจโครงสร้างของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ อาจเขียนเป็นภาพประกอบให้ดังนี้ (ทบทวนมหาวิทยาลัย 2525 : 116 - 118)



ภาพประกอบ 1 แผนภูมิการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

จะเห็นได้ว่ากิจกรรมการอภิปรายนำเข้าสู่การทดลอง และอภิปรายเพื่อสรุปผล การทดลองนั้น ผู้สอนจำเป็นจะต้องอาศัยความรู้เกี่ยวกับการใช้คำถาม เพื่อให้นักเรียนรู้จักคิดหาความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์ที่สร้างขึ้นกับเรื่องที่จะทดลอง และข้อมูลที่ได้จากการทดลอง กับผลสรุปในการอภิปรายคำถามนั้น นักเรียนอาจใช้คำถาม ตามครูหรือถามนักเรียนด้วยกัน นอกจากนั้นนักเรียนยังสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการเรียนเรื่องต่อไป เพื่อนำไปใช้ในชีวิประจำวันได้

ขั้นตอนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

1. สร้างสถานการณ์หรือปัญหาจากเรื่องให้สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. ใช้คำถามในการอภิปรายเพื่อนำไปสู่แนวทางหาคำตอบของปัญหาข้างต้น
3. ใช้คำถามเพื่อนำไปสู่การออกแบบการทดลอง เทคนิคการทดลอง และ

ความปลอดภัยในการใช้อุปกรณ์

4. ดำเนินการทดลอง และบันทึกผลการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน
5. ใช้คำถามในการอภิปรายเพื่อสรุปผลการทดลอง

การสอนวิทยาศาสตร์หลายวิธี ทุกวิธีมุ่งที่จะสอนให้ผู้เรียนได้รับความรู้และทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตร มัธยมศึกษาตอนต้น ปีพุทธศักราช 2521 ทางสถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้กำหนดให้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Method) เป็นวิธีหนึ่งในการเรียน การสอนระดับมัธยมศึกษา

จากการศึกษากระบวนการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้จากเอกสารดังกล่าว แล้วข้างต้น พิจารณาแล้วจะเห็นได้ว่ามีส่วนที่คล้ายคลึงกันในส่วนที่สำคัญคือ มุ่งให้นักเรียนเป็นคนช่างสังเกต ช่างคิดหาเหตุผล ค้นคว้าเพื่อตอบปัญหาด้วยตนเอง นักเรียนต้องทำการทดลอง เพื่อรวบรวมข้อมูล และนำไปสู่การสรุปผลการแก้ปัญหา แล้วนำความรู้ใหม่ไปใช้ทั้งนี้จะใช้ กิจกรรมใหญ่ที่เป็นหลัก 2 อย่าง คือการทดลองและการอภิปราย ซึ่งจะใช้คำถามเป็นหลัก

ขั้นตอนในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้หรือสรุปได้ดังนี้

1. สร้างสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา
2. มีการปฏิบัติการเพื่อแก้ปัญหา
3. มีการสรุปผลการแก้ปัญหา และนำความรู้ไปใช้

ซึ่งก็ตรงกับขั้นตอนการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาของไทย ตามแนวของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ให้กำหนดขั้นตอนในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. อภิปรายก่อนการทดลอง
2. ปฏิบัติการทดลอง
3. อภิปรายหลังการทดลอง

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ประกอบด้วยเนื้อหา หรือตัวความรู้ และกระบวนการในการแสวงหาความรู้ ซึ่งประกอบด้วยทักษะกระบวนการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ จึงเป็นหน้าที่ของครูผู้สอนในระดับมัธยมศึกษาในปัจจุบัน ที่จะต้องมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ทั้งเนื้อหา ทักษะ กระบวนการ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในวิถีประจำวัน จะเห็นได้จากข้อกำหนดการทำงานของวิทยาศาสตร์ดังนี้ (สมจิต สวสนใหญ่ 2526 : 11 - 12)

กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการคิดการกระทำ อย่างมีระบบในการค้นหาความจริง หาความรู้ต่าง ๆ จากปรากฏการณ์ธรรมชาติ และจากสถานการณ์ที่อยู่รอบตัวเรา วิธีการที่ใช้ในการค้นคว้าหาคำตอบมีหลายวิธี แต่ที่นิยมกันได้แก่ วิธีการทางวิทยาศาสตร์

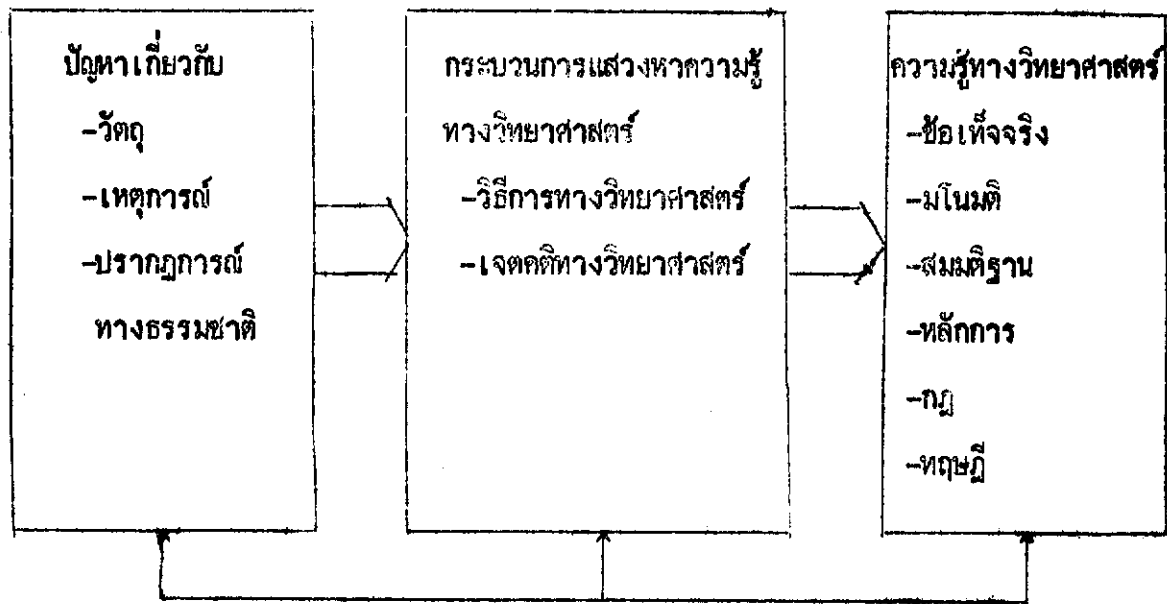
ลำดับขั้นตอนของวิธีการวิทยาศาสตร์ มีดังนี้

1. ระบุปัญหา
2. ตั้งสมมติฐาน

3. พิสูจน์หรือทดลอง

4. สรุปและการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ พอสรุปไว้ในภาพประกอบได้ดังนี้



การใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ค้นหาคำตอบ ต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นทักษะกระบวนการหาความรู้ หรือทักษะกระบวนการแก้ปัญหา มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของคำว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

มาร์แชลล์ เอ เนย์ และคณะ (Marshall A. Nay and Associates. 1971 : 201 - 203) ได้กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นการลำดับกิจกรรมหรือลำดับการปฏิบัติการ ซึ่งกระทำโดยนักวิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติ โดยมีกระบวนการต่าง ๆ ในการจัดเรียงลำดับขั้นตอนการทำงาน

ลีโอพาร์ด อี ครอฟเฟอร์ (Leopold E Klopfer. 1971 : 568 - 573) กล่าวว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

พจน์ สะเพียรชัย (พจน์ สะเพียรชัย 2517 : 49 - 51) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์คือ พฤติกรรมของคนที่แสดงออกถึงความสามารถต่าง ๆ ดังนี้ การสังเกต การวัด การบันทึกข้อมูลและสื่อความหมาย การจัดกระทำข้อมูลและการสรุป การตั้งสมมติฐาน การออกแบบแผนดำเนินการทดลอง การศึกษาคำนวณ และการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติ ซึ่งกระบวนการต่าง ๆ เหล่านี้ได้กระทำด้วยความคล่องแคล่วชำนาญในการเรียนวิทยาศาสตร์ จึงเรียกกระบวนการดังกล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ประหยัศ จันทรขมภู และประสพสันต์ อักษรมัต 2518 : 23 - 24)

พอจะสรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการค้นคว้าทดลองเพื่อหาความรู้ ซึ่งพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและการฝึกฝนความนึกคิดให้เกิดความคล่องแคล่วชำนาญอย่างมีระบบ

สมาคมวิทยาศาสตร์ชั้นสูงของสหรัฐอเมริกา หรือ AAAS (American Association for the Advancement of Science. 1970 : 33 - 176) กล่าวว่าในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ผู้เรียนไม่ควรจะรับเอาแค่ความจริง หรือหลักการเท่านั้น แต่ควรจะได้เรียนรู้ถึงกระบวนการสืบสวนสอบสวนทางวิทยาศาสตร์ด้วย และได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 13 ทักษะ โดยแบ่งเป็นทักษะเบื้องต้น (basic process skill) และทักษะขั้นบูรณาการ (integrated process skill) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ทักษะเบื้องต้น (basic process skill) แบ่งออกเป็น 8 ทักษะดังนี้

1. การสังเกต (observing) หมายถึงการใช้ประสาทสัมผัส ซึ่งได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล คุณลักษณะหรือรายละเอียดของสิ่งของหรือปรากฏการณ์อย่างหนึ่งอย่างใด ทั้งนี้เป็นเชิงปริมาณและคุณภาพ
2. การวัด (measuring) หมายถึงการใช้เครื่องมือต่าง ๆ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล รวมทั้งการกะประมาณค่าที่ควรจะวัดได้
3. การใช้จำนวนเลข (Using number) หมายถึงการนำตัวเลขมากำหนดคุณลักษณะต่าง ๆ เช่น ความกว้าง ความยาว ความสูง พื้นที่ ปริมาตร หรือจำนวนของสิ่งของต่าง ๆ รวมทั้งคำนวณเบื้องต้น เช่น การหาค่าเฉลี่ยหรืออัตราส่วน

4. การจัดจำพวก (Classifying) หมายถึงการจำแนกสิ่งของหรือเหตุการณ์ ออกเป็นประเภทต่าง ๆ โดยพิจารณาจากคุณสมบัติที่เหมือนกัน สัมพันธ์กันหรือต่างกันของ สิ่งของหรือเหตุการณ์นั้น ๆ ซึ่งอาจมีวิธีแบ่งได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้

5. การสื่อความหมาย (Communicating) หมายถึงการพูดหรือการแสดง สัญลักษณ์ต่าง ๆ เช่น แผนภูมิ สมการ กราฟ หรือตัวอักษร เป็นต้น เพื่อให้บุคคลอื่นเข้าใจ หรือรับทราบความคิดความรู้สึกต่าง ๆ ได้ตามต้องการ

6. การใช้ความสัมพันธ์เกี่ยวกับมิติและเวลา (Using space time relationships) หมายถึงการนำเอาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับเวลา หรือมิติกับมิติ หรือเวลากับเวลา มาอธิบายสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่ง ในที่นี้มีมิติหมายถึง คุณสมบัติเกี่ยวกับความกว้าง ความยาว ความหนา รูปร่าง สมมาตรหรือตำแหน่งที่อยู่ของ สิ่งใดสิ่งหนึ่ง

7. การสรุปอ้างอิง (Infering) หมายถึงการอธิบายปรากฏการณ์หรือ ข้อเท็จจริงต่าง ๆ โดยอาศัยข้อมูลที่เกิดขึ้นแล้วประกอบกับประสบการณ์เดิม

8. การทำนาย (predicting) หมายถึงการคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นใน อนาคตน่าจะเป็นอย่างไร โดยอาศัยหลักฐานส่วนใหญ่ที่ได้จากการสังเกต หรือการวัดประกอบ กับการสรุปอ้างอิง

ทักษะขั้นบูรณาการ (Integrated process skills) แบ่งทักษะออกเป็น 5 ทักษะดังนี้

1. การให้นิยามปฏิบัติการ (defining operationally) หมายถึง การให้ ความหมายของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ในรูปที่สังเกต วัดหรือนำมาปฏิบัติการได้และบอกด้วยว่าใน สถานการณ์หนึ่ง ๆ จะมีวิธีการสังเกตหรือวิธีวัดนั้นได้อย่างไร

2. การกำหนดและควบคุมตัวแปร (identifying controlling and manipulating variables) การกำหนดตัวแปร หมายถึงการแยกตัวแปรต่าง ๆ ออก เป็นตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรอื่น ๆ ที่พึงควบคุม และการควบคุมตัวแปร หมายถึง การพยายามทำให้สรุปได้ว่าผลการทดลอง (ตัวแปรตาม) เป็นผลจากตัวแปรต้น โดยการ ควบคุมตัวแปรอื่น ๆ ที่อาจมีผลต่อตัวแปรตาม

3. การสร้างสมมติฐาน (formulation hypothesis) หมายถึง การคาดการณ์ว่าตัวแปรต่าง ๆ จะมีความสัมพันธ์กันอย่างไรเป็นการลงสรุปของคำอธิบาย โดยอาศัยการสังเกตหรือการสรุปอ้างอิงเป็นพื้นฐาน

4. การประมวลผลและการตีความหมายข้อมูล (data processing and interpreting) การประมวลผลข้อมูล หมายถึงการรวบรวมข้อมูลให้อยู่ในรูปตารางข้อความ ข้อความกึ่งตารางหรือกราฟ และการคำนวณค่าสถิติเบื้องต้นจากข้อมูล และการตีความหมายข้อมูล หมายถึงการบอกความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ จากข้อมูลที่ประมวลผลมาแล้ว หรือการให้ความหมายของข้อมูลเชิงปริมาณเป็นเชิงคุณภาพ

5. การออกแบบการทดลอง (designing and investigation) หมายถึง การกำหนดโครงการทดลองเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลมาทดสอบสมมติฐาน โดยคำนึงถึงนิยามปฏิบัติการของตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง การควบคุมตัวแปรต่าง ๆ เครื่องมือและวิธีการที่จะใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ปัจจุบันทบวงมหาวิทยาลัยได้กำหนดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไว้ 13 ทักษะ เช่นเดียวกับของสมาคม AAAS สำหรับทักษะในชั้นบูรณาการ ทบวงมหาวิทยาลัยได้ให้รายละเอียดไว้ดังนี้ (ทบวงมหาวิทยาลัย 2525 : 58 - 129)

1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน สมมติฐานเป็นข้อความที่เ็นไปไม่ได้ที่ตั้งขึ้นโดยไม่มี การทดสอบรองรับ สามารถอธิบายปัญหาที่พบได้ หรือบอกความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงทั้งหลายที่เกิดขึ้นในเหตุการณ์นั้น ๆ ได้ สมมติฐานอาจจะถูกหรือผิดก็ได้ขึ้นอยู่กับ การทดสอบ ยืนยัน ถ้าเป็นความจริงสมมติฐานจะกลายเป็น หลักการ กฎ หรือทฤษฎี สมมติฐานที่ดีควรมีขอบเขตกว้างขวาง ครอบคลุมประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง กับปัญหาให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

2. ทักษะในการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ คำนิยามเชิงปฏิบัติการมีสาระสำคัญสองประการคือ

2.1 ระบุสิ่งที่จะสังเกต

2.2 ระบุการกระทำซึ่งอาจได้จากการวัด ทดสอบ หรือจากการทดลอง การให้คำนิยามเชิงปฏิบัติการควรวิเคราะห์ที่ชัดเจนเพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน

3. ทักษะการควบคุมตัวแปร เป็นความสามารถในการแยกประเภทของตัวแปรต่าง ๆ ว่าเป็นประเภทใด ตัวแปรเหล่านี้แบ่งออกได้เป็นสามประเภทคือ

3.1 ตัวแปรอิสระหรือตัวแปรต้น (Independent Variable) เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลที่ต้องการศึกษา

3.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variable) เป็นตัวแปรที่ขึ้นกับตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นมีค่าเปลี่ยนไป ตัวแปรตามจะเปลี่ยนตามไปด้วย

3.3 ตัวแปรควบคุม (Controlled Variable) คือ ตัวแปรต้นอื่น ๆ ที่เรายังไม่สนใจที่จะศึกษาเป็นตัวแปรตามขณะนั้น จึงจำเป็นต้องควบคุมให้คงที่ไว้ก่อน

การควบคุมตัวแปร หมายถึงการควบคุมตัวแปรต้นอื่น ๆ ที่เรายังไม่ต้องการศึกษาให้คงที่เพื่อไม่ให้ตัวแปรต้นเหล่านั้นมีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม

4. ทักษะการทดลอง การทดลองเป็นกระบวนการที่รวมเอาการออกแบบการทดลอง การเลือกวัสดุอุปกรณ์ และการดำเนินการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งขึ้นว่าเป็นความจริงหรือไม่ ก่อนการทดลองนั้นจะมีปัญหาถาม จากปัญหานี้จะทำให้เราแยกประเภทตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องว่ามีอะไรบ้าง แล้วจึงเลือกตัวแปรที่เกี่ยวข้องนั้นมาตั้งสมมติฐาน ต่อจากนั้นจึงถึงขั้นการออกแบบการทดลองเพื่อควบคุมตัวแปร เลือกวัสดุอุปกรณ์ที่เหมาะสม และดำเนินการทดลองต่อไป

5. ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและสรุปผล คือความสามารถในการที่จะบอกความหมายของข้อมูล ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปตาราง กราฟ แผนภูมิ หรือรูปต่าง ๆ รวมทั้งสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลในเชิงสถิติด้วย ทักษะการแปลความหมายของข้อมูลนั้นจะนำมาสู่การทำนาย การลงความเห็นจากข้อมูลหรือการตั้งสมมติฐาน ส่วนการสรุปผลนั้นเป็นการนำเอาความหมายของข้อมูลที่ได้ทั้งหมดสรุปให้เห็นถึงความสัมพันธ์ภายในขอบเขตของการทดลองนั้น ๆ

วิทยาศาสตร์ประกอบด้วยเนื้อหาหรือความรู้ และกระบวนการในการแสวงหาความรู้ ซึ่งประกอบด้วยทักษะกระบวนการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เมื่อพิจารณาแล้ว เห็นว่าการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้นั้นตรงตามเจตนารมณ์ที่แท้จริงของวิทยาศาสตร์ เพราะต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและการฝึกฝนความนึกคิดอย่างมีระบบ ซึ่งหลักสูตรที่ใช้สอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันของ สสวท. ก็ได้เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตามแนวของสมาคม AAAS ซึ่งกำหนดทักษะกระบวนการที่สำคัญไว้ 13 ทักษะดังกล่าวก่อนแล้วข้างต้น ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยต้องการที่จะเน้นทักษะขั้นสูงของการเรียนการสอน ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เพื่อให้เกิดกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผล และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

3. ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจท์กับการคิดอย่างมีเหตุผล

พัฒนาการทางสติปัญญาเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องกันตั้งแต่แรกเกิด ซึ่งกระบวนการพัฒนานี้เป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสมองอย่างมีคุณภาพ เพียเจท์ เป็นนักจิตวิทยาชาวสวิสผู้สร้างทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาและความคิดเป็นคนแรก สิ่งที่เป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาทางด้านสติปัญญาและความคิดคือ การที่คนเราได้มีโอกาสปฏิสัมพันธ์ (interaction) กับสิ่งแวดล้อมตั้งแต่แรกเกิดซึ่งทำให้ได้รู้จักตนเอง (self) สติปัญญาของมนุษย์นั้นเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการทั้งหมดซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงเป็นแนวโน้มที่มีมาแต่กำเนิด (adaptation) และการจัดการภายในโดยวิธีรวมกระบวนการต่าง ๆ เข้าเป็นองค์การ (organization) ให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมที่ได้รับ และการพัฒนาการทางสติปัญญาและความคิดนี้ จะเริ่มพัฒนาจากการปฏิสัมพันธ์อย่างต่อเนื่องระหว่างบุคคลและสิ่งแวดล้อม พัฒนาการทางสติปัญญาจะประกอบด้วยกระบวนการที่สำคัญ 2 กระบวนการคือ การดูดซึม และการปรับขยายโครงสร้าง

การดูดซึม (assimilation) เมื่อคนได้ปะทะกับสิ่งแวดล้อมจะทำให้เกิดความรู้สึก ความรู้และความคิดขึ้น ซึ่งจะเข้าไปรวมหรือเกี่ยวข้องกับ schema อันหมายถึงความรู้ที่สะสมเป็นทุนเดิมของเด็กหรือประสบการณ์เดิมของเด็กนั่นเอง วิธีการเข้าไปรวมเช่นนี้เรียกว่า การดูดซึม

การปรับขยายโครงสร้าง (accommodation) ถ้าคนได้ประสบกับเหตุการณ์ใด ๆ ซึ่งไม่อาจเข้ากันได้กับ schemata ที่มีอยู่ คนนั้นจะพยายามปรับปรุง schemata ที่มีอยู่นั้นให้เข้ากันได้หรืออาจจะสร้าง schemata ใหม่ ๆ เพื่อให้เหมาะสมกับสิ่งเร้าที่เข้ามา วิธีการเช่นนี้เรียกว่า การปรับขยายโครงสร้าง

การที่เด็กมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งใด ๆ ก็ตาม ครั้งแรกเด็กพยายามทำความเข้าใจกับประสบการณ์ใหม่ด้วยการใช้ความคิดเดิม หรือประสบการณ์เดิม (assimilation) แต่เมื่อไม่ประสบความสำเร็จเด็กจะต้องเปลี่ยนความคิดเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ (accommodation) จนในที่สุดเด็กสามารถผสมผสานความคิดใหม่ให้กลมกลืนเข้ากันได้กับความคิดเก่า สถานการณ์เช่นนี้ก่อให้เกิดความสมดุล (equilibrium) อันมีผลทำให้เด็กสามารถปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ (พรวณีย์ ชูทัย 2522 : 50 - 55)

ทฤษฎีพัฒนาการทางความคิดของเพียเจต์ (ฌองฌัก ฌองปีแยร์ 2524 : 6 - 9 อ้างอิงมาจาก Spencer) กล่าวถึงพัฒนาการทางความคิดของมนุษย์เป็นไปตามลำดับขั้น และมีโครงสร้างของพัฒนาการทางความคิดเหมือนกัน เพียเจต์แบ่งขั้นต่าง ๆ ของการพัฒนาการทางความคิดออกเป็น 4 ขั้นใหญ่ ๆ คือ

1. ขั้นประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหว (The Sensory - Motor Period)
พัฒนาการในขั้นนี้จะเริ่มตั้งแต่เกิดจนอายุ 2 ปี ซึ่งอยู่ในวัยทารก ในช่วงนี้พฤติกรรมจะอยู่ในรูปของการเคลื่อนไหว และเกิดในรูปปฏิกริยาสะท้อน พฤติกรรมที่เด็กแสดงออก เช่น การดูด การทำมือ การร้องไห้ ฯลฯ ต่อจากนั้นทารกจะสร้างปฏิกริยาสะท้อนที่ซับซ้อนมากขึ้นกว่าธรรมดา เช่น ในเรื่องของการทำซ้ำ ๆ กัน ทารกจะรวมเอาชนิดต่าง ๆ ของสิ่งเร้าเข้าด้วยกันเป็นต้นว่า ไหวพริบและสายตา พฤติกรรมที่แสดงมีการจงใจ (Intention)
โครงสร้างทางสติปัญญา (Schema) จะเกิดขึ้นและเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และสามารถนำเอาโครงสร้างที่มีอยู่มาสัมพันธ์กันได้ ซึ่งสังเกตได้จากพฤติกรรมที่ทารกแสดง โดยการอ้าปากเมื่อเห็นขวดนม

2. ขั้นการคิดก่อนปฏิบัติการ (The period of Preperation Thought)
เป็นขั้นที่เด็กเริ่มรู้จักใช้สัญลักษณ์แทนคำพูดได้ เช่น รูปภาพ เด็กเริ่มรู้จักใช้ภาษาแทนสิ่งของ

ต่าง ๆ ได้ ในขั้นนี้ประกอบด้วยความคิดเกิดก่อนสั่งกับและความคิดที่รู้เอง (Intuitive Thought) ซึ่งในขั้นความคิดหลังนี้ เด็กเริ่มเข้าสู่ระดับการคิดหาเหตุผลทางตรรกศาสตร์ แต่ยังไม่สามารถแก้ปัญหาเรื่องการอนุรักษ์ได้ ความคิดส่วนใหญ่ตกอยู่ภายใต้การรับรู้ เด็กยังไม่เข้าใจในตัวปฏิบัติการ (Operation) ที่จะนำไปสู่การปฏิบัติการในทางตรรกศาสตร์ได้ เช่น การจัดจำแนกประเภท การจัดรวมประเภท การจัดเรียงลำดับ ซึ่งเด็กยังคิดไม่ถึง

3. ขั้นการคิดด้วยรูปธรรม (The Period of Concrete Operation)

อยู่ในช่วงอายุ 7 - 11 ปี ถือว่าเป็นขั้นที่เด็กเกิดความคิดโดยใช้ปฏิบัติการ (Operation) ซึ่งนำไปสู่การคิดหาเหตุผลในทางตรรกศาสตร์ พัฒนาการทางความคิดจะสูงขึ้น การค้นหาความจริงเกี่ยวกับวัตถุและสิ่งแวดล้อมจะมีแบบแผน และไม่ติดอยู่กับที่ดังเช่น การรับรู้ในขั้นก่อน ๆ เด็กจะพิจารณาสิ่งต่าง ๆ โดยใช้ตัวเองเป็นศูนย์กลางน้อยลง แต่อย่างไรก็ตาม ยังต้องอาศัยเวลา ซึ่งเด็กจะต้องมีระดับอายุสูงพอที่จะเกิดความคิดความเข้าใจในเรื่องต่าง ๆ เกี่ยวกับวัตถุ เช่น โดยทั่วไปแล้ว เด็กจะเกิดความเข้าใจในเรื่องการอนุรักษ์สสารในระดับอายุ 7 - 8 ปี จะเกิดการอนุรักษ์น้ำหนัก เมื่ออายุประมาณ 10 ปี และเมื่ออายุประมาณ 11 - 12 ปี จะเกิดอนุรักษ์ปริมาตรขึ้น ในเรื่องการอนุรักษ์ที่จะเกิดขึ้นนั้น จำเป็นต้องอาศัยโครงสร้างทางความคิดที่มีระดับสูงพอที่จะเกิดการปฏิบัติการได้ โดยธรรมชาติแล้วเด็กระดับอายุ 7 - 8 ปี จะเกิดการปฏิบัติการที่สำคัญ ๆ คือ

การรวมเข้าด้วยกัน (Combinativity) เป็นการจัดประเภทสิ่งต่าง ๆ รวมเข้าด้วยกันเป็นองค์ประกอบใหม่ เช่น การรวมลูกบดสีน้ำตาลกับลูกบดสีขาว และถือว่าเป็นลูกบดอีกประเภทหนึ่ง

การเชื่อมความสัมพันธ์ (Associativity) เป็นการปฏิบัติการที่ใช้วิธีต่าง ๆ กัน ในการรวมเข้าด้วยกันเป็นองค์ประกอบใหม่ แต่ผลที่ได้เป็นอย่างเดียวกัน เช่น การนำเอาไม้ยาว 6 นิ้วสองอัน และ 24 นิ้วสองอัน มาวางต่อกันได้หลายวิธี เพื่อให้ได้ระยะทาง 1 หลา โดยอาจเรียงไม้สั้นก่อน หรือเรียงไม้ยาวก่อน หรือวางเรียงสลับกัน

การทวนกลับ (Reversibility) เป็นตัวปฏิบัติการที่สามารถย้อนกลับไปสู่จุดเริ่มต้นแล้วกลับมาสู่จุดจบหรือจุดสุดท้ายได้ ตัวปฏิบัติการนี้มีความสำคัญมากเป็นเครื่องบ่งบอกถึงระดับสติปัญญา

การเป็นเอกลักษณ์ (Identity) เป็นปฏิบัติการที่เป็นการรวมส่วประกอบอันใดอันหนึ่งเข้ากับส่วนประกอบที่ตรงกันข้ามเกิดผลเป็นศูนย์ (0) ซึ่งอาจเขียนในรูปของ $A + (-A) = 0$ เช่น มีน้ำ 1 พินท์ (Pint) ตักออกไป 1 พินท์ ผลลัพธ์คือไม่เหลือน้ำอยู่เลย

สิ่งที่พัฒนาขึ้นในขั้นปฏิบัติการด้วยรูปธรรมที่สำคัญคือ ปฏิบัติการเกี่ยวกับการให้เหตุผลทางตรรกศาสตร์ในเชิงคณิตศาสตร์ (Logical - Mathematic Operation) เพียเจท์กล่าวว่า ประสมการณ์เกี่ยวกับโครงสร้างนี้แตกต่างจากประสมการณ์ทางกาย เพราะประสมการณ์ทางกายเป็นประสมการณ์ที่ได้จากวัตถุภายนอกโดยตรง แต่ประสมการณ์ในการคิดให้เหตุผลในเชิงคณิตศาสตร์นั้น เป็นผลจากความรู้อย่างที่ได้โดยผ่านการทำงานร่วมกันภายในของระบบประสาทส่วนกลาง ซึ่งเป็นส่วนที่เกิดการปฏิบัติการทางสติปัญญาและความคิด โครงสร้างเกี่ยวกับการให้เหตุผล ทางตรรกศาสตร์เชิงคณิตศาสตร์ ได้แก่ โครงสร้างในเรื่องของการจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ หรือในเรื่องของจำนวน โครงสร้างที่กล่าวถึงนี้ จะสามารถรวมไปสู่ระบบได้โดยการกระทำและเชื่อมโยงกัน และจะพัฒนาสูงขึ้นอย่างสมบูรณ์ในขั้นปฏิบัติการด้วยนามธรรม

4. ขั้นปฏิบัติการด้วยนามธรรม (The Period of Formal Operation)

เด็กที่อยู่ในขั้นนี้มีระดับอายุ 11 - 15 ปี พัฒนาการทางความคิดที่เริ่มตั้งแต่นั้นขึ้น ประสาทสัมผัสและอารมณ์เคลื่อนไหว จะดำเนินต่อเนื่องไปตามลำดับขั้น และพัฒนาสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งสูงที่สุดในขั้นนี้จึงเป็นที่โครงสร้างทางสติปัญญาพัฒนาอย่างสมบูรณ์ จัดได้ว่าเป็นขั้นของสติปัญญาและความคิดอย่างแท้จริง เพียเจท์กล่าวว่า ในขั้นปฏิบัติการด้วยนามธรรม เด็กสามารถใช้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ และสร้างสมมติฐานขึ้นในการแก้ปัญหาโครงสร้างต่าง ๆ เหล่านี้ จะสร้างให้เด็กเกิดความคิดหาเหตุผลอย่างสมบูรณ์เท่ากับผู้ใหญ่ หลังจากนั้นแล้ว โครงสร้างทางสติปัญญาจะไม่พัฒนาขึ้นอีกต่อไป เพราะดำเนินมาถึงขีดสุด สติปัญญาของมนุษย์ทั่วไปจึงพัฒนาสูงสุดในระดับอายุประมาณ 15 ปี

การคิดอย่างมีเหตุผล

ตามความคิดของเพียเจต์นั้น "การคิด" คือการกระทำสิ่งต่าง ๆ ด้วยปัญญา ซึ่งหมายความว่า การคิดจะต้องปรากฏอยู่ในการกระทำทั้งหลายในการสร้างมโนภาพ ในการสร้าง Concept ทั้งปวง การใช้ภาษาหรือคำพูด และเรื่องที่เกี่ยวข้องกับตัวเลข ถือเป็น การคิดนั่นเองเหมือนกัน การคิดนั้นย่อมพัฒนาเป็นขั้น ๆ ไป การคิดจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อ ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการกระทำ หรือกิจกรรม (activity) ในขณะการเรียนรู้การคิด นั้น สิ่งที่เป็น Cognitive และสิ่งที่เป็น affective ย่อมแยกกันไม่ออก เพราะว่า ความรู้สึกล้วน แต่ที่จริงแล้วก็เป็นเรื่องหนึ่งของความคิดนั่นเอง (สาโรจน์ บัวศรี 2523 : 32)

กูด (Good. 1945 : 332) ได้ให้ความหมายคำว่า "การคิดอย่างมีเหตุผล" หมายถึง การกระทำหรือกระบวนการทางสมองในอันที่จะลงความคิดเห็นเกี่ยวกับความสัมพันธ์ ระหว่างข้อเท็จจริงและปรากฏการณ์ สามารถสรุปผลจากเหตุหรือข้อสมมติได้

คาพลัส (Karplus. 1977 : 170 - 177) ได้อธิบายการคิดอย่างมีเหตุผล ของเด็กในชั้นปฏิบัติการด้วยรูปธรรม และชั้นปฏิบัติการด้วยนามธรรม ไว้ดังนี้

การคิดอย่างมีเหตุผลแบบรูปธรรม (Concrete reasoning patterns = C)

C₁ (Classification) สามารถจำแนกและรวมกลุ่มสิ่งของโดยอาศัยเกณฑ์ การสังเกตคุณสมบัติของสิ่งเหล่านั้น เช่น สามารถบอกความแตกต่างของกรดและเบส โดยการสังเกตสีของกระดาษลิสม์ที่เปลี่ยนแปลง และมีความเข้าใจลักษณะที่เป็นตรรกศาสตร์ เช่น สุนัขเป็นสัตว์ แต่สัตว์ทุกตัวไม่ใช่สุนัขทั้งหมด เป็นต้น

C₂ (Conervation) สามารถคิดอย่างมีเหตุผลเรื่องการอนุรักษ์ โดยปริมาตร ของสารคงที่เมื่อไม่มีการนำมาเพิ่ม หรือเอาออกไป เช่น เมื่อเทน้ำออกจากถ้วยลงในกระบอก ทวง ปริมาณของน้ำจากถ้วยในครั้งแรกจะเท่ากับปริมาตรของน้ำในกระบอกทวง

C₃ (serial ordering) สามารถจัดอันดับแสดงความสัมพันธ์ของสิ่งของ ต่าง ๆ จากการสังเกตคุณสมบัติและเริ่มใช้วิธีจับคู่ (one-to-one Correspondence) ระหว่างสิ่งของ 2 กลุ่ม เช่น สัตว์ขนาดเล็กจะมีจังหวะการเต้นของหัวใจเร็วกว่าสัตว์ที่มี ขนาดใหญ่ ซึ่งมีการเต้นของหัวใจช้า

การคิดอย่างมีเหตุผลแบบนามธรรม (formal reasoning patterns = F)

F₁ (theoretical reasoning) สามารถจัดแบ่งกลุ่มในสิ่งที่ซับซ้อนมากขึ้น ใช้หลักการช่วยในการจัดอันดับและการคิดอย่างมีเหตุผล ไม่จำเป็นต้องอาศัยคุณสมบัติที่สังเกตได้ช่วยประสาทั้ง 5 เช่น สามารถแยกปฏิกิริยาเคมีระหว่าง oxidation และ reduction โดยใช้หลักการอนุรักษ์พลังงาน หรือการจัดจำแนกพืชตามหลักวิวัฒนาการ นอกจากนี้ยังยอมรับข้อสมมติฐานใด ๆ ที่ขัดแย้งกับตนเองได้

F₂ (Combinatorial reasoning) สามารถให้กฎเกณฑ์พิจารณาลักษณะผสมของความคิดในปัญหาต่าง ๆ เช่น สามารถเข้าใจลักษณะทางพันธุกรรมที่แสดงลักษณะปรากฏ และลักษณะแฝงตั้งแต่ 2 จำนวนขึ้นไป

F₃ (functionally and proportional reasoning) สามารถอธิบายและตีความของลักษณะหน้าที่ในลักษณะความสัมพันธ์เชิงคณิตศาสตร์ เช่น อธิบายถึงอัตราเร็วของการแพร่กระจายของโมเลกุลของสารผ่านเยื่อบาง ๆ จะเป็นสัดส่วนผกผันกับรากที่สองของน้ำหนักโมเลกุลของสารนั้น

F₄ (Control of variables) มีความเข้าใจในความจำเป็นที่จะออกแบบการทดลอง โดยการใช้การควบคุมตัวแปรอื่น ๆ นอกจากตัวแปรที่ต้องการทดสอบเท่านั้น เช่น การออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบข้อเท็จจริงใน F₃

F₅ (probability and correlation reasoning) สามารถตีความจากการสังเกตตัวแปรอื่น ๆ ซึ่งแสดงผลที่ไม่ได้คาดหวังไว้ แต่จะตีความเฉพาะตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันเท่านั้น

การเปรียบเทียบการคิดอย่างมีเหตุผลของเด็กในชั้นปฏิบัติการด้วยรูปธรรม และชั้น
ปฏิบัติการด้วยนามธรรม

ชั้นปฏิบัติการด้วยรูปธรรม	ชั้นปฏิบัติการด้วยนามธรรม
1. ต้องใช้การอ้างอิงจากการกระทำที่คล้ายคลึงกัน จากวัตถุและจากคุณสมบัติที่สังเกตได้ 2. สามารถให้เหตุผล $C_1 - C_3$ แต่ไม่สามารถให้เหตุผลตาม $F_1 - F_5$ 3. ในการปฏิบัติการที่ยุ่งยาก ต้องการคำแนะนำที่เป็นลำดับขั้น 4. มักไม่ใช้ความคิดของตนเอง ให้ความคิดเห็นที่ไม่แน่นอน ใช้ข้อสรุปหลายประเด็น หรือบางครั้งขัดแย้งกับข้อเท็จจริง	1. สามารถใช้เหตุผลเกี่ยวกับความคิดรวบยอด ความสัมพันธ์ คุณสมบัติทางนามธรรม ข้อเท็จจริงและทฤษฎี โดยใช้สัญลักษณ์แทนความคิดได้ 2. สามารถให้เหตุผลตาม $F_1 - F_5$ ได้ดีพอ ๆ กับ $C_1 - C_3$ 3. สามารถวางแผนเพื่อปฏิบัติการโดยครอบคลุมถึงวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ 4. มีความรู้ความเข้าใจและใช้ความคิดพิจารณาด้วยตนเอง ตรวจสอบทวนเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่น ในผลสรุปซึ่งใช้ข้อมูลต่าง ๆ เป็นรากฐาน

ลักษณะการคิดอย่างมีเหตุผลแบบนามธรรม

ในระหว่างที่เด็กเริ่มมีอายุอย่างเข้าวัยรุ่น ความรู้สึกลึกซึ้ง ความรู้สึกความเข้าใจของเด็กวัยนี้จะมีวิวัฒนาการเข้าสู่ความเป็นผู้ใหญ่มากขึ้น เพียเจต์เรียกลักษณะขั้นการเจริญเติบโตทางสติปัญญาการเรียนรู้ของเด็กในวัยนี้ว่า ขั้นที่มีแนวคิดปฏิบัติการแบบนามธรรม (Formal Operation) ตรงกับช่วงอายุประมาณ 11 - 15 ปี จากการศึกษาค้นคว้าวิจัยของเพียเจต์ พบว่า รูปแบบการกระทำที่เป็นเหตุเป็นผลของเด็กเมื่อเข้าวัยนี้จะเป็นระบบ และใช้กระบวนการคิดอย่างสลับซับซ้อน เริ่มขยายวงจากสิ่งที่เป็นรูปธรรม (Concrete Objects) ออกไป โดยนำความคิดที่เป็นประสบการณ์เดิม ความคิดที่เป็นนามธรรมเป็น

ข้อมูลประกอบความคิดมากขึ้น จากพัฒนาการด้านความคิดดังกล่าว ทำให้เด็กในวัยนี้สามารถเผชิญกับปัญหาในรูปแบบต่าง ๆ โดยใช้ความคิดที่เป็นเหตุเป็นผล (Logical Operation) ซึ่งมีลักษณะต่าง ๆ ซึ่งพออธิบายคร่าว ๆ ได้ดังนี้ (Sund. 1976 : 48 - 58)

1. เหตุผลเชิงนามธรรม (Abstract Reasoning) กระบวนการคิดของเด็กวัยนี้เริ่มใช้หลักการ หรือแนวคิดแบบผู้ใหญ่ มีความสลับซับซ้อนในการใช้เหตุผล เช่น รู้จักใช้การลำดับเหตุผลเป็นขั้นตอน สามารถรวบรวมข้อมูลประมวลเข้าด้วยกัน ใช้ความคิดใคร่ครวญแล้วจึงแสดงออกมาเป็นการกระทำอย่างถูกต้องกาลเทศะ รู้จักใช้การคิดคาดการณ์เชิงคณิตศาสตร์ และสามารถใช้ในการวิพากษ์วิจารณ์ได้อย่างมีหลักการ

2. สามารถตั้งสมมติฐานเชิงใช้เหตุผลแบบอนุมานได้ (Hypothetical - Deductive reasoning) เช่น เมื่อคนเราพบปัญหาอย่างหนึ่ง การเริ่มต้นกระบวนการแก้ปัญหาโดยคาดการณ์ไว้อย่างหนึ่งแล้วพยายามสรุปโดยใช้เหตุผลเชิงอนุมาน เช่น เด็กคนหนึ่งคิดว่า "วิธีที่จะได้เป็นเจ้าของรถยนต์สักคันหนึ่ง คือ การไปขอเงินพ่อแม่" แต่ในขณะที่เขากำลังคิดถึงความคิดหนึ่งจะเกิดขึ้น แฝงกับความคิดเดิม "ไม่มีทางเป็นไปได้ พ่อแม่คงไม่ให้เงินฉันแน่" และคิดต่อไปว่า "ฉันต้องหาเงินมาซื้อด้วยตนเอง" ความคิดเป็นเช่นนี้เป็นหนทางที่ขึ้นำการแก้ปัญหา "จะฉันฉันต้องหางานทำ และเก็บเงินสะสมไว้เพื่อซื้อรถที่ต้องการ" ข้อสรุปสุดท้ายนี้เป็นความคิดเชิงเหตุผลแบบอนุมานที่เด็กก็นำมาใช้ในการแก้ปัญหาของตนเอง

3. การอ้างเหตุผลเชิงตรรกวิทยา (Syllogistic Reasoning) เป็นลักษณะการตั้งสมมติฐานเชิงใช้เหตุผลแบบอนุมานชนิดหนึ่ง เช่น

- ก. สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ให้นมลูกกิน
- ข. สัตว์ตัวนี้ให้นมลูกกิน
- ค. เพราะฉะนั้นสัตว์ตัวนี้เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

ในการใช้เหตุผลเชิงตรรกศาสตร์นี้ คนที่ใช้ความคิดขั้นนามธรรมจะประเมินเหตุผลนี้ว่าเป็นจริงเสมอไปหรือไม่.....ดังเช่น

- ก. สุนัขเห่า
- ข. สัตว์ตัวนี้เห่า
- ค. เพราะฉะนั้นสัตว์ตัวนี้เป็นสุนัข

คำตอบในข้อ ค. อาจเป็นปัญหาสำหรับผู้ที่ใช้ความคิดขั้นนามธรรม เพราะการสรุปว่าสัตว์ทุกตัวที่ "เห่า" จะต้องเป็นสุนัขเสมอไปนั้นอาจจะไม่จริง เพราะสัตว์ชนิดอื่นอาจ "เห่า" เหมือนสุนัข การคิดเหตุผลแบบอนุมานแบบ Syllogism จึงเป็นขั้นก้าวหน้าไปอีกขั้นหนึ่ง การประเมินก่อนลงความคิดเห็นเป็นลักษณะที่คนเราใช้สติปัญญาขั้นสูง

4. การสันนิษฐานความเป็นเหตุเป็นผล (Propositional Thinking)
เด็กในวัยนี้บางคนเริ่มมีความคิดการคาดการณเป็นขั้น ๆ โดยใช้เหตุผลต่าง ๆ

- 4.1 มันอาจเป็นเช่นนี้ หรือเป็นเช่นนั้นได้
- 4.2 มันอาจเป็นเช่นนี้ และเป็นเช่นนั้นได้ด้วย
- 4.3 มันอาจเป็นเช่นนี้ แต่ไม่เป็นเช่นนั้น
- 4.4 มันอาจไม่เป็นทั้งเช่นนี้ และเช่นนั้นได้

ตัวอย่างการใช้เหตุผลอธิบายปรากฏการณ์ เช่น

1. ถ้าเป็น (ก) ต้องเกิด (ข)
ตัวอย่าง ถ้าฝนตก (ก) พื้นดินจะชุ่มชื้น (ข)
2. ถ้าเกิด (ข) เป็นเพราะ (ก)
ตัวอย่าง ถ้าพื้นดินชุ่มชื้น (ข) แสดงว่าฝนตก (ก)
3. ถ้าไม่ใช่ (ก) ก็จะไม่เกิด (ข)
ตัวอย่างเช่น ถ้าฝนไม่ตก (ก) พื้นดินก็ไม่ชุ่มชื้น (ข)
4. ถ้าไม่เกิด (ข) ก็จะไม่ใช่ (ก)
ตัวอย่าง ถ้าพื้นดินไม่ชุ่มชื้น (ข) แสดงว่าฝนไม่ตก (ก)

ในกระบวนการใช้เหตุผลทำนองนี้ทำให้เกิดความคลุมตัวแปร (Factor) ตัวหนึ่งตัวใดไว้ แล้วใช้ตัวแปรอื่น ๆ เป็นตัวทดลองไปเรื่อย ๆ จนสามารถหาคำตอบหรือวิธีแก้ปัญหาได้

5. เข้าใจเรื่องการสัมพันธ์ข้อมูล (Comprehension of Allegory) เด็กที่สามารถเข้าใจเรื่อง หรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่งแล้วสามารถแปลความหมาย และมีความคิดลึกซึ้ง เช่น สามารถนำเรื่องที่มีประสบการณ์มาก่อนไปเปรียบเทียบกับสิ่งอื่นได้ โดยอธิบายความสัมพันธ์ของประเด็นต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้

6. การคิดย้อนกลับ (Reflexive Thinking) เด็กสามารถใช้เหตุผลโดยการย้อนกลับความคิดที่ตนได้มีประสบการณ์มาก่อนได้ เช่น การลงความเห็นจากข้อมูลที่ได้รับมาแล้ว

ตัวอย่าง คำสูงกว่าแดง และแดงสูงกว่าขาว ถามว่าใครคือคนที่สูงที่สุด
ชั้นการคิด คำ สูงกว่า แดง

แดง สูงกว่า ขาว

เพราะฉะนั้น คำ สูงกว่า ขาว

คำตอบ คำ คือคนที่สูงที่สุด

ลำดับขั้นตอนการคิดทำนองนี้เริ่มจาก

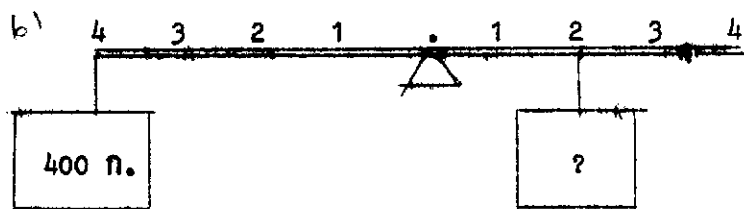
1. ตั้งประเด็นของปัญหาที่ได้รับ
2. พิจารณาว่าข้อมูลที่มีในปัญหา และข้อมูลที่ยังขาดหายไป
3. ร่างขั้นตอนการดำเนินการคิดหาข้อมูลที่ยังขาดหายไป
4. ลงมือตอบ โดยใช้เครื่องมือช่วย เช่น การเขียน

7. หลักการใช้เหตุผลแบบผสมตัวแปรอย่างมีระบบ (Combinatorial Logic) เป็นความคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหาโดยเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบหลาย ๆ ตัวแปรอย่างมีระบบ ตัวอย่างเช่น

นักเรียนได้รับขลุ่ยบรรจุของเหลวไม่มีสี และไม่มีกลิ่นจำนวน 4 ใบ กับขวดแก้วทรงกลมบรรจุของเหลวชนิดเดียวกัน เมื่อหยดของเหลวชนิดหนึ่งซึ่งมีป้ายชื่อ (ก) ลงในขวดทรงกลมของเหลวในขวดทรงกลมจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ให้นักเรียนทำการทดลองผสมของเหลวในขวดทั้ง 4 ใบ ให้ได้ของเหลวสีเหลือง ในการแก้ปัญหานี้ เด็กที่สติปัญญาถึงขั้นนามธรรมจะสามารถใช้วิธีการผสมของเหลวในขวดเหล่านี้อย่างมีระบบระเบียบ ความยากของปัญหานี้

มีอยู่ว่า ของเหลวเพียงขวดเดียวเท่านั้นที่จะผสมกับของเหลว (ก) จึงจะได้สีเหลือง
ของเหลวในขวดอื่น ๆ จะไม่ทำปฏิกิริยากัน

8. เข้าใจเรื่องสัดส่วน (Proportional Thinking) การใช้ความคิด
ตามหลักการสัดส่วน สามารถนำมาเป็นเหตุผลในการแก้ปัญหาได้ ตัวอย่างเช่น ปัญหาตาราง
แบบสองแถว เด็กสามารถหาคำตอบได้เองจากการใช้เหตุผลตามหลักสัดส่วน



ถามว่าจะต้องเอาน้ำหนัก
เท่าใดมาแขวนจึงจะทำให้
คานาอยู่ในลักษณะสมดุลย์

9. การควบคุมตัวแปร (Controls Variable) เมื่อทำการทดลองหรือ
คิดแก้ปัญหาใด ๆ ที่สลับซับซ้อน จะสามารถแยกแยะตัวแปรต่าง ๆ ที่เป็นปัญหาเสียก่อน และ
ใช้วิธีการควบคุมตัวแปรหนึ่งไว้ในขณะที่ตัวแปรอื่น ๆ เปลี่ยนไป เพื่อเก็บข้อมูลจากตัวแปรที่
เปลี่ยนเท่านั้น

10. จำแนก จัดลำดับหมวดหมู่ เช่น สัตว์ พืช สิ่งของ ตามลำดับของการจำแนก
โดยถือชนิดเป็นเกณฑ์ตามที่เกิดตามระบบอวัยวะ หรือตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดให้

11. สามารถตั้งคำถาม และยอมรับการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล สามารถวิพากษ์วิจารณ์
เรื่องสิทธิและเสรีภาพ มีเหตุผลเป็นของตัวเองในด้านการคิด

12. สามารถคิดแบบความน่าจะเป็น (Probability)

13. สามารถเข้าใจความคิดเชิงอุดมคติและมีอุดมคติเป็นของตนเอง

✓ จากเอกสารพัฒนาการทางสติปัญญาพอสรุปได้ว่า การพัฒนาการทางสติปัญญาตาม
ทฤษฎีของเพียเจท์ จะเกิดขึ้นเป็นระยะ ๆ หรือเป็นขั้นตอน แต่ละขั้นตอนจะแตกต่างกันไป
แล้วแต่ลักษณะที่แตกต่างกันของเด็ก และสิ่งแวดล้อมหรือวัฒนธรรมของเด็กแต่ละคน ซึ่งการคิด

จะเจริญขึ้นได้มากน้อยเพียงใด ย่อมขึ้นอยู่กับ การเจริญทางกายและประสาทการที่เด็กได้รับ สำหรับเด็กที่มีพัฒนาการอยู่ในขั้นปฏิบัติการคำนวณธรรม (อายุ 11 - 15 ปี) จะมีการ คิดอย่างมีเหตุผลแบบนามธรรม ซึ่งก็พอที่จะสรุปเป็นลักษณะของการคิดอย่างมีเหตุผลได้ดังนี้

* กาคิดอย่างมีเหตุผล (Logical reasoning) หมายถึง การกระทำหรือ กระบวนการทางสมองในการแสดงความคิดเห็น เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริง และปรากฏการณ์จากสิ่งที่รู้แล้วไปยังสิ่งที่ยังมิรู้ เป็นกระบวนการคิดในขั้นการคิดแบบนามธรรม (Formal Thinking) และใช้เหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ ซึ่งมีลักษณะการคิดดังต่อไปนี้

1. เหตุผลเชิงนามธรรม (Abstract Reasoning) เป็นการให้เหตุผล ที่ไม่ห้อยอาศัยสิ่งที่เป็นรูปธรรม เช่น รู้จักใช้การลำดับเหตุผลเป็นขั้นตอน สามารถรวบรวม ข้อมูลเข้าด้วยกัน แล้วแสดงความคิดนั้นออกมาอย่างมีหลักการ
2. จินตสมมติฐานเชิงใช้เหตุผลแบบอนุมาน (Hypthetical - Deductive Reasoning) หมายถึงการให้เหตุผลแบบคาดคะเนให้คำตอบล่วงหน้า เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา โดยการนำหลักการใหญ่ที่เป็นประสบการณ์เดิมไปสัมพันธ์กับหลักการย่อย เช่น

เด็กคนหนึ่งมีปัญหายู่ว่า : เธออยากได้รถซึกค์คันใหม่และเกิดความคิดว่า

ต้องขอเงินพ่อซื้อ : แต่พ่ออาจไม่ให้

ต้องหาเงินซื้อด้วยตนเอง : "ฉะนั้นฉันต้องทำงานเพื่อเก็บเงินไว้ซื้อเอง"

3. เหตุผลเชิงตรรกวิทยา (Syllogistic Reasoning) หมายถึง การ ย้ายเหตุผลที่สอดคล้องสมเหตุสมผลกัน ประกอบด้วยข้อเท็จจริง 2 ข้อ และข้อสรุป ตัวอย่างเช่น

ก. ความดีทุกอย่างควรสรรเสริญ

ข. ความกรุณาเป็นความดีอันหนึ่ง

ค. ฉะนั้นความกรุณาจึงควรสรรเสริญ

4. เหตุผลแบบมีเงื่อนไข (Propositional Thinking) หมายถึง การใช้ เหตุผลอธิบายปัญหาที่ต้องการพิสูจน์ หรือแสดงใจหาย ตัวอย่างเช่น

โจทย ถ้าเป็น (ก) ข้อเกิด (ข)

ตัวอย่าง ถ้าฝนตก (ก) ฝนก็จะชุ่มชื้น (ข)

5. การคิดย้อนกลับ (Reflexive Thinking) หมายถึง ความสามารถใช้
เหตุผลย้อนกลับความคิดที่ตนได้มีประสบการณ์มาก่อนได้ เป็นการลงความเห็นจากข้อมูลที่ได้รับมาแล้ว ตัวอย่างเช่น

ดำ สูงกว่า แดง
แดง สูงกว่า ขาว
ฉะนั้น ดำ สูงกว่า ขาว

6. การคิดอย่างมีเหตุผลแบบสัดส่วน (Proportional reasoning)
หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน 2 จำนวน หรือสัดส่วน
ของวัตถุอันหนึ่งกับวัตถุที่เหลือ

7. การควบคุมตัวแปร (Controls Variable) หมายถึง ความสามารถแยก
ตัวแปร หรือตัวประกอบตัวหนึ่งออกจากตัวแปรอื่น ๆ และใช้วิธีการควบคุมตัวแปรหนึ่งไว้
ในขณะที่ตัวแปรอื่น ๆ เปลี่ยนไป เพื่อเก็บข้อมูลจากตัวแปรที่เปลี่ยนแปลงเท่านั้น

8. การใช้เหตุผลแบบผสมตัวแปรอย่างมีระบบ (Combinatorial Logic)
หมายถึง การคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของตัวแปรอย่างมีระบบ
ตัวอย่างเช่น

ในการทำปฏิบัติการเคมีของสารพบว่า มีสารเคมี 2 ชนิดเท่านั้นเมื่อทำปฏิบัติการ
กันแล้วจะได้ตะกอนสีส้ม ถ้ากำหนดให้สารเคมีทั้งหมด 4 ชนิด โดยให้นักเรียนทำการทดลอง
ผสมสารทั้ง 4 ชนิด ให้ได้ตะกอนสีส้ม ซึ่งในการแก้ปัญหานี้เด็กจะใช้วิธีการโดยผสมสาร
เหล่านั้นอย่างมีระบบ

9. ความน่าจะเป็น (Probability) หมายถึงตัวเลขที่บอกว่า เหตุการณ์หนึ่ง
จะมีโอกาสเกิดขึ้นมากน้อยเท่าไร ในบรรดาเหตุการณ์ทั้งหลายที่เป็นไปได้

จากแนวคิดดังกล่าว จะเห็นได้ว่าเด็กในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นของไทยซึ่งมีอายุ
อยู่ระหว่าง 11 - 15 ปี ก็น่าจะมีการพัฒนาการคิดอย่างมีเหตุผลแบบนามธรรมได้ ผู้วิจัยจึง
เลือกที่จะศึกษาถึงการพัฒนาการของการคิดอย่างมีเหตุผลกับเด็กนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
ต่อไป

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

การวัดและประเมินผลเป็นเรื่องสำคัญที่สุดเรื่องหนึ่งของการพัฒนาการเรียนการสอน วัตถุประสงค์ของผู้จัดหลักสูตรหรือครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ต้องการให้บรรลุถึงนั้น สามารถระบุ พฤติกรรมที่คาดหวังไว้ว่านักเรียนจะแสดงออกครอบคลุมถึงผลที่พึงได้จากการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ ซึ่งพฤติกรรมบางประเภทก็คล้ายคลึงกับที่ระบุไว้ในหนังสือ Taxonomy of Education Objective, Handbook 1 (Bloom. 1956)

พฤติกรรมของนักเรียนส่วนที่สำคัญยิ่งคือ พฤติกรรมประเภทต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์ กับขบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (ในแง่ของระบบการค้นคว้าหาความรู้ ยิ่งกว่าจะหมายความว่า ค้นในแง่ของความรู้แต่เพียงอย่างเดียว) ได้แก่ ทักษะในการทำปฏิบัติการ ทักษะของผู้เรียนที่มีต่อวิทยาศาสตร์ ความคุ้นเคยต่อสัมพันธ์ภาพระหว่าง วิทยาศาสตร์กับวัฒนธรรมด้านอื่น ๆ ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ที่มีต่อตัวเราเอง ดังรายละเอียดต่อไปนี้ (พิศาล สร้อยฤทธิ์ 2525 : 7 - 36 แปลมาจาก Klopfer)

พฤติกรรมของนักเรียน

ก. ความรู้และความเข้าใจ

1. ความรู้ความจำ

- ก. 1 ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง
- ก. 2 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์วิทยาศาสตร์
- ก. 3 ความรู้เกี่ยวกับ Concept วิทยาศาสตร์
- ก. 4 ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลง
- ก. 5 ความรู้เกี่ยวกับลำดับขั้นและแนวโน้ม
- ก. 6 ความรู้เกี่ยวกับจัดจำพวก ประเภท และเกณฑ์ต่าง ๆ
- ก. 7 ความรู้เกี่ยวกับ เทคนิค และกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์
- ก. 8 ความรู้เกี่ยวกับหลักการและกฎเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์

ก. 9 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีและ Conceptual scheme (หลัก
วิทยาศาสตร์ที่สำคัญ)

2. ความเข้าใจ

ก. 10 การระบุถึงความรู้ที่อยู่ในรูปแบบใหม่ ๆ

ก. 11 การแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปเป็นสัญลักษณ์อื่น

พฤติกรรม 9 ประเภทแรก ส่วนใหญ่มาจากพฤติกรรมที่จัดอยู่ในพวกของ "ความรู้"
ตามหนังสือ Taxonomy of Educational Objectives

ข. ขบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 1

ข. 1 การสังเกตวัตถุและปรากฏการณ์ต่าง ๆ

ข. 2 การบรรยายถึงสิ่งที่สังเกตเห็น โดยใช้ภาษาที่เหมาะสม

ข. 3 การวัดขนาดของวัตถุและการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ

ข. 4 การเลือกเครื่องมือวัดได้อย่างเหมาะสม

ข. 5 การประมาณค่าของการวัด และการยอมรับในความคลาดเคลื่อน

ของการวัด

ค. ขบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 2

ค. 1 การยอมรับในปัญหา

ค. 2 การตั้งสมมติฐานที่รัดกุม

ค. 3 การเลือกวิธีที่เหมาะสมในการทดสอบสมมติฐาน

ค. 4 การออกแบบปฏิบัติการที่เหมาะสมสำหรับทดสอบสมมติฐาน

ง. ขบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 3

ง. 1 การจัดกระทำกับข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

ง. 2 การเสนอข้อมูลโดยแสดงถึงความสัมพันธ์ในรูปแบบของฟังก์ชัน

ง. 3 การแปลความหมายของารสังเกตและข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

ง. 4 การขยายความและการเพิ่มเติมความ

ง. 5 การตรวจสอบสมมติฐานด้วยข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

ง. 6 การสร้างข้อสรุปที่เหมาะสมอย่างมีเหตุผลตามความสัมพันธ์ที่พบ

พฤติกรรมประเภทที่ ง. 5 ในหนังสือ Taxonomy of Educational Objectives (Bloom. 1956) เรียกว่า พฤติกรรมประเภทวิเคราะห์ความสัมพันธ์
พฤติกรรมที่ ง. 6 จัดเป็นพฤติกรรมขั้นการสังเคราะห์ (Bloom. 1956)
จะเห็นว่าพฤติกรรม ง. 3 ง. 5 และ ง. 6 นี้ถือว่าเป็นการแสดงออกของ
ความสามารถทางสมองระดับสูงของเด็กทีเดียว

จ. ขบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 4

จ. 1 การตระหนักถึงความจำเป็นที่ต้องมีแบบจำลองทฤษฎี

จ. 2 การสร้างแบบจำลองทฤษฎีที่ใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อสรุป

กับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

จ. 3 การระบุถึงประสบการณ์และหลักการต่าง ๆ ที่สามารถอธิบายได้

ด้วยแบบจำลองทฤษฎี

จ. 4 การสร้างสมมติฐานใหม่ ๆ จากแบบจำลองทฤษฎี

จ. 5 การแปลความหมายและประเมินผลการทดลองเพื่อตรวจสอบแบบจำลอง

ทฤษฎี

จ. 6 การปรับปรุงแก้ไขหรือเพิ่มเติม แบบจำลองทฤษฎี

ฉ. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

ฉ. 1 การนำไปใช้แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์ในสาขาเดียวกัน

ฉ. 2 การนำไปใช้แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องของวิทยาศาสตร์ในสาขาอื่น

ฉ. 3 การนำไปใช้แก้ปัญหาที่นอกเหนือไปจากเรื่องของวิทยาศาสตร์

พฤติกรรมของนักเรียนเช่นนี้จัดอยู่ในจำพวก ฉ. การนำไปใช้ ซึ่งในหนังสือ

Taxonomy of Educational Objectives (Bloom. 1956 หน้า 120 - 123)

ได้อธิบายพฤติกรรมประเภทนี้ไว้อย่างละเอียด

ช. ทักษะในการใช้เครื่องมือ

ช. 1 การพัฒนาทักษะในการใช้เครื่องมือปฏิบัติการทั่ว ๆ ไป

ช. 2 การปฏิบัติงานโดยใช้เทคนิคในการทดลองทั่ว ๆ ไปได้อย่างประณีต

และปลอดภัย

ข. ทักษะและความสนใจ

ข. 1 การแสดงออกซึ่งทัศนคติที่ต่อวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์

ข. 2 การยอมรับชมเชยการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นวิถีทางของความคิดแนวหนึ่ง

ข. 3 การมีทัศนคติทางวิทยาศาสตร์

ข. 4 ความพอใจในประสบการณ์เรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

ข. 5 การพัฒนาความสนใจในวิทยาศาสตร์หรือกิจกรรมเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

ข. 6 การพัฒนาความสนใจที่จะเลือกอาชีพเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

พฤติกรรมประเภทนี้จัดอยู่ในวัตถุประสงค์ด้านความรู้สึก (affective domain)

ดังกล่าวไว้ในหน้า 7 ของหนังสือ *Taxonomy of Educational Objectives, Handbook 2, Affective Domain* (Krathwohl, Bloom, Masia. 1964)

ฉ. การมีแนวโน้มในทางวิทยาศาสตร์

ฉ. 1 การตระหนักถึงความสัมพันธ์และความแตกต่างของข้อความทางจิตวิทยาที่อยู่ในรูปแบบต่าง ๆ

ฉ. 2 การยอมรับขีดจำกัดของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และอิทธิพลของชมเชยการสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อปรัชญาทั่วไป

ฉ. 3 การตระหนักในประวัติความเป็นมาของวิทยาศาสตร์

ฉ. 4 การตระหนักในความสัมพันธ์ระหว่างความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางเทคโนโลยีและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ

ฉ. 5 การยอมรับความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในแง่ของสังคมและจรรยา

ในการออกข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แต่ละครั้ง ต้องพิจารณาให้ครอบคลุมจุดมุ่งหมายการเรียนรู้ และแบบทดสอบทั้งฉบับควรมีข้อสอบที่วัดระดับพฤติกรรมต่าง ๆ อย่างได้สัดส่วนกันอีกด้วย ซึ่งระดับพฤติกรรมทางวิทยาศาสตร์ ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้ คือ (เอกสารการประเมินผลของ สสวท. 2526 : 1 - 5)

1. ความรู้ความจำ (Knowledge)
2. ความเข้าใจ (Comprehension)
3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Process Skill)
4. การนำไปใช้ (Application)

ระดับพฤติกรรมทั้ง 4 ด้านนี้ ผู้วิจัยจะยึดเป็นแนวทางในการเขียนข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของการวิจัยครั้งนี้ต่อไป

5. งานวิจัยเกี่ยวกับพัฒนาการทางสติปัญญาตามทฤษฎีของเพียเจต์

นักการศึกษาจำนวนมากได้สนใจศึกษาทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ เพื่อศึกษาว่าพัฒนาการขั้นต่าง ๆ ทางสติปัญญาของมนุษย์เป็นไปตามทฤษฎีตามที่เพียเจต์เสนอไว้หรือไม่ และเพื่อที่จะนำผลการวิจัยไปปรับปรุงการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับวัยของเด็ก ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการทางสติปัญญาที่นักการศึกษาทั้งในประเทศและต่างประเทศได้ศึกษาไว้ โดยเฉพาะกับเด็กในระดับอายุ 11 - 15 ปี ซึ่งอยู่ในขั้นการคิดแบบนามธรรม

จากการศึกษาเด็กในขั้นการคิดแบบนามธรรม คิลเลียน (Killian. 1979 : 350 - 377) ได้ศึกษาพัฒนาการทางสติปัญญาของนักศึกษาในระดับวิทยาลัย โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาในชั้นปีที่ 1 ของวิทยาลัยเมโทรโพลิตัน สหรัฐโคโลราโด โดยใช้แบบทดสอบพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ พบว่า นักศึกษาจำนวนร้อยละ 25 มีพัฒนาการอยู่ในขั้นการคิดแบบนามธรรมจำนวนร้อยละ 60 อยู่ในขั้นการคิดแบบกึ่งนามธรรม และจำนวนร้อยละ 15 อยู่ในขั้นการคิดแบบรูปธรรม และชายกับหญิงมีระดับพัฒนาการทางสติปัญญาไม่แตกต่างกัน

นอกจากนี้พัฒนาการทางสติปัญญา จะดำเนินไปอย่างสมบูรณ์ยิ่งขึ้นอยู่กับระดับอายุ และประสบการณ์อีกด้วย ดังงานวิจัยของ พอลแลนด์ (Pallrand. 1979 : 445 - 451) ได้ศึกษาถึงขั้นการคิดแบบกึ่งนามธรรม กำลังเปลี่ยนแปลงไปสู่ขั้นการคิดแบบนามธรรม โดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุต่างกัน ดังนี้

กลุ่มแรก เป็นเด็กนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีอายุระหว่าง 12 ปี ถึง 15 ปี 10 เดือน

กลุ่มสอง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีอายุระหว่าง 15 ปี 11 เดือน ถึง 17 ปี 11 เดือน

กลุ่มสาม เป็นนักเรียนระดับวิทยาลัยอายุระหว่าง 18 ปี ถึง 23 ปี

โดยใช้แบบทดสอบพัฒนาการทางสติปัญญา 10 ข้อ จากผลการวิจัยพบว่า กลุ่มที่ 2,3 มีพัฒนาการทางสติปัญญาอยู่ในขั้นการคิดแบบนามธรรมอย่างสมบูรณ์มากกว่ากลุ่มแรก ซึ่งกลุ่มแรกจะอยู่ในขั้นเริ่มแรกของขั้นการคิดแบบนามธรรม

จากการศึกษาภายในประเทศกับเด็กที่มีอายุระหว่าง 11 - 15 ปี ซึ่งอยู่ในขั้นการคิดแบบนามธรรม เด็กจะมีพัฒนาการทางความคิดสูงสุด สามารถเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในส่วนที่เป็นนามธรรมได้ ดังผลงานวิจัยของ จิณฎา สุวรรณวงศ์ (จิณฎา สุวรรณวงศ์ 2522 : 57 - 59) ได้ศึกษาพัฒนาการด้านสิ่งกับการคิดขั้นนามธรรมในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ของเด็กในเมืองกับเด็กในชนบท โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมีอายุระหว่าง 13 - 16 ปี พบว่า นักเรียนที่มีอายุต่างกันจะมีสิ่งกับในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ด้านต่าง ๆ ได้แก่ แรงกด ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับเวลาและอัตราการเร่ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่เด็กในเมืองกับชนบทมีสิ่งกับในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ด้านการคิดขั้นนามธรรมไม่แตกต่างกัน

เด็กในช่วงการคิดแบบนามธรรมนี้สามารถคิดหาเหตุผลทางตรรกศาสตร์ได้ แต่ระดับการศึกษาที่ต่างกันจะมีผลทำให้การคิดหาเหตุผลทางตรรกศาสตร์แตกต่างกันไปด้วย ดังที่ คำนิง ภูริปริณญา (คำนิง ภูริปริณญา 2518 : 62) ได้ศึกษาพัฒนาการของการคิดเชิงตรรกศาสตร์ของเด็กไทยแรกเริ่มในกรุงเทพมหานคร โดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุระหว่าง 12 - 16 ปี กำลังศึกษาอยู่ในชั้นประถมศึกษาปีที่ 6, 7 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1, 2 และ 3 จำนวน 400 คน ใช้เครื่องมือ 2 ชุด คือแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดตามหลักของเพียเจต์ และหลักคิดโดยซิมของ อริสโตเติล กับแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดของ มิลส์ พบว่า ความสามารถในการคิดเชิงตรรกศาสตร์ของเด็กไทยวัยรุ่นแตกต่างกัน

นอกจากนั้น ถาวร รอดเทศ (ถาวร รอดเทศ 2523 : 74) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการคิดหาเหตุผลตามหลักตรรกศาสตร์กับความเฉลียวฉลาดของเด็กไทย โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มัธยมศึกษาปีที่ 2 และประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า การคิดอย่างมีเหตุผลตามหลักตรรกศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างในระดับการศึกษาต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และกลุ่มตัวอย่างชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีคะแนนการคิดหาเหตุผลตามหลักตรรกศาสตร์สูงกว่าชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และชั้นประถมปีที่ 5

พอสรุปได้ว่า

1. ชายและหญิงมีระดับพัฒนาการไม่แตกต่างกัน
 2. พัฒนาการทางสติปัญญาจะดำเนินไปอย่างสมบูรณ์ยิ่งขึ้นอยู่กับวัย และประสบการณ์
 3. เด็กในช่วงอายุ 11 - 15 ปี อยู่ใ้กับการคิดแบบนามธรรม สามารถเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในส่วนที่เป็นนามธรรมได้
 4. เด็กในช่วงการคิดแบบนามธรรม สามารถคิดหาเหตุผลทางด้านตรรกศาสตร์ได้
 5. ระดับการศึกษาต่างกันทำให้การคิดหาเหตุผลทางตรรกศาสตร์แตกต่างกัน
- จากงานวิจัยนี้ ช่วยให้ผู้วิจัยได้แนวทางที่จะเลือกเด็กในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษารุ่นนี้ เพราะถือว่าอยู่ในช่วงที่มีความคิดด้านนามธรรม สามารถเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในส่วนที่เป็นนามธรรม และสามารถคิดหาเหตุผลทางด้านตรรกศาสตร์ได้ ดังนั้นถ้าจะจัดประสบการณ์ในการเรียนการสอนให้เหมาะสม ก็จะช่วยพัฒนาการคิดอย่างมีเหตุผลให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

6. งานวิจัยเกี่ยวกับพัฒนาการทางสติปัญญาตามทฤษฎีของเพียเจต์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

✓ สำหรับงานวิจัยในต่างประเทศมีนักศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเรื่องนี้ไว้อย่างน่าสนใจ เช่น สตีฟ แซย์ และแดนเนียร์ บอลลิว บอล (Steve Sayre and Daniel W. Ball. 1975 : 174) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้อันระหว่างระดับคะแนนวิชาวิทยาศาสตร์กับความสามารถของนักศึกษาในการที่จะปฏิบัติการกิจกรรมพัฒนาธรรม

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับเกรด 7 - 9 จำนวน 214 คน ระดับเกรด 10 - 12 จำนวน 205 คน ในรัฐโคโลราโด ความสามารถในการปฏิบัติภารกิจระดับปฏิบัติการด้วยนามธรรม วัดโดยการสอบเชิงสัมพัทธ์เกี่ยวกับภารกิจของเพียเจต์ (Piagetian Task Instrument = P.T.I) ซึ่งพัฒนาโดย เพียเจต์และอินเฮลเตอร์ ผลปรากฏว่า นักศึกษาที่มีระดับการคิดหาเหตุผลด้านนามธรรมสูงถึงระดับปฏิบัติการด้านนามธรรม มีระดับผลการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักศึกษาที่มีพัฒนาการยังไม่ถึงขั้นปฏิบัติการด้วยนามธรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

✓ นอกจากนี้ เชียบเพตตา (Chiappetta. 1976 : 253 - 261) ได้สำรวจและรวบรวมผลการศึกษาค้นคว้าพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ที่มีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาและระดับวิทยาลัย พบว่า ระดับสติปัญญาการเรียนรู้มีความสัมพันธ์ต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และงานวิจัยส่วนใหญ่แสดงให้เห็นว่า ระดับสติปัญญาการเรียนรู้ขั้นการคิดด้านนามธรรมจะอยู่ระหว่างอายุ 15 - 20 ปี และให้ข้อเสนอแนะว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้น ทั้งเนื้อหา วิธีสอน ตลอดจนวิธีการทดลองต่าง ๆ จะต้องคำนึงถึงระดับสติปัญญาการเรียนรู้ขั้นการคิดแบบรูปธรรม ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่จะอยู่ชั้นนี้ ดังนั้น เป้าหมายของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ต้องส่งเสริมให้เด็กสามารถพัฒนาสติปัญญาการเรียนรู้ จากขั้นการคิดแบบรูปธรรมไปสู่ขั้นการคิดแบบนามธรรมได้ และหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่ดี จะต้องคัดเนื้อหาส่วนที่เป็นนามธรรมและคำนวณให้บ่อยลง และเน้นการปฏิบัติให้มาก โดยเริ่มจากส่วนที่เป็นรูปธรรมก่อน ดังงานวิจัยที่เกี่ยวกับการทดลองของ แคมพูและเฮร์รอน (Cantu and Herron. 1978 : 135 - 143) ได้ศึกษาพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ในขั้นการคิดแบบรูปธรรมและนามธรรม กับการเรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Science Concept) เพื่อจะดูว่าการรับรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในด้านการปฏิบัติการแบบรูปธรรมกับการรับรู้แบบนามธรรมนั้นเป็นอย่างไร โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมและนักศึกษาในวิทยาลัย จำนวน 137 คน มีอายุเฉลี่ย 16.25 ปี ใช้เวลาดำเนินการวิจัย 6 สัปดาห์ โดยทดลองสอนเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ให้ แล้วทำการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ พบว่า นักเรียนที่มีการรับรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบปฏิบัติการด้วยรูปธรรมได้ดี

กว่าการรับรู้แบบนามธรรม ฉะนั้นการที่จะให้นักเรียนพัฒนาความคิดตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ควรสอนแบบปฏิบัติการด้วยรูปธรรม

✓ พิบอร์น (Piburn. 1980 : 443 - 448) ได้ศึกษาความสามารถพิเศษที่สัมพันธ์กับระดับสติปัญญาการเรียนรู้และผลสัมฤทธิ์ในวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนนิวซีแลนด์ ด้วยการใช้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนเกรด 5 จำนวน 34 คน ใช้แบบทดสอบ 3 ฉบับ คือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในวิชาวิทยาศาสตร์จำนวน 60 ข้อ แบบทดสอบวัดความสามารถพิเศษ และแบบทดสอบกิจกรรมสำนึกของ เพียเจต์ 2 ข้อ พบว่า นักเรียนที่มีระดับสติปัญญาการเรียนรู้ขั้นการคิดแบบนามธรรมและขั้นการคิดแบบรูปธรรม จะได้คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ในวิชาวิทยาศาสตร์และคะแนนวัดความสามารถพิเศษแตกต่างกัน โดยเด็กนักเรียนที่มีระดับสติปัญญาการเรียนรู้ขั้นการคิดแบบนามธรรมจะได้คะแนนสูงกว่า

สำหรับการศึกษาของคนไทย มีนักการศึกษาหลายท่านสนใจศึกษาทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่น่าสนใจมีดังนี้

✓ ชัยสงคราม เกื้อหงส์ (ชัยสงคราม เกื้อหงส์ 2522 : 58) ได้ศึกษาความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในจังหวัดสงขลา จำนวน 286 คน ทำแบบทดสอบความสามารถในการหาเหตุผลแบ่งเป็น 2 ฉบับ คือการคิดหาเหตุผลแบบนิรนัยและการคิดหาเหตุผลแบบอุปนัย ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการคิดหาเหตุผลแบบนิรนัยและอุปนัยมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.592 และ 0.615 ตามลำดับ และมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

✓ ยุพา วีระไวทยะ (Viravaidhaya. 1980 : 4351 - A) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับสติปัญญาการเรียนรู้กับผลสัมฤทธิ์ในวิชาชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (มศ. 4) พบว่า ระดับสติปัญญาการเรียนรู้กับผลสัมฤทธิ์ในวิชาชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กัน กลุ่มนักเรียนที่มีขั้นการคิดแบบกึ่งนามธรรมและขั้นการคิดแบบรูปธรรม และกลุ่มนักเรียนขั้นการคิดแบบกึ่งนามธรรมและขั้นการคิดแบบรูปธรรม มีผลสัมฤทธิ์ในวิชาเหล่านี้ไม่แตกต่างกัน

✓ สุรินทร์ ผลกล้วย (สุรินทร์ ผลกล้วย 2524 : 55) ได้ศึกษาเปรียบเทียบ การพัฒนาการคิดหาเหตุผลตามหลักตรรกศาสตร์ในชั้นปฏิบัติการด้วยเกมธรรม และผลสัมฤทธิ์ ในการเรียนวิทยาศาสตร์ของเด็กไทยในเมืองและชนบท โดยศึกษาจากกลุ่มประชากรที่เป็นนักเรียน ระดับอายุ 11 - 16 ปี ปีการศึกษา 2522 จำนวน 150 คน ผลการวิจัยพบว่า การศึกษา เหตุผลตามหลักตรรกศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์กันในทาง บวก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.808 และมีนัยทางสถิติที่ระดับ .01 และยังได้ ให้ข้อเสนอแนะว่ายังสรุปไม่ได้ว่าเด็กไทยเข้าสู่พัฒนาการคิดหาเหตุผลทางตรรกศาสตร์ใน ระดับอายุเท่าใด เพราะจากการวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษากับนักเรียนระดับอายุ 11 - 12 ปี เป็นอายุต่ำสุดที่พบแล้ว

✓ นอกจากความสัมพันธ์แล้ว พรพิมล สฤตฤ (พรพิมล สฤตฤ 2525 : 65) ได้ศึกษาผลของการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ม. 4) ที่มีระดับ การเรียนรู้ต่างกัน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนอุดรพิทยานุกูล อุดรธานี พบว่า ผลสัมฤทธิ์ ทางกาเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนที่มีระดับสติปัญญาการเรียนรู้อย่างต่างกัน ความแตกต่างกัน กลุ่มนักเรียนที่ระดับการเรียนรู้ขั้นการคิดแบบนามธรรมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา สูงกว่าทุกกลุ่ม ส่วนกลุ่มนักเรียนที่มีระดับการเรียนรู้ขั้นการคิดแบบกึ่งนามธรรมมีผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิชาชีววิทยาสูงกว่ากลุ่มนักเรียนที่มีระดับสติปัญญาขั้นการคิดแบบรูปธรรม

✓ จากงานวิจัยดังกล่าวมาแล้ว จะเห็นว่าระดับพัฒนาการทางสติปัญญาตามทฤษฎีของ เพียเจ้ มีผลต่อการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะนักเรียนที่อยู่ใน ขั้นการคิดแบบนามธรรม สามารถเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ได้ดีกว่านักเรียนในขั้นอื่น ๆ และ ในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ จำเป็นต้องคำนึงถึงพัฒนาการทางสติปัญญาของ เด็กเป็นสำคัญ เด็กที่มีการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ได้ดี จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้ดีกว่า

7. งานวิจัยเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับพัฒนาการทางการคิดและผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแผนใหม่ได้เน้นทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนจึงมุ่งให้ผู้เรียนเกิดทักษะ กระบวนการทาง

วิทยาศาสตร์ในด้านต่าง ๆ ซึ่งจะมีผลต่อการคิดอย่างมีเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยต่อไปนี้

ไรเลย์ (Riley. 1975 : 5152 - A) ได้ศึกษาผลของการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์และทัศนคติต่อการฝึกแบบสืบเสาะหาความรู้ กลุ่มประชากร เป็นนักศึกษาฝึกสอนโดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกเป็นกลุ่มทดลองซึ่งฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านปฏิบัติจริง กลุ่มที่สองเป็นกลุ่มทดลองเช่นกันฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านการเรียนรู้เฉพาะทฤษฎี ส่วนกลุ่มที่สามเป็นกลุ่มควบคุมโดยให้ทำกิจกรรมวิทยาศาสตร์ทั่ว ๆ ไป ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มมีคะแนนในด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

พาดิลลา โอกี และคิลลาซอร์ (Padilla, Okey and Dillashaw. 1983 : 239 - 246) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับความสามารถในการคิดด้านนามธรรม เพื่อที่จะทดสอบว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการมีความสัมพันธ์กับการคิดด้านนามธรรมเพียงใด โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นปีที่ 7 - 12 จำนวน 500 คน โดยใช้แบบทดสอบเขียนตอบ ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการคิดของนักเรียนในด้านการปฏิบัติการแบบนามธรรมกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง ($r = 0.73$) แสดงให้เห็นว่าการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีอิทธิพลต่อความสามารถในการคิดด้านนามธรรมเกี่ยวกับการคิดอย่างมีเหตุผลทางด้านตรรกศาสตร์

สำหรับการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ตามแนวของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของไทยเรา ซึ่งเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับองค์ประกอบอื่น ๆ ดังงานวิจัยที่น่าสนใจดังต่อไปนี้

อุทัย ชีวธนรักษ์ (อุทัย ชีวธนรักษ์ 2517 : 86) ได้เปรียบเทียบการสอนแบบสืบสวนสอบสวน โดยเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงกับการสอนแบบเดิม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพการศึกษานี้ที่ 1 สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป

จำนวน 67 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มทดลอง 34 คน ใช้วิธีสอนแบบสืบสวนสอบสวน และกลุ่มควบคุมจำนวน 33 คน ใช้วิธีสอนแบบเดิม ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นสูงไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รุจี โรจนประศาสน์ (รุจี โรจนประศาสน์ 2523 : 47 - 48) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะคิดทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 640 คน โดยใช้แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบสอบถามทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยปรากฏว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์กันในทางบวก และกลุ่มนักเรียนที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มนักเรียนที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่ำ

✓ ในด้านของความสัมพันธ์ กมล หลีกภัย (กมล หลีกภัย 2524 : 78 - 79) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการคิดเหตุผลเชิงตรรก ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 192 คน เครื่องมือใช้แบบทดสอบความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรก แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ มีความสัมพันธ์กันในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ในวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนแต่ละคนสามารถพยากรณ์ได้โดยใช้คะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ และคะแนนจากแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

✓ พืระศักดิ์ ไผศลนันทน์ (พืระศักดิ์ ไผศลนันทน์ 2525 : 46 - 47) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชั้นสติปัญญาการเรียนรู้ตามทฤษฎีของเพียเจท์ กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ม. 4) โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ม. 4) จำนวน 348 คน ใช้แบบทดสอบวัดระดับสติปัญญาการเรียนรู้ของ Gilbert M. Burney ซึ่งปรับปรุงเป็นภาษาไทย โดย ดร. ยุพา วีระไวทยะ และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสม สร้างโดย สสวท. ผลการวิจัยพบว่า ระดับการสติปัญญาการเรียนรู้ตามทฤษฎีของเพียเจท์กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะระดับสติปัญญาการเรียนรู้ขั้นการคิดแบบนามธรรม และแบบกึ่งนามธรรมกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นผสมมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ

สรุปได้ว่า

1. การเรียนโดยการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น
2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
3. การสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยเน้นทักษะกระบวนการขั้นสูง จะทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น
4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการมีความสัมพันธ์กับการคิดด้านนามธรรม
5. ความสามารถในการคิดเหตุผลเชิงตรรก ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กัน

✓ จากผลการวิจัยดังกล่าวจะเห็นว่า พัฒนาการทางสติปัญญาจะขึ้นอยู่กับอายุและประสบการณ์ ซึ่งเด็กในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 11 - 15 ปี สามารถที่จะเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เป็นนามธรรมได้ การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก็เป็นการเรียนที่ฝึกให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ซึ่ง

ก็ต้องใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบการคิดอย่างมีเหตุผลควบคู่กันไป ซึ่งการคิดอย่างมีเหตุผล ถือเป็นรากฐานอันหนึ่งของวิทยาศาสตร์ ดังนั้นถ้าผู้สอนจะจัดประสบการณ์ให้กับเด็กนักเรียน โดยเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นมูลฐาน ในการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ก็จะช่วยให้นักเรียนมีประสิทธิภาพในการคิดอย่างมีเหตุผลสูงขึ้น พร้อม กับมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ขึ้นด้วย

สมมติฐานในการศึกษาครั้งนี้ว่า

1. กลุ่มนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นมูลฐาน และกลุ่มที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. จะมีพัฒนาการด้านการคิดอย่างมีเหตุผลสูงขึ้น
2. นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นมูลฐาน กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. จะมีการคิดอย่างมีเหตุผลแตกต่างกัน
 - 2.1 นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ ที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นมูลฐาน กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. จะมีการคิดอย่างมีเหตุผลแตกต่างกัน
 - 2.2 วิธีสอนกับระดับความสามารถทางการเรียนจะมีปฏิสัมพันธ์กัน
3. นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นมูลฐาน กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน
 - 3.1 นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ ที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นมูลฐาน กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน
 - 3.2 วิธีสอนกับระดับความสามารถทางการเรียนจะมีปฏิสัมพันธ์กัน

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

ประชากร

ประชากรเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสุรราษฎร์รังสฤษดิ์
อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2528 ซึ่งมีนักเรียน 6 ห้องเรียน
จำนวน 267 คน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้านี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียน
สุรราษฎร์รังสฤษดิ์ อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี จำนวน 2 ห้องเรียน รวม 60 คน
แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มทดลอง จำนวน 30 คน เป็นกลุ่มที่จะได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดย
เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

กลุ่มควบคุม จำนวน 30 คน เป็นกลุ่มที่จะได้รับการสอนตามแนวคู่มือของ สสวท.

วิธีเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาค้นคว้านี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียน
สุรราษฎร์รังสฤษดิ์ ซึ่งผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการตามขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 สุ่มตามระดับชั้น (Stratified random sampling) ดังนี้

1.1 แบ่งระดับความสามารถทางการเรียนของนักเรียนออกเป็น 3 ระดับ
คือ สูง ปานกลาง และต่ำ โดยใช้คะแนนผลการสอบปลายภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2528
จากหมวดวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มาเป็นเกณฑ์ในการแบ่งระดับความสามารถ
ทางการเรียน ดังนี้

นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง คือ นักเรียนที่มี
คะแนนการสอบอยู่ในเกรด 3 - 4

นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลาง คือ
นักเรียนที่มีคะแนนผลการสอบอยู่ในเกรด 2

นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่ำ คือ นักเรียนที่มี
คะแนนผลการสอบอยู่ในเกรด 1 - 0

1.2 ใช้วิธีสุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling) โดย
การจับฉลากนักเรียนออกมาระดับความสามารถละ 20 คน ได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 60 คน

ขั้นที่ 2 ใช้วิธีสุ่มอย่างง่ายในแต่ละระดับโดยการจับฉลาก เพื่อแบ่งเป็น 2 กลุ่ม
แต่ละกลุ่มจะมีนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ ระดับละ
10 คน รวมกลุ่มตัวอย่างละ 30 คน จำนวน 2 กลุ่ม

ขั้นที่ 3 ใช้วิธีสุ่มอย่างง่ายเพื่อเลือกเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้
กลุ่มทดลอง ใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ
กลุ่มควบคุม ใช้วิธีสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. รายละเอียดของ
กลุ่มตัวอย่างแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 กลุ่มตัวอย่าง แบ่งตามระดับความสามารถทางการเรียน

ระดับความสามารถ	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม	รวม
สูง	10	10	20
ปานกลาง	10	10	20
ต่ำ	10	10	20
รวม	30	30	60

เนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง

เนื้อหาที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกเนื้อหาวิทยาศาสตร์จากหนังสือแบบเรียนวิทยาศาสตร์ เล่มที่ 6 (ว. 306) ตามหลักสูตรของกระทรวงศึกษาธิการ ที่จัดทำโดย สสท. เรื่อง การขนส่งและการสื่อสาร

ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

ใช้เวลาในการค้นคว้าทดลอง 20 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที รวมเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์

แบบแผนของการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองตามแบบแผนการทดลอง 2 แบบ คือ

1. ใช้แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มทดลอง - กลุ่มควบคุมได้จากการสุ่ม และมีการสอบก่อนและสอบหลังการเรียน (Randomized Control - Group Pretest - Posttest Design) (ชูศรี วงศ์วิริยะ 2528 : 78) สำหรับความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้าข้อ 1 ดังตาราง 2

ตาราง 2 แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มทดลอง - กลุ่มควบคุมได้จากการสุ่ม และมีการสอบก่อนและสอบหลัง

กำหนดแบบสุ่ม	สอบก่อน	สิ่งที่ทดลอง	สอบหลัง
RE_1	T_1E_1	X_1	T_2E_1
RE_2	T_1E_2	X_2	T_2E_2

- X หมายถึง สิ่งที่ทดลอง
 T_1 หมายถึง การทดสอบก่อนการทดลอง
 T_2 หมายถึง การทดสอบหลังการทดลอง
R หมายถึง การกำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบสุ่ม
 E_1 หมายถึง กลุ่มทดลอง
 E_2 หมายถึง กลุ่มควบคุม

2. ใช้แบบแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล (Factorial design)
 (ชูศรี วงศ์วิริยะ 2528 : 178) สำหรับความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้าข้อ 2 - 3

ตาราง 3 แบบแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล

วิธีสอน ระดับความสามารถ	สืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้น บูรณาการ	ตามแนวคู่มือครูของ สสท.
สูง ปานกลาง ต่ำ		

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มี 2 ประเภท

1. เครื่องมือสำหรับการจัดกิจกรรมในการวิจัย ได้แก่ แผนการสอน แบ่งให้ดังนี้

1.1 แผนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทาง

วิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ

1.2 แผนการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสท.

2. เครื่องมือวัดตัวแปร

2.1 แบบทดสอบการคิดอย่างมีเหตุผล

2.2 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

ขอบข่ายของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแต่ละประเภท

1. แผนการสอน ในแต่ละแผนการสอนกำหนดรายละเอียดไว้ดังนี้

1.1 แนวคิดหลัก

1.2 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1.3 สร้างสถานการณ์หรือปัญหาจากเนื้อเรื่อง รูปภาพ และสถานการณ์

โดยการอภิปรายและซักถาม เพื่อนำเข้าสู่บทเรียน

1.4 คำถามเพื่อนำไปสู่การทดลอง

1.5 คำเนิการทดลอง และบันทึกผลการทดลอง นำเสนอผลเพื่อทดลอง

1.6 อภิปรายซักถาม เพื่อสรุปผลการทดลองและแนวคิดตามเนื้อหาและ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1.7 มอบหมายงานให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมโดยไม่มีการประเมินผล

2. แบบทดสอบการคิดอย่างมีเหตุผล ใช้แบบทดสอบการคิดอย่างมีเหตุผลของ

(Sund. 1976 : 165 - 173 อ้างอิงมาจาก Burney. 1974) เป็นข้อสอบที่วัดระดับสติปัญญาการเรียนรู้อ้างอิงความเชื่อมั่นสูง (.825) ต่อมา ดร.ยุพา วีระไวทยะ ได้ดัดแปลงเป็นภาษาไทย และ ณรงค์ พ่วงศรี ได้นำมาปรับปรุงอีกครั้งหนึ่ง (ณรงค์ พ่วงศรี 2525 : 80 - 90)

ลักษณะของแบบทดสอบ แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบเลือกตอบจำนวน 21 ข้อ โดยบางข้อมี 5 ตัวเลือก 4 ตัวเลือก หรือ 2 ตัวเลือก และการให้คะแนนผู้ตอบถูกได้ 1 คะแนน ผู้ตอบผิดได้ 0 คะแนน

3. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบเลือกตอบมี 5 ตัวเลือก แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นครอบคลุมจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ (ว.306) เรื่อง การขนส่งและการสื่อสาร โดยวัดพฤติกรรมด้านต่าง ๆ ดังนี้

- 3.1 ด้านความรู้ความจำ
- 3.2 ด้านความเข้าใจ
- 3.3 ด้านการนำไปใช้
- 3.4 ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การตรวจให้คะแนน คำตอบถูกให้ข้อละ 1 คะแนน ตอบผิดให้ 0 คะแนน

การสร้างและการทดลองใช้เครื่องมือ

1. การสร้างแผนการสอน

ในการสร้างแผนการสอน ผู้วิจัยได้กำหนดแนวทางในการสร้างดังต่อไปนี้

1.1 แผนการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. ศึกษาจากคู่มือครูวิทยาศาสตร์ เล่ม 2 และแบบเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เล่ม 6 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จัดทำโดยสถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี บทที่ 17 เรื่อง การขนส่งและการสื่อสาร

1.2 แผนการสอนเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ผู้วิจัยได้กำหนดแนวทางในการสร้างดังต่อไปนี้

1.2.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะทักษะขั้นบูรณาการ เอกสารของ สสวท. การสร้างสถานการณ์ การฝึกทักษะ การตั้งสมมติฐาน การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ และหลักสูตรวิทยาศาสตร์มัธยมศึกษา ตอนต้น พุทธศักราช 2521

1.2.2 เลือกเนื้อหาที่จะใช้สอนจากแบบเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เล่ม 6 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง การขนส่งและการสื่อสาร

1.2.3 เรียงลำดับความคิดต่อเนื่องของเนื้อหาและสิ่งกับ

1.2.4 กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยศึกษาจากคู่มือครูวิชา วิทยาศาสตร์ เล่ม 2 ของ สสวท.

1.2.5 เขียนแผนการสอน จำนวน 20 คาบ ประกอบด้วย

- แนวคิดหลัก
- กิจกรรมการเรียนรู้การสอนที่เน้นทักษะกระบวนการทาง

วิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ ได้แก่ การนำเข้าสู่ปัญหา การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การทดลองและสรุปผล

- คำถามที่ใช้ในแผนการสอน

1.2.6 นำแผนการสอนปรึกษาผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของกิจกรรม ที่จะเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ และคำถามที่ใช้ความเหมาะสมและความถูกต้องของการใช้ภาษา โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์และภาษา จำนวน 3 ท่าน เพื่อปรับปรุงแผนการสอน

1.2.7 นำแผนการสอนทั้งหมดที่ผู้เชี่ยวชาญตรวจและปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองสอนกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสุรราษฎร์รังสฤษดิ์ อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี ที่มีใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการทดลองครั้งนี้

1.2.8 นำแผนการสอนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองสอนกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสุรราษฎร์รังสฤษดิ์ อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี

2. แบบทดสอบการคิดอย่างมีเหตุผล ใช้แบบทดสอบการคิดอย่างมีเหตุผลของ Burney (Sund. 1976 : 165 - 173 อ้างอิงมาจาก Burney. 1974) เป็นข้อสอบที่วัดระดับสติปัญญาการเรียนรู้มีความเชื่อมั่นสูง (.825) ต่อมา ดร.ยุพา วีระไวยะ ได้ดัดแปลงเป็นภาษาไทย และ ณรงค์ พ่วงศรี ได้นำมาปรับปรุงอีกครั้งหนึ่ง (ณรงค์ พ่วงศรี 2525 : 80 - 90)

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 วิเคราะห์จุดประสงค์ของบทเรียนเรื่อง การขนส่งและการสื่อสาร โดยใช้ผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ ผู้สอนวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ จำนวน 7 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรง โดยแบ่งจุดประสงค์เป็น 4 ด้าน คือ

- ด้านความรู้ความจำ
- ด้านความเข้าใจ

๓ ด้านการนำไปใช้

- ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3.2 นำผลการวิเคราะห์มาสร้างข้อสอบเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ

5 ตัวเลือก 50 ข้อ

3.3 นำข้อสอบที่สร้างขึ้นปรึกษาผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบลักษณะการใช้

คำถามและความถูกต้องด้านภาษาเพื่อปรับปรุงแก้ไข

3.4 นำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียน

คุรุราษฎร์รังสฤษดิ์ อำเภोजอมบึง จังหวัดราชบุรี จำนวน 100 คน ที่ไม่ได้เป็นกลุ่มทดลอง นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ ดังนี้

3.4.1 วิเคราะห์ข้อสอบรายข้อโดยใช้เทคนิค 27% ของ จง เทห์ พาน เพื่อหาความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ของข้อสอบแต่ละข้อ

3.4.2 เลือกข้อสอบที่มีค่าความยาก - ง่าย อยู่ระหว่าง .02 - .80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป ไว้ประมาณ 50 ข้อ

3.5 นำข้อสอบที่คัดเลือกไว้แล้วไปหาความเชื่อมั่นโดยใช้สูตร KR - 20 (Kuder Richardson 20) ได้ค่าความเชื่อมั่น .8124

3.6 ข้อสอบที่ได้รับคัดเลือกอยู่ในเกณฑ์นำไปใช้ได้เป็นข้อสอบที่ดี จำนวน 50 ข้อ เป็นข้อสอบที่นำไปใช้จริงในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

ข้อสอบวัดความรู้ความจำ	จำนวน	11	ข้อ
วัดความเข้าใจ	จำนวน	19	ข้อ
วัดการนำไปใช้	จำนวน	8	ข้อ
วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	จำนวน	12	ข้อ

วิธีดำเนินการทดลอง

วิธีดำเนินการทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินการทดลองไว้ดังนี้

1. ดำเนินการติดต่อผู้บริหารโรงเรียน เพื่อขอความร่วมมือ
2. สุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เข้าสู่กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ให้มีนักเรียนกลุ่มละ 30 คน ดังกล่าวมาแล้วในการเลือกกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งกำหนดให้กลุ่มทดลองได้รับการสอนโดยวิธีสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ กลุ่มควบคุมได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท.
3. ทดสอบก่อนเรียนกับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีเหตุผล
4. ดำเนินการสอน โดยผู้วิจัยเป็นผู้สอนเองทั้งสองกลุ่ม ใช้เนื้อหาเดียวกัน ในระยะเวลากลุ่มละ 20 คาบ ทำการสอนสัปดาห์ละ 4 คาบ
 - 4.1 กลุ่มทดลอง สอนตามแผนการสอนที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชั้นบูรณาการ
 - 4.2 กลุ่มควบคุม สอนตามแผนการสอนแนวคู่มือครูของ สสวท.
5. เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนตามกำหนด ทำการทดสอบหลังเรียนกับนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม ด้วยแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีเหตุผลและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นชุดเดียวกันกับที่ใช้สอบครั้งแรก
6. ตรวจสอบผลการทดสอบการคิดอย่างมีเหตุผลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ แล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการทางสถิติ เพื่อตรวจสอบสมมติฐานต่อไป

ตาราง 4 สรุปขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

ลำดับ	ขั้นตอน	จำนวนเวลา (นาที)
1	ทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล	1
2	ดำเนินการทดลอง	
	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
	สอนการเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ	สอนความแววคู่มือครูของ สสวท.
3	ทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์	2
4	รวมเวลา	23

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาค่าเฉลี่ยคำนวณจากสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ 2524 : 71)

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนของนักเรียนในกลุ่ม

2. หาค่าความแปรปรวน คำนวณจากสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ 2524 : 75)

$$s^2 = \frac{N\sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N - 1)}$$

เมื่อ s^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนน

$\sum x$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

$\sum x^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่ม

3. หาความยากง่ายและอำนาจการจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ ใช้เทคนิค 27 เปอร์เซนต์ เป็นกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ และเปิดตาราง จุง - เทห์ ฟาน (Fan. 1954 : 1 - 32)

4. หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
ทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR - 20 (Kuder - Richardson 20) (ลัทธิ สายยศ และ
อังคณา สายยศ 2524 : 168 - 169)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right\}$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

n แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ

p แทน สัดส่วนของผู้ทำถูกในข้อหนึ่ง ๆ $= \frac{\text{จำนวนคนที่ทำถูก}}{\text{จำนวนคนทั้งหมด}}$

q แทน สัดส่วนของผู้ทำผิดในข้อหนึ่ง ๆ หรือ

คือ $1 - p$

S_t^2 แทน คะแนนความแปรปรวนของแบบทดสอบฉบับนั้น

5. ตรวจสอบสมมติฐาน คือ ข้อ 1. เพื่อหาความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย 2 ค่า
เพื่อการพัฒนาของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้ t - test dependent (ชูศรี วงศ์วิริยะ
2525 : 133)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n-1}}}$$

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่ใช้พิจารณา

D แทน ความแตกต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่

n แทน จำนวนคู่

6. ตรวจสอบสมมติฐานข้อ 2 และข้อ 3 เพื่อเปรียบเทียบการคิดอย่างมีเหตุผล
และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม โดยการวิเคราะห์
ความแปรปรวนแบบสององค์ประกอบ (Several Observations per cell) โดยใช้
สูตร (ชูศรี วงศ์วิริยะ 2525 : 177)

6.1 การทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวแปรทางแถว

$$F = \frac{MS_R}{MS_E}$$

6.2 การทดสอบความแตกต่างระหว่างตัวแปรทางคอลัมน์

$$F = \frac{MS_C}{MS_E}$$

6.3 การทดสอบปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางแถวและคอลัมน์

$$F = \frac{MS(RC)}{MS_E}$$

เมื่อ	F	แทน	ค่าสถิติที่ใช้ในการพิจารณา
	MS_R	แทน	ความแปรปรวนระหว่างแถว
	MS_C	แทน	ความแปรปรวนระหว่างคอลัมน์
	$MS(RC)$	แทน	ความแปรปรวนระหว่างแถวและคอลัมน์
	MS_E	แทน	ความแปรปรวนภายในกลุ่ม

✕ ถ้าผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขึ้นต่อไป
 ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบหาค่าความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยแต่ละกลุ่มเป็นรายคู่ โดยใช้
 นิวแมน คิวลส์ (Newman keys) (ชูศรี วงษ์วิริยะ 2525 : 162 -- 167)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อสะดวกในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้

ดังนี้

- N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
- $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน
- S^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนน
- D แทน ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่
- t แทน ค่าสถิติที่ใช้ในการพิจารณา t - distribution
- df แทน ชั้นของความเป็นอิสระ
- SS แทน ผลบวกกำลังสองของคะแนน
- MS แทน ค่าเฉลี่ยของผลบวกกำลังสองของคะแนน
- F แทน ค่าสถิติที่ใช้พิจารณา
- q แทน ค่า q ในการแจกแจงของ q - statistic
- A แทน วิธีสอน
- A_1 แทน วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ชั้นบูรณาการ
- A_2 แทน วิธีสอนตามแนวทฤษฎีของ สสวท.
- B แทน ระดับความสามารถทางการเรียน
- B_1 แทน ระดับความสามารถทางการเรียนสูง
- B_2 แทน ระดับความสามารถทางการเรียนปานกลาง
- B_3 แทน ระดับความสามารถทางการเรียนต่ำ
- ** แทน ความมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ตอน ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียน
2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

ของนักเรียน

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียน

1. เปรียบเทียบคะแนนการคิดอย่างมีเหตุผลก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่ม

ทดลอง และกลุ่มควบคุม

การเปรียบเทียบครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบการคิดอย่างมีเหตุผล ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนและหลังเรียน แล้วนำคะแนนมาหาค่าสถิติพื้นฐาน และทดสอบคะแนนเฉลี่ยการคิดอย่างมีเหตุผลของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ปรากฏผลดังตาราง

ตาราง 5 ค่าสถิติพื้นฐาน และค่านัยสำคัญของการทดสอบการคิดอย่างมีเหตุผลก่อนเรียนและหลังเรียน ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	การทดสอบ	$\bar{X}$	D	S^2	t
กลุ่มทดลอง	ก่อนเรียน	7.4000	2.6333	8.1022	7.9703**
	หลังเรียน	10.0333			
กลุ่มควบคุม	ก่อนเรียน	7.0000	1.0333	3.9643	6.3600**
	หลังเรียน	8.0333			

$t_{.01, 29} = 2.756$ ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 5 คะแนนการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มทดลองก่อนเรียนและหลังเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และคะแนนการคิดอย่างมีเหตุผล

ของนักเรียนกลุ่มควบคุมก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่าการสอนโดยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. มีผลให้นักเรียนมีการพัฒนาการคิดอย่างมีเหตุผลสูงขึ้น ผลดังกล่าวเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ซึ่งกล่าวไว้ว่า กลุ่มนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธี สืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและกลุ่มที่ได้รับการสอน ตามแนวคู่มือครูของ สสวท. จะมีพัฒนาการด้านการคิดอย่างมีเหตุผลสูงขึ้น

2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการคิดอย่างมีเหตุผล หลังการเรียน ของนักเรียน

การวิเคราะห์ความแปรปรวนครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำคะแนนการคิดอย่างมีเหตุผลหลัง การเรียนของกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์แบบ 2 องค์ประกอบ องค์ประกอบที่หนึ่งคือวิธีสอน และองค์ประกอบที่สองคือ ความสามารถทางการเรียนของนักเรียน ผลของการวิเคราะห์ ปรากฏดังตาราง 6

ตาราง 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนการคิดอย่างมีเหตุผล ภายหลัง การเรียน โดยพิจารณาจากวิธีสอน และความสามารถทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F
วิธีสอน	1	60	60	24.1798**
ความสามารถทางการเรียน	2	199	99.5000	40.0983**
ปฏิสัมพันธ์	2	17	8.5000	3.4254*
ความคลาดเคลื่อน	54	134	2.4814	
รวมทั้งหมด	59	410		

F.01 (1, 54) = 7.12 * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

F.01 (2, 54) = 5.01 ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

F.05 (2, 54) = 3.17

จากตาราง 6 แสดงว่า

2.1 นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นอนุบาลการ กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. มีการคิดอย่างมีเหตุผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เนื่องจากวิธีสอนมี 2 วิธี เมื่อพิจารณาความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยการคิดอย่างมีเหตุผลที่วัดได้จากนักเรียนแต่ละกลุ่มที่ได้รับจากการสอนโดยไม่คำนึงถึงระดับความสามารถทางการเรียนของนักเรียน ปรากฏว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นอนุบาลการมีการคิดอย่างมีเหตุผลสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2

2.2 นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ ที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นอนุบาลการ กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. มีการคิดอย่างมีเหตุผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เพื่อแสดงให้เห็นว่านักเรียนกลุ่มใดมีการคิดอย่างมีเหตุผลสูงกว่ากลุ่มใด จึงได้ทำการทดสอบคะแนนเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มเป็นรายคู่ โดยวิธีของ นิวแมน คูลส์ (Newman keuls) ผลการวิเคราะห์ปรากฏดังตาราง

ตาราง 7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนน การศึกษาอย่างมีเหตุผลระหว่างนักเรียนที่มี
ระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ

ระดับความสามารถทางการเรียน		B ₃	B ₂	B ₁
	$\bar{X}$	6.9	8.85	11.35
B ₃	6.9	-	1.95**	4.45**
B ₂	8.85		-	2.5**
B ₁	11.35			-
			2	3
		q.01 (r,57)	3.76	4.28
		$\sqrt{\frac{MSE}{n}} = q.01 (r,57)$	1.32	1.51

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 7 แสดงว่านักเรียนกลุ่มที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูงมีการศึกษาอย่างมีเหตุผลสูงกว่ากลุ่มนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลางและต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนนักเรียนกลุ่มที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลางมีการศึกษาอย่างมีเหตุผลสูงกว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2.1

2.3 วิธีสอนกับระดับความสามารถทางการเรียนมีปฏิสัมพันธ์กัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่าวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการและวิธีสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. เมื่อใช้สอนกับนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการศึกษาอย่างมีเหตุผลแตกต่างกัน

เพื่อแสดงให้เห็นว่าวิธีสอนแบบใดมีความเหมาะสมที่จะนำไปสอนกับนักเรียนที่มี
ความสามารถทางการเรียนระดับใด เกิดผลการคิดอย่างมีเหตุผลมากที่สุด และสอนกับนักเรียน
ระดับใดได้ผลน้อยที่สุด จึงได้ทำการทดสอบผลที่เกิดขึ้นของแต่ละองค์ประกอบของวิธีสอน ใน
ระดับความสามารถทางการเรียนต่าง ๆ (Test of simple main effects) ดังนี้

ตาราง 8 สรุปผลรวมทั้งหมดเมื่อเกิดปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ของ Two - Way
ANOVA จากการทดสอบผลที่เกิดขึ้นของแต่ละองค์ประกอบในระดับต่าง ๆ

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F
1. วิธีสอน 2 วิธี (A)	1	60	60	24.1798**
1.1 B ที่ A ₁	1	161.0700	161.0700	64.9109**
1.2 B ที่ A ₂	2	54.8700	54.8700	22.1125**
2. ความสามารถทางการเรียน (B)	2	199	99.5000	40.0983**
2.1 A ที่ B ₁	2	61.2500	30.6250	12.3418**
2.2 A ที่ B ₂	2	8.4500	4.2250	1.7026
2.3 A ที่ B ₃	2	6.9000	3.4500	1.3903
3. ปฏิสัมพันธ์	2	17	8.5000	3.4254*
4. ความคลาดเคลื่อน	54	134	2.4814	

$$F_{.01} (1, 54) = 7.12$$

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

$$F_{.01} (2, 54) = 5.01$$

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

$$F_{.05} (2, 54) = 3.17$$

จากตารางที่ 8 แสดงว่า

1. นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่างกัน (B) ที่ได้รับการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นมูลภาการศึกษา (A₁) จะมีคะแนนเฉลี่ยของการคิดอย่างมีเหตุผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เพื่อแสดงให้เห็นเด่นชัดยิ่งขึ้นว่าวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นมูลภาการศึกษา (A₁) มีความเหมาะสมกับนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนระดับใด จึงให้ทำการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการคิดอย่างมีเหตุผลระหว่างคู่ของแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ นิวแมน กุสส์ (Newman keuls) ดังนี้

คะแนนเฉลี่ยการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนแต่ละกลุ่ม เมื่อทดลองสอนด้วยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นมูลภาการศึกษา (A₁) เปรียบเทียบกันตามระดับความสามารถทางการเรียน ปรากฏผลดังตาราง

ตาราง 9 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดอย่างมีเหตุผลตามระดับความสามารถทางการเรียน เมื่อทดลองสอนด้วยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นมูลภาการศึกษา (A₁)

ระดับความสามารถทางการเรียน		B ₃	B ₂	B ₁
	$\bar{X}$	7.5	9.5	13.1
B ₃	7.5	-	2.0**	5.6**
B ₂	9.5		-	3.6**
B ₁	13.1			-
r			2	3
q.01 (r,57)			3.76	4.28
$\sqrt{\frac{MSE}{n}}$. q.01 (r,57)			1.87	2.13

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 9 แสดงว่า เมื่อทดลองสอนด้วยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษา (A₁) ทำให้นักเรียนกลุ่มที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง (B₁) ได้คะแนนเฉลี่ยมากกว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลาง (B₂) และต่ำ (B₃) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนนักเรียนกลุ่มที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลาง (B₂) ได้คะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่ำ (B₃) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่างกัน (B) ที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. (A₂) จะมีการคิดอย่างมีเหตุผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เพื่อแสดงให้เห็นเด่นชัดยิ่งขึ้นว่าวิธีสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. มีความเหมาะสมมากับนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนระดับใด จึงได้ทำการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการคิดอย่างมีเหตุผลระหว่างคู่ของแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ นิวแมน คูลส์ (Newman keuls) ดังนี้

คะแนนเฉลี่ยการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนแต่ละกลุ่มเมื่อทดลองสอนด้วยวิธีสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. (A₂) เปรียบเทียบกันตามระดับความสามารถทางการเรียนของนักเรียน ปรากฏผลดังตาราง



ตาราง 10 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดอย่างมีเหตุผล ตามระดับความสามารถทางการเรียน เมื่อทดสอบด้วยวิธีสอน A_2

ระดับความสามารถทางการเรียน		B_3	B_2	B_1
	$\bar{X}$	6.3	8.2	9.6
B_3	6.3	-	1.9**	3.3**
B_2	8.2		-	1.4
B_1	9.6			-
r			2	3
q.01 (r,57)			3.76	4.28
$\sqrt{\frac{MS_E}{n}} \cdot q.01 (r,57)$			1.87	2.13

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 10 เมื่อทดสอบด้วยวิธีสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. (A_2) นักเรียนกลุ่มที่มีความสามารถทางการเรียนสูง (B_1) ได้คะแนนเฉลี่ยมากกว่ากลุ่มนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนต่ำ (B_3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลาง (B_2) ได้คะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนต่ำ (B_3) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง (B_1) และปานกลาง (B_2) มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3. วิธีสอน 2 วิธี (A) ที่ใช้สอนกับนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง (B_1) ทำให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยการคิดอย่างมีเหตุผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เพื่อให้เห็นเด่นชัดยิ่งขึ้นว่านักเรียนแต่ละกลุ่มในแต่ละระดับความสามารถทางการเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีสอนที่แตกต่างกัน จึงได้ทำการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการคิดอย่างมีเหตุผลระหว่างคู่ของแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ วิธีแมน คูลส์ (Newman Keuls) ดังนี้

3.1 คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนแต่ละกลุ่ม ในระดับความสามารถทางการเรียนสูง เปรียบเทียบกันตามชนิดของวิธีสอน ปรากฏผลดังตาราง

ตาราง 11 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มที่มีความสามารถทางการเรียนสูง (B_1) เมื่อทดลองสอนด้วยวิธีสอน 2 วิธี

วิธีสอน		A_2	A_1
	$\bar{X}$	9.6	13.1
A_2	9.6	-	3.5**
A_1	13.1		-
r		2	
$q_{.01} (r, 58)$		3.76	
$\sqrt{\frac{MS_E}{n}}$		1.87	
$q_{.01} (r, 58)$			

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 11 คะแนนเฉลี่ยการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนในระดับความสามารถทางการเรียนสูงที่ได้รับการสอนโดยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ (A_1) มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่านักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนสูง ที่สอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. (A_2) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3.2 คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนแต่ละกลุ่มในระดับความสามารถทางการเรียนปานกลาง เปรียบเทียบกันตามชนิดของวิธีสอน ปรากฏผลดังตาราง

ตาราง 12 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มที่มีความสามารถทางการเรียนปานกลาง (B_2) เมื่อทดลองสอนด้วยวิธีสอน 2 วิธี

วิธีสอน		A_2	A_1
	$\bar{X}$	8.2	9.5
A_2	8.2	-	1.3
A_1	9.5		-
r		2	
q.05 (r,58)		2.83	
$\sqrt{\frac{MSE}{n}} \cdot q.05 (r,58)$		1.40	

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 12 แสดงว่า คะแนนเฉลี่ยการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนในระดับความสามารถทางการเรียนปานกลาง ที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ (A_1) และได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. (A_2) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3.3 คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนแต่ละกลุ่ม ในระดับความสามารถทางการเรียนต่ำ เปรียบเทียบกันตามชนิดของวิธีสอน ปรากฏผลดังตาราง

ตาราง 13 ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของคะแนนการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนกลุ่มที่มีความสามารถทางการเรียนต่ำ (B_3) เมื่อทดลองสอนด้วยวิธีสอน 2 วิธี

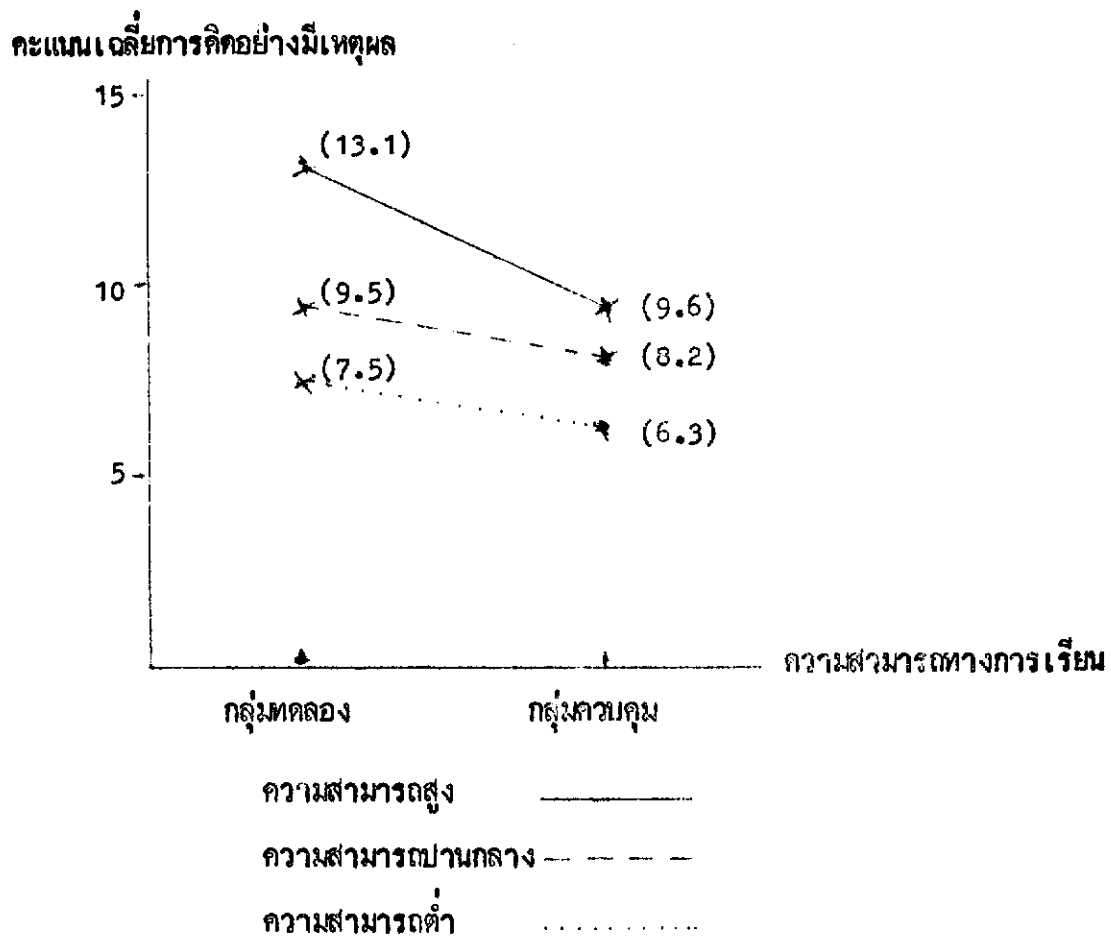
วิธีสอน		A_2	A_1
	$\bar{X}$	6.3	7.5
A_2	6.3	-	1.2
A_1	7.5		-
r		2	
.05 ($r, 58$)		2.83	
$\sqrt{\frac{MSE}{n}} \cdot q_{.05} (r, 58)$		1.40	

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 13 แสดงว่า คะแนนเฉลี่ยการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนในระดับความสามารถทางการเรียนต่ำ ที่ได้รับการสอนโดยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ (A_1) และได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4. วิธีสอน 2 วิธี (A) ที่ใช้สอนกับนักเรียนกลุ่มที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลาง (B_2) และกลุ่มที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่ำ (B_3) มีคะแนนการคิดอย่างมีเหตุผลแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

เพื่อให้เห็นปฏิสัมพันธ์ของวิธีสอนกับระดับความสามารถทางการเรียนที่มีต่อการคิดอย่างมีเหตุผล จากตารางที่ 8, 9, 10, 11, 12 และ 13 ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น จึงได้ทำคะแนนเฉลี่ยการคิดอย่างมีเหตุผลมาเสนอในลักษณะของกราฟเส้นตรง ปรากฏดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีสอนกับระดับความสามารถทางการเรียน

จากภาพประกอบ 2 แสดงให้เห็นว่าวิธีสอนทั้ง 2 วิธี (A_1 และ A_2) กับระดับความสามารถทางการเรียนสูง (B_1) มีผลทำให้คะแนนการคิดอย่างมีเหตุผลสูงร่วมกัน ส่วนวิธีสอนทั้ง 2 วิธี (A_1 และ A_2) กับระดับความสามารถทางการเรียนปานกลางและต่ำ มีคะแนนการคิดอย่างมีเหตุผลไม่แตกต่างกันนักคือ จะใช้วิธีสอนโดยวิธีใดก็ได้ในเด็กนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลางและต่ำ ผลดังกล่าวแสดงว่ากลุ่มนักเรียนที่ได้รับประโยชน์และมีผลการคิดอย่างมีเหตุผลสูงที่สุด คือ กลุ่มนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูงที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กระบวนการ มีการคิดอย่างมีเหตุผลสูงและกลุ่มนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่ำ ที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. มีการคิด

อย่างมีเหตุผลที่สุด ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2.2 ที่กล่าวว่า วิธีสอนกับระดับความสามารถทางการเรียนมีปฏิสัมพันธ์กัน

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์หลังการเรียนของนักเรียน

การวิเคราะห์ความแปรปรวนครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำคะแนน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์หลังการเรียนของกลุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์แบบ 2 องค์ประกอบ องค์ประกอบที่หนึ่งคือวิธีสอน และองค์ประกอบที่สองคือ ความสามารถทางการเรียนของนักเรียน ผลการวิเคราะห์ปรากฏดังตาราง 14

ตาราง 14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ภายหลังการเรียน โดยพิจารณาจากวิธีสอนและความสามารถทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง

แหล่งความแปรปรวน	df	SS	MS	F
วิธีสอน	1	183.7500	183.7500	18.3716**
ความสามารถทางการเรียน	2	1,265.8340	632.9170	63.2803**
ปฏิสัมพันธ์	2	10.9000	5.4500	0.5449
ความคลาดเคลื่อน	54	10.1000	10.0018	
รวม	59			

$$F_{.01} (1,54) = 7.12$$

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

$$F_{.01} (2,54) = 5.01$$

จากตาราง 14 แสดงว่า

1. นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เนื่องจากวิธีสอนมีเพียง 2 วิธี เมื่อพิจารณาความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากนักเรียนแต่ละกลุ่มที่ได้รับจากการสอนโดยไม่คำนึงถึงระดับความสามารถทางการเรียนปรากฏว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 3.1

2. นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เพื่อแสดงให้เห็นว่านักเรียนกลุ่มใดมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มใด จึงได้ทำการทดสอบคะแนนเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มเป็นรายคู่ โดยวิธีของนิวแมน คูลส์ (Newman keuls) ผลการวิเคราะห์ปรากฏดังตาราง

ตาราง 15 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
ระหว่างนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ

ระดับความสามารถทาง การเรียน		B ₃	B ₂	B ₁
	$\bar{X}$	18.75	24.5	30
B ₃	18.75	-	5.75**	12.25**
B ₂	24.5		-	5.5**
B ₁	30			-
r			2	3
q.01 (r,57)			3.76	4.28
$\sqrt{\frac{MSE}{n}} \cdot q.01 (r,57)$			2.65	3.02

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตาราง 15 แสดงว่า นักเรียนกลุ่มที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลาง และต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนกลุ่มที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลางมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 3.2 ที่กล่าวว่า นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนแตกต่างกัน จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน

3. วิธีสอนกับความสามารถทางการเรียนไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน จากการที่ไม่พบ
 นัยสำคัญของปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีสอน กับความสามารถทางการเรียน แสดงว่า นักเรียน
 ที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่างกันเมื่อได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้น
 กิจกรรมกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ก็ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครู ไม่สามารถ
 ระบุได้ว่าวิธีสอนกับความสามารถทางการเรียนมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อเปรียบเทียบผลของการคิดอย่างมีเหตุผล และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ กับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสท. ซึ่งมีลำดับขั้นของการวิจัยและผลโดยสรุปดังนี้

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อศึกษาพัฒนาการด้านการคิดอย่างมีเหตุผล ของนักเรียนที่สอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ กับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสท.
2. เพื่อเปรียบเทียบผลของการคิดอย่างมีเหตุผลระหว่างนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ ที่สอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการกับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสท.
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำที่สอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ กับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสท.

สมมุติฐานในการศึกษาค้นคว้า

1. กลุ่มนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และกลุ่มที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสท. จะมีพัฒนาการด้านการคิดอย่างมีเหตุผลสูงขึ้น
2. นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสท. จะมีการคิดอย่างมีเหตุผลแตกต่างกัน

2.1 นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ ที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. จะมีการคิดอย่างมีเหตุผล แตกต่างกัน

2.2 วิธีสอนกับระดับความสามารถทางการเรียนจะมีปฏิสัมพันธ์กัน

3. นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน

3.1 นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ ที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน

3.2 วิธีสอนกับระดับความสามารถทางการเรียนจะมีปฏิสัมพันธ์กัน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2528 ของโรงเรียนคุรุราษฎร์รังสฤษดิ์ อำเภोजอมบึง จังหวัดราชบุรี จำนวน 267 คน

กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2528 ของโรงเรียนคุรุราษฎร์รังสฤษดิ์ อำเภोजอมบึง จังหวัดราชบุรี จำนวน 60 คน ซึ่งเลือกมาโดยการสุ่มตามลำดับชั้น จากนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ และสุ่มตัวอย่างให้ได้กลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มทดลอง ดำเนินการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

2. กลุ่มควบคุม ดำเนินการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท.

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

1. แผนการสอนที่ใช้สอนนักเรียน 2 แผน

1.1 แผนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ

1.2 แผนการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท.

2. แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีเหตุผล ใช้แบบทดสอบของ Gilbert M. Burney (1974) มีค่าความเชื่อมั่น .825 ปรับปรุงเป็นภาษาไทยโดย ดร. ยุพา วีระไวยะ และณรงค์ พ่วงศรี ลักษณะข้อสอบเป็นแบบปรนัยให้เลือกตอบ มี 21 ข้อ

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องการขนส่งและการสื่อสาร เป็นแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ลักษณะของข้อสอบเป็นแบบปรนัย 5 ตัวเลือก มีความเชื่อมั่น .8124

วิธีดำเนินการทดลอง

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองสอนในช่วงโม่งสอนตามปกติของโรงเรียนแต่ละกลุ่มสอน สัปดาห์ละ 2 วัน วันละ 2 คาบ ติดต่อกัน เป็นเวลา 5 สัปดาห์โดยกระทำดังนี้

1. ก่อนทำการทดลอง ให้นักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมทำแบบทดสอบก่อนเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีเหตุผล

2. ดำเนินการทดลอง โดยใช้เวลาสอนกลุ่มละ 18 คาบ คาบละ 50 นาที ดังนี้

2.1 กลุ่มทดลอง สอนโดยใช้แผนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ

2.2 กลุ่มควบคุม สอนโดยใช้แผนการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท.

3. หลังทำการทดลอง ให้นักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมทำแบบทดสอบหลังการเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีเหตุผลฉบับเดิม และใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

4. นำคะแนนการคิดอย่างมีเหตุผล และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. เปรียบเทียบคะแนนการคิดอย่างมีเหตุผลก่อนเรียน และหลังเรียนของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม โดยใช้ t - test dependent

2. เปรียบเทียบคะแนนการคิดอย่างมีเหตุผลระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ที่มีระดับความสามารถทางการเรียนแตกต่างกัน โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ สององค์ประกอบ (Two - way analysis of variance) หรือเรียกชื่อย่อว่า Two - Way ANOVA

ถ้ามีนัยสำคัญทางสถิติก็เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนเป็นรายคู่ โดยใช้วิธี นิวแมน คูลส์ (Newman keuls)

สรุปผลการทดลอง

1. นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ และได้รับการสอบตามแนวคู่มือครูของ สสท. มีความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ กับนักเรียนที่ได้รับการสอบตามแนวคู่มือครูของ สสท. มีการคิดอย่างมีเหตุผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ มีการคิดอย่างมีเหตุผลสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสท. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2.1 นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ ที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ชั้นบูรณาการ กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสท. มีการคิดอย่างมีเหตุผล
แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยนักเรียนกลุ่มที่มีระดับความสามารถทาง
การเรียนรู้สูง มีการคิดอย่างมีเหตุผลสูงกว่ากลุ่มนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียน
ปานกลาง และต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนกลุ่มที่มีระดับความ
สามารถทางการเรียนปานกลางมีการคิดอย่างมีเหตุผลสูงกว่ากลุ่มนักเรียนที่มีระดับความ
สามารถทางการเรียนต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2.2 วิธีสอนกับระดับความสามารถทางการเรียนรู้มีปฏิสัมพันธ์กัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนกลุ่มที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูงที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ชั้นบูรณาการ มีการคิดอย่างมีเหตุผลสูง และนักเรียนกลุ่มที่มีระดับความสามารถทาง
การเรียนต่ำ ที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. มีการคิดอย่างมีเหตุผลต่ำ

3. นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะ

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3.1 นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ

ที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษา กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสท. มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
วิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยนักเรียนกลุ่มที่มีระดับ
ความสามารถทางการเรียนสูง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียน
กลุ่มที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลาง และต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ
.01 และนักเรียนกลุ่มที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลางมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
วิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่ำ อย่างมีนัยสำคัญ
ทางสถิติที่ระดับ .01

3.2 วิธีสอนกับระดับความสามารถทางการเรียนไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน แสดงว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่างกัน เมื่อได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ ก็ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. ไม่สามารถระบุได้ว่าวิธีสอนกับความสามารถทางการเรียนมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

อภิปรายผล

1. พัฒนาการของการคิดอย่างมีเหตุผล

ในการพัฒนาการคิดอย่างมีเหตุผล พบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ และนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. มีความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลสูงขึ้นทั้งสองกลุ่ม แสดงว่า การใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้นักเรียนเป็นช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย ได้ค้นคว้าทดลองด้วยตนเอง จึงเป็นส่วนที่ช่วยให้นักเรียนทั้งสองกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมมีการพัฒนาการคิดอย่างมีเหตุผลสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ยงยุทธ วงศ์นาม (ยงยุทธ วงศ์นาม 2524 : 40 - 41) ที่ใช้วิธีสอนแบบสืบสวนสอบสวนสร้างพัฒนาการทางความคิดตามทฤษฎีของ เพียเจต์ โดยกลุ่มทดลองมีความสามารถในการอนุรักษ์และการจัดประเภทสูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งการอนุรักษ์และการจัดประเภทนั้นเป็นส่วนหนึ่งของการคิดอย่างมีเหตุผล ประกอบกับคำกล่าวของ สุวัฒน์ นิยมคำ (สุวัฒน์ นิยมคำ 2527 : 125) และ ไชศรี อารณวิรัตน์ และ เบ็ญจวรรณ กองศิริ (ไชศรี อารณวิรัตน์ และ เบ็ญจวรรณ กองศิริ 2527 : 5 - 7) กล่าวว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นวิธีการที่ยั่วยุให้นักเรียนวางแผน และกำหนดวิธีค้นคว้าหาความรู้เอง โดยผู้เรียนได้มีโอกาสพัฒนาความคิดและปลูกฝังทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จึงถือได้ว่า การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ และการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. เป็นองค์ประกอบอันหนึ่งที่ทำให้นักเรียนมีการพัฒนาการคิดอย่างมีเหตุผลสูงขึ้นได้อย่างแน่นอน

2. จากการเปรียบเทียบคะแนนการคิดอย่างมีเหตุผลระหว่างนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ กับได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. จากกลุ่มผู้มีความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ ผลการวิจัยพบว่า

2.1 นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. มีการคิดอย่างมีเหตุผลต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ มีการคิดอย่างมีเหตุผลสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ทั้งนี้่าจะมีสาเหตุเนื่องมาจาก

2.1.1 นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ ที่ผู้วิจัยใช้เป็นกลุ่มทดลองได้เน้นทักษะชั้นบูรณาการทุกครั้งที่ทำการสอนโดยเฉพาะขั้นอภิปรายก่อนการทดลอง ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มทดลองซึ่งสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. ไม่ได้เน้นทักษะชั้นบูรณาการในช่วงนี้ การสอนโดยการเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการนั้น กำหนดให้นักเรียนตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การออกแบบการทดลอง และตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป ซึ่งทักษะดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับการคิดอย่างมีเหตุผลอย่างมาก ดังงานวิจัยของ พาติลลา โอเก้ และคิลลาซอร์ (Padilla, Okey and Dillashar. 1983 : 239 - 296) พบว่า ความสามารถในการคิดของนักเรียนในด้านการปฏิบัติการแบบนามธรรมกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง (0.73) แสดงว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ เมื่อนักเรียนได้ปฏิบัติอยู่เป็นประจำ จะช่วยให้นักเรียนมีการคิดอย่างมีเหตุผลสูงขึ้น

2.1.2 ในส่วนของคำถามก็ถือว่ามีส่วนสำคัญมากต่อการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียน การสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. พบว่าในบางขั้นตอนของการสอน

โดยเฉพาะชั้นอภิปรายก่อนการทดลอง กลุ่มควบคุมซึ่งสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. จะเสนอแนะเพียงปัญหา บอบจุดมุ่งหมายของการทดลอง และอภิปราย วิธีทดลองพร้อมทั้งข้อควรระวังในขณะที่ทำการทดลอง จากนั้นให้นักเรียนลงมือทำการทดลอง ซึ่งนักเรียนเข้าชั้นกระบวนการของการคิดอย่างมีเหตุผลไป ชั้นนี้จะได้เห็นถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรในการตั้งสมมติฐาน ดังนั้นในชั้นอภิปรายผลก่อนการทดลอง ถ้าครูผู้สอนได้เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ โดยใช้คำถามประกอบกับสื่อที่เป็นรูปภาพช่วยในการฝึกการคิด เพื่อเน้นทักษะชั้นบูรณาการตามที่ได้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้ากับกลุ่มทดลอง โดยสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการในครั้งนี้ ก็จะทำให้ นักเรียนมีการคิดอย่างมีเหตุผลสูงขึ้น ดังผลสรุปของการวิจัยที่ได้กล่าวไว้แล้ว ดังนั้นการกำหนดสถานการณ์ช่วงแรกก่อนการอภิปราย ช่วยให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิดการทำงานอย่างมีระบบแบบแผน นักเรียนสามารถกำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปร และออกแบบทดลอง ซึ่งก็เป็นทักษะชั้นบูรณาการที่ส่งเสริมการคิดโดยใช้สถานการณ์เข้าช่วยในกลุ่มทดลองซึ่งก็สอดคล้องกับการวิจัยของ ปราโมทย์ แก้วสุข (ปราโมทย์ แก้วสุข 2528 : 86) พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะการตั้งสมมติฐาน และการพยากรณ์ เลือกใช้แนวการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้านการคิดค้นคว้าหาแนวทางมากที่สุด ส่วนนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูของ สสวท. เลือกใช้แนวคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ความรู้มากที่สุด จะเห็นได้ว่ากลุ่มควบคุมซึ่งสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. การอภิปรายก่อนการทดลอง นักเรียนรู้เพียงปัญหาและการแนะนำการทดลอง แล้วลงมือทำการทดลองนักเรียนขาดการคิดในการวางแผนงานในการทดลองโดยเฉพาะการเน้นทักษะชั้นบูรณาการ จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นน่าจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้การคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท.

2.2 นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ ที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. มีการคิดอย่างมีเหตุผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เมื่อดูคะแนนเฉลี่ยจากตาราง 7 จะเห็นว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูงมีการคิดอย่างมีเหตุผลสูงกว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลางและต่ำ และนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลางมีการคิดอย่างมีเหตุผลสูงกว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่ำ ทั้งนี้ อาจจะมีสาเหตุเนื่องมาจากนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูงจะมีความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล สูงกว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถปานกลางและต่ำ และนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลางจะมีความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลสูงกว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่ำ นักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนสูงจะมีการคิดอย่างมีเหตุผลสูงด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจูเลียนา เทรมเพลอ เทกซ์เลย์ (Juliana Trempler Texley 1981 : 4351 - A) พบว่า คะแนนการคิดอย่างมีเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ มีความสัมพันธ์กับเกรดวิชาวิทยาศาสตร์ในทางบวก และสัมพันธ์กับอายุในทางลบ เช่นกัน และ ลูทซ์ โลเรน (Lutes Loren. 1980 : 6135 - A) พบว่า นักเรียนที่สามารถทำคะแนนในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ได้ดีจะทำคะแนนผลสัมฤทธิ์ได้ดีด้วย จากเหตุนี้มาจึงทำให้นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่างกัน มีการคิดอย่างมีเหตุผลแตกต่างกัน

2.3 วิธีสอนกับระดับความสามารถทางการเรียนมีปฏิสัมพันธ์กัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่า วิธีสอนและระดับความสามารถทางการเรียนจะส่งผลร่วมกันต่อการคิดอย่างมีเหตุผล

จากตาราง 8 แสดงว่า กลุ่มนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูงและสอนด้วยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ จะมีการคิดอย่างมีเหตุผลสูงสุด และสูงกว่ากลุ่มนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูงที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ส่วนกลุ่มที่

มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลางและต่ำ ถึงแม้ว่าจะสอนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นมูลฐานการ และสอนด้วยวิธีสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. ในแต่ละระดับของความสามารถทางการเรียน ผลการศึกษามีเหตุผลไม่แตกต่างกันโดยเฉพาะกลุ่มนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนต่ำ ที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูของ สสวท. จะมีการศึกษามีเหตุผลต่ำสุด การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างวิธีสอนกับระดับความสามารถทางการเรียนที่เห็นเด่นชัด คือกลุ่มนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูงที่สอนด้วยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นมูลฐานการ จะมีการพัฒนาการศึกษามีเหตุผลได้สูงสุด และสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จากภาพประกอบ 1 ทั้งนี้เนื่องมาจาก

2.3.1 ถ้าจะพิจารณาจากคะแนนการศึกษามีเหตุผลหลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้เกณฑ์การแบ่งคะแนนของแบบทดสอบการศึกษามีเหตุผล (Logical Reasoning) ของ เบอร์เนย์ (พีระศักดิ์ โพธิ์สนั่น 2527 : 27 อ้างอิงมาจาก Burney. 1974) เปรียบเทียบกับการพัฒนาการทางสติปัญญาตามทฤษฎีของ เพียเจต์ โดยแบ่งเกณฑ์ดังนี้

- 0 - 7 คะแนน อยู่ในขั้นการคิดแบบรูปธรรม
- 8 - 13 คะแนน อยู่ในขั้นการคิดแบบกึ่งนามธรรม
- 14 - 21 คะแนน อยู่ในขั้นการคิดแบบนามธรรม

โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการนำคะแนนการศึกษามีเหตุผลที่ได้จากการทดลองตามตารางที่ 18 มาวิเคราะห์ตามเกณฑ์ข้างต้น พบว่า นักเรียนกลุ่มที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูงส่วนใหญ่อยู่ในขั้นการคิดกึ่งนามธรรมและขั้นนามธรรม ดังนั้นความสามารถในการศึกษามีเหตุผลจึงพัฒนาได้สูง ประกอบกับระดับความสามารถทางการเรียนสูง จึงส่งผลให้การศึกษามีเหตุผลสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ ที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลางและต่ำ สอดคล้องกับงานวิจัยของ สตีฟ แซย์ และ แดเนียล ทับลิว บอล (Steve Sayrs and Daniel W. Ball. 1975 : 165 - 175) พบว่า นักศึกษาที่มีระดับการคิดอย่างมีเหตุผลด้านนามธรรมสูงถึงระดับปฏิบัติการด้านนามธรรม จะมีผลการเรียนวิชา

วิทยาศาสตร์สูงกว่านักศึกษาที่มีพัฒนาการยังไม่ถึงขั้นปฏิบัติการด้วยนามธรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและ ยุพา วีระไวทยะ (Viravaidhaya. 1980 : 4351 - A) พบว่ากลุ่มนักเรียนที่มีขั้นการเกิดแบบนามธรรม มีผลสัมฤทธิ์ในวิชาชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนขั้นการคิดแบบกึ่งนามธรรมและขั้นการคิดแบบรูปธรรม และกลุ่มนักเรียนที่มีขั้นการคิดแบบกึ่งนามธรรมและขั้นการคิดแบบรูปธรรมมีผลสัมฤทธิ์ในวิชาเหล่านี้ไม่แตกต่างกัน จากเหตุผลดังกล่าวแล้ว นักเรียนที่อยู่ในขั้นการคิดแบบนามธรรม คือกลุ่มที่มีระดับทางการเรียนสูงน่าจะมีส่วนร่วมส่งผลให้นักเรียนกลุ่มที่มีพัฒนาการคิดอย่างมีเหตุผลสูงที่สุด

2.3.2 ด้านวิธีสอน นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง แม้ว่าจะสอนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หรือสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. ก็จะมีผลให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลสูงกว่าทุก ๆ กลุ่ม เพราะเนื่องจากระดับความสามารถทางการเรียนสูงมีผลอยู่แล้ว แต่ถ้าจะดูจากตาราง 11 จะเห็นว่าวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ทำให้นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูงมีการคิดอย่างมีเหตุผลสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. ทั้งนี้เพราะการเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จะมีผลให้เกิดการคิดอย่างมีเหตุผลสูงยิ่งขึ้น ดังกล่าวไว้แล้วในการอภิปรายผลข้อ 2.1

3. การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ กับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. จากกลุ่มผู้ที่มีความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ ผลการวิจัยพบว่า

3.1 นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการ

การสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตาม สมมติฐานที่ตั้งไว้ น่าจะมีสาเหตุเนื่องมาจาก การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ของกลุ่มทดลอง เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการทุกครั้งที่ทำการสอน โดยเฉพาะขั้นอภิปราย ก่อนการทดลอง จะใช้สถานการณ์ประกอบคำถามเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ ช่วยให้นักเรียนเกิดความคิด มีแรงจูงใจที่จะสืบเสาะต่อไป โดยใช้ทักษะการตั้ง สมมติฐาน การกำหนดตัวแปร กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การออกแบบการทดลอง และ การควบคุมตัวแปร ซึ่งทักษะเหล่านี้จะเน้นการฝึกให้นักเรียนทุกครั้งที่ทำการสอน ส่วนทักษะ การทดลองและตรวจสอบสมมติฐานนั้นจะเน้นเพื่อการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปต่อไป จากการเน้นทักษะขั้นบูรณาการนี้เองน่าจะเป็นสาเหตุให้นักเรียนมีความสามารถในด้านทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น ซึ่งก็สอดคล้องกับงานวิจัยของ ไรลีย์ (Riley. 1975 : 5152 - A) พบว่า กลุ่มนักเรียนที่ถูกฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จะมี คะแนนในด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นกว่ากลุ่มควบคุมที่ทำกิจกรรมทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และประกอบกับที่ทักษะขั้นบูรณาการทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สูงขึ้นได้ ดังงานวิจัยของ อุทัย ชีวะธนรักษ์ (อุทัย ชีวะธนรักษ์ 2517 : 86) พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบสวนสอบสวนโดยเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบเดิม และรุจี โรจนประศาสน์ (รุจี โรจนประศาสน์ 2523 : 47 - 48) พบว่า กลุ่มนักเรียนที่มีทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์สูง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ต่ำ ดังนั้น นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มนักเรียน ที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท.

3.2 นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ ที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

แสดงว่า นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา วิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลางและต่ำ และ นักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนปานกลาง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ สูงกว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่ำ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะนักเรียนที่มีระดับ ความสามารถทางการเรียนสูงจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่มีระดับความ สามารถทางการเรียนปานกลางและต่ำ และนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนปานกลาง จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่ำ ทั้งนี้ อาจจะเนื่องจากว่าเป็นธรรมชาติของนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง มีการศึกษาอย่างมีเหตุผลได้ดี ซึ่งการศึกษามีเหตุผลสามารถนำมาใช้ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ได้ดี ดังนั้นนักเรียนที่มีทักษะในการศึกษาอย่างมีเหตุผลจึงสามารถเรียนวิทยาศาสตร์ได้ดีกว่า นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลางและต่ำ สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุรินทร์ ผลกล้วย (สุรินทร์ ผลกล้วย 2524 : 55) พบว่า การศึกษาเหตุผลตาม หลักตรรกศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันในทางบวก (0.808) ช่วยเหลือจึงทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียน สูง ปานกลาง และต่ำ แตกต่างกัน

3.3 วิธีสอนกับระดับความสามารถทางการเรียน ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันต่อ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

หมายความว่า ความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ที่วัดได้ เนื่องจากวิธีสอนและระดับความสามารถทางการเรียนของนักเรียน มีลักษณะไม่แตกต่างกันที่ระดับความมีนัยสำคัญ ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ แสดงว่า นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ ไม่ว่าจะเรียนด้วย วิธีสอนแบบใดก็ตาม นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลางและต่ำ และ นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลาง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา วิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่ำ เหตุผลอาจเนื่องมาจาก

วิธีสอนแบบใดก็ตามไม่มีผลต่อระดับความสามารถทางการเรียนของนักเรียนที่ต่างกันอยู่แล้ว ให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มขึ้นมาใกล้เคียงกันได้ นั่นคือนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ จะเรียนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หรือวิธีสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. ก็คือนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลาง และต่ำ และนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลางจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่ำ

ข้อสังเกตเกี่ยวกับการวิจัยครั้งนี้

กลุ่มทดลองในขณะที่สอนชั่วโมงแรก ๆ นักเรียนไม่เคยชินกับการเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เมื่อแจกสถานการณืฝึกการคิดที่เป็นสื่อรูปภาพ จึงไม่กล้าแสดงความคิดเห็นเท่าที่ควร พูดน้อย ไม่ค่อยเข้าใจเรื่องทักษะขั้นบูรณาการ แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความรู้ในเรื่องของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการยังน้อยอยู่ จึงต้องใช้รูปภาพประกอบในการฝึกการคิดที่เกี่ยวกับทักษะ ชั่วโมงต่อ ๆ มานักเรียนกำหนดความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ดีขึ้น ว่าสิ่งใดเป็นเหตุ สิ่งใดเป็นผล ทำให้เกิดความคล่องตัวในการเรียนการสอนอย่างมีระบบ ส่วนกลุ่มควบคุมเนื่องจากสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. นักเรียนคุ้นเคยกับการเรียนโดยวิธีนี้มาตั้งแต่มีชั้นปีที่ 1, 2 ดังนั้นการเรียนจึงไปตามกระบวนการที่คู่มือครูได้แนะไว้และในแบบเรียน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการเรียนการสอน

1.1 จากผลการวิจัยพบว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ทำให้นักเรียนมีการพัฒนาด้านการคิดอย่างมีเหตุผลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ดังนั้นครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์น่าจะ

ได้นำวิธีการเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการไปสอนแก่นักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษา เพื่อพัฒนาความสามารถทางด้านการคิดอย่างมีเหตุผล และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพต่อไป

1.2 ควรมีการฝึกทักษะโดยให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นจากสถานการณ์อย่างสม่ำเสมอ จะช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น และยังช่วยให้มีความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลเพิ่มขึ้นดังผลจากการวิจัย

1.3 ครูควรให้ความสนใจจัดกิจกรรมที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการให้กับนักเรียนเพื่อแสดงออกซึ่งการคิดอย่างมีเหตุผล และถ้าจะทำการวิจัยต่อไป ก็ควรจะกระทำในรูปของทักษะอื่น ๆ ว่ามีการเกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีเหตุผล และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพียงใด ในด้านการเรียนการสอน

1.4 ถ้าต้องการทราบว่านักเรียนในชั้นที่สอนของท่านมีพัฒนาการทางสติปัญญาอยู่ในขั้นใด อาจจะเอาข้อสอบการคิดอย่างมีเหตุผลนี้ไปทดสอบได้ เพื่อจะจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับนักเรียน ข้อทดสอบการคิดอย่างมีเหตุผลเป็นข้อทดสอบของต่างประเทศ ซึ่ง เบอร์เนย์ (Burney) ใช้วัดเพื่อรู้ขั้นพัฒนาการทางสติปัญญาตามทฤษฎีของ เพียเจท์ ต่อมา ดร. มุทา วีระไวทยะ ได้ดัดแปลงเป็นภาษาไทยและนำมาใช้กับคนไทย และใช้ต่อ ๆ มาคือ ณรงค์ พ่วงศรี และพิระศักดิ์ ไพศาลนันท์ ด้วยเหตุนี้เองความเหมาะสมของข้อทดสอบที่ผู้วิจัยนำมาใช้ทดสอบครั้งนี้ก็เพื่อวัดการพัฒนาการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนว่าสูงได้แค่ไหนเท่านั้น ดังนั้นถ้าจะมีผู้สนใจนำข้อทดสอบฉบับนี้ไปใช้เพื่อการวิจัยครั้งต่อไป ควรจะได้นำไปหาค่าความเชื่อมั่นอีกครั้ง เพื่อจะได้สอดคล้องกับสภาพของนักเรียนไทยในปัจจุบันมากขึ้น

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัย

2.1 ควรจะได้ศึกษารูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการที่มีอิทธิพลต่อการคิดอย่างมีเหตุผล ในแต่ละด้านของการคิดอย่างมีเหตุผล เช่น การคิดอย่างมีเหตุผลแบบสืบสวน การคิดอย่างมีเหตุผลแบบผสม การอ้างเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ การสันนิษฐานความเป็นเหตุเป็นผล ซึ่งจะดูได้จากรายละเอียดในบทที่ 2

2.2 ควรจะให้ศึกษาการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กับระดับขั้นการพัฒนาทางสติปัญญาตามทฤษฎีของ เพียเจท์ ที่แบ่งเป็นขั้นการคิดแบบรูปธรรม ขั้นการคิดแบบกึ่งนามธรรม และขั้นการคิดแบบนามธรรมที่มีต่อการคิดอย่างมีเหตุผล โดยขยายเวลาการทดลองให้มากขึ้น เพื่อกระตุ้นของการพัฒนาด้วย

2.3 การศึกษารูปแบบของการคิดอย่างมีเหตุผลในกลุ่มนักเรียนที่ต่ำกว่าชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หรือสูงกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กมล หลีกภัย ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการคิดเหตุผลเชิงตรรก ทักษะ
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย วิทยานิพนธ์ ก.ม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2524,
96 หน้า อัดสำเนา
- ศึกษาธิการ, กระทรวง หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 กรุงเทพฯ
2520, 252 หน้า
- กิ่งฟ้า สันธวณิช และคนอื่น ๆ รายงานการวิจัยเรื่องทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ภาควิชาการมัธยมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย
ขอนแก่น 2525, 169 หน้า
- ไชศรี อภรณ์รัตน์ และเบญจวรรณ กองศิริ "การสอนแบบวิทยาการสืบเสาะหาความรู้"
ข่าว สสวท. 9(4) : 5 - 7 กรกฎาคม - กันยายน 2524
- คำนิง ภูมิปัญญา พัฒนาการของการคิดเชิงตรรกของเด็ไทยวัยแรกเริ่มในกรุงเทพมหานคร
วิทยานิพนธ์ ก.ม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2518, 94 หน้า อัดสำเนา
- จรรยา สุวรรณหัต การทดลองสอนสั่งกับวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ แก่เด็กไทยระดับ
7 - 8 ขวบ รายงานการวิจัย ฉบับที่ 20 สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ 2519, 278 หน้า
- จิษฎา สุวรรณวงศ์ พัฒนาการด้านสั่งกับการคิดขั้นนามธรรมในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์
ของเด็กในเมืองและในชนบท ในภาคการศึกษา 3 ปริญญาโท กศ.ม. มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2522, 73 หน้า อัดสำเนา
- ชัยสงคราม เครือหงส์ ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์
กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 วิทยานิพนธ์ ก.ม.
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2522, 84 หน้า อัดสำเนา

ชูศรี วงศ์ธนะ เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย กรุงเทพฯ โรงพิมพ์และทำปกเจริญผล
2525, 252 หน้า

แบบแผนการทดลองและสถิติ ภาควิชาพื้นฐานการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 2528, 309 อัดสำเนา

เชิดศักดิ์ โฆวสินธุ์ การวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ กรุงเทพฯ โอเดียนสโตร์
2522, 206 หน้า

ณรงค์ พ่วงศรี การสร้างแบบทดสอบการคิดอย่างมีเหตุผล วิทยานิพนธ์ ศศ.ม.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2525, 113 หน้า อัดสำเนา

ดวงเดือน ศาสตรวัฑฒ์ พัฒนาการทางสติปัญญาตามทฤษฎีของเพียเจต์ เอกสารประกอบ
การสอน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2520, 78 หน้า อัดสำเนา
ถาวร รอดเทศ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการคิดหาเหตุผลตามหลักตรรกศาสตร์
กับความซื่อสัตย์ของเด็กไทย วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร 2523, 109 หน้า อัดสำเนา

ธงชัย ชิวปรีชา "การใช้คำถามในห้องเรียน" ข่าว สสวท. 6(2) : 60 มกราคม
2521

นิตา สะเพียรชัย วิทยาศาสตร์จะช่วยพัฒนาประเทศได้อย่างไร ข่าวสาร สสวท.
6(3) : 1 - 6, 2521

ประวิตร ชูศิลป์ หลักการประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์แผนใหม่ เอกสารนิเทศการศึกษา
ฉบับที่ 233 หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู 2524, 104 หน้า

ประหยัด จันทร์ขมภู และประสพสันต์ อักษรมัต วิธีสอนวิทยาศาสตร์ที่ประมณศึกษา
โรงพิมพ์คุรุสภา 2518, 152 หน้า

ปราโมทย์ แก้วสุข การศึกษามลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแนวการคิดแก้ปัญหาทาง
วิทยาศาสตร์ โดยการสอบแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะการตั้งสมมติฐานและ
การพยากรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2528, 188 หน้า อัดสำเนา

ปรีชา วงศ์ศิริ "การสังเกตทางวิทยาศาสตร์" ข่าวสาร สสวท. 11(4) : 2 - 5

กรกฎาคม 2526

พจน์ สะเพียรชัย "การวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์" พัฒนาวิทย์ 10 : 49 -

51 มกราคม 2517

พรณี ชูทัย จิตวิทยาการเรียนการสอน : จิตวิทยาการศึกษาสำหรับครูในชั้นเรียน

ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตร 2522, 266 หน้า

พรพิมล สกุลกู การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีระดับพหุปัญญาและรูปแบบการคิดต่างกัน วิทยานิพนธ์ ศ.ม.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2525, 92 หน้า อุดรธานี

พิศาล สร้อยสุร่า ข้อสอบวิชาวิทยาศาสตร์ เขียนอย่างไรให้มีคุณภาพ กรมวิชาการ

กระทรวงศึกษาธิการ 2525, 165 หน้า

พิระศักดิ์ ไพศาลนันท์ การศึกษาสัมพันธระหว่างสัมฤทธิผลการเรียนรู้ตามเกณฑ์ของ

เพียเจท์ กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

(ม. 4) ในจังหวัดราชบุรี วิทยานิพนธ์ ศ.ม. มหาวิทยาลัยเกษตร 2525, 66 หน้า

อุดรธานี

พุทธาสภิกขุ การศึกษาคืออะไร สำนักหนังสือธรรมมุขำโรงพิมพ์พานิช 2517, 77 หน้า

มหาวิทยาลัย, ทั่วประเทศ ชุดการเรียนการสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ เล่ม 1 2525

221 หน้า

มังกร ทองสุคี โครงสร้างการศึกษาศาสตร์ โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว กรุงเทพฯ

2521, 129 หน้า

ยงยุทธ วงศ์นาค ความสัมพันธ์ระหว่างพัฒนาการทางความคิดของเพียเจท์ที่เกิดจาก

การสอนแบบสืบสวนสอบสวนกับความเข้าใจในการอ่านของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2

ปริญญาโท ศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2524, 125 หน้า

อุดรธานี

รัชทร กอบบุญชัย การศึกษาผลของเกมส์และปริศนาคณิตศาสตร์ที่มีต่อทัศนคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์

ความคิดสร้างสรรค์และการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

(ม. 1) กรุงเทพฯ ปริญญาโท กศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
2522, 81 หน้า อัคราเนา

รุจี โรจนประศาสน์ ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่สนใจทาง

วิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3

เขตการศึกษา 2 วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2523, 89 หน้า
อัคราเนา

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ หลักการวิจัยทางการศึกษา พิมพ์ครั้งที่ 2 โรงพิมพ์
ทวีกิจการพิมพ์ 2524, 287 หน้า

วิเชียร เกตุสิงห์ สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัย ม.ป.ท. 2523, 245 หน้า

สมจิต สวณไพฑูริย์ วิทยาศาสตร์สำหรับครูประถม ภาควิชาหลักสูตรและการสอน

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2526, 212 หน้า

สาโรจน์ บัวศรี "ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ ฌ็อง เปียเจต์ (Jean Piaget)"

วารสารการศึกษา 6(16) : 31 - 35 พฤศจิกายน - ธันวาคม 2523

สุรินทร์ ผลกล้วย การศึกษาเปรียบเทียบการพัฒนาศักยภาพการคิดหาเหตุผลตามตรรกศาสตร์

ในชั้นปฏิบัติการวิทยานิพนธ์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของเด็กไทยใน

เมืองและชนบท ปริญญาโท กศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
2524, 82 หน้า อัคราเนา

สุวัฒน์ นิยมคำ การสอนวิทยาศาสตร์แบบพัฒนาความคิด กรุงเทพฯ วัฒนาพานิช

2517, 240 หน้า

อุทัย ชีวะธนรักษ์ การเปรียบเทียบผลการสอนแบบสืบสวนสอบสวน (โดยเน้นทักษะขั้นสูง

ของขบวนการทางวิทยาศาสตร์) กับการสอนแบบเดิม ในวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ระดับ

ประกาศนียบัตรวิชาชีพการศึกษา ปริญญาโท กศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร 2517, 101 หน้า อัคราเนา

- American Association for the Advancement of Science. Science A Process Approach Commentary for Teacher. Washington D.C., AAAS, 1970. 683 p.
- Australian Science Education Project, A GUIDE to ASEP. state of Victoria, 1974. 114 p.
- Cantu, Luis L. and J. Dudley Herron. "Concrete and Formal Piagetian Stages and Science Concept Attainment," Journal of Research in Science Teaching. 15(2) : 135 - 145, January, 1983.
- Carin, Arthur A. and Robert B. Sund. Teaching Science Through Discover. Charles E. Merrill Publishing Company, A Bell & Howell Company Columbus, Ohio 1975. 184 p.
- Chiappetta, E.L. A Review of Piagetian Studies Relevant to Science Instruction at the Secondary and College Level. Science Education 60 (2) : 253 - 261, 1976.
- Fan, Chung - Teh. Item Analysis Table. New Jersey, Education Testing Service. Princeton, 32 p.
- Good, Carter V. Dictionary of Education New York : McGraw-Hill Book, Inc., 1945, 681 p.
- Juliana Trempler Texley, "The Development of A Group Test of Formal Operational Logic in the Content Area of Environmental Science," Dissertation Abstracts International. 41 : 4351 - A, April, 1981.
- Karplus, Robert. "Science Teaching and the Development of Reasoning," Journal of Research in Science Teaching. 14 (2) : 169 - 175, 1977.
- Killian, R.C. "Cognitive Development of College Freshmen," Journal of Research in Science Teaching. 16 (4) : 350 - 377, 1979
- Klopfer, Leopold E. "Evaluation of Learning in Science," in Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning. Benjamin S. Bloom, et. al., New York, McGraw-Hill, Co., 1971. 923 p.
- Lutes Loren, "The Relation ship between Piagetian Logical Opevations Level and Achievement in Intermediate Science Curriculum Study," Dissertation Abstracts International. 40 : 6135 - A, June, 1980.
- Marshall A. Nay and Associates. "A Process Approach to Teaching Science," Science Education 55 : 201 - 203, April - June 1971.

- Padilla, Michael J. and James R. Okey and F. Gerald Dillashaw.
 "The Relationship between Science Process skill and Formal Thinking Abilities," Journal of Research in Science Teaching. 20 (3) : 239 - 246, March, 1983.
- Pallrand, G.J. "The Transition to Formal Thought," Journal of Research in Science Teaching. 16 (5) : 445 - 451, 1979.
- Piaget, J. and Inhelder, E., The Psychology of the Child, Translated by Helen Weaver, New York : Basic Books, Inc., 1969. 173 p.
- Piburn, Michael. "Spatial Reasoning as a Correlate of Formal Thought and Science Achievement for New Zealand Student," Journal of Research in Science Teaching 14(5) : 443 - 448.
- Riley, Joseph Phillip. "The Effect of Science Process Training on Preservice Elementary Teacher's Process Skills Abilities Understanding of Science, Attitudes Toward Science and Science Teaching," Dissertation Abstracts. 35 : 5152 - A, February, 1975.
- Steve, Sayre and Daniel W. Ball, "Piagetian Cognitive Development Achievement in Science," Journal of Research in Science Teaching. 12 (4) : 165 - 174, 1975.
- Sund, Robert B. Piaget for Education A Multimedia Program. Ohio Charles E. Merrill Publishing Company, A Bell & Howell Company, 1976. 184 p.
- Sund, R.B. and L.W. Trowbridge. Teaching Science by Inquiry in the Secondary School. Ohio, Charles and Merrill Publishing, Co., 1973. 31 p.
- Usaha, Sutep. Analysis of knowledge levels of Questions appearing at the end of each Chapter of Science Textbooks used in Thai lower secondary Schools," Dissertation Abstracts International. 49 (07) : 2305 - A, January, 1983.
- Viravaidhaya, Yupa "An analysis of the relationship between the Piagetian Cognitive Level of eleventh grade Thai students who are Science - majors and their achievement in biology, physics, chemistry and mathematics." Dissertation Abstracts International. 41 (10) : 4351 - A, 1980.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และ
คะแนนเฉลี่ยการคิดอย่างมีเหตุผลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา
วิทยาศาสตร์ หลังเรียนของแต่ละระดับความสามารถ

ตาราง 18 คะแนนการถืออย่างมีเหตุผลทั้งเรียน

วิธีสอน ระดับ ความสามารถ	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
สูง	14	14	12	11
	12	14	12	8
	13	13	7	7
	13	12	9	9
	14	12	10	11
	12	7	9	8
ปานกลาง	10	8	10	7
	9	8	8	8
	9	12	8	7
	10	10	7	10
ต่ำ	8	6	6	5
	6	6	6	9
	12	6	5	8
	10	5	7	5
	8	8	6	6

ตาราง 16 ค่า P, r ที่ได้จากการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา
วิทยาศาสตร์

ข้อที่	P	r
1	.53	.48
2	.79	.42
3	.71	.43
4	.38	.54
5	.49	.33
6	.34	.36
7	.58	.38
8	.36	.31
9	.77	.44
10	.42	.48
11	.38	.35
12	.76	.48
13	.74	.64
14	.63	.66
15	.79	.59
16	.66	.85
17	.67	.72
18	.75	.78
19	.75	.78
20	.74	.64
21	.59	.31

ข้อที่	P	r
22	.56	.60
23	.60	.60
24	.49	.49
25	.62	.50
26	.35	.29
27	.74	.51
28	.58	.57
29	.70	.46
30	.41	.41
31	.34	.21
32	.23	.26
33	.35	.49
34	.38	.54
35	.38	.54
36	.33	.45
37	.58	.49
38	.30	.30
39	.68	.83
40	.36	.51
41	.39	.46
42	.45	.28

ตาราง 16 (ต่อ)

ข้อที่	p	r
43	.23	.35
44	.63	.40
45	.60	.53
46	.54	.41

ข้อที่	p	r
47	.46	.52
48	.46	.27
49	.53	.26
50	.50	.40

ตาราง 17 คะแนนเฉลี่ยการคิดอย่างมีเหตุผล ของนักเรียน 6 กลุ่ม

วิธีสอน ระดับ ความสามารถ	กลุ่มทดลอง สอนเน้นทักษะขั้นบูรณาการ	กลุ่มควบคุม สอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท.	รวม รวมทุกวิธีสอน
สูง	13.1	9.6	11.35
ปานกลาง	9.5	8.2	8.85
ต่ำ	7.5	6.3	6.9
รวมทุกระดับความ สามารถ	10.0333	8.0333	9.0333

ตาราง 18 คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน 6 กลุ่ม

วิธีสอน ระดับ ความสามารถ	กลุ่มทดลอง สอนเน้นทักษะขั้นบูรณาการ	กลุ่มควบคุม สอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท.	รวม รวมทุกวิธีสอน
สูง	32.0	28.00	30.00
ปานกลาง	26.6	22.4	24.5
ต่ำ	19.9	17.6	18.75
รวมทุกระดับความ สามารถ	26.1666	22.6666	24.4166

ภาคผนวก ข

แผนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องการขนส่งและการสื่อสาร

แผนการสอนเรื่อง การขนส่งและการสื่อสาร
เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ

คาบที่ 1 - 2

แนวความคิดหลัก

1. การขนส่งและการสื่อสารรวมเรียกว่าการคมนาคม เป็นสิ่งจำเป็นในการติดต่อ
เดินทางไปมาหาสู่กัน และลำเลียงผลผลิตต่าง ๆ
2. ยานพาหนะในสมัยโบราณจนถึงปัจจุบัน มีการพัฒนาขึ้นทั้งในด้าน รูปร่าง ขนาด
ความเร็ว และชนิดของพลังงานที่ใช้
3. แรงเสียดทานเกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุ ซึ่งพยายามต่อต้านการเคลื่อนที่
ขณะที่ยานพาหนะเคลื่อนที่จะมีแรงเสียดทานเกิดขึ้น
4. ล้อของยานพาหนะสามารถช่วยลดแรงเสียดทานระหว่างตัวรถกับถนนได้
5. การลดแรงเสียดทานระหว่างล้อและเพลา ทำให้โดยใช้ลูกปืน บุชและน้ำมัน
หล่อลื่น

จุดประสงค์การเรียนรู้ เมื่อเรียนจบเรื่องนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. อธิบายความหมายของคำว่า การคมนาคม ได้ถูกต้อง
2. บอกได้ว่าแรงเสียดทาน คือ แรงที่เกิดขึ้นระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุ ซึ่งกระทำ
การต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุในทิศทางตรงข้าม
3. สรุป ได้ว่า ล้อช่วยลดแรงเสียดทานระหว่างตัวรถและถนน ทำให้ออกแรงใน
การเคลื่อนที่น้อยลง
4. บอกได้ว่าสิ่งที่ช่วยลดแรงเสียดทานระหว่างล้อและเพลา คือ ลูกปืน บุช และ
น้ำมันหล่อลื่น

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

ขั้นอภิปรายก่อนการทดลอง

1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยใช้สถานการณ์ไฟฟ้าผ่านทางอากาศเข้ามาอภิปรายถึงปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับการคมนาคม และเน้นคำถามดังต่อไปนี้

- ถนนถูกทำลายลงอะไรจะเกิดขึ้น
- การติดต่อกับชายและการขนส่งทำได้โดยทางใดบ้าง
- ยานพาหนะทั้งทางบก ทางน้ำ และทางอากาศในสมัยโบราณจนถึงปัจจุบัน

มีการพัฒนาขึ้นในด้านใดบ้าง (ดูรูปภาพในบทเรียน)

2. ครูแจกเอกสารหมายเลข 1 เป็นรูปถ่ายที่ห้ของผู้โดยสารเพื่อฝึกให้นักเรียนคิด แล้วตอบคำถามจากภาพเพื่อตั้งสมมติฐาน

3. ครูอภิปรายถึงส่วนสำคัญของยานพาหนะทางบกโดยเฉพาะรถยนต์แล้วตั้งปัญหาถามว่า "ล้อจะช่วยทำให้รถยนต์เคลื่อนที่ได้อย่างไร" ให้นักเรียนตอบปัญหาดังกล่าว เพื่อนำไปสู่การฝึกการตั้งสมมติฐาน

(รถยนต์ที่มีล้อทำให้เคลื่อนที่ง่ายขึ้น)

(ล้อรถยนต์ช่วยลดแรงเสียดทานได้)

(.....)

4. ครูและนักเรียนช่วยกันเลือกสมมติฐานที่เหมาะสมกับปัญหา เช่น "ล้อรถยนต์ช่วยลดแรงเสียดทานได้" มาอภิปราย เพื่อ

4.1 กำหนดว่าอะไรเป็นสาเหตุ (ตัวแปรอิสระ)

อะไรเป็นผล (ตัวแปรตาม)

4.2 กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่า "แรงเสียดทาน" ดังนี้...

แล้วให้ยกตัวอย่าง (แรงเสียดทาน หมายถึง แรงที่เกิดขึ้นระหว่างตัวรถและถนน)

5. ครูและนักเรียนร่วมกันพิจารณาวิธีการทดลองที่ 17.1 "ล้อกับยานพาหนะที่กำหนดไว้ในแบบเรียน สามารถใช้ทดสอบสมมติฐานในหัวข้อที่ 4 ได้หรือไม่"

- ถ้าได้ จะตั้งสมมติฐานย่อย ๆ จากคำถามต่อไปนี้ได้อย่างไร

5.1 น้ำหนักของน้ำในกระป๋อง ครึ่งโหลมีมากกว่ากันเมื่อวางดูทรายบนพื้นโต๊ะกับวางบนรถลูมีย่อม

5.2 การวางดูทรายบนรถลูมีย่อม กับวางบนพื้นโต๊ะเมื่อทำให้เคลื่อนที่อย่างโหลมีแรงถึงมากกว่ากัน

6. จากข้อ 5.1 - 5.2 อะไรคือตัวแปรอิสระ อะไรคือตัวแปรตาม และอะไรคือตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่

7. ให้นักเรียนบอกนิยามเชิงปฏิบัติการ ของคำว่า "แรงถึง" พร้อมทั้งยกตัวอย่าง- (แรงถึง หมายถึง แรงที่กระทำต่อวัตถุให้เคลื่อนที่จากการทดลองในครั้งนี้ แรงถึง คือ แรงที่ทำให้ดูทรายและรถลูมีย่อมเคลื่อนที่จะมีค่ามากหรือน้อยวัดได้จากน้ำหนักของน้ำในกระป๋อง)

8. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อออกแบบการทดลอง พร้อมทั้งแนะนำและชี้แจงข้อควรระวังในขณะทำการทดลอง

ขั้นทดลอง

1. นักเรียนแบ่งกลุ่มทำการทดลองที่ 17.1 สลัดกับยานพาหนะ ในหนังสือแบบเรียน
2. จัดบันทึกผลการทดลองแต่ละครั้งไว้ ตามตัวอย่างการบันทึกผล

วิธีทำ	ปริมาตรของน้ำ (cm^3)	น้ำหนักของน้ำ (g)
1. วางดูทรายบนพื้นโต๊ะ		
2. วางดูทรายบนรถลูมีย่อม		

ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง

1. ให้ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาเสนอผลการทดลอง
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อให้นักเรียนบอกความสัมพันธ์ของตัวแปรจากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และลงข้อสรุป
3. นำผลการทดลองที่ได้เป็นข้อสรุปแล้วมาตรวจสอบกับสมมติฐาน

4. นำผลการทดลองที่พิสูจน์สมมติฐานให้ถูกต้องมาสรุปเป็นความรู้ใหม่
5. ให้ความรู้เพิ่มเติม ตามรายละเอียดในบทเรียน เช่น
 - การลดแรงเสียดทานระหว่างล้อและเพลา ทำให้ได้โดยใช้ลูกปืน บุช และน้ำมันหล่อลื่น
 - การออกแรงดึงวัตถุครั้งแรกเป็นการเอาชนะแรงเสียดทานสถิตยต์ต่อเมื่อเคลื่อนที่ไปแล้วสม่ำเสมอไม่มีความแรงเป็นการเอาชนะแรงเสียดทาน

คำถามหลังการทดลอง ครูและนักเรียนช่วยกันตอบคำถามต่อไปนี้

1. น้ำหนักของกระป๋องน้ำ ครึ่งไหนมีค่ามากกว่ากัน
2. การวางตุ้มน้ำบนรถล้อนิยมนับกับวางบนพื้นโต๊ะ เมื่อทำให้เคลื่อนที่อย่างไรไหนออกแรงมากกว่ากัน
3. จากผลการทดลองการวางตุ้มน้ำบนรถ และวางบนโต๊ะแล้วดึง การดึงทั้งสองแบบสัมพันธ์กับแรงดึง (ปริมาตรและน้ำหนัก) ของน้ำอย่างไร
4. สมมติฐานที่ถูกต้องจากการทดลองนี้คืออะไร
5. แรงเสียดทานเกิดขึ้นได้อย่างไร มีทิศทางอย่างไร
6. รถยนต์ รถจักรยานยนต์ มีแรงเสียดทานเกิดขึ้นบริเวณใดบ้าง นักเรียนมีวิธีลดแรงเสียดทานได้โดยวิธีใดบ้าง
7. การทดลอง 17.1 จะสรุปผลได้อย่างไร

คาบที่ 3 - 4

แนวความคิดหลัก

1. ลักษณะของพื้นผิวและแรงกด มีผลต่อแรงเสียดทาน ยกเว้นแต่ขนาดของพื้นที่ผิวไม่มีผล
2. สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน คือสัดส่วนระหว่างแรงดึงให้วัตถุเคลื่อนที่กับแรงกดทับ
3. แรงเสียดทานเกิดขึ้นได้เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ไปทั้งในของแข็ง ของเหลวและก๊าซ ดังนั้นการออกแบบยานพาหนะจึงต้องให้ลดแรงเสียดทานลง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เมื่อเรียนจบเรื่องนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. บอกความหมายของสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานได้ถูกต้อง และคำนวณหาค่าได้
2. สรุปได้ว่าแรงเสียดทานจะเกิดขึ้นเมื่อวัตถุเคลื่อนที่
3. สรุปได้ว่าแรงเสียดทานจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับแรงที่กดลงบนพื้น และชนิดของผิวสัมผัส แต่ไม่ได้ขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวสัมผัส
4. บอกได้ว่า รูปร่างของยานพาหนะมีผลต่อแรงเสียดทาน

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

ขั้นอภิปรายก่อนการทดลอง

1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยครูทบทวนเรื่องแรงเสียดทาน
2. ครูแจกเอกสารหมายเลข 2 เป็นภาพเครื่องมือวัดทรงกลมที่เกี่ยวข้องกับแรงเสียดทาน เพื่อนำไปสู่การตั้งสมมติฐานกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร โดยการตอบคำถามจากเอกสาร
3. ครูนำแนวคำตอบจากเอกสารหมายเลข 2 มาอภิปรายร่วมกับนักเรียนเพื่อนำเข้าสู่ปัญหา "แรงเสียดทานมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยอะไรบ้าง" โดยให้นักเรียนตั้งสมมติฐาน

- อะไรเป็นสาเหตุทำให้วัตถุ มีแรงเสียดทานมากหรือน้อยต่างกัน
(วัตถุที่มีแรงกด (น้ำหนัก) มากจะทำให้เกิดแรงเสียดทานมาก)
(ชนิดพื้นผิวสัมผัสของวัตถุมีผลทำให้แรงเสียดทานมากน้อยต่างกัน)

4. กรุณารายถึงสมมติฐานของนักเรียน เพื่อเลือกสมมติฐานที่เหมาะสมกับปัญหา เช่น "วัตถุที่มีแรงกด (น้ำหนัก) ต่างกัน จะทำให้เกิดแรงเสียดทานมากน้อยต่างกัน" หรือ "ชนิดของพื้นผิวสัมผัสของวัตถุมีผลทำให้แรงเสียดทานมากน้อยต่างกัน"

4.1 จากสมมติฐานให้กำหนดว่าอะไรเป็นตัวแปรอิสระ อะไรเป็นตัวแปรตาม

4.2 กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่า แรงกด

(แรงกด หมายถึง แรงที่กระทำต่อวัตถุในที่นี้ แรงกด คือ น้ำหนักของวัตถุ)

4.3 ให้นักเรียนออกแบบการทดลองจากสมมติฐานดังกล่าว

5. ครูและนักเรียนร่วมกันพิจารณาการทดลองที่ 17.2 "สิ่งที่มีผลต่อแรงเสียดทาน" ในแบบเรียน สามารถใช้ทดลองสมมติฐานในข้อ 4 ของนักเรียนได้หรือไม่ตามขั้นตอนการทดลองที่กำหนดไว้ แล้วตั้งสมมติฐานย่อย ๆ จากการทดลองที่ 17.2 (ตอน 1)

5.1 เมื่อใช้ตุลทราย 1 ถุง และ 2 ถุง วางทับแผ่นไม้ อย่างไหนจะต้องใช้น้ำหนักของน้ำมากกว่ากัน

5.2 เมื่อใช้ตุลทราย 1 ถุง วางทับบนแผ่นไม้ ซึ่งมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับพื้นขนาดต่าง ๆ กัน น้ำหนักของน้ำที่ตั้งให้ตุลทรายเคลื่อนที่มีค่าแตกต่างกันอย่างไร

6. จากข้อ 5.1, 5.2 ให้ระบุว่าอะไรคือตัวแปรอิสระ อะไรเป็นตัวแปรตาม และอะไรเป็นตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่.

7. ให้กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่า "พื้นที่ผิวสัมผัส"

(พื้นที่ผิวสัมผัส หมายถึง พื้นที่ผิวสัมผัสของแผ่นไม้กับพื้นที่ ซึ่งมีขนาดต่าง ๆ กัน

ในการทดลองครั้งนี้มี 3 ขนาด คือ $20 \text{ cm.} \times 10 \text{ cm.}$, $10 \text{ cm.} \times$

10 cm. และ $5 \text{ cm.} \times 10 \text{ cm.}$)

8. อภิปรายวิธีการทดลอง การตั้งอุปกรณ์ สาธิตวิธีวางแผ่นวัตถุชนิดและขนาดต่าง ๆ ซ้อนกัน และข้อควรระวังในการซึ่งหามวลของน้ำ

ขั้นการทดลอง (ตอน 1)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่มทำการทดลอง 17.2 (สิ่งที่มีผลต่อแรงเสียดทาน) ในแบบเรียน
2. บันทึกผลการทดลองแต่ละขั้นตอนไว้ ตามตารางบันทึกผลการทดลอง 17.2 ตอน 1 ในแบบเรียน

ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง

1. ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาเสนอผลการทดลอง
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อให้บอกความสัมพันธ์ของตัวแปร จากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง
3. ให้นักเรียนสรุปผลจากการทดลองครั้งนี้ เพื่อตรวจสอบกับสมมติฐาน
 - เมื่อมีแรงกดที่วัตถุมาก แรงเสียดทานจะเพิ่มขึ้น
 - ขนาดของพื้นที่ผิวสัมผัสกับพื้น ไม่มีผลต่อแรงเสียดทาน
4. นำผลการทดลองที่สรุปสมมติฐานได้ถูกต้อง มาสรุปเป็นความรู้ใหม่

คำถามหลังการทดลอง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. เมื่อใช้ตุ้มน้ำทราย 1 ถุง และ 2 ถุง วางทับแผ่นไม้ขัด อย่างไหนต้องใช้น้ำหนักของน้ำมากกว่ากัน
2. น้ำหนักที่บรรทุกมีผลต่อแรงเสียดทานหรือไม่ โดยวัดจากแรงดึงของน้ำ นักเรียนเข้าใจความหมายของแรงดึงว่าอย่างไร
3. เมื่อใช้ตุ้มน้ำทราย 1 ถุง วางทับบนแผ่นไม้ซึ่งมีพื้นฐานที่ผิวสัมผัสกับพื้นขนาดต่าง ๆ กัน น้ำหนักของน้ำที่ดึงให้ตุ้มน้ำทรายเคลื่อนที่มีค่าแตกต่างกันอย่างไร
4. ผิวสัมผัสชนิดเดียวกัน แต่มีขนาดพื้นที่ผิวสัมผัสต่างกัน ถ้าน้ำหนักกดเท่ากัน จะมีแรงเสียดทานเท่ากันหรือไม่
5. ถ้าต้องการตรวจสอบว่า แผ่นไม้ขัดขนาดต่าง ๆ กันจะดึงใช้แรงดึงเท่ากันหรือไม่ จึงจะเคลื่อนที่ได้ ตัวแปรใดที่ต้องควบคุมให้คงที่

6. ถ้าเปลี่ยนแผ่นไม้อัดเป็นกระดาษแข็ง และโหม หนาเท่ากันวางทับด้วยถุงทราย
1 ถุง แรงดึงที่ใช้จะเท่ากันหรือไม่เป็นเพราะเหตุใด
7. นักเรียนจะสรุปความสัมพันธ์ระหว่างแรงเสียดทาน กับขนาดพื้นที่ผิวสัมผัส
ได้อย่างไร

กิจกรรม (ตอน 2)

1. นำเข้าสู่การทดลอง โดยอภิปรายถึงปัญหาที่ว่า
 - แรงเสียดทานมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยอะไรบ้างนอกเหนือจากพื้นที่ผิวสัมผัส
2. ให้นักเรียนตั้งสมมติฐานจากปัญหาดังกล่าว (เป็นสมมติฐานใหญ่)
(ชนิดของพื้นผิวสัมผัสของวัตถุมีผลทำให้แรงเสียดทานมากหรือน้อยกว่ากัน)
3. จากสมมติฐานให้นักเรียนกำหนดตัวแปรว่าจะอะไรคือตัวแปรอิสระ อะไรคือตัวแปรตาม
4. ให้นักเรียนออกแบบการทดลอง เพื่อใช้ทดลองกับสมมติฐานต่าง ๆ
5. ให้นักเรียนเขียนขั้นตอนการทดลองที่ 17.2 ตอน 2 (สิ่งที่มีผลต่อแรงเสียดทาน)

ในแบบเรียนคว่าใช้ทดสอบกับสมมติฐานของนักเรียนได้หรือไม่

- ถ้าเป็นไปได้ให้ตั้งสมมติฐานย่อย ๆ จากคำถามต่อไปนี้
- 5.1 น้ำหนักของน้ำในกระป๋องทั้ง 3 กระป๋อง จะมีค่าเหมือนกันหรือแตกต่างกัน
อย่างไร (ครั้งที่ 1 ให้แผ่นไม้อัดอยู่ด้านล่าง ครั้งที่ 2 แผ่นโหมอยู่ข้างล่าง ครั้งที่ 3 แผ่นกระดาษ
แข็งอยู่ด้านล่าง)

6. จากข้อ 5.1 ตัวแปรอิสระ คืออะไร ตัวแปรตามคืออะไร
7. การทดลองครั้งนี้ต้องควบคุมสิ่งใดให้คงที่บ้าง
8. สรุปอภิปรายการทดลอง การตั้งอุปกรณ์ และวางวัตถุไว้ที่จุดเริ่มต้นเดียวกัน
ทุกครั้ง เวลาซึ่งหามวลของน้ำในกระป๋องต้องเหวี่ยงให้หมด

ขั้นทดลอง

1. ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มทำการทดลองที่ 17.2 ตอน 2 (สิ่งที่มีผลต่อแรงเสียดทาน)
ในแบบเรียน

2. บันทึกผลการทดลองแต่ละครั้งแต่ละขั้นตอนไว้ ตามตัวอย่างตารางการบันทึกผล
ในแบบเรียน

ขั้นตอนการทดลอง

1. ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาเสนอผลการทดลอง
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อให้นักเรียนบอกความสัมพันธ์ของตัวแปร
จากข้อมูลที่ให้จากการทดลอง เพื่อตรวจสอบกับสมมติฐาน
(ชนิดของพื้นผิวสัมผัสของวัตถุมีผลทำให้แรงเสียดทานมากหรือน้อยต่างกัน)
3. ให้นักเรียนสรุปผลการทดลอง 17.2 "สิ่งที่มีผลต่อแรงเสียดทาน"
- แรงเสียดทานมีค่ามากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับลักษณะของผิวสัมผัส และแรงกด
ระหว่างผิวสัมผัสนั้น แต่จะไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ผิวสัมผัส
4. ครูให้ความรู้เพิ่มเติม เรื่องสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานในบทเรียน
- อัตราส่วนระหว่างแรงที่ดึงวัตถุให้เคลื่อนที่กับแรงกดผิวสัมผัส เรียกว่า
สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานของผิวสัมผัสคู่กัน
5. อภิปรายถึงรูปร่างของยานพาหนะที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ ซึ่งใช้อยู่ในชีวิตประจำวัน
เช่น รถยนต์ เรือ ฯลฯ เพื่อเป็นความรู้ใหม่และนำไปใช้ต่อไป

คำถามหลังการทดลอง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. น้ำหนักของน้ำในกระป๋องทั้ง 3 ครั้งมีค่าเหมือนกันหรือแตกต่างกันอย่างไร
2. ผิวสัมผัสต่างชนิดกัน พื้นผิวสัมผัสเท่ากัน จะมีแรงเสียดทานเท่ากันหรือไม่
3. ให้นักเรียนจะตรวจสอบว่าแรงดึงที่ใช้เท่ากันหรือไม่ เมื่อผิวสัมผัสเป็นโคม
กระดาษแข็งและแผ่นไม้ขัด นักเรียนต้องควบคุมสิ่งใดให้เท่ากัน
4. แรงเสียดทานจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยใดบ้าง
5. เมื่อวางหนังสือบนโต๊ะ มีแรงเสียดทานเกิดขึ้นหรือไม่ เพราะเหตุใด
6. สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานหาได้อย่างไร

7. นักเรียนจะสรุปความกัมพันธ์ระหว่างแรงเสียดทาน และชนิดของผิวสัมผัส ได้อย่างไร

8. เมื่อออกแรงดึงก้อนไม้ 1 กิโลกรัม ซึ่งวางอยู่บนโต๊ะ ต้องออกแรงถึง

4.0 นิวตัน ก้อนไม้จึงจะเคลื่อนที่ได้ สมบัติของแรงเสียดทานของผิวสัมผัสนี้มีค่าเท่าใด

1. แรงเสียดทานในเรื่องใดบ้างที่มีประโยชน์
2. เวลาเบรคให้รถหยุด แรงเสียดทานควรมีมากหรือน้อย เพราะเหตุใด
3. ถ้าไม่มีแรงเสียดทานระหว่างล้อกับถนนเลย รถจะแล่นไปได้หรือไม่ อย่างไร
4. ทำไมพื้นถนนลูกรังจึงมีน้ำหนักรองกันบ่อ ๆ
5. ถ้าต้องการให้เรือแล่นได้เร็ว ควรจะออกแบบให้มีรูปร่างอย่างไร
6. ทำไมพื้นรองเท้ายาง และยางรถจึงต้องทำให้ขรุขระ

คาบที่ 5 - 6

แนวความคิดหลัก

1. เมื่อวัตถุเคลื่อนที่จะมีโมเมนตัม โมเมนตัมเกิดจากแรงที่มากกระทำให้วัตถุเคลื่อนที่ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับมวลและความเร็ว
2. ยานพาหนะความเร็วสูงและมีน้ำหนักบรรทุกมากจะมีโมเมนตัมสูง
3. ความปลอดภัยของยานพาหนะผู้ขับจะต้องคำนึงถึงความเร็ว และน้ำหนัก

บรรทุก

จุดประสงค์การเรียนรู้ เมื่อเรียนจบเรื่องนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. บอกได้ว่าวัตถุที่อยู่นิ่งจะเคลื่อนที่ไปได้ถ้ามีวัตถุอื่นวิ่งมาชนซึ่งเกิดขึ้นเนื่องมาจากการถ่ายเทพลังงาน
2. บอกความหมายของโมเมนตัมได้ถูกต้อง
3. บอกได้ว่าโมเมนตัมเป็นสัดส่วนโดยตรงกับมวลและความเร็ว
4. สรุปได้ว่าวัตถุที่มีโมเมนตัมมากจะมีพลังงานมาก

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

ขั้นอภิปรายก่อนการทดลอง

1. ครูแจกเอกสารหมายเลข 3 เป็นสถานการณ์ของปัญหาฝึกการคิดอย่างมีเหตุผล ให้เด็กนักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายร่วมกัน
2. ให้นักเรียนศึกษามาจากเอกสารหมายเลข 4 เป็นสถานการณ์การชนกันของวัตถุเพื่อให้ตั้งสมมติฐาน จากคำถามของสถานการณ์
3. ครูนำแนวคำตอบจากเอกสารหมายเลข 4 (สมมติฐานที่นักเรียนตั้ง) ซึ่งเป็นผลต่อการเคลื่อนที่ของเป้าที่ถูกกระแทก มาอภิปราย

(ขนาดก้อนหินทำให้เป่าเคลื่อนที่ของเป่าต่างกัน)

(ระยะทำงานของจุดที่ปล่อยก้อนหิน ทำให้เป่าเคลื่อนที่ต่างกัน)

(ขนาดของก้อนหินและระยะทางจุดที่ปล่อยก้อนหิน ทำให้เป่าเคลื่อนที่ต่างกัน)

3.1 ให้กำหนดว่า อะไร เป็นตัวแปรอิสระ และอะไรเป็นตัวแปรตาม

3.2 ให้กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่า มวล, ความเร็ว

4. ครูและนักเรียนร่วมกันพิจารณาวิธีการทดลองที่ 17.3 "การกระทบกันของวัตถุ" จากอุปกรณ์ชุดลูกตุ้ม 5 ลูก ที่กำหนดไว้ในแบบเรียน สามารถใช้ทดลองสมมติฐานของนักเรียนได้หรือไม่

5. ให้นักเรียนดูขั้นตอนการทดลอง 17.3 แล้วตั้งสมมติฐานย่อย ๆ

5.1 ถ้าปล่อยลูกตุ้มหมายเลข 1 จากระดับสูงจุดแขวนให้กระทบลูกอื่น ลูกตุ้มหมายเลขใดบ้างที่เคลื่อนที่

5.2 ถ้าปล่อยลูกตุ้มหมายเลข 1 คิดคินน้ำมัน จากระดับจุดแขวนให้กระทบลูกอื่น ลูกตุ้มหมายเลขใดบ้างที่เคลื่อนที่ และความสูงเป็นเช่นไร

5.3 ถ้าปล่อยลูกตุ้มหมายเลข 1 สูงจากระดับจุดแขวนให้กระทบลูกอื่น ลูกตุ้มหมายเลขใดบ้างที่เคลื่อนที่ และความสูงเป็นเช่นไร

5.4 ถ้าปล่อยลูกตุ้มหมายเลข 1, 2 จากระดับจุดแขวนให้กระทบลูกอื่น ลูกตุ้มหมายเลขใดบ้างที่เคลื่อนที่และความสูงเป็นเช่นไร

6. จากข้อ 5.1, 5.2, 5.3 และ 5.4 อะไรเป็นตัวแปรอิสระอะไรเป็นตัวแปรตาม

7. ในการทดลองครั้งนี้ต้องควบคุมอะไรให้คงที่บ้าง

8. ให้นักเรียนบอกนิยามเชิงปฏิบัติการของ ตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม และ ตัวแปรควบคุม ซึ่งจะได้ตัวอย่างของการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการดังนี้

- ลูกตุ้มหมายเลข 1, 2, 3, 4, 5 มีมวลเท่ากัน

- ลูกตุ้มที่มีคินน้ำมันมีมวลเพิ่มขึ้น

- จุดแขวน หมายถึง จุดที่เชือกผูกลูกตุ้มด้วยไว้ เป็นระดับราวแขวน

- ความสูงของการเคลื่อนที่ของลูกตุ้ม หมายถึง จุดที่ลูกตุ้มถูกกระแทก แล้วเคลื่อนที่ถึงจุดสูงสุด

9. อภิปรายวิธีการทดลอง และให้นักเรียนออกแบบการทดลองและตารางการบันทึกข้อมูลด้วย

ขั้นทดลอง

1. นักเรียนแบ่งกลุ่มทำการทดลอง 17.3 การกระแทกกันของวัตถุ จากแบบเรียน โดยใช้อุปกรณ์ชุดลูกตุ้ม 5 ลูก
2. บันทึกผลการทดลองแต่ละครั้งไว้ ทั้งตัวอย่างตารางการบันทึกผล

ลูกตุ้มหมายเลข	ระดับสูงที่ปล่อย	ลูกตุ้มที่เคลื่อนที่ (หมายเลข)	ความสูง (CM.)
1	เสมอระดับแขวน		
1 ≠ คีมน้ำมัน	เสมอระดับแขวน		
1	สูงกว่าระดับแขวน		
1, 2	เสมอระดับแขวน		

ขั้นอภิปรายผลการทดลอง

1. ให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมาเสนอผลการทดลอง
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อให้นักเรียนบอกความสัมพันธ์ของตัวแปรจากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง เพื่อตรวจสอบกับสมมติฐาน
3. ให้นักเรียนสรุปผลการทดลอง 17.2 เพื่อนำไปสู่ความรู้ใหม่
4. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมในรายละเอียดจากบทเรียนเกี่ยวกับโมเมนตัม
 - อภิปรายร่วมกับนักเรียนเกี่ยวกับความปลอดภัยในการขับรถซึ่งขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของรถหรือโมเมนตัม ตามรายละเอียดในบทเรียน

คำถามหลังการทดลอง ครูและนักเรียนช่วยกันตอบคำถามต่อไปนี้

- ลูกตุ้มหมายเลข 5 เคลื่อนที่สูงขึ้นได้เพราะเหตุใด
- เพราะเหตุใดลูกตุ้มหมายเลข 5 จึงขึ้นสูงไม่เท่าลูกตุ้มหมายเลข 1
- เพราะเหตุใดเมื่อตีคณีนน้ำมันที่ลูกตุ้มหมายเลข 1 ลูกตุ้มหมายเลข 5 จึงยก

ตัวสูงขึ้น

- เมื่อยกลูกตุ้มหมายเลข 1 ให้สูงขึ้นกว่าระดับจุดแขวน แล้วปล่อยให้ตกลงมา จะทำให้วัตถุได้มีการเคลื่อนที่ และระดับการเคลื่อนที่มากหรือน้อยกว่าครั้งแรกหรือไม่ จะอธิบายได้อย่างไร

- ถ้าวัตถุมีมวล มีความเร็ว วัตถุมีโมเมนตัมเท่าไร
- รถเล่นเร็วกับรถเล่นช้า อย่างไหนมีโมเมนตัมมากกว่ากัน
- รถยนต์หนัก 3000 กิโลกรัม 2 คัน วิ่งมาด้วยความเร็ว 60 และ 120 กิโลเมตร

ต่อชั่วโมง และชนสิ่งกีดขวางรถคันใดจะเสียหายมากกว่ากัน

- รถที่มีมวลเท่ากัน แต่คันหนึ่งมีโมเมนตัมมากกว่าอีกคันหนึ่งถ้าหยุดรถ รถคันไหน

หยุดได้ง่ายกว่ากัน เพราะเหตุใด

- เมื่อยกลูกตุ้มหมายเลข 1 และ 2 ขึ้นแล้วปล่อยให้ตกลงกระทบลูกอื่น นักเรียน สังเกตเห็นลูกตุ้มเคลื่อนที่สูงขึ้นมากี่ลูก เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

- หากใช้ลูกตุ้ม 7 ลูก เมื่อยกปล่อยลูกตุ้ม 1 จะทำให้ลูกตุ้มใดเคลื่อนที่

คาบที่ 7 - 8

แนวความคิดหลัก

1. ความเฉื่อย คือ ความพยายามคงสภาพเดิมของวัตถุขณะเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วหรือหยุดอย่างรวดเร็ว
2. จุดศูนย์กลางถ่วง คือ จุดที่แนวแรงจากทุกส่วนของวัตถุติดกัน วัตถุจะทรงตัวได้ก็เมื่อจุดศูนย์กลางถ่วงต่ำ
3. เมื่อวัตถุวิ่งด้วยความเร็วสูงระยะเบรคและระยะปฏิบัติการจะไกล ดังนั้นระยะหยุดรถที่ปลอดภัยขึ้นอยู่กับระยะเบรค และระยะปฏิบัติการ
4. ความปลอดภัยของยานพาหนะ ผู้ขับขี่จะต้องคำนึงถึง ความเร็ว น้ำหนักบรรทุก ความเฉื่อย จุดศูนย์กลางถ่วง และระยะหยุดรถ

จุดประสงค์การเรียนรู้ เมื่อเรียนจบเรื่องนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. อธิบายความหมายของความเฉื่อยได้ถูกต้อง
2. อธิบายถึงการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อมีการออกตรอย่างรวดเร็วหรือเมื่อหยุดรถกะทันหัน เกิดจากวัตถุนั้นมี ความเฉื่อย
3. นำเอาหลักการเกี่ยวกับความเฉื่อยไปใช้ในการบรรทุกของบนรถได้อย่างปลอดภัย
4. ทำการทดลองเพื่อหาจุดศูนย์กลางถ่วงของวัตถุทรงต่าง ๆ ได้
5. สรุปได้ว่าวัตถุจะล้มเมื่อแนวตั้งจากจุดศูนย์กลางถ่วงออกจากฐาน
6. นำหลักการเกี่ยวกับจุดศูนย์กลางถ่วงไปใช้เกี่ยวกับการออกแบบรถและการบรรทุกของในรถอย่างปลอดภัย

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

ขั้นอภิปรายก่อนการทดลอง

1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยทบทวนเรื่องโมเมนต์ และความปลอดภัยในการใช้ยานพาหนะ เกี่ยวกับการดักจับความเร็วของด่านตรวจ
2. ครูแจกเอกสารหมายเลข 5 เป็นรูปภาพเกี่ยวกับสถานการณ์ "การลากจูงรถที่เสีย" ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายร่วมกัน พร้อมทั้งตอบคำถามจากเอกสาร
3. ครูนำคำตอบจากเอกสารหมายเลข 5 ของแต่ละกลุ่ม มาอภิปรายถึงการตั้งสมมติฐาน การกำหนดตัวแปร และการออกแบบการทดลอง และเน้นเกี่ยวกับปัญหา เพื่อคัดเลือกสมมติฐาน
 - ถ้ารถคันที่ลากจูงนั้นหยุดทันที จะเกิดอะไรขึ้น
(ถ้ารถคันที่ลากจูงหยุดรถคันหลังจะชนคันหน้า)
 - การที่รถคันหลังวิ่งไปชนคันหน้าได้ เพราะเหตุใด
(เพราะความเฉื่อย)
4. ให้นักเรียนกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่า "ความเฉื่อย" เช่น
(ความเฉื่อย คือความพยายามคงสภาพเดิมของวัตถุขณะเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วหรือหยุดอย่างรวดเร็ว)
5. ครูและนักเรียนร่วมกันพิจารณาการทดลอง 17.4 "ความเฉื่อยของวัตถุ" จากแบบเรียน แล้วตั้งสมมติฐานย่อย ๆ
 - 5.1 การผลักรถให้เคลื่อนที่ช้า ๆ กับการผลักรถอย่างแรง วัตถุอยู่บนรถจะเคลื่อนที่ต่างกันอย่างไร
 - 5.2 การทำให้รถหยุดกระทันหัน และการทำให้รถหยุดช้า ๆ มีผลต่อการเคลื่อนที่ของตอนไหนต่างกันอย่างไร
6. จากข้อ 5.1, 5.2 อะไรเป็นตัวแปรอิสระ อะไรเป็นตัวแปรตาม
7. ในการทดลองครั้งนี้ต้องการควบคุมอะไรให้คงที่บ้าง

8. ให้นักนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่า "การเคลื่อนที่ของไม้"
(การเคลื่อนที่ของไม้ หมายถึง ท่อนไม้ที่บรรจุไว้ในรถอูมิเนียมเคลื่อนออกจากที่เดิม สามารถสังเกตได้โดยการวัดระยะทางที่ห่างจากตำแหน่งเดิม)
9. ให้นักเรียนออกแบบการทดลองจากสมมติฐานที่ตั้งขึ้น
10. อภิปรายวิธีการทดลองที่ 17.4 โดยทำการทดลองกับพื้นเรียบหุ้มล้อรถให้คล่องก่อนจะทดลอง คนหนึ่งทำหน้าที่ผลัก อีกคนหนึ่งขึ้นรถ
11. ให้นักเรียนออกแบบตารางบันทึกการทดลอง

ขั้นทดลอง

1. นักเรียนแบ่งกลุ่มทำการทดลอง 17.4 ความเฉื่อยของวัตถุในแบบเรียน
2. บันทึกผลการทดลองแต่ละขั้นตอนให้ตามตารางการบันทึกผล

ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง

1. ให้นักเรียนที่เป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่มออกมาเสนอผลการทดลอง
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง เพื่อให้นักเรียนออกความเห็นของตัวแปรจากข้อมูลที่ให้จากการทดลอง เพื่อนำมาตรวจสอบกับสมมติฐาน
3. ให้นักเรียนสรุปผลการทดลอง 17.4 พร้อมกันตอบคำถาม

คำถามหลังการทดลอง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. การผลักรถให้เคลื่อนที่ช้า ๆ กับผลักแรงไม้ที่อยู่บนรถจะเคลื่อนที่ต่างกันอย่างไร
2. การทำให้รถหยุดกะทันหัน และการทำให้รถหยุดช้า ๆ มีผลต่อการเคลื่อนที่ของท่อนไม้แตกต่างกันอย่างไร
3. รถที่บรรจุของ ขณะที่เคลื่อนที่ออกและหยุดอย่างรวดเร็วท่อนไม้บนรถจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
4. เมื่อนักเรียนยืนอยู่บนรถประจำทาง ขณะรถออกหรือเบรคทันที ตัวนักเรียนเคลื่อนที่แตกต่างกันอย่างไร เพราะเหตุใด

5. เมื่อรถคันหนึ่งเครื่องเสีย จะต้องมีการอีกคันลากลงไปเพราะเหตุใดจึงต้องมีคนขับอยู่ในรถคันเครื่องเสียนั้น
6. รถบรรทุกขุด ถ้าโช้ที่จัดไม่แข็งแรงพอ เมื่อเบรกกะทันหันจะเป็นอย่างไรเพราะเหตุใด
7. จากความรู้เรื่องความเฉื่อย นักเรียนจะมีวิธีการขับรถให้ปลอดภัยมากที่สุดได้อย่างไร

กิจกรรม ตอน 2 จุดศูนย์ถ่วงมีความสำคัญต่อยานพาหนะอย่างไร

ขั้นอภิปรายก่อนการทดลอง

1. นำเข้าสู่การทดลองให้นักเรียนดูรูปภาพที่ 17.10 แสดงการทรงตัวของวัตถุในหนังสือแบบเรียน อภิปรายร่วมกันโดยการใช้คำถาม
 - ถ้าออกแรงผลักวัตถุเท่า ๆ กันวัตถุขึ้นไหนดจะล้มง่ายกว่ากัน (ก, ข)
 - การที่วัตถุ (...?) ล้มง่ายนั้นมีสาเหตุมาจากอะไร (ให้นักเรียนตั้งสมมติฐานและกำหนดตัวแปรให้เด่นชัด)
 - จากสมมติฐานดังกล่าว ให้นักเรียนออกแบบการทดลองออกมา เพื่อทดลองกับสมมติฐานข้างต้น
 (นักเรียนออกแบบการทดลองโดยใช้ขวดเปียร์โดยใช้ทางผาและทางกันเป็นฐาน แล้วผลัก)
 - ถ้าจะกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่า "จุดศูนย์ถ่วง" ดังนั้นจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุ หมายถึงอะไร
 (จุดศูนย์ถ่วงของวัตถุคือ จุดรวมน้ำหนักของวัตถุทั้งก้อน)
2. ครูกำหนดปัญหาให้นักเรียนคิดเกี่ยวกับ "วัตถุที่มีรูปร่างต่าง ๆ กัน จุดศูนย์ถ่วงจะอยู่ที่ใด เพื่อให้นักเรียนตั้งสมมติฐานจากปัญหา
 - วัตถุที่มีรูปร่างต่างกัน จุดศูนย์ถ่วงจะเป็นเช่นไร
 (วัตถุที่มีรูปร่างต่างกัน จุดศูนย์ถ่วงจะอยู่ในตำแหน่งที่แตกต่างกัน)
 - จากสมมติฐานตัวแปรอิสระคืออะไร ตัวแปรตามคืออะไร

3. ครูและนักเรียนร่วมกันพิจารณาการทดลอง 17.5 "การหาจุดศูนย์กลางของวัตถุ" จากแบบเรียน เพื่อใช้ทดสอบสมมติฐานที่ตั้งขึ้นไว้หรือไม่
4. ให้นักเรียนตั้งสมมติฐานย่อย ๆ จากการทดลอง 17.5
 - 4.1 แนวเส้นด้ายทั้ง 3 เส้น บนกระดาษแข็ง ตัดที่จุดเดียวกันหรือไม่
 - 4.2 จุดศูนย์กลางของก้อนดินในน้ำมันอยู่ที่ไหน อยู่ในหรือนอกก้อนดินน้ำมัน
5. จากข้อ 4.1 4.2 อะไรเป็นตัวแปรต้น อะไรเป็นตัวแปรตามและจะต้องควบคุมอะไรให้คงที่บ้าง
6. บอกลักษณะปฏิบัติการของคำว่า "จุดศูนย์กลางของดินน้ำมัน" (หมายถึงจุดรวมน้ำหนักของดินน้ำมันทั้งก้อน)
7. ร่วมกันอภิปรายวิธีการทดลอง เพื่อออกแบบการทดลอง และทำตารางบันทึกผล

ข้อมูล

ขั้นตอนทดลอง

1. นักเรียนทำการทดลอง 17.5 การหาจุดศูนย์กลางของวัตถุตอน 1 จากแบบเรียน

2. บันทึกผลของแต่ละกลุ่มไว้ ตามตารางการบันทึกผล

ขั้นตอนอภิปรายหลังการทดลอง

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลอง
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อให้นักเรียนบอกความสัมพันธ์ของตัวแปรจากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง เพื่อตรวจสอบกับสมมติฐาน
3. ให้นักเรียนสรุปผลการทดลอง 17.5 พร้อมกับตอบคำถามหลังการทดลอง (เมื่อหยิบลายด้ายขึ้น แนวเชือกที่แขวนแต่ละครั้งจะไปตัดกันที่จุด ๆ หนึ่งบนกระดาษแข็ง)
(เมื่อแขวนก้อนดินน้ำมัน แนวเข็มหมุดจะตัดกันภายในก้อนดินน้ำมัน อยู่ประมาณใจกลางก้อน)

คำถามหลังการทดลอง

1. แนวเส้นด้ายทั้ง 3 เส้น บนกระดาษแข็งติดกันที่จุดเดียวกันหรือไม่
2. น้ำหนักของกระดาษที่อยู่คนละข้างของเส้นแนวแรงที่ลากผ่านจุดตัด มีค่าเท่ากันหรือไม่
3. แนวเข็มหมุดที่ปักบนก้อนดินน้ำมันติดกันที่จุดตัดเดียวกันหรือไม่
4. ถ้ายกก้อนดินน้ำมันด้านเส้นทะแยงมุมจะติดกันที่จุดเดิมหรือไม่
5. จุดศูนย์กลางของกระดาษและดินน้ำมันอยู่บริเวณใด
6. ถ้าต้องการหาจุดศูนย์กลางของก้อนไม้ จะออกแบบการทดลองอย่างไร
7. กระดาษแข็งเจาะรูที่ขอบกึ่ง ในการหาจุดศูนย์กลางของกระดาษจะต้องเจาะอย่างน้อยกี่รู จึงจะหาจุดศูนย์กลางได้
8. ถ้าตัดกระดาษเป็นรูปวงแหวนทรงกลม จุดศูนย์กลางจะอยู่ที่ไหน
9. จุดศูนย์กลางของลูกทรงกลมอยู่ที่ใด
10. ลูกฟุตบอลที่สูบลมจนที่ปลั๊กออกแล้ว จะมีจุดศูนย์กลางอยู่ ณ ตำแหน่งเดียวกันหรือไม่ นักเรียนจะออกแบบการทดลองได้อย่างไร

ตอน 2 การทดลอง 17.5 การหาจุดศูนย์กลางของวัตถุ

1. นำเข้าสู่การทดลองโดยให้นักเรียนตอบปัญหา จากการทดลอง 17.5
 - ให้นำก้อนไม้ขนาด $8 \text{ cm.} \times 5 \text{ cm.} \times 3 \text{ cm.}$ มาให้นักเรียนดูเพื่อตั้งสมมติฐานตามแนวทางของคำถามต่อไปนี้
 - 1.1 เมื่อนักเรียนเอียงก้อนไม้ แนวเส้นเชือกเปลี่ยนไปจากแนวเดิมหรือไม่
 - 1.2 ก้อนไม้จะล้มเมื่อแนวเส้นเชือก อยู่ในมือนอกเส้นรอบฐาน
 - 1.3 เมื่อใช้ด้าน $5 \text{ cm.} \times 3 \text{ cm.}$ และ $8 \text{ cm.} \times 3 \text{ cm.}$ เป็นฐานอย่างไหนจะมีจุดศูนย์กลางสูงกว่ากัน
2. ให้นักเรียนกำหนดตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม และตัวแปรที่คงควบคุม ของหัวข้อ 1.1, 1.2 และ 1.3 ตามลำดับ

3. ให้นักเรียนกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของคำต่อไปนี้

- แนวเชือกหมายถึงอะไร

(แนวคิ่งของเชือกจากจุดสูงสุด - ต่ำสุดเป็นที่รวมของน้ำหนักวัตถุทั้งชิ้น)

- เส้นรอบฐานหมายถึงอะไร

(หมายถึงบริเวณโดยรอบของวัตถุส่วนล่างติดกับพื้น เป็นแนวที่จุดศูนย์กลางถ่วงของ

วัตถุนั้น ๆ สามารถคงสภาพอยู่ได้โดยไม่ล้ม)

4. ให้นักเรียนออกแบบการทดลอง และตารางบันทึกผลการทดลอง

5. ครูอภิปรายการทดลอง 17.5 ตอน 2 เพื่อประกอบกับข้อมูลที่นักเรียนออกแบบ

ได้

ขั้นการทดลอง

1. นักเรียนแบ่งกลุ่มทำการทดลอง 17.5 ตอน 2 จากแบบเรียน

2. ให้แต่ละกลุ่มบันทึกผลการทดลอง ลงในตารางการบันทึกผลที่นักเรียนออกแบบไว้

ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาเสนอผลการทดลอง

2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อให้นักเรียนบอกความสัมพันธ์ของตัวแปร จากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง เพื่อนำมาทดสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

3. ครูสรุปผลการทดลองที่ 17.5 โดยใช้คำถามประกอบ เพื่อนำไปสู่ความรู้ใหม่

คำถามหลังการทดลอง

- รถบรรทุกของสูง ๆ จะมีจุดศูนย์กลางถ่วงเป็นอย่างไร มีความปลอดภัยมากหรือน้อย กว่ารถที่บรรทุกต่ำ ๆ

- รถแข่งต้องมีล้อกว้างมาก ๆ และตัวรถเตี้ยเพื่ออะไร

- รถคันหนึ่ง มีจุดศูนย์กลางถ่วงจากพื้น 2 เมตร รถอีกคันหนึ่งมีจุดศูนย์กลางถ่วงสูงจากพื้น

1 เมตร ถ้าระยะห่างระหว่างล้อเท่ากัน รถคันไหนคว่ำง่ายกว่า

- รถโดยสารถ้าเป็นรถสองชั้นมีความปลอดภัยมากหรือน้อยกว่ารถชั้นเดียว
- การทดลอง 17.5 ตอน 2 จะสรุปผลได้ว่าอย่างไร

กิจกรรม ระยะหยุดรถที่ปลอดภัย

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงระยะหยุดรถที่ปลอดภัย จากรูปภาพและตาราง 17.1 เพื่อเน้นการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การตีความหมายจากข้อมูลและลงข้อสรุป โดยใช้คำถามดังต่อไปนี้

1. ระยะปฏิบัติการหมายถึงอะไร
2. ระยะเบรกหมายถึงอะไร
3. ระยะเบรก และระยะปฏิบัติการเกิดขึ้นกับอะไรบ้าง
4. รถที่มีความเร็วสูง ระยะปฏิบัติการจะไกลหรือใกล้กว่ารถที่มีความเร็วต่ำ
5. รถยนต์ปกติที่แล่นเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะหยุดรถได้ภายในระยะเท่าใด
6. จากตาราง ถ้ารถแล่นด้วยความเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมงคนขับเห็นสิ่งกีดขวางในระยะห่าง 20 เมตร จะเกิดอะไรได้
7. เพราะเหตุใด ในถนนบางสายจึงต้องมีเครื่องหมายกำหนดความเร็ว หรือน้ำหนักบรรทุกทุกของยานพาหนะไว้
8. เพื่อความปลอดภัยของการขับรถ ผู้ขับรถจะต้องคำนึงถึงอะไรบ้าง

คาบที่ 9 - 10

แนวความคิดหลัก

1. กลจักร คือ เครื่องยนต์ ซึ่งสามารถเปลี่ยนพลังงานจากพลังงานความร้อนหรือพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานกลและสามารถนำไปใช้งานได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ กลจักรสันดาปภายนอก และกลจักรสันดาปภายใน
2. กลจักรสันดาปภายนอก หมายถึง เครื่องยนต์ที่มีการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอยู่ภายนอกเครื่องยนต์ ได้แก่ กลจักรไอน้ำ
3. กลจักรไอน้ำ เป็นเครื่องยนต์ที่ทำงานโดยอาศัยแรงดันไอน้ำ ทำให้เกิดพลังงานมี 2 แบบ คือ กลจักรไอน้ำแบบกังหันและแบบลูกสูบ ทั้งสองแบบมีส่วนประกอบและการใช้ประโยชน์แตกต่างกัน

จุดประสงค์การเรียนรู้ เมื่อเรียนจบเรื่องนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. อธิบายถึงหลักการทำงานของกลจักรซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานกล และสามารถนำไปใช้งานได้ถูกต้อง
2. สรุปได้ว่าไอน้ำมีแรงดัน
3. อธิบายหลักการทำงานของกลจักรไอน้ำได้ถูกต้อง
4. บอกตำแหน่งและหน้าที่ของกระบอกสูบ ลูกสูบ ก้านสูบ ข้อเหวี่ยงและล้อต้นกำลัง

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

ขั้นอภิปรายก่อนการทดลอง

1. นำเข้าสู่บทเรียนโดยครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงเรื่องกลจักรที่นักเรียนรู้จักเกี่ยวกับชนิด และการทำงาน

- กลจักรมีกี่แบบ อะไรบ้าง
- คำว่ากลจักร หมายถึงอะไร
- การสันดาปภายนอก และการสันดาปภายในนั้นคืออะไร

2. นำเข้าสู่ปัญหาเกี่ยวกับ "กลจักรสันดาปภายนอกทำงานได้อย่างไร" โดยให้นักเรียนตั้งสมมติฐานดังต่อไปนี้

- ใอน้ำทำให้เกิดการเคลื่อนที่ได้อย่างไร
- 3. ให้นักเรียนกำหนดว่าอะไรเป็นตัวแปรอิสระ และอะไรเป็นตัวแปรตาม
- 4. ให้นักเรียนออกแบบการทดลอง และกำหนดว่าจะต้องควบคุมสิ่งใดบ้าง
 - จากสมมติฐานดังกล่าวนักเรียนจะออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน

ได้อย่างไร

5. ครูให้นักเรียนพิจารณาการทดลอง 17.6 ตอน 1 "กลจักรใอน้ำทำงานได้อย่างไร" จากรูป 17.4 ในหนังสือแบบเรียน เพื่อตั้งสมมติฐานย่อย ๆ ดังต่อไปนี้

- 5.1 เมื่อน้ำเดือดจะมีผลทำให้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง
- 5.2 จากสมมติฐานดังกล่าวอะไรเป็นตัวแปรอิสระ อะไรเป็นตัวแปรตาม

และจะต้องควบคุมตัวแปรอะไร

6. ให้นักเรียนกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่า "แรงดันของใอน้ำ"
(แรงดันใอน้ำ หมายถึง แรงของใอน้ำเดือดที่ไ้จากการต้ม ไปดันให้วัตถุเคลื่อนที่)

7. ครูอภิปรายการทดลอง 17.6 ถึงอุปกรณ์ที่จะทดลองดูความเรียบร้อย และข้อควรระวังขณะต้มน้ำ เมื่อน้ำเดือดให้เลื่อนตะเกียงออกป้องกันแรงดันใอน้ำมากเกินไป

ขั้นทดลอง

1. นักเรียนแบ่งกลุ่มทำการทดลอง 17.6 ตอน 1 "กลจักรใอน้ำทำงานได้อย่างไร" จากแบบเรียน

2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มบันทึกผลการทดลอง

ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาเสนอผลการทดลอง
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อให้นักเรียนบอกความสับสนของตัวแปรจากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง เพื่อตรวจสอบกับสมมติฐาน
3. ให้นักเรียนสรุปผลการทดลอง 17.6 เพื่อนำไปสู่ความรู้ใหม่

คำถามหลังการทดลอง

- เมื่อน้ำเกิดมีการเปลี่ยนแปลงอะไรบ้าง และจะต้องอธิบายได้อย่างไร
- การเคลื่อนที่ของก้านหลอดคิดว่าเป็นเพราะเหตุใด
- ในการทดลองนี้มีการเปลี่ยนแปลงรูปพลังงานหรือไม่ อย่างไร

กิจกรรม ตอน 2

1. ครูอธิบายการจำแนกประเภทของกลจักรไอน้ำมี 2 ประเภท คือ แบบกังหัน และแบบลูกสูบ
2. ให้นักเรียนศึกษาภาพ กลจักรไอน้ำแบบลูกสูบภาพ 17.16 รูปภาพกลจักรไอน้ำแบบกังหัน รูป 17.17 ในหนังสือแบบเรียน
3. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายจาก รูป 17.15 "แสดงแบบจำลองเครื่องจักรไอน้ำ" จากแบบเรียน เพื่อให้นักเรียนศึกษาส่วนประกอบ
4. ให้นักเรียนตั้งสมมติฐาน
 - 4.1 เมื่อสูบลuftเข้าไปในเครื่องลูกสูบมีการเคลื่อนที่หรือไม่
 - 4.2 ถ้าปล่อยไอน้ำเข้าไปในท่อพักอากาศแทนการสูบลuftจะมีผลต่อลูกสูบอย่างไร
5. จากข้อ 4.1, 4.2 ตัวแปรอิสระคืออะไร ตัวแปรตามคืออะไร สิ่งที่ต้องควบคุมคืออะไร
6. ให้นักเรียนกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่า "ล้น"

(สั้น หมายถึง สิ่งที่ใช้เปิดเปิดให้อากาศผ่านและไม่ผ่านเข้าไปในกระบอกสูบกันอยู่
ระหว่างท่อพักอากาศกับกระบอกสูบ)

7. ครูสาธิตแบบจำลองของเครื่องจักรไอน้ำ ขณะทำงานให้นักเรียนดู เพื่อทดสอบ
กับสมมติฐานข้างต้นของนักเรียน

8. ครูนำผลการทดลองมาอภิปรายร่วมกับนักเรียน เพื่อนำไปสู่ข้อสรุป ประกอบ
คำถามท้ายบทเรียน

คำถามหลังการทดลอง

1. กลจักรไอน้ำมีกี่แบบ อะไรบ้าง
2. มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้างในกลจักรไอน้ำ
3. เมื่อไอน้ำเข้าทาง ก. ลูกสูบ ล้อต้นกำลัง และล้ออื่นมีการเปลี่ยนแปลง
อย่างไร
4. ทำไมล้อต้นกำลังจึงหมุนได้
5. เมื่อไอน้ำเข้าไปปะทะกับใบพัดทำให้กังหันและแกนมีการเคลื่อนที่อย่างไร
6. ข้อแตกต่างระหว่างกลจักรไอน้ำแบบกังหันและแบบลูกสูบมีอะไรบ้าง
7. เพราะเหตุใดในปัจจุบันจึงมีผู้ใช้จักรกลไอน้ำ ในยานพาหนะลดน้อยลงไป

คาบที่ 11 - 12

แนวความคิดหลัก

1. กลจักรสันดาปภายใน หมายถึง เครื่องยนต์ที่มีการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอยู่ภายใน ทำให้เกิดพลังงานกล ได้แก่ กลจักรก๊าซโซลีนกลจักรดีเซล
 2. กลจักรก๊าซโซลีนเป็นกลจักรสันดาปภายใน อาศัยน้ำมันเป็นเชื้อเพลิงในการจุดระเบิดของหัวเทียน ทำงาน 4 จังหวะ คือ ดูดอัด ระเบิด และคาย
 3. กลจักรดีเซลเป็นกลจักรสันดาปภายใน อาศัยน้ำมันเป็นเชื้อเพลิง ใช้หลักการอัดอากาศให้เกิดความร้อน มีการทำงาน 4 จังหวะ คือ ดูดอัด - ระเบิด คาย
 4. หม้อแปลงเพิ่มความต่างศักย์ไฟฟ้าในวงจร ทำให้เกิดประกายไฟฟ้าที่หัวเทียน เกิดการเผาไหม้กับเชื้อเพลิงในกระบอกสูบทำให้ลูกสูบ ช้อเหวี่ยง และล้อคันกำลังเคลื่อนที่
- จุดประสงค์การเรียนรู้ เมื่อเรียนจบเรื่องนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. อธิบายหลักการทำงานของกลจักรก๊าซโซลีน กลจักรดีเซลและบอกความแตกต่างของการทำงานของกลจักรก๊าซโซลีนและกลจักรดีเซลได้
2. อธิบายหลักการทำงานและหน้าที่ของหม้อแปลงได้ถูกต้อง
3. บอกความหมายของขดลวดปฐมภูมิ ขดลวดทุติยภูมิหม้อแปลงขึ้น และหม้อแปลงลงได้
4. บอกความแตกต่างของกลจักรสันดาปภายนอกและสันดาปภายในได้ถูกต้อง

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นอภิปรายก่อนการทดลอง

1. ครูทบทวนเกี่ยวกับกลจักรสันดาปภายนอกและกลจักรสันดาปภายใน เพื่อเปรียบเทียบกับการทำงานเคลื่อนยานพาหนะในปัจจุบัน

- สมัยก่อนรถไฟในประเทศไทยใช้กลจักรไอน้ำ มาสมัยนี้รถไฟใช้กลจักรอะไร
- เพราะเหตุใดในปัจจุบันจึงมีผู้ใช้กลจักรไอน้ำ ในยานพาหนะลดน้อยลงไป
- รถยนต์โดยสารปัจจุบันใช้น้ำมันอะไร และเครื่องยนต์มีส่วนประกอบที่สังเกต

ไว้อะไรบ้าง

2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงกลจักรก๊าซโซลีนซึ่งใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อนำไปสู่ปัญหาที่ว่า "หลักการทำงานของกลจักรก๊าซโซลีนเป็นอย่างไร"

2.1 ให้นักเรียนตั้งสมมติฐานจากปัญหาข้างต้น

(การทำงานของกลจักรก๊าซโซลีนต้องอาศัยน้ำมันและหัวเทียน)

2.2 กำหนดตัวแปรจากสมมติฐานว่าอะไรเป็นตัวแปรอิสระ อะไรเป็นตัวแปรตาม

2.3 ให้กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่า "กลจักรก๊าซโซลีน"

3. ให้นักเรียนพิจารณาการทดลอง 17.7 "การจุดเชื้อเพลิงด้วยประกายไฟฟ้า" เพื่อเป็นการดูไหม้ของเชื้อเพลิงด้วยประกายไฟฟ้า

- การทดลอง 17.7 ใช้เป็นแนวทางในการทดสอบสมมติฐานของนักเรียน

ให้หรือไม่

4. ให้นักเรียนตั้งสมมติฐานย่อย ๆ จากการทดลอง 17.7

4.1 เมื่อต่อสายไฟครบวงจรกับแบตเตอรี่ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ปลายกล่อง

โลหะอย่างไร

4.2 เมื่อเชื่อมสายไฟฟ้ากับขั้วแบตเตอรี่ เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ปลายหลอดใน

กล่องโลหะอย่างไร

4.3 เมื่อเอากระดาษชุบน้ำมันวางในกล่องโลหะ แล้วเชื่อมสายไฟกับขั้ว

แบตเตอรี่จะเกิดอะไรขึ้น

5. จากข้อ 4.1, 4.2 และ 4.3 อะไรเป็นตัวแปรอิสระ อะไรเป็นตัวแปรตาม

6. ให้กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่า "วงจรไฟฟ้า"

7. ครูอภิปรายการทดลอง 17.7 เพื่อให้นักเรียนออกแบบการทดลองและข้อควรระวัง

ขณะทดลอง

ขั้นทดลอง

1. นักเรียนแบ่งกลุ่มทำการทดลอง 17.7 การจุดเชื้อเพลิงด้วยประกายไฟฟ้าจากแถบเรียน
2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มบันทึกผลการทดลองไว้

ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาเสนอผลการทดลอง
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อให้นักเรียนบอกความสัมพันธ์ของตัวแปรจากข้อมูลที่ให้จากการทดลอง เพื่อนำมาตรวจสอบกับสมมติฐาน
3. ให้นักเรียนสรุปผลการทดลอง 17.7
4. ครูให้ความรู้เพิ่มเติม โดยการอภิปรายร่วมกับนักเรียนเกี่ยวกับ
 - เรื่องหม้อแปลงไฟฟ้า รูป 17.19 จากแถบเรียน
 - คอยล์ รูป 17.20 จากแถบเรียน
 - หัวเทียน รูป 17.20 จากแถบเรียน
 - วงจรไฟฟ้าแรงสูง และไฟฟ้าแรงต่ำ รูป 17.21 จากแถบเรียน
 - กลจักรกาซโซลีน รูป 17.22, รูป 17.23
 - กลจักรดีเซล รูป 17.24, รูป 17.25

คำถามหลังการทดลอง

1. เมื่อต่อสายไฟครบวงจร กับเมื่อเชื่อมสายไฟเข้ากับขั้วแบตเตอรี่ มีการเปลี่ยนแปลงต่างกันหรือไม่ อย่างไร
และสิ่งใดเป็นสาเหตุ (ตัวแปร) ที่ทำให้เกิดประกายไฟ
2. เมื่อวางสาลีชุบน้ำมันเบนซินและเชื่อมสายไฟกับขั้วแบตเตอรี่ สาลีติดไฟ จะสรุปการทดลองนี้ได้อย่างไร
3. การที่สาลีติดไฟนั้น อธิบายได้อย่างไร

4. เพราะเหตุใดเมื่อเชื่อมต่อสายไฟกับขั้วเบตเตอร์จึงมีประกายไฟในกล่องโลหะให้
5. หากไม่มีหม้อแปลงในอุปกรณ์ชุดนี้จะเกิดประกายไฟหรือไม่
6. จะออกแบบการทดลองจากความถี่ดังกล่าวได้อย่างไร
7. ถ้าหากกลับขั้วหม้อแปลงเอาด้าน OUT มาต่อด้าน IN จะเกิดประกาย

ไฟหรือไม่

8. หม้อแปลงขึ้นและหม้อแปลงลงเป็นอย่างไร
9. อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ไฟ 20 โวลต์ ถ้าต้องการใช้กับไฟภายในบ้าน ควรใช้

หม้อแปลงชนิดใด

10. หม้อแปลงมีส่วนประกอบที่สำคัญอะไรบ้าง
11. คอยล์ในรถยนต์เป็นหม้อแปลงชนิดไหน
12. หม้อแปลงที่ใช้ในการทดลองเป็นหม้อแปลงขึ้นหรือหม้อแปลงลง เพราะเหตุใด
13. กล่องโลหะที่นักเรียนทดลองเทียบได้กับอะไรในรถยนต์
14. กลจักรไอน้ำกับกลจักรก๊าซโซลีนมีหลักการทำงานต่างกันอย่างไร และอย่างไรน

จะทำให้อากาศเสียได้มากกว่ากัน

ตอนที่ 13 - 14

แนวความคิดหลัก

1. แรงลอยตัว เป็นแรงที่พุ่งให้วัตถุลอยตัวอยู่ได้ทั้งในน้ำและในอากาศ
2. แรงลอยตัวของวัตถุขึ้นอยู่กับ มวล ขนาด และรูปร่างของวัตถุ รวมทั้งความหนาแน่นของของเหลวที่วัตถุนั้นลอยอยู่
3. น้ำหนักของวัตถุที่หายไปของเหลวใดจะเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับส่วนที่จมของวัตถุนั้น ซึ่งเป็นหลักของอาร์คิมิดีส

จุดประสงค์ของการเรียนรู้ เมื่อเรียนจบเรื่องนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. บอกความหมายของแรงลอยตัวได้ถูกต้อง
2. สรุปได้ว่า เมื่อซึ่งวัตถุในของเหลวต่าง ๆ กัน จะได้น้ำหนักไม่เท่ากัน ของเหลวที่มีความหนาแน่นมากจะมีแรงพุ่งมากกว่าของเหลวที่มีความหนาแน่นน้อย
3. นำเอาหลักการของอาร์คิมิดีสมาอธิบายการลอยตัวของเรือได้
4. สรุปได้ว่าขณะที่วัตถุลอยตัวในของเหลว น้ำหนักของวัตถุที่ชั่งในอากาศจะเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุส่วนที่จม

กิจกรรมการเรียนรู้

ข้ออภิปรายก่อนการทดลอง

1. นำเข้าสู่บทเรียน โดยสนทนากับนักชกเหรียญเงินกีฬาโอลิมปิก ปี 85 ของไทย ว่าทุกครั้งที่เขาชกจะต้องชั่งน้ำหนักตัว
 - เขาเป็นใคร เป็นนักมวยรุ่นไหน น้ำหนักตัวเท่าไร
 - ถ้าหากว่าเขาลอยตัวอยู่ในน้ำ น้ำหนักตัวเขาขณะนั้นกับน้ำหนักจริงเท่ากันหรือไม่

- ถ้านักเรียนอยากจะรู้ให้แน่ นักเรียนคิดว่าควรทำอย่างไร
- 2. นำเข้าสู่ปัญหา โดยซักถามว่า ถ้าเป็นวัตถุอื่น เช่น ก้อนหิน ดินน้ำมัน น้ำหนักของวัตถุนั้นเมื่อชั่งในอากาศและในน้ำจะเท่ากันหรือไม่
- 3. ให้นักเรียนตั้งสมมติฐาน จากปัญหาในข้อ 2 ดังนี้
 - น้ำหนักของวัตถุในอากาศและในน้ำต่างกัน นักเรียนคิดว่าเมื่อชั่งวัตถุในน้ำ น้ำหนักของวัตถุจะเพิ่มขึ้น หรือลดลง จากที่ชั่งในอากาศ
- 4. จากสมมติฐานที่ตั้ง อะไรเป็นตัวแทนอิสระ อะไรเป็นตัวแทนตาม
- 5. ให้นักเรียนออกแบบการทดลอง เพื่อทดสอบสมมติฐานดังกล่าว พร้อมทั้งระบุว่า ตัวแปรใดที่จะต้องควบคุมให้คงที่บ้าง
- 6. ให้นักเรียนพิจารณาวิธีการทดลองที่ 17.8 (น้ำหนักของวัตถุเพิ่มหรือลดเมื่อชั่งในน้ำ) ว่าสามารถที่จะนำมาทดสอบสมมติฐานของนักเรียนได้หรือไม่ ถ้าได้จะตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับการทดลอง 17.8 ว่าอย่างไร
 - น้ำหนักของดินน้ำมันในอากาศและในน้ำต่างกันอย่างไร
- 7. จากสมมติฐานดังกล่าว อะไรเป็นตัวแทนอิสระ อะไรเป็นตัวแทนตาม และอะไรเป็นตัวแทนที่ต้องควบคุมให้คงที่
- 8. ให้กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่า
 - น้ำหนักเพิ่มขึ้น หมายความว่าอะไร
 - น้ำหนักลดลง หมายความว่าอะไร
- 9. ครูอภิปรายขั้นตอนการทดสอบ 17.8 และหน่วยกรัม หน่วยนิวตัน

ขั้นตอนทดลอง

1. นักเรียนแบ่งกลุ่มทำการทดลองจาก 17.8 แบบเรียนการทดลอง 17.8 น้ำหนักของวัตถุเพิ่มหรือลดเมื่อชั่งในน้ำ"
2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มบันทึกผลการทดลองไว้ตามตารางการบันทึกผลการทดลอง

ข้ออภิปรายหลังการทดลอง

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาเสนอผลการทดลอง
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อให้นักเรียนบอกความสัมพันธ์ของตัวแปร จากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง นำมาตรวจสอบกับสมมติฐานที่นักเรียนตั้งขึ้นอีกครั้งหนึ่ง
3. ให้นักเรียนสรุปผลการทดลอง 17.8 เพื่อนำไปสู่ความรู้ใหม่

คำถามหลังการทดลอง

1. ก้อนดินน้ำมันเมื่อขึงในน้ำเบาหรือหนักกว่าเมื่อขึงในอากาศและต่างกันเท่าใด
2. ผลต่างนี้มีค่าเหมือนหรือต่างจากน้ำที่ดันครั้งที่ 1 หรือไม่
3. น้ำหนักของก้อนดินน้ำมันที่หายไปในน้ำ มีความสัมพันธ์กับน้ำหนักของน้ำส้ม ที่ปริมาตรเท่ากับก้อนดินน้ำมัน อย่างไร
4. น้ำหนักก้อนดินน้ำมันที่หายไปในน้ำหมายความว่าอย่างไร วัดได้อย่างไร
5. เมื่อเอาดินน้ำมันก่อนเคี้ยวกันไปขึงในน้ำ และน้ำเกลือ ปรากฏว่าน้ำหนัก ของดินน้ำมันในน้ำมากกว่าในน้ำเกลือ นักเรียนจะกำหนดสมมติฐานการทดลองนี้ได้อย่างไร
6. นักเรียนจะสรุปถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรงพยุงของน้ำและน้ำเกลือได้อย่างไร (เมื่อน้ำเกลือมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ)

ตอน 2

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย ปัญหา "เรือเหล็กทำไมจึงลอยน้ำได้" เพราะเหตุใดเรือเหล็กจึงลอยน้ำได้
2. ครูให้ข้อมูลที่เป็นความรู้แก่นักเรียนว่า
 - เหล็กมีความหนาแน่น 7.9 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
 - น้ำมีความหนาแน่น 0.1 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
 ดังนั้นจึงเป็นข้อเท็จจริงที่รู้ ๆ กันว่า "เหล็กจมน้ำ"

3. ครูนำปัญหา "เพราะเหตุใดเรือเหล็กจึงลอยน้ำได้" เพื่อให้นักเรียนฝึกการตั้งสมมติฐาน จากนั้นเลือกสมมติฐานที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดออกแบบการทดลองต่อไป

4. ให้นักเรียนพิจารณาการทดลองที่ 17.9 "ทำอย่างไรคินน้ำมันจึงลอยน้ำได้" แล้วตั้งสมมติฐานย่อย ๆ ดังต่อไปนี้

4.1 วัตถุจะลอยน้ำได้จะต้องขึ้นอยู่กับอะไร

4.2 ถ้าต้องการให้คินน้ำมันลอยน้ำได้ขึ้นอยู่กับอะไร

4.3 ถ้าคินน้ำมันก้อนเดียวกันเป็นรูปทรงกลมตันรูปถ้วย รูปทรงกลมมอก รูปใดมีความหนาแน่นมากที่สุด

4.4 ถ้าคินน้ำมันที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 และ 4 เซนติเมตร ถ้าบรรจุลูกเหล็กที่ละลูกขณะลอยน้ำ ด้วยคินน้ำมันขนาดใดบรรจุลูกเหล็กได้มากกว่ากัน

5. จากข้อ 4.1, 4.2, 4.3 และ 4.4 อะไรคือตัวแปรอิสระอะไรคือตัวแปรตาม

6. อธิบายขั้นตอนการทดลอง 17.9

ขั้นทดลอง

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลอง ตามการทดลอง 17.9 "ทำอย่างไรคินน้ำมันจึงลอยน้ำได้" จากหนังสือแบบเรียน

2. ให้นักเรียนจับบันทึกผลการทดลองไว้

ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาเสนอผลการทดลอง

2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง เพื่อให้นักเรียนบอกความสัมพันธ์ของตัวแปรจากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง นำมาตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ก่อนการทดลอง

(คินน้ำมันเมื่อทำเป็นรูปถ้วยแล้วสามารถลอยน้ำได้)

(คินน้ำมันที่ทำให้มีปริมาตร (ความหนาแน่นน้อยลง) จะลอยน้ำได้)

3. นักเรียนสรุปผลการทดลอง 17.9 เพื่อนำไปสู่ความรู้ใหม่

คำถามหลังการทดลอง

1. ดินน้ำมันก้อนกลมตันจมน้ำหรือลอยน้ำ เพราะเหตุใด
2. น้ำหนักของถ้วยดินน้ำมันที่หายไปในน้ำมีค่าเท่าใด
3. เมื่อนำดินน้ำมันเป็นรูปถ้วย ทำไมจึงลอยน้ำได้
4. ความหนาแน่นของถ้วยดินน้ำมันหมายถึงอะไร
5. เมื่อนำดินน้ำมันเป็นรูปถ้วย ความหนาแน่นของถ้วยจะเหมือนหรือต่างจากความหนาแน่นของดินน้ำมัน จะอธิบายได้อย่างไร
6. เมื่อลอยดินน้ำมันเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 และ 4 ปรากฏว่าถ้วยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 บรรทุกถูลเหล็กได้มากกว่าสมมติฐานที่เหมาะสมของการทดลองนี้คืออะไร
7. ถ้าต้องการตรวจสอบความคิดดังกล่าว ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่คืออะไร และตัวแปรอิสระและตัวแปรตามคืออะไร
8. ทำไมเรือเหล็กจึงลอยน้ำได้ทั้ง ๆ ที่เหล็กมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ
9. พิจารณารูปต่อไปนี้ วัตถุ ก. ลอยน้ำมีมวล 10 กิโลกรัม ปริมาตรวัตถุ ก. ส่วนที่จมคือหมายเหตุ 2 ถามว่าน้ำมีปริมาตรเท่าใดจึงจะมีมวลเท่ากับวัตถุ ก.
10. การทดลองที่ 17.9 สรุปได้ไว้อย่างไร

หมายเหตุ

- ครูให้นักเรียนศึกษาจากแบบเรียนหน้า 88 เกี่ยวกับน้ำหนักของวัตถุที่หายไป ในของเหลวมีค่าเท่ากับน้ำหนักวัตถุทั้งก้อนในอากาศ แสดงว่าของเหลวมีแรงพยุง โดยครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย
- จากนั้นให้ดูรูปภาพ รูป 17.27 แสดงการรับน้ำหนักของเรือ แล้วตอบคำถามจากแบบเรียน (หน้า 88 - 89) ตัวอย่าง
- เรือลำเดียวกันแล่นในน้ำจืดและน้ำเค็ม เรือจะจมลงไปมากเมื่อแล่นที่ใด

ตอนที่ 15 - 16

แนวความคิดหลัก

1. เมื่อความเร็วของอากาศเพิ่มขึ้นความดันจะลดลง เป็นหลักการของเบอร์นูลลี และเมื่อวัตถุมีลักษณะโค้งด้านบน เรียงด้านล่าง เคลื่อนที่ไปในอากาศ ความดันของอากาศด้านบนจะน้อยกว่าความดันของอากาศด้านล่าง ทำให้เกิดการยกตัวขึ้น เช่น การลอยตัวของเครื่องบิน
2. เครื่องมือสื่อสารในปัจจุบันมีวิวัฒนาการโดยอาศัยการทำงานของแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น โทรศัพท์ วิทยุ ทำให้การสื่อสารรวดเร็ว
3. แรงแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถเพิ่มขึ้นได้โดยการเพิ่มกระแสไฟฟ้าจำนวนรอบของขดลวด และการใช้แกนที่ทำด้วยสารแม่เหล็ก

จุดประสงค์การเรียนรู้ เมื่อเรียนจบเรื่องนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. อธิบายหลักการของเบอร์นูลลี เมื่อความเร็วอากาศเพิ่มขึ้นความดันจะลดลงได้
2. สามารถนำเอาหลักการของเบอร์นูลลี มาอธิบายการลอยตัวของเครื่องบินในอากาศได้
3. ทดลองเพื่อแสดงให้เห็นว่าแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถส่งแรงผ่านน้ำและอากาศได้
4. สรุปได้ว่า แรงแม่เหล็กไฟฟ้าเพิ่มได้ด้วยการเพิ่มจำนวนรอบของขดลวด และการใช้แกนที่ทำด้วยสารแม่เหล็ก

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

ขั้นอภิปรายก่อนการทดลอง

1. ครูสนทนากับผู้เรียนถึงอุบัติเหตุที่เครื่องบินโดยสารตก และมีผู้เสียชีวิตคราวละมาก ๆ จากนั้นให้เปรียบเทียบระหว่างเครื่องบินกับนก

- การบินของเครื่องบิน และการบินของนกเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร

2. นำเข้าสู่ปัญหา "แรงอะไรที่ช่วยยกเครื่องบินให้ลอยอยู่ในอากาศได้"

โดยให้นักเรียนช่วยกันตอบตามเหตุผลของนักเรียน

3. ครูนำกระดาษพับเรียบ และกระดาษพับโค้งด้านบนมาแจกให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม ๑ ละชุด เพื่อให้เด็กพิจารณาหาเหตุผลเกี่ยวกับการลอยตัวของกระดาษทั้ง 2 แบบ

4. ให้นักเรียนตั้งสมมติฐานแจกอุปกรณ์ที่แจกให้จากคำถาม

- กระดาษที่พับเรียบและกระดาษที่พับโค้งด้านบนเมื่อลมพัดผ่าน แบบไหนจะลอยตัวได้สูงกว่ากัน

5. ให้นักเรียนกำหนดตัวแปรจากสมมติฐานข้างต้น

- ตัวแปรอิสระคืออะไร ตัวแปรตามคืออะไร

6. จากนั้นให้นักเรียนออกแบบการทดลองและควบคุมตัวแปรเพื่อพิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งไว้ในข้อ 4

- หากต้องการตรวจสอบแนวความคิดจากสมมติฐานข้างต้นออกแบบการทดลองอย่างไร และจะต้องควบคุมอะไรให้คงที่บ้าง

7. ให้กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่า "การลอยตัวของกระดาษ" เพื่อให้เห็นเด่นชัด

8. ให้นักเรียนพิจารณาขั้นตอนการทดลอง 17.10 "เครื่องบินลอยอยู่ในอากาศได้เพราะเหตุใด"

ร่วมกันอภิปรายว่าใช้ทดสอบสมมติฐานที่นักเรียนตั้งขึ้น (ในข้อ 4) ได้หรือไม่ และควรปรับปรุงแก้ไขแบบไหน

9. อภิปรายขั้นตอนการทดลอง 17.10 เกี่ยวกับการเตรียมอุปกรณ์ และให้นักเรียนออกแบบตารางบันทึกข้อมูล

ข้อเสนอแนะหลังการทดลอง

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาเสนอผลการทดลอง
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง เพื่อให้ นักเรียนบอกความสัมพันธ์ของตัวแปรจากข้อมูลที่ให้จากการทดลอง นำมาตรวจสอบกับสมมติฐาน ที่ตั้งไว้ในข้อเสนอก่อนการทดลอง
3. ให้นักเรียนสรุปผลการทดลอง 17.10 เพื่อนำไปสู่ความรู้ใหม่

คำถามหลังการทดลอง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

- เมื่อเป่าลมอย่างแรงผ่านแผ่นกระดาษทั้งสองได้ผลต่างกันอย่างไร
- เมื่อเป่าลมผ่านแผ่นกระดาษที่มีส่วนโค้ง ความดันอากาศด้านบนหรือด้านล่างมีค่ามากกว่ากัน ทราบได้อย่างไร
- ด้านบนและด้านล่างของกระดาษที่มีส่วนโค้งด้านไหนมีระยะทางไกลกว่ากัน
- ถ้าลมเคลื่อนที่ต่อปลายด้านหน้าถึงปลายด้านหลังใช้เวลาเท่ากัน ลมที่ผ่านด้านบนหรือด้านล่างมีความเร็วมากกว่ากัน
- ความเร็วของลมมีความสัมพันธ์กับความดันอย่างไร
- หลักของเบอร์นูลลีใช้กับการเคลื่อนที่ในอะไรบ้าง
- เสนอขงตัวที่นักเรียนทำการทดลองผ่านมามีความหมายอย่างไร
- ถ้าหากวางกระดาษเอาส่วนโค้งไว้ด้านหลัง แล้วเป่า กระดาษจะมีการเคลื่อนที่อย่างไร
- จากการทดลองนี้ นักเรียนจะนำความรู้ที่ได้ไปอธิบายการยกตัวอย่างเครื่องบินได้อย่างไร

กิจกรรมตอน 2 เครื่องมือสื่อสารที่ใช้แม่เหล็กไฟฟ้า

ขั้นอภิปรายก่อนการทดลอง

1. ครูนำเสนอ โดยใช้รูป 17.30 "การสื่อสารในปัจจุบัน" ถึงเครื่องมือสื่อสารต่าง ๆ ที่นำเอาหลักการของแม่เหล็กไฟฟ้ามาใช้
2. ครูแจกเอกสารหมายเลข 6 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาถึงกระบวนการต่าง ๆ แล้วตอบคำถามจากเอกสาร
3. ครูร่วมกับนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับเอกสาร พร้อมทั้งให้พิจารณาการทดลอง 17.11 "แม่เหล็กเพิ่มขึ้นได้อย่างไร" ซึ่งเป็นปัญหา
4. ให้นักเรียนตั้งสมมติฐานเพื่อทดสอบปัญหาล้างต้น โดยยึดแนวคำถาม
 - 4.1 ระหว่างใช้แท่งเหล็กและอลูมิเนียมเป็นแกน อย่างไหนทำให้มีแรงดึงดูดตะปูมากกว่ากัน
 - 4.2 ถ้าใช้ลวดที่มีจำนวนรอบไม่เท่ากัน ตะปูมีการเคลื่อนที่ต่างกันอย่างไร
5. จากข้อ 4.1, 4.2 อะไรเป็นตัวแปรอิสระ อะไรเป็นตัวแปรตาม
6. ให้นักเรียนกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่า "แรงแม่เหล็ก"
 - แรงแม่เหล็กหมายถึงอะไร
7. อภิปรายการทดลอง 17.11 "แม่เหล็กเพิ่มขึ้นได้อย่างไร" ถึงขั้นตอนการจัดอุปกรณ์ และข้อควรระวัง

ขั้นทดลอง

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลอง การทดลอง 17.11 "แม่เหล็กเพิ่มขึ้นได้อย่างไร" จากแบบเรียน
2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มบันทึกผลการทดลองไว้

ขั้นตอนปริญาหลังการทดลอง

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาเสนอผลการทดลอง
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง เพื่อให้นักเรียนออกความคิดเห็นของตัวแปรจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ก่อนการทดลอง
3. ให้นักเรียนสรุปผลการทดลองจากสมมติฐานที่พิสูจน์ถูกต้อง แล้วสรุปเป็นความรู้ใหม่ เพื่อนำไปใช้ต่อไป

คำถามหลังการทดลอง ครูและนักเรียนช่วยกันตอบคำถามต่อไปนี้

1. เมื่อเอาหลอดทองแดงต่อเข้ากับขั้วแบตเตอรี่ ตะขุจะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วลบคเมื่อเอาตะขุจุ่มในน้ำนำไปใกล้ ๆ ขั้วลบคทองแดง ตะขุก็เคลื่อนที่เข้าหาขั้วลบค จะสรุปผลการทดลองนี้ว่าอย่างไร
2. การใช้เหล็กและอลูมิเนียมเป็นแกน อย่างไรทำให้มีแรงดึงดูดตะขุมากกว่ากัน ทราบได้อย่างไร
3. เมื่อใช้หลอดทองแดงจำนวน 50 รอบ และ 100 รอบ ทำให้แรงดูดขั้วแม่เหล็กต่อตะขุต่างกัน อยากทราบว่าแรงดูดของแม่เหล็กสัมพันธ์กับจำนวนขั้วลวดอย่างไร
4. ถ้าต้องการจะเพิ่มแรงแม่เหล็กให้มากขึ้น สามารถจะเพิ่มได้โดยวิธีใดบ้าง
5. นอกจากจะเพิ่มแรงแม่เหล็กด้วยการเพิ่มจำนวนรอบขั้วลวดและใช้แกนเหล็กแล้ว ยังทำได้โดยวิธีใดอีก
6. แรงแม่เหล็กส่งผ่านไหมพลาสติกได้หรือไม่ นักเรียนจะมีวิธีการทดสอบได้อย่างไร
7. การทดลอง 17.11 สรุปได้ว่าอย่างไร

ตอนที่ 17 - 18

แนวความคิดหลัก

1. โทรเลข เป็นอุปกรณ์สื่อสารชนิดหนึ่งที่อาศัยหลักการทำงานของแม่เหล็กไฟฟ้า ประกอบด้วยเครื่องส่งและเครื่องรับโทรเลข การตัดต่อสวิตช์ไฟฟ้าที่เครื่องส่งทำให้เกิดแรงแม่เหล็กในเครื่องรับดูดแผ่นเหล็กลงมา ทำให้มีเสียงดังตามจังหวะกด สามารถแปลความออกมาได้

2. โทรเลขแบบคันเคาะ ได้พัฒนาเป็นเครื่องโทรพิมพ์ สามารถส่งข่าวเป็นตัวอักษรได้

3. โทรศัพท์เป็นเครื่องมือสื่อสารที่ประกอบด้วยลำโพง และไมโครโฟน

4. ไมโครโฟนมี 2 ชนิดคือ คาร์บอนไมโครโฟนซึ่งมีคาร์บอนและถ่านไฟฉายเป็นส่วนประกอบ ส่วนไดนามิกไมโครโฟนไม่ต้องมีคาร์บอนเป็นไส้ทั้งไมโครโฟนและลำโพง

จุดประสงค์การเรียนรู้ เมื่อเรียนจบเรื่องนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. อธิบายหลักการทำงานของเครื่องรับ เครื่องส่งโทรเลขได้ถูกต้อง
2. อธิบายหลักการทำงานของโทรศัพท์ไดนามิกไมโครโฟนได้
3. ทำการทดลองต่อวงจร เคาะสัญญาณและแปลสัญญาณเครื่องรับเครื่องส่งโทรเลข

ได้

4. สรุปได้ว่า คาร์บอนไมโครโฟนจะทำงานได้ก็ต่อเมื่อมีแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ถ้าพลังงานไฟฟ้ามากเกินไปเสียงจะดังมาก

5. เปรียบเทียบหลักการทำงานของคาร์บอนไมโครโฟน และไดนามิกไมโครโฟน

ได้

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

ขั้นอภิปรายก่อนการทดลอง

1. นำเข้าสู่บทเรียน สอนหาถึงการเดินทางโดยยานพาหนะรถไฟ สิ่งที่นักเรียนสังเกตเป็นประจำตลอดทางจากคำถามต่อไปนี้
 - สิ่งที่นักเรียนพบเห็นความถี่ในกับทางรถไฟคือสิ่งใด
 - ผู้ประติษฐ์โทรเลขขึ้นเป็นคนแรกคือใคร
 - โทรเลขในประเทศไทย เริ่มมีใช้ภายในประเทศไทย ปี พ.ศ. อะไร และคิดต่อระหว่างจังหวัดอะไร
 - การส่งข่าวโดยทางโทรเลขไปถึงปลายทางเร็วหรือไม่
2. นำเข้าสู่ปัญหา โดยให้นักเรียนสังเกตอุปกรณ์ชุดทดลองหลักของเครื่องรับและเครื่องส่งโทรเลข โดยครูสาธิตให้ดูประกอบกับรูป 170.32 แสดงการต่อเครื่องรับและเครื่องส่งโทรเลข เพื่อให้นักเรียนเกิดปัญหาว่า
 - หลักการทำงานของโทรเลขเป็นอย่างไร
3. ให้นักเรียนหาเหตุผลความเป็นไปได้ของปัญหา มาอภิปรายร่วมกัน
 - ค้นเคาะโทรเลขนั้น คืออะไร ในรายชื่ออุปกรณ์ต่อไปนี้ หม้อแปลง พิวส์ สายไฟแรงสูง สวิตช์ไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้า
 - สายไฟเส้นยาวมีไว้เพื่อประโยชน์อะไร
 - การกักสัญญาณโทรเลขนั้น ซีพ (-) หมายถึงกักอย่างไร จุด (.) หมายถึงอย่างไร
4. ให้นักเรียนพิจารณาการทดลองที่ 17.12 "หลักของเครื่องรับและส่งโทรเลข" จากหนังสือแบบเรียน เพื่อนำไปสู่การตั้งสมมติฐาน
 - 4.1 เมื่อกดคันเคาะเครื่องส่ง จะมีผลต่อเครื่องรับอย่างไร

4.2 จังหวะของการกดคันเคาะเครื่องส่ง จะมีผลต่อเสียงที่เกิดขึ้นที่เครื่องรับแตกต่างกันอย่างไร

4.3 การต่อวงจรด้วยสายไฟเส้นยาวและกดคันเคาะเสียงที่เกิดขึ้นที่เครื่องรับจะแตกต่างจากการใช้สายไฟเส้นสั้นอย่างไร

5. จากข้อ 4.1, 4.2 และ 4.3 อะไรคือตัวแปรอิสระ และอะไรคือตัวแปรตาม
6. ให้กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่า
 - เครื่องรับหมายถึง
 - เครื่องส่งหมายถึง
 - แม่เหล็กไฟฟ้าหมายถึง
7. ให้นักเรียนออกแบบการทดลอง จากสมมติฐานดังกล่าวว่าควรจะต้องควบคุมตัวแปรใดให้คงที่บ้าง
8. อภิปรายการทดลอง 17.12 และให้ออกแบบตารางการบันทึกผลการทดลอง

ขั้นตอนทดลอง

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลอง การทดลองที่ 17.12 "หลักของเครื่องรับและส่งโทรเลข" จากหนังสือแบบเรียน
2. บันทึกผลการทดลอง แต่ละขั้นตอนได้ ตามตารางบันทึกผล

ขั้นตอนอภิปรายหลังการทดลอง

1. ขึ้นตัวแทนของนักเรียนแต่ละกลุ่มเสนอผลการทดลอง
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อให้นักเรียนออกความเห็นของตัวแปรจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองเพื่อทดสอบกับสมมติฐาน
3. ให้นักเรียนสรุปผลการทดลองนี้ เกี่ยวกับหลักการท างานของโทรเลข
4. ครูให้ความรู้เพิ่มเติม เกี่ยวกับ รหัสโทรเลข เครื่องโทรพิมพ์ ตามรายละเอียดในบทเรียน

คำถามหลังการทดลอง ครูและนักเรียนช่วยกันตอบคำถามต่อไปนี้

1. เมื่อกดคันเคาะ เครื่องรับเป็นอย่างไร เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น
2. จังหวะของการกดคันเคาะและเสียงที่เกิดขึ้นที่เครื่องรับมีความสัมพันธ์กันอย่างไร
3. มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านแผ่นเหล็กที่มีแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่กลางหรือไม่
4. ถ้าไม่ใช่แม่เหล็กไฟฟ้า จะใช้แม่เหล็กถาวรอย่างเช่นแม่เหล็กแท่งได้หรือไม่
5. เมื่อใช้สายไฟสั้นและยาว เสียงที่เครื่องรับยังคงเหมือนเดิม จะสรุปการทดลองได้อย่างไร

6. จากตารางรหัสโทรเลข 17.2 ในแบบเรียน นักเรียนมีวิธีส่งรหัสคำว่า "สวัสดีปีใหม่" ให้อย่างไร

7. ในเครื่องรับและส่งโทรเลข มีการเปลี่ยนแปลงพลังงานหรือไม่อย่างไร

กิจกรรม ทอม 2 เรื่องโทรศัพท์

ขั้นตอนการทดลอง

1. นำเข้าสู่บทเรียน สืบค้นถึงความสะดวกรวดเร็วที่ได้จากโทรเลข และโทรศัพท์ แต่ก็ยังเป็นวิธีการที่ไม่สามารถพูดกันได้ในโดยตรง
 - อุปกรณ์สื่อสารชนิดใดที่ผู้ส่ง และผู้รับสามารถพูดโต้ตอบกันได้ทันทีทันใด
2. นำเข้าสู่ปัญหา นำอุปกรณ์ชุดโทรศัพท์ที่จะทดลองให้นักเรียนดูเพื่อเข้าสู่ปัญหา
 - โทรศัพท์มีหลักการทำงานอย่างไร
3. นักเรียนหาเหตุผลความเป็นไปได้มาอภิปรายร่วมกัน
 - โทรศัพท์ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคืออะไร
 - ชุดไมโครโฟนในการทดลองนี้มีลักษณะอย่างไร
4. ให้นักเรียนพิจารณาการทดลอง 17.13 "โทรศัพท์อย่างง่าย" จากแบบเรียน เพื่อนำไปสู่การตั้งสมมติฐาน

- 4.1 เมื่อขยับไส้คินสอเบา ๆ จะมีอะไรเกิดขึ้นที่ลำโพงเสียง
- 4.2 เมื่อทุบที่ปลายหัวนกกระดาก เสียงจากลำโพงเป็นอย่างไร
- 4.3 เมื่อตอถ่านไฟฉาย และไม่ตอถ่านไฟฉาย เสียงที่ได้ยินจากลำโพงเสียงแตกต่างกันหรือไม่
- 4.4 จำนวนถ่านไฟฉาย มีผลต่อเสียงที่ได้ยินจากลำโพงเสียงอย่างไร
5. จากข้อ 4.1, 4.2, 4.3 และ 4.4 ตัวแปรอิสระคืออะไร ตัวแปรตามคืออะไร
6. ให้นักเรียนออกแบบการทดลองแต่ละสมมติฐาน เพื่อกำหนดว่าตัวแปรใดบ้างของการทดลอง ห้องควบคุมได้คงที่
7. อภิปรายการทดลอง 17.13 พร้อมกับให้นักเรียนออกแบบตารางบันทึกผล

ขั้นทดลอง

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลอง ตามการทดลอง 17.3 "โทรศัพท์อย่างง่าย" จากหนังสือแบบเรียน
2. จัดบันทึกผลการทดลองในแต่ละขั้นตอนไว้ตามตารางบันทึกผล

ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง

1. ให้ตัวแทนของแต่ละกลุ่มเสนอผลการทดลอง
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อให้นักเรียนบอกความสัมพันธ์ของตัวแปรจากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง เพื่อนำไปทดสอบกับสมมติฐาน
3. ให้นักเรียนสรุปผลจากการทดลอง เพื่อเป็นความรู้ใหม่นำไปใช้ต่อไป

คำถามหลังการทดลอง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. เมื่อขยับไส้คินสอ และเมื่อทุบที่ปลายหัวนกกระดากข้อที่ไส้คินสอจะมีเสียงทั้งที่ลำโพง เสียงที่เกิดขึ้นมาจากสาเหตุใด

2. หากไม่มีไส้ดินสอระหว่างใบมีด เมื่อทุบที่ปลายนิ้วจนกระดาษจะมีเสียงดังทางลำโพงหรือไม่
 3. หากไม่ใช่ไส้ดินสอระหว่างใบมีดของไมโครโฟน จะเปลี่ยนเป็นใช้อะไรแทน จึงจะเกิดเสียงที่ลำโพงเสียง
 4. เมื่อใช้ถ่านไฟฉาย 2, 3 และ 4 ก้อน เสียงที่ดังจากลำโพงสัมพันธ์กับจำนวนถ่านไฟฉายอย่างไร
 5. วงจรโทรศัพท์ใช้คาร์บอนไมโครโฟน ต้องใช้แบตเตอรี่หรือไม่เพราะเหตุใด
 6. นักเรียนจะสรุปหลักการของคาร์บอนไมโครโฟนได้อย่างไร
 7. คาร์บอนไมโครโฟนทำหน้าที่เปลี่ยนรูปพลังงานใดหรือไม่อย่างไร
-

คาบที่ 19 - 20

แนวความคิดหลัก

1. วิทยุเป็นระบบสื่อสารที่ใช้แม่เหล็กไฟฟ้า ประกอบด้วยเครื่องส่งและเครื่องรับ มี 2 อย่าง คือ ส่งเป็นคำพูดเรียกวิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรศัพท์ และที่ส่งเป็นรหัสเรียกวิทยุโทรเลข
2. คลื่นวิทยุเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และเคลื่อนที่ได้โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง
3. การพัฒนาการคมนาคมขนส่ง และการสื่อสาร เป็นทางหนึ่งช่วยให้เศรษฐกิจและสังคมของประเทศเจริญขึ้น

จุดประสงค์การเรียนรู้ เมื่อเรียนจบเรื่องนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. บอกหลักการส่งและรับวิทยุกระจายเสียงอย่างง่าย ๆ ได้
2. บอกได้ว่าคลื่นวิทยุ เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ไม่ต้องการตัวกลางจึงส่งผ่านอากาศได้
3. บอกได้ว่าระยะทางระหว่างเครื่องรับ และเครื่องส่งสายอากาศมีผลต่อการส่งและรับคลื่นวิทยุ
4. สรุปจากข้อมูลได้ว่าการพัฒนาการคมนาคมขนส่ง เป็นทางหนึ่งช่วยให้เศรษฐกิจและสังคมของประเทศเจริญขึ้น

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นอภิปรายก่อนการทดลอง

1. นำเข้าสู่บทเรียน ให้นักเรียนสังเกตโทรศัพท์สมัยแรกเป็นคาร์บอนไมโครโฟน เปรียบเทียบกับโทรศัพท์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน
 - โทรศัพท์ในปัจจุบันมีลักษณะเหมือนและแตกต่างจากคาร์บอนไมโครโฟนตรงไหน
 - ส่วนประกอบของโทรศัพท์ปัจจุบันมีลักษณะอย่างไร

2. นำเข้าสู่ปัญหา โดยนำอุปกรณ์ชุดไคนามิกไมโครโฟนมาให้นักเรียนพูดถึงการปรับปรุงคุณภาพของโทรศัพท์ให้เสียงชัดเจน จนใช้ในปัจจุบัน แล้วตั้งปัญหาว่า

- ไคนามิกไมโครโฟนมีหลักการและส่วนประกอบในการทำงานอย่างไร

3. นักเรียนช่วยกันหาเหตุผลที่น่าจะเป็นไปได้มาอธิบายเกี่ยวกับโทรศัพท์ที่ใช้ไคนามิกไมโครโฟน

- ไคนามิกไมโครโฟนประกอบด้วยส่วนสำคัญอะไรบ้าง

- ต้องใช้ถ่านไฟฉายในวงจรหรือไม่

- เปรียบเทียบสายไฟที่ใช้เป็นอย่างไร

- ลำโพงเสียงด้านผู้รับ และผู้ส่งมีลักษณะอย่างไร

4. ให้นักเรียนพิจารณาการทดลอง 17.14 "โทรศัพท์ที่ใช้ไคนามิกไมโครโฟน" จากบทเรียน เพื่อนำไปสู่การตั้งสมมติฐาน

4.1 แหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้า มีผลต่อการต่อวงจรของไคนามิกไมโครโฟนหรือไม่อย่างไร

4.2 เมื่อพูดใส่ลำโพงเสียง จะมีผลต่อลำโพงเสียงอีกด้านหนึ่งอย่างไร

4.3 ถ้าเปลี่ยนพูดทางลำโพงผู้ฟัง จะมีผลต่อลำโพงเสียงอีกด้านหนึ่งอย่างไร

5. จากข้อ 4.1, 4.2, 4.3 ให้นักเรียนกำหนดว่าตัวแปรอิสระคืออะไรและตัวแปรตามคืออะไร

6. ให้กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่า

- ไมโครโฟนหมายถึงอะไร

- ไคนามิกไมโครโฟนหมายถึงอะไร

7. นักเรียนจะออกแบบการทดลองจากสมมติฐานแต่ละข้อได้อย่างไรบ้าง และจะหาคำตอบอะไรให้คงที่บ้างในการทดลอง

8. อภิปรายการทดลอง 17.14 และให้ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง

ขั้นทดลอง

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลอง การทดลอง 17.14 "โทรศัพท์ที่ใช้ไทมามิกโมโครโฟน" ตามหนังสือแบบเรียน
2. บันทึกข้อมูลจากผลการทดลองในแต่ละขั้นตอนไว้ในตารางการบันทึกผล

ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาเสนอข้อมูลจากการทดลอง
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อให้นักเรียนออกความคิดเห็นของตัวแปรจากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง เพื่อทดสอบกับสมมติฐาน
3. ให้นักเรียนสรุปผลการทดลอง เพื่อนำไปสู่ความรู้ใหม่

คำถามหลังการทดลอง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. ลำโพงเสียงด้านผู้รับและผู้ส่งมีลักษณะเหมือนกันหรือไม่
2. ไทมามิกโมโครโฟน ให้อัตราพลังงานไฟฟ้าจากไทย
3. การต่อวงจรในการทดลองนี้ มีแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าในวงจรหรือไม่
4. เมื่อผู้พูดพูดนั้น ผู้ฟังได้ยินเสียงเป็นคำพูดหรือไม่
5. เมื่อต่อวงจรลำโพง 2 ตัว เข้าด้วยกัน ผู้ฟังได้ยินเสียง เมื่อสลับผู้ฟังเป็นผู้พูด ผู้ฟังก็ยังได้ยินเสียงผู้พูด ลำโพงทั้งสองตัวทำหน้าที่อะไร

6. หากต่อถ่านไฟฉายเข้ากับวงจร จะได้ยินเสียงที่ลำโพงหรือไม่
7. ลำโพงเสียงมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานอย่างไร
8. เหตุใดวงจรโทรศัพท์แบบไทมามิกโมโครโฟนจึงไม่ต้องต่อถ่านไฟฉายก็

เกิดเสียงดัง

9. ไทมามิกโมโครโฟนมีหลักการ เหมือนหรือต่างจากการรับอนไมโครโฟนอย่างไร
10. นักเรียนสรุปหลักการการทำงานของโทรศัพท์ที่ใช้ไทมามิกโมโครโฟนได้อย่างไร
11. ขณะที่พูดลงไปในไทมามิกโมโครโฟน กระแสไฟฟ้าที่ผ่านลำโพงเสียงมีค่าคงที่สม่ำเสมอ หรือไม่เพราะเหตุใด

กิจกรรม ให้ความรู้เพิ่มเติม

- ครูนำอภิปรายเกี่ยวกับคลื่นเสียง ตามแนวทางในหนังสือแบบเรียนเพื่อให้นักเรียนสรุปว่า
 - เสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนจากวัตถุ
 - การได้ยินเสียงเพราะการถ่ายเทพลังงานผ่านตัวกลางมายังหูโดยใช้รูป 17.37 17.38, 17.39, 17.40 ประกอบการอภิปราย

กิจกรรม วิทยุ

ขั้นอภิปรายก่อนการทดลอง

1. นำเข้าสู่บทเรียน สอนมาถึงการสื่อสารในปัจจุบัน อุปกรณ์ที่ให้ความสะดวกในการสื่อสารมากที่สุดคือ วิทยุกระจายเสียงและวิทยุโทรทัศน์ ส่งได้ทั้งคำพูดและรหัส และใช้สังเกต

- วิทยุมีส่วนที่สำคัญอะไรบ้าง

2. นำเข้าสู่ปัญหา นำอุปกรณ์ในการทดลองวิทยุโทรเลขมีหลักการอย่างไร รูป 17.41 ให้นักเรียนดู แนะนำว่าเป็นชุดเครื่องส่งวิทยุโทรเลขอย่างง่าย เพื่อนำไปสู่ปัญหา

- วิทยุมีหลักการอย่างไร

3. ให้นักเรียนหาเหตุผลที่น่าจะเป็นไปได้มาอภิปรายเกี่ยวกับวิทยุ

- วิทยุมีส่วนประกอบที่สำคัญอะไรบ้าง
- ถ้าจะรับฟังวิทยุให้ชัดเจนจะต้องมีอะไรเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ

4. ให้นักเรียนพิจารณาการทดลองที่ 17.15 วิทยุโทรเลขมีหลักการอย่างไร เพื่อนำไปตั้งสมมติฐาน

4.1 ระยะห่างระหว่างเครื่องรับวิทยุกับสายอากาศมีผลต่อเสียงดังที่เกิดขึ้นอย่างไร

4.2 เครื่องรับวิทยุที่มีสายอากาศ กับเครื่องที่ไม่มีสายอากาศจะมีผลต่อการรับคลื่นวิทยุอย่างไร

5. จากข้อ 4.1, 4.2 ให้กำหนดว่า อะไรเป็นตัวแปรอิสระ อะไรเป็นตัวแปรตาม
6. ถ้าจะออกแบบการทดลอง เพื่อทดสอบสมมติฐานแต่ละข้อจะออกแบบการทดลองอย่างไร จะกำหนดสิ่งใดให้คงที่บ้าง
7. อภิปรายการทดลอง 17.15 และให้นักเรียนออกแบบตารางการบันทึกผล

ขั้นทดลอง

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาเสนอข้อมูลจากผลการทดลอง
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อให้นักเรียนบอกความสัมพันธ์ของตัวแปรจากข้อมูลที่ให้จากการทดลอง เพื่อตรวจสอบกับสมมติฐาน
3. ให้นักเรียนสรุปผลการทดลอง เพื่อนำไปสู่ความรู้ใหม่

คำถามหลังการทดลอง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. เมื่อต่อวงจรให้ครบมีประกายไฟฟ้าเกิดขึ้นหรือไม่ เพราะเหตุใด
2. เมื่อใช้สายไฟเขียวแทนเคเบิล มีประกายไฟฟ้าเกิดขึ้นหรือไม่และเสียงเกิดจากเครื่องรับวิทยุให้สัญญาณตามรหัสโทรเลขหรือไม่ เพราะเหตุใด
3. การเกิดคลื่นวิทยุขึ้นเกิดจากอะไร
4. เมื่อเลื่อนเครื่องรับวิทยุต่างออกไป จะได้ยินเสียงต่างไปจากเดิมอย่างไร
5. เมื่อปลดสายอากาศออกแล้ว เสียงที่เกิดจากเครื่องรับวิทยุเป็นอย่างไร
6. สายอากาศมีประโยชน์ต่อการส่งวิทยุหรือไม่อย่างไร
7. ขณะเกิดฝนตกฟ้าคะนอง จะมีเสียงรบกวนในเครื่องรับวิทยุหรือไม่ เพราะเหตุใด

กิจกรรม เพิ่มเติมความรู้

1. ให้นักเรียนคูสดีจากตาราง 17.3 สถิติการขนส่งและการสื่อสารในประเทศไทย แล้วแสดงความคิดเห็น
 2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายในหัวข้อที่ว่า "การขนส่งและการสื่อสารช่วยพัฒนาสังคมและประเทศชาติอย่างไร"
 - แล้วตอบคำถามในแบบเรียนหน้า 109 - 110
-

สถานการณ์ : ฝึกการคิด

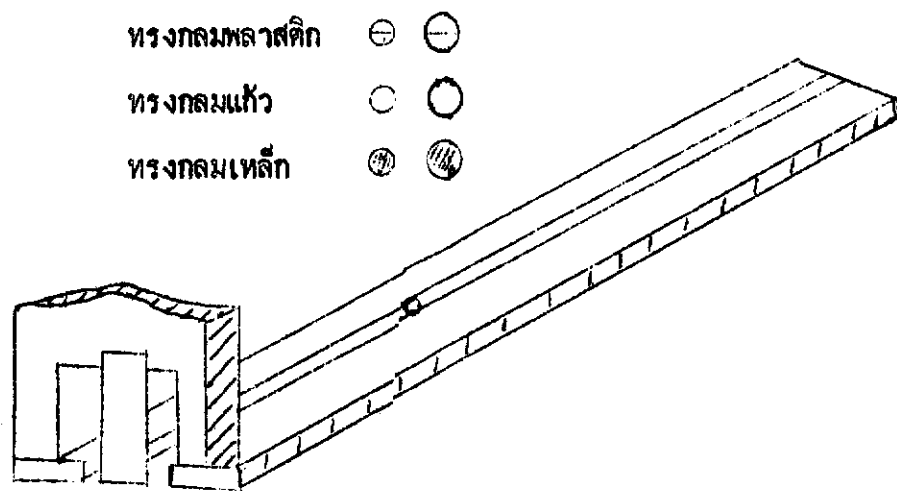


จากรูปภาพนี้ ให้นักเรียนตอบคำถามดังต่อไปนี้

1. จากภาพ นักเรียนคิดว่าเป็นสถานที่อะไร
2. มีอะไรเป็นเหตุผลที่ทำให้นักเรียนคิดอย่างนั้น

สถานการณ์ ฝึกการคิดเกี่ยวกับการกำหนดและความคุ้มค่า

แผนภาพต่อไปนี้ เป็นเครื่องมือคิดทรงกลมให้เคลื่อนที่ไปตามรางวิ่ง ทรงกลม มี 3 ชนิด คือ ทรงกลมพลาสติก แก้ว และเหล็ก มี 2 ขนาด คือขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ในการทดลองที่ใช้แรงตึงเท่ากัน ผลปรากฏว่า เมื่อใช้ทรงกลมพลาสติกขนาดเล็ก ทรงกลม จะเคลื่อนที่ได้ทาง 42 เซนติเมตร แต่เมื่อเปลี่ยนเป็นทรงกลมแก้วขนาดใหญ่แทน ทรงกลม นี้จะเคลื่อนที่ได้ทาง 31 เซนติเมตร

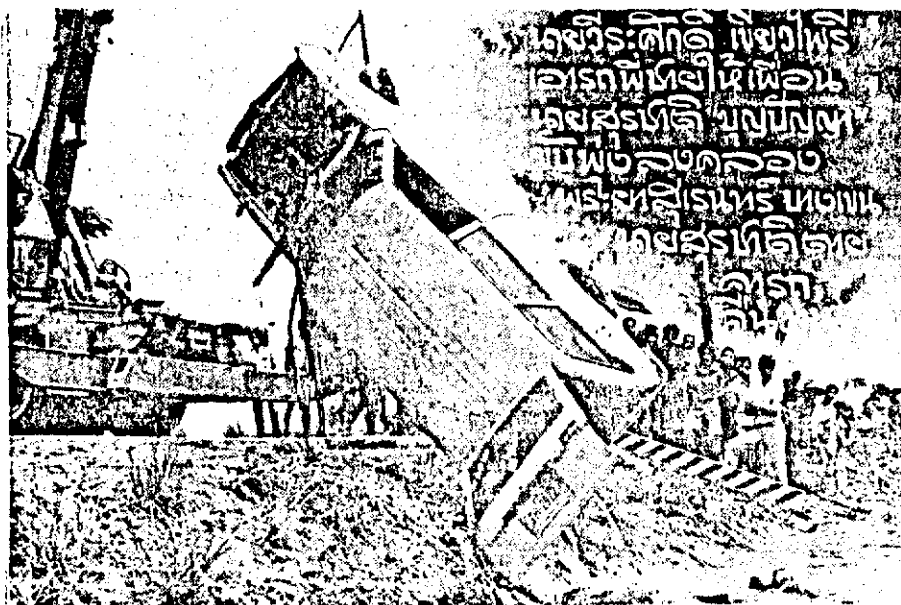


คำสั่ง ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

- จากข้อความดังกล่าว นักเรียนจะตั้งสมมติฐานจากการทดลองดังทรงกลม ทั้ง 3 ชนิด ได้อย่างไรบ้าง
- จากสมมติฐานที่ตั้ง "....." ให้นักเรียนกำหนดตัวแปรต่อไปนี้
 - ตัวแปรอิสระคือ
 - ตัวแปรตามคือ
 - ตัวแปรที่หาค่าควบคุมคือ
- ถามว่า ถ้าใช้แรงคืดทรงกลมเหล็กขนาดใหญ่ ทรงกลมเหล็กจะเคลื่อนที่ได้ทางประมาณเท่าไร เพราะอะไร

สถานการณ์ : เกี่ยวกับองค์ประกอบของปัญหา

รถยนต์พุ่งลงไปในคลองในคืนวันหนึ่ง ซึ่งกรมอุตุนิยมวิทยาได้แจ้งให้ทราบก่อนแล้วว่า จะมีฝนตกกระจัดกระจายเป็นเวลาหลายชั่วโมง ก่อนที่จะเกิดอุบัติเหตุ นอกจากนั้นยังพบว่ามีขวดเบียร์อันว่างเปล่าอยู่ในรถที่ชนผู้ขับขี่นั้น

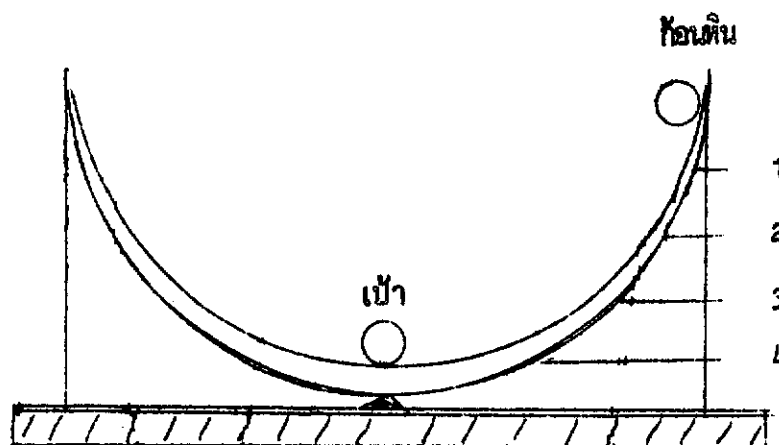


คำสั่ง จากภาพและเหตุการณ์ครั้งนี้ให้นักเรียนอภิปรายตามหัวข้อต่อไปนี้ และจดบันทึกผลการอภิปรายไว้

- มีหลักฐานอันใดบ้างที่จะช่วยพิจารณาถึงสาเหตุของอุบัติเหตุครั้งนี้

สถานการณ์ : - สืบเนื่องมาจากอุบัติเหตุรถชนกัน

แผนภาพต่อไปนี้ แสดงการเคลื่อนที่ของก้อนหินให้กระทบเป้า ประกอบไปด้วย
ก้อนหินและเป้า ที่มีน้ำหนักไม่เท่ากัน ก้อนหินจะถูกปล่อยมาจากจุดปล่อยในระยะต่าง ๆ กัน
(ระยะที่ 1, 2, 3 และ 4 ทางขวามือ เพื่อกระแทกให้เป้าเคลื่อนที่ไปตามรางของพื้นลาดเอียง



คำสั่ง จงตอบคำถามทั้งข้อต่อไปนี้

1. ถ้าเป้าหมายมีขนาดเท่ากัน เมื่อปล่อยก้อนหินที่มีขนาดต่างกัน แต่ละครั้งที่จุด 1
ถามว่าหินแต่ละขนาดมีผลต่อการเคลื่อนที่ของเป้าอย่างไร

.....

2. ถ้าเป้าหมายมีขนาดเท่ากัน เมื่อปล่อยก้อนหินที่มีขนาดเท่ากัน ที่จุดปล่อย
ต่างกัน 1, 2, 3

- ถามว่าระยะทางแต่ละจุดที่ปล่อยก้อนหิน มีผลต่อการเคลื่อนที่ของเป้าอย่างไร

.....

3. นักเรียนพอจะบอกได้ไหมว่าสิ่งที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของเป้าหมายอะไรบ้าง

..... และ มีผลต่อการเคลื่อนที่ของเป้า

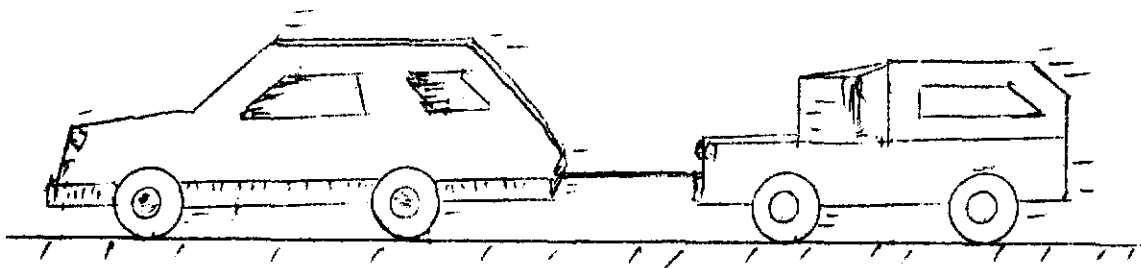
4. ให้นักเรียนกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของค่าต่อไปนี้

4.1 มวล หมายถึง

4.2 ความเร็ว หมายถึง

สถานการณ์ ปัญหเกี่ยวกับความปลอดภัยในการใช้ยานพาหนะ

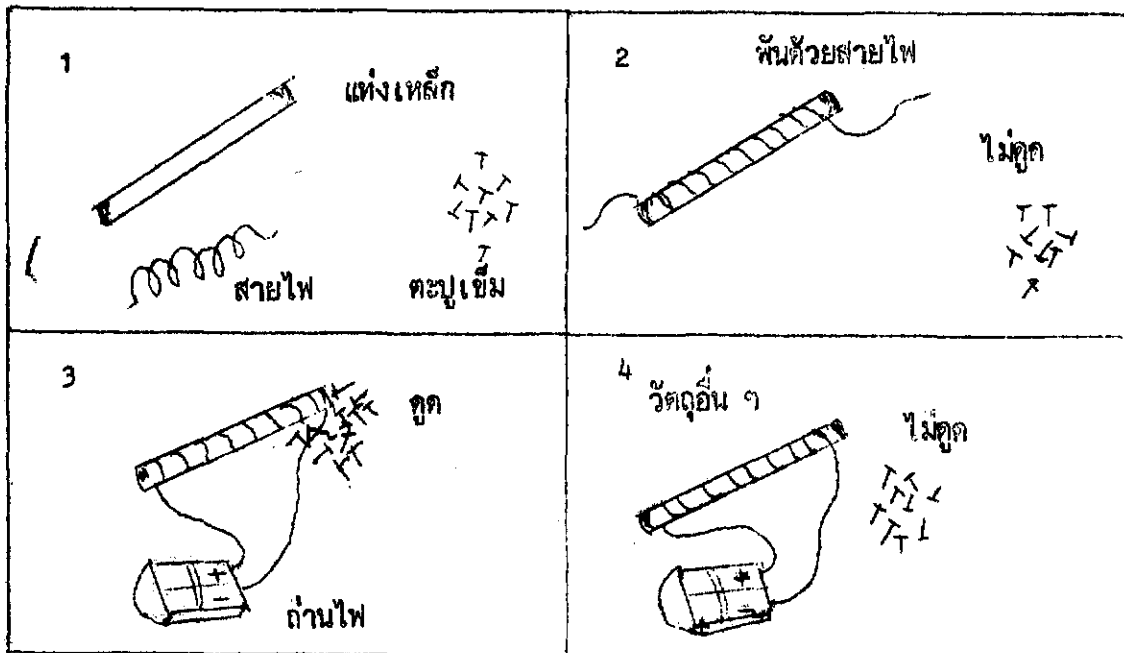
เมื่อรถยนต์คันหนึ่งเสีย จำเป็นต้องมีรถอีกคันหนึ่งมาลากจูง ดังรูป



คำสั่ง ให้นักเรียนตอบคำถามดังต่อไปนี้

1. เมื่อเริ่มลากจูง รถคันที่ออกแรงลากจะต้องออกแรงช้า ๆ เพราะเหตุใด
2. ถ้ารถคันที่ลากจูง (คันหน้า) หยุดทันที จะเกิดอะไรขึ้น
3. จากสมมติฐานข้อ 2 ให้นักเรียนกำหนดตัวแปรดังต่อไปนี้
 - ตัวแปรอิสระคือ
 - ตัวแปรตามคือ
4. เกี่ยวกับวัสดุที่ใช้ลากจูง นักเรียนคิดว่าน่าจะใช้สิ่งใดมาผูกโยง จึงจะทำให้การลากจูงรถปลอดภัยที่สุด (ให้นักเรียนออกแบบการทดลองมาให้ดู)

สถานการณ์ เหตุผลเรื่องแม่เหล็ก



คำสั่ง จากลำดับภาพที่ 1 - 4 จงตอบคำถามดังต่อไปนี้

1. การที่แท่งเหล็กดูดตะขุเข็มได้ เพราะเหตุใด
2. ถ้าจะเพิ่มแรงแม่เหล็กให้ดูดเข็มหมุดได้มากขึ้นน่าจะมาจากสาเหตุใด

(กำหนดตัวแปร)

3. ถ้าเปลี่ยนแกนเหล็กเป็นวัตถุอื่นดังภาพ 4 ผลปรากฏว่า ไม่มีแรงแม่เหล็กดูดเข็มหมุด เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น (ให้นักเรียนตั้งสมมติฐาน)
4. ให้นักเรียนออกแบบการทดลองมาให้ดู โดยให้กำหนด ตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุม (จากสมมติฐานในข้อ 3)

ภาคผนวก ก

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
เรื่อง การขนส่งและการสื่อสาร

คำชี้แจงในการทำแบบทดสอบ

1. แบบทดสอบฉบับนี้มี 50 ข้อ ให้เวลาในการทำ 1 ชั่วโมง
2. แบบทดสอบแต่ละข้อจะมีตัวเลือก 5 ข้อ ให้นักเรียนเลือกตอบข้อที่ถูกเพียงข้อเดียวเท่านั้น ถ้านักเรียนตอบมาตั้งแต่ 2 ข้อขึ้นไป จะถือว่านักเรียนตอบข้อนี้ผิด
3. การตอบให้ตอบในกระดาษคำตอบ โดยลงเงาลงในช่องว่างให้ตัวอักษรที่กำกับคำตอบ ซึ่งนักเรียนเห็นว่าถูกที่สุด เช่น

ถ้านักเรียนคิดว่าคำตอบข้อ ค. ถูกที่สุด ให้นักเรียนลงเงาในช่องว่างดังนี้

ก	ข	ค	ง	จ
		■		

4. ถ้าต้องการเปลี่ยนคำตอบให้ชี้คากบาทกับตรงช่องลงเงาเดิม แล้วจึงลงเงาในช่องว่างใหม่ที่ต้องการ เช่น ต้องการเปลี่ยนจากข้อ ค. เป็นข้อ จ. ให้ทำดังนี้

ก	ข	ค	ง	จ
			✱	■

5. ห้ามนักเรียนนำแบบทดสอบฉบับนี้ออกจากห้องสอบเป็นอันขาด
เมื่อนักเรียนอ่านคำชี้แจงในการทำแบบทดสอบและพร้อมแล้วลงมือทำ

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
เรื่องการขนส่งและการสื่อสาร

1. ข้อใดอธิบายความหมายคำว่า "คมนาคม" ได้ชัดเจนที่สุด
 - ก. การขนส่ง และการติดต่อ
 - ข. การขนส่งและการค้าขาย
 - ค. การขนส่งและการสื่อสาร
 - ง. การขนส่งและการไปมาหาสู่กัน
 - จ. การขนส่งทางน้ำ ทางบก ทางอากาศ
2. ในขณะที่รถกำลังวิ่งเกิดล้อหลุดทำให้ต้องจอดรถไปบนถนน เป็นสาเหตุให้รถหยุดเพราะแรงเสียดทาน ถ้ามวลแรงเสียดทานเกิดขึ้นที่ใด
 - ก. แรงที่เกิดขึ้นกับรถขณะที่กำลังวิ่ง
 - ข. แรงที่เกิดขึ้นระหว่างล้อ กับตัวรถ
 - ค. แรงที่เกิดขึ้นระหว่างล้อรถกับถนน
 - ง. แรงที่เกิดขึ้นระหว่างคนขับรถกับถนน
 - จ. แรงที่เกิดขึ้นระหว่างห้องรถกับถนน
3. "ล้อ" มีประโยชน์ต่อรถยนต์อย่างไร
 - ก. เพื่อให้รถเคลื่อนตัวได้ดี
 - ข. เพื่อให้รถวิ่งบนถนนได้เรียบ
 - ค. ทำให้ลดแรงเสียดทานระหว่างรถกับถนน
 - ง. ทำให้รถมีการทรงตัวในการวิ่งบนถนนได้ดี
 - จ. ทำให้ระบับความเร็วของรถคงที่สม่ำเสมอ

4. สัมประสิทธิ์ของความเสียหาย หมายถึงข้อใด

- ก. สัดส่วนของแรงกดลงกับผิวสัมผัส
- ข. สัดส่วนระหว่างแรงกดบนผิวสัมผัสกับแรงดัน
- ค. สัดส่วนระหว่างแรงดึงให้วัตถุเคลื่อนที่กับแรงเสียหาย
- ง. สัดส่วนระหว่างแรงเสียหายกับแรงกดทับลงบนผิวสัมผัส
- จ. สัดส่วนระหว่างแรงดึงให้วัตถุเคลื่อนที่กับแรงกดลงบนผิวสัมผัส

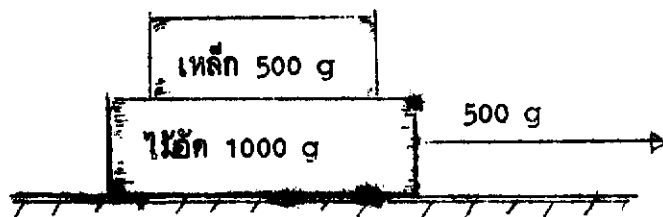
คำชี้แจง จากการทดลองหาน้ำหนักที่ใช้ถ่วงเพื่อลากให้วัตถุเคลื่อนที่บนผิวสัมผัสต่างกันบนพื้นโต๊ะ ให้ผลการทดลองดังตาราง (จงตอบคำถามข้อที่ 5 - 7)

วัตถุ	ขนาดพื้นที่ผิวสัมผัส (cm^2)	น้ำหนักบรรทุก (กรัม)	น้ำหนักถ่วง (กรัม)
ไม้ค	20 × 20	1,000	200
ไม้ค	10 × 20	500	140
ไม้ค	5 × 20	500	142
โฟม	10 × 20	500	250
ยางคิ	10 × 20	500	500
กระดาษแข็ง	10 × 20	500	150
ผ้าใบ	10 × 20	500	200

5. วัตถุใดเมื่อนำไปวางบนโต๊ะจะทำให้เกิดแรงเสียหายมากที่สุด

- ก. โฟม
- ข. ไม้ค
- ค. ผ้าใบ
- ง. แผ่นยางคิ
- จ. กระดาษแข็ง

6. จากการทดลอง แรงเสียดทานขึ้นอยู่กับอะไร
- ชนิดของผิวสัมผัส
 - ขนาดของผิวสัมผัส
 - น้ำหนักบรรทุกของ
 - น้ำหนักบรรทุกและชนิดของผิวสัมผัส
 - ชนิดของผิวสัมผัสและขนาดของผิวสัมผัส
7. ถ้าต้องการทำพื้นรองเท้าที่เกาะพื้นได้ดี ควรเลือกใช้วัสดุใด
- ไม้ไผ่
 - พองน้ำ
 - ผ้าใบ
 - ยางดิบ
 - ยางเทียม
8. ถ้าแผ่นไม้ไผ่ 1,000 กรัม บรรทุกเหล็กหนัก 500 กรัม จะต้องใช้แรงถึง 500 กรัม แผ่นไม้ไผ่จึงจะเคลื่อนที่ ดังภาพ



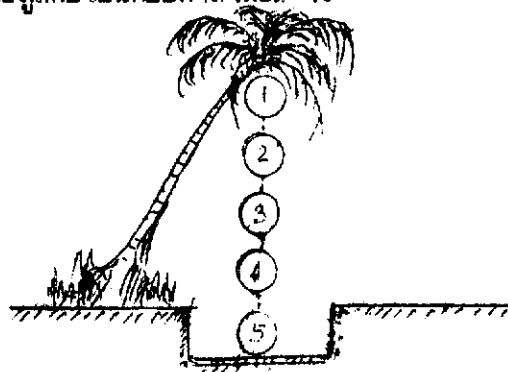
จงหาว่าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานระหว่างแผ่นไม้ไผ่กับพื้นโต๊ะเป็นเท่าไร

- 0.30
- 0.33
- 1.00
- 3.00
- 3.30

9. เรือพายที่ใช้สำหรับแข่งขัน ควรมีลักษณะอย่างไร

- ก. มีช่องท้องแบนกว้าง
- ข. ห้องเรือเป็นรูปสามเหลี่ยม
- ค. หัวเรือป้านท้องแบนราบกับพื้นน้ำ
- ง. หัวแหลมท้ายแหลม ตัวเรือยาวเรียว
- จ. หัวแหลมท้ายป้านท้องเรือโค้งแบนราบ

คำชี้แจง ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 10



มะพร้าวต้นหนึ่งขึ้นอยู่ริมสระที่ไม่มีน้ำ มีลูกมะพร้าวแห้งอยู่ 1 ทะลาย

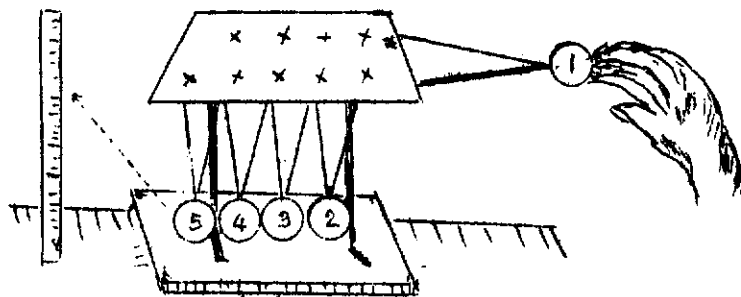
10. ถ้าลูกมะพร้าวหล่นลงไปในสระ ตำแหน่งใดที่ลูกมะพร้าวมีโมเมนตัมมากที่สุด

- ก. ตำแหน่งที่ 1
- ข. ตำแหน่งที่ 2
- ค. ตำแหน่งที่ 3
- ง. ตำแหน่งที่ 4
- จ. ตำแหน่งที่ 5

11. ข้อใดทำให้ยานพาหนะแล่นช้า และสิ้นเปลืองพลังงานในการเคลื่อนที่

- ก. แรงเสียดทาน
- ข. คนขับยานพาหนะ
- ค. รูปร่างของยานพาหนะ
- ง. ชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้
- จ. ชนิดของยานพาหนะที่ใช้

คำชี้แจง จากการทดลอง การกระทบกันของวัตถุตั้งรูป (จงตอบคำถามข้อที่ 12 - 13)



เมื่อยกลูกตุ้มลูกที่ 1 สูงเท่าระดับคานแขวน แล้วปล่อยให้ตกลงมา ปรากฏว่า
ลูกตุ้มที่ 5 เคลื่อนที่สูงขึ้น

12. การที่ลูกตุ้มลูกที่ 5 เคลื่อนที่ได้ เพราะเหตุใด

- ก. เพราะความเฉื่อย
- ข. เพราะมีความเร็ว
- ค. เพราะมีความเร่ง
- ง. เพราะมีการถ่ายน้ำหนัก
- จ. เพราะมีการถ่ายหอกพลังงาน

13. ถ้าเพิ่มลูกตุ้มเป็น 7 ลูก เมื่อยกลูกตุ้มลูกที่ 1 และ 2 สูงเท่าระดับคานแขวน แล้ว
ปล่อยให้ตกลงมาพร้อมกัน จะมีผลต่อลูกตุ้มลูกอื่น ๆ อย่างไร

- ก. 1 และ 2 ยกขึ้น
- ข. 3 และ 4 ยกขึ้น
- ค. 4 และ 5 ยกขึ้น
- ง. 5 และ 6 ยกขึ้น
- จ. 6 และ 7 ยกขึ้น

14. ลูกปืนใหญ่มีมวลเท่ากัน มีขนาดเท่ากัน จำนวน 4 ลูก ถ้ายิงปืนใหญ่ให้ลูกปืนทุกลูกมีความเร็วเท่ากัน ลูกปืนใหญ่ลูกไหนมีค่าโมเมนตัมสูงที่สุด
- ลูกที่ 1
 - ลูกที่ 2
 - ลูกที่ 3
 - ลูกที่ 4
 - มีค่าเท่ากันทั้ง 4 ลูก
15. รถหนัก 3,000 กิโลกรัม 2 คัน วิ่งมาด้วยความเร็ว 100 และ 60 กิโลเมตร/ชั่วโมงชนสิ่งกีดขวาง รถคันใดจะให้แรงกระแทกมากกว่ากัน
- เกิดแรงกระแทกเท่ากันทั้งสองคัน
 - รถวิ่งเร็วมีแรงกระแทกมากกว่า
 - รถวิ่งช้ามีแรงกระแทกมากกว่า
 - รถทั้งสองคันเสียหายเท่ากัน
 - แรงกระแทกขึ้นอยู่กับชนิดของรถ
16. อุบัติเหตุรถชนกันบนท้องถนนจะมีความรุนแรงมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับอะไรบ้าง
- น้ำหนักที่บรรทุกทั้งสองคัน
 - ความเร็วของรถทั้งสองคัน
 - น้ำหนักรถคันหนึ่งมากกว่าอีกคันหนึ่งน้อย
 - ความเร็วของรถคันหนึ่งมากกว่าอีกคันหนึ่งน้อย
 - น้ำหนักที่บรรทุกและความเร็วของรถทั้งสองคัน
17. "น้ำกำลังไหลออกจากท่อ" ปรากฏการณ์ดังกล่าว มีค่าโมเมนตัมหรือไม่เพราะเหตุใด
- ไม่มี เพราะน้ำเป็นของเหลว
 - ไม่มี เพราะน้ำไหลอยู่ตลอดเวลา
 - ไม่มี เพราะน้ำใช้วิธีไหลไม่ได้กลิ้งไป
 - มี เพราะน้ำมีมวลและความเร็ว
 - มี เพราะน้ำไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ

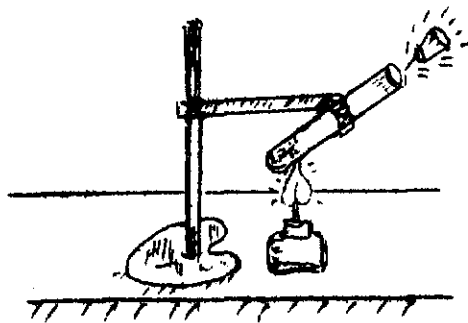
18. ข้อความต่อไปนี้ข้อใดใช้อธิบายเรื่องความเฉื่อยได้
- ก. สมบัติมาเฉื่อย ๆ
 - ข. เมื่อแรงหมดทำงานไม่ไหว
 - ค. รถบรรทุกอ้อยแล่นมาบนถนนช้า ๆ
 - ง. นั่งอยู่บนรถไฟเห็นเสาโทรเลขเคลื่อนที่ไปข้างหลัง
 - จ. เมื่อรถหยุดอย่างกะทันหัน ผู้โดยสารคนนำไปข้างหน้า
19. ขณะที่รถแล่นออกอย่างรวดเร็ว ทำให้ของที่บรรทุกเคลื่อนที่ไปข้างหลัง และเมื่อรถหยุดอย่างกะทันหัน ของที่บรรทุกจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า เพราะเหตุใด
- ก. รถมีโมเมนตัม
 - ข. รถมีความเฉื่อย
 - ค. คนขับรถมีความเฉื่อย
 - ง. ของที่บรรทุกมีความเฉื่อย
 - จ. เครื่องยนต์มีความเฉื่อย
20. รถบรรทุกของชนิดต่าง ๆ สามารถป้องกันอันตรายที่เกิดจากความเฉื่อยได้อย่างไร
- ก. ขับให้ช้าที่สุดเท่าที่สามารถทำได้
 - ข. หยุดรถอย่างรวดเร็วเมื่อเห็นสิ่งกีดขวาง
 - ค. สิ่งของที่บรรทุกต้องผูกติดกับตัวรถให้แน่น
 - ง. สอดกรงอย่างรวดเร็วเพื่อเอาชนะน้ำหนักที่บรรทุก
 - จ. เลี้ยวรถอย่างแรงเพื่อรักษาสภาพจุดศูนย์ถ่วงไม่ให้รถนอกกรด
21. ขณะนั่งรถโดยสารเวลาเลี้ยวโค้งทางด้านซ้าย ผู้โดยสารจะมีลักษณะอาการอย่างไร
- ก. ขยับตัวขึ้น
 - ข. หายใจหลัง
 - ค. เอนไปข้างหน้า
 - ง. เอียงไปทางซ้าย
 - จ. เอียงไปทางขวา

22. วิธีการโดยสารรถประจำทางข้อใดที่ลดความแออัดได้มากที่สุด
- นั่งเอนไปข้างหลัง
 - นั่งเอนไปข้างหน้า
 - นั่งเบาะหลังคนขับ
 - นั่งเบาะท้ายสุดคนขับ
 - นั่งเอามือจับพนักไว้เสมอ
23. วัตถุต่าง ๆ จะล้มเมื่อใด
- วัตถุนั้นมีฐานกว้าง
 - วัตถุไม่มีจุดศูนย์กลาง
 - วัตถุไม่มีฐานแคบและมีทรงสูง
 - ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางถ่วงเปลี่ยนไป
 - แนวตั้งจากจุดศูนย์กลางถ่วงอยู่นอกฐาน
24. ถ้าต้องการทดลองว่าลูกฟุตบอลที่สูบลม และที่ปล่อยลมแล้ว จะมีจุดศูนย์กลางถ่วงในตำแหน่งเดียวกันหรือไม่ เราต้องควบคุมสิ่งใด (ตัวแปร) ให้คงที่
- ปริมาตรของอากาศ
 - น้ำหนักของลูกฟุตบอล
 - ฟุตบอลต้องเป็นลูกเดียวกัน
 - ความจุอากาศของลูกฟุตบอล
 - ฟุตบอลต้องเป็นเบอร์เดียวกัน
25. รถคันหนึ่งแล่นด้วยความเร็วสม่ำเสมอ เมื่อเข้าใกล้สัญญาณไฟแดง ความเร็วของรถเป็นอย่างไร
- คงเดิมขณะที่แล่นอยู่ในระยะปฏิบัติการ
 - คงเดิมขณะที่แล่นอยู่ในระยะเบรค
 - ลดลง ทั้งขณะอยู่ในระยะปฏิบัติการและระยะเบรค
 - เพิ่มขึ้นทั้งขณะที่อยู่ในระยะปฏิบัติการและระยะเบรค
 - คงเดิม ทั้งขณะที่อยู่ในระยะปฏิบัติการและระยะเบรค

26. คำว่า "กลจักร" มีความหมายตรงกับข้อใด

- ก. เครื่องยนต์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนให้เป็นพลังงานกล
- ข. เครื่องยนต์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานความร้อนให้เป็นพลังงานเคมี
- ค. เครื่องยนต์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานความร้อน
- ง. เครื่องยนต์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานความร้อน
- จ. เครื่องยนต์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานกลให้เป็นพลังงานศักย์ได้

27. "สมชาย" ทำการทดลองต้มน้ำด้วยหลอดแก้วติดด้วยจุกกอร์ก พบว่า เวลาน้ำเดือด ทำให้จุกกอร์กกระเด็นออกมา นักเรียนจะสรุปผลการทดลองครั้งนี้ได้อย่างไร



- ก. ไอน้ำมีแรงดัน
 - ข. ความร้อนทำให้น้ำเดือด
 - ค. ความร้อนทำให้น้ำกลายเป็นไอ
 - ง. ความร้อนทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะ
 - จ. ความร้อนทำให้จุกกอร์กกระเด็นออกมา
28. ยานพาหนะใดที่ใช้กลจักรสันดาปภายนอก
- ก. รถไฟ
 - ข. รถจักรไอน้ำ
 - ค. รถแทรกเตอร์
 - ง. รถบรรทุกของ
 - จ. รถยนต์โดยสาร

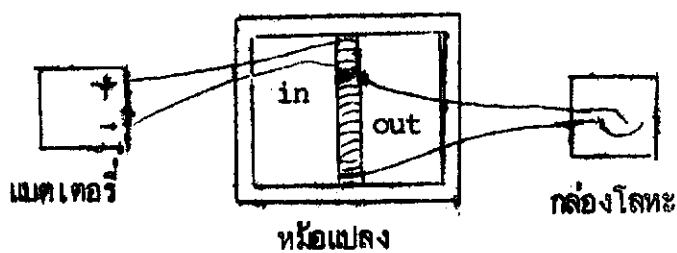
29. กลจักรกาชโซลินมีจังหวะการทำงานเป็นลำดับขั้นอย่างไร

- ก. จังหวะดูด จังหวะระเบิด จังหวะอัด จังหวะคาย
- ข. จังหวะดูด จังหวะอัด จังหวะระเบิด จังหวะคาย
- ค. จังหวะคาย จังหวะอัด จังหวะระเบิด จังหวะดูด
- ง. จังหวะคาย จังหวะดูด จังหวะระเบิด จังหวะอัด
- จ. จังหวะดูด จังหวะอัด จังหวะคาย จังหวะระเบิด

30. กลจักรดีเซล อาศัยหลักการใดในการจุดระเบิดไอน้ำมัน

- ก. ความร้อนจากไอน้ำ
- ข. ความร้อนจากหม้อแปลง
- ค. ประกายไฟจากหัวเทียน
- ง. กระแสไฟฟ้าที่มีศักย์สูงในคอยล์
- จ. ความร้อนจากการอัดอากาศในกระบอกสูบ

คำชี้แจง จากบททดลองเรื่อง "การจุดเชื้อเพลิงด้วยประกายไฟฟ้า" ดังภาพ



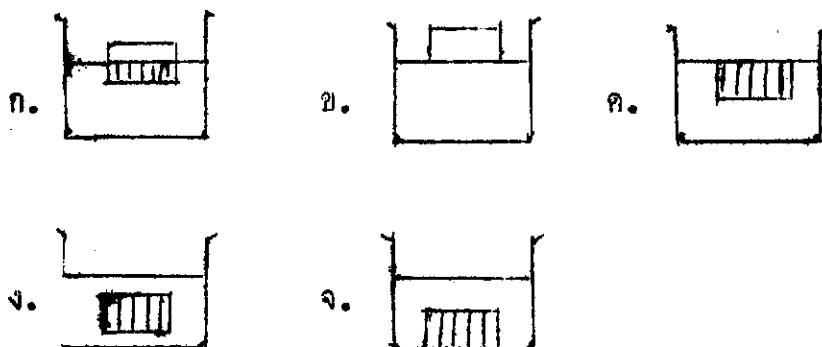
(ให้ใช้การทดลองนี้ตอบคำถามข้อ 31 - 33)

31. เมื่อเปรียบเทียบความต่างศักย์ที่กลองโลหะกับที่แบตเตอรี่จะมีลักษณะอย่างไร

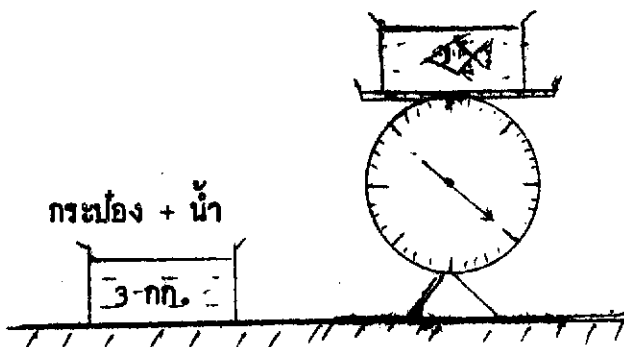
- ก. แบตเตอรี่มีความต่างศักย์สูงกว่า
- ข. กลองโลหะมีความต่างศักย์สูงกว่า
- ค. กลองโลหะมีความต่างศักย์ต่ำกว่า
- ง. กลองโลหะและแบตเตอรี่มีความต่างศักย์เท่ากัน
- จ. กลองโลหะและแบตเตอรี่ไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้

32. ถ้าการทดลองครั้งนี้ต้องวงจรครบถ้วน เมื่อเชื่อมต่อสายไฟฟ้าที่ขั้วแบตเตอรี่ ปรากฏว่าไม่มีประกายไฟที่กล่องโลหะ นักเรียนคิดว่าน่าจะเกิดจากสาเหตุใดมากที่สุด
- ชนิดของหม้อแปลงน่าจะผิดพลาดทำให้เกิดประกายไฟ
 - ขั้วแบตเตอรี่ที่ความน่าจะผิดพลาดทำให้เกิดประกายไฟ
 - ถ่านเก่าไม่มีกระแสไฟพอที่จะทำให้เกิดประกายไฟ
 - ขั้วแบตเตอรี่ไม่มีผลต่อการเกิดประกายไฟ
 - ชนิดของแบตเตอรี่มีผลต่อการเกิดประกายไฟ
33. หม้อแปลงที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นหม้อแปลงชนิดใด
- หม้อแปลงขึ้น เพราะเพิ่มความต่างศักย์ไฟฟ้า
 - หม้อแปลงลง เพราะเพิ่มความต่างศักย์ไฟฟ้า
 - หม้อแปลงขึ้น เพราะลดความต่างศักย์ไฟฟ้า
 - หม้อแปลงลง เพราะลดความต่างศักย์ไฟฟ้า
 - หม้อแปลงขึ้นหรือหม้อแปลงลงก็ได้ เพราะปรับค่าต่างศักย์ได้
34. ข้อใดอธิบายความหมายของ "แรงลอยตัว" ได้ชัดเจนที่สุด
- แรงดันของน้ำที่มีต่อวัตถุให้ลอยตัว
 - แรงดันของอากาศที่มีต่อวัตถุให้ลอยตัว
 - แรงดันที่ของเหลวกระทำต่อวัตถุให้ลอยตัว
 - แรงกดที่ของเหลวกระทำต่อวัตถุให้ลอยตัว
 - แรงที่พองให้วัตถุลอยอยู่ได้ทั้งในของเหลวและในอากาศ

คำชี้แจง จากการทดลองใช้ไม้ท่อนเดียวกัน ใส่ลงในของเหลวต่างชนิดกัน จะทำให้ไม้จม
 ดังรูป (จงตอบคำถามข้อ 35 - 37)



35. ของเหลวข้อใดมีความหนาแน่นมากที่สุด
- ของเหลว ก
 - ของเหลว ข
 - ของเหลว ค
 - ของเหลว ง
 - ของเหลว จ
36. สมมติฐานเพื่อการทดลองครั้งนี้ น่าจะเป็นข้อใด
- การจมของก้อนไม้ในของเหลวแตกต่างกัน
 - ของเหลวแต่ละชนิดมีความหนาแน่นแตกต่างกัน
 - ก้อนไม้ต่างชนิดกันจะจมในของเหลวแตกต่างกัน
 - ก้อนไม้มีความหนาแน่นเท่ากับของเหลวในภาชนะ
 - ความหนาแน่นของของเหลวขึ้นอยู่กับมวลและปริมาตร
37. ในการทดลองครั้งนี้สิ่งใด (ตัวแปร) ที่ต้องควบคุมให้คงที่
- ก้อนไม้
 - ภาชนะใส่ของเหลว
 - ปริมาตรของของเหลว
 - ความหนาแน่นของของเหลว
 - ถูกทั้ง ก ข และ ค
38. ถ้าต้องการชั่งปลาเป็นจำนวน 2 กิโลกรัม จากตลาด ผู้ขายได้วางกรงใส่ น้ำ ใ้บนจานชั่งแล้ว ซึ่งหนัก 3 กิโลกรัม แล้วจึงจับปลาใส่กรงน้ำจนเข็มตาชั่งขึ้นออก น้ำหนัก 5 กิโลกรัม นักเรียนคิดว่าน้ำหนักของปลาใช่ 2 กิโลกรัมหรือไม่ เพราะเหตุใด



- ก. ไม่ใช่ เพราะมีได้ซึ่งปลาด้วยตาซึ่งสมบูรณ์
- ข. ใช่ เพราะน้ำหนักของปลาก็คือแรงกดดันตาซึ่ง
- ค. ไม่ใช่ เพราะซึ่งปลาในน้ำจะมีน้ำหนักน้อยกว่าเมื่อซึ่งในอากาศ
- ง. ใช่ เพราะน้ำหนักที่เกินจากน้ำหนักกระป๋องน้ำไป 2 กิโลกรัม ก็คือน้ำหนักปลา 2 กิโลกรัม
- จ. ไม่มีข้อใดถูกเลย

คำชี้แจง จากการทดลองซึ่งน้ำหนักก้อนดินน้ำมัน ก้อนหิน ลูกเหล็ก ในอากาศและในน้ำ ผลการซึ่งน้ำหนักดังปรากฏในตารางต่อไปนี้ (ให้ตอบคำถามข้อ 39 - 40)

ชนิดของวัตถุ	น้ำหนักในอากาศ (กรัม)	น้ำหนักในน้ำ (กรัม)
ดินน้ำมัน	30	20
ก้อนหิน	50	45
ลูกเหล็ก	100	80

39. จากตารางนักเรียนจะสรุปผลการทดลองได้อย่างไร
- ก. ก้อนดินน้ำมันที่ซึ่งในน้ำเบากว่าเมื่อซึ่งในอากาศ
- ข. ก้อนหินที่ซึ่งในน้ำเบากว่าเมื่อซึ่งในอากาศมาก
- ค. ลูกเหล็กที่ซึ่งในน้ำเบากว่าเมื่อซึ่งในอากาศมาก
- ง. ลูกเหล็กเมื่อซึ่งในอากาศมีน้ำหนักมากที่สุดกว่าวัตถุอื่น
- จ. เมื่อซึ่งวัตถุในน้ำ น้ำหนักของวัตถุจะเบากว่าเมื่อซึ่งในอากาศ

40. การที่ซึ่งวัตถุในน้ำ ให้น้ำหนักเบากว่าซึ่งในอากาศเป็นเพราะเหตุใด
- น้ำมีแรงลอยตัวช่วยพยุง
 - น้ำมีแรงดันมากกว่าอากาศ
 - น้ำมีความหนาแน่นมากกว่าอากาศ
 - วัตถุมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำในขณะที่อยู่ในน้ำ
 - ในสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน น้ำหนักย่อมต่างกัน
41. ทำอย่างไรวัตถุที่จมน้ำจึงจะลอยน้ำได้
- ทำให้มวลลดลงและปริมาตรลดลง
 - ทำให้มวลมากขึ้นแต่ปริมาตรน้อยลง
 - ทำให้มวลคงเดิมแต่ปริมาตรน้อยลง
 - ทำให้มวลคงเดิมแต่ปริมาตรเพิ่มขึ้น
 - ทำให้มวลลดลงแต่ปริมาตรไม่แน่นอน
42. ตะกั่วก้อนหนึ่งซึ่งในอากาศได้ 1.5 กิโลกรัม แต่เมื่อเอาตะกั่วก้อนนี้ไปชั่งในน้ำหนักเพียง 1 กิโลกรัม อยากทราบว่าตะกั่วก้อนนี้มีปริมาตรเท่าไร
- 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
 - 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร
 - 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร
 - 800 ลูกบาศก์เซนติเมตร
 - 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
43. ข้อใดคือหลักการของ แคนเนล เบอร์นูลลี
- เมื่อของไหลมีความเร็วสูงขึ้นจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้น
 - เมื่อของไหลมีความเร็วสูงขึ้นจะมีความดันเพิ่มขึ้น
 - เมื่อของไหลมีความเร็วสูงขึ้นจะมีความดันลดลง
 - เมื่อของไหลมีความเร็วสูงขึ้นจะมีน้ำหนักน้อยลง
 - เมื่อของไหลมีความเร็วสูงขึ้นจะมีพลังงานจลน์น้อย

44. จากหลักการของเบอร์นูลลี นำไปสร้างปีกเครื่องบิน เพื่อให้เครื่องบินยกตัวขึ้นได้
อยากทราบว่าปีกเครื่องบินมีลักษณะอย่างไร

ก. โค้งด้านบนและด้านล่าง

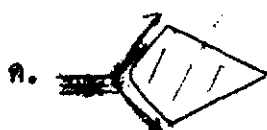
ข. โค้งด้านล่าง เรียบด้านบน

ค. โค้งด้านบน เรียบด้านล่าง

ง. โค้งด้านบน เว้าด้านล่าง

จ. โค้งด้านล่าง เว้าด้านบน

45. จากรูปข้อใดเป็นการยกตัวของเครื่องบิน



คำชี้แจง จากตารางแสดงผลการทดลอง การเพิ่มแรงแม่เหล็กโดยใช้เหล็กและอลูมิเนียม
เป็นแกน กับการพันด้วยลวดจำนวน 50 รอบ และ 100 รอบ สังเกตจากระยะ
ไกลสุดที่แม่เหล็กดูดเข็มหมุด (ตอบคำถามข้อ 46)

ชนิดของแกน	จำนวนรอบของขดลวด (รอบ)	ระยะใกล้สุดที่แม่เหล็กถูกเชื่อมติด (ซม.)
เหล็ก	50	2.5
เหล็ก	100	5.0
อลูมิเนียม	50	1.0
อลูมิเนียม	100	2.0

46. ข้อใดควรเป็นสมมติฐานของการทดลองครั้งนี้

- ก. การเพิ่มแรงแม่เหล็กน่าจะมีผลสัมพันธ์กับระยะทางของเข็มติด
- ข. การพันขดลวดน่าจะมีผลทำให้แรงแม่เหล็กเพิ่มขึ้นต่างกัน
- ค. ขนาดความยาวของแกนน่าจะมีผลต่อการเพิ่มแรงแม่เหล็กต่างกัน
- ง. แกนที่ไม่ใช่สารแม่เหล็ก น่าจะมีผลทำให้การเพิ่มแรงแม่เหล็กต่างกัน
- จ. ชนิดของแกนและจำนวนรอบของขดลวดน่าจะมีผลทำให้แรงแม่เหล็กเพิ่มขึ้นต่างกัน

47. สัญญาณโทรเลขที่เป็นขีด (-) และจุด (.) เกิดมาจากอะไร

- ก. คัดแปลงมาจากคำพูด
- ข. คัดแปลงมาจากคลื่นวิทยุ
- ค. คัดแปลงมาจากสัญญาณภาพ
- ง. คัดแปลงมาจากสัญญาณโทรศัพท์
- จ. คัดแปลงมาจากสัญญาณที่เป็นเสียง

คำชี้แจง เครื่องรับและส่งโทรเลขที่ต่อกรบวงจรแล้วประกอบด้วย (ตอบคำถามข้อ 48)

1. แปลสัญญาณโทรเลขเป็นข้อความ
2. ทำให้เกิดเสียงมีจังหวะเดียวกับที่คันเคาะ
3. กดคันเคาะของเครื่องวงจรปิด
4. การปิดเปิดวงจรทำให้เกิดเสียงเป็นสัญญาณโทรเลข
5. กระแสไฟฟ้าทำให้ขดลวดในเครื่องรับมีอำนาจแม่เหล็ก ดึงแผ่นเหล็กมากระทบแม่เหล็ก

48. ลำดับการทำงานของเครื่องส่งและเครื่องรับโทรเลขคือข้อใด

- ก. 1 - 2 - 3 - 4 - 5
- ข. 3 - 4 - 2 - 1 - 5
- ค. 4 - 3 - 2 - 1 - 5
- ง. 3 - 5 - 2 - 4 - 1
- จ. 3 - 5 - 4 - 1 - 2

49. คาร์บอนไมโครโฟนต่างกับไทมามิคไมโครโฟนอย่างไร ในเรื่องการใช้งาน

- ก. คาร์บอนไมโครโฟนต้องใช้แบตเตอรี่ประกอบวงจร
- ข. ไทมามิคไมโครโฟนไม่จำเป็นต้องใช้แบตเตอรี่ประกอบวงจร
- ค. คาร์บอนไมโครโฟนไม่สามารถเปลี่ยนเสียงเป็นพลังงานไฟฟ้าได้
- ง. ไทมามิคไมโครโฟน สามารถเปลี่ยนเสียงเป็นไฟฟ้าได้
- จ. ถูกทั้ง ก, ข, ค, และ ง

50. ผลที่เกิดจากการพัฒนาด้านขนส่ง และการสื่อสาร ควรคำนึงถึงข้อใดมากที่สุด

- ก. ทำให้เกิดอุบัติเหตุ
- ข. ทำให้อากาศเป็นพิษ
- ค. ทำให้ป่าไม้ถูกทำลาย
- ง. ทำให้สิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรม
- จ. ทำให้ได้รับผลประโยชน์มากกว่าผลเสีย

%%%%%%%%%

ผลการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ
ที่มีต่อการคิดอย่างมีเหตุผล และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

บทคัดย่อ
ของ
วินัย เทียมเมือง

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
พุทธทศ 2529

การศึกษาครั้งนี้มีความมุ่งหมายที่จะศึกษาผลการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นอนุบาลการ ที่มีต่อการคิดอย่างมีเหตุผลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2528 โรงเรียนคุรุราษฎร์รังสฤษดิ์ อำเภोजอมบึง จังหวัดราชบุรี จำนวน 60 คน ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นอนุบาลการ และได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. มีการพัฒนาการคิดอย่างมีเหตุผลสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นอนุบาลการ มีการคิดอย่างมีเหตุผลสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2.1 นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ มีการคิดอย่างมีเหตุผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2.2 วิธีสอนกับระดับความสามารถทางการเรียนไม่มีปฏิสัมพันธ์กันต่อการคิดอย่างมีเหตุผล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นอนุบาลการมีการคิดอย่างมีเหตุผลสูงสุด

3. นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นอนุบาลการ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามแนวคู่มือครูของ สสวท. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3.1 นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง และต่ำ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3.2 วิธีสอนกับระดับความสามารถทางการเรียนไม่มีปฏิสัมพันธ์กันต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

THE EFFECT OF INQUIRY METHOD WITH AND EMPHASIS ON INTEGRATED
SCIENCE PROCESS SKILLS TOWARDS MATHAYOM SUKSA 3
STUDENTS' LOGICAL REASONING AND ACHIEVEMENT
IN SCIENCE STUDIES

AN ABSTRACT

BY

VINAI THIAMMUANG

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree
at Srinakharinwirot University
February 1986

The purpose of this research was to study the effect of inquiry method with an emphasis on integrated science process skills towards logical reasoning and achievement in science studies. The subjects were 60 Mathayom Suksa 3 students studying in the second semester of the 1985 academic year at Kururaturngsarit High School, Amphoe Chombung, Ratchaburi province.

The findings were as follows :

1. The students taught by the inquiry method and the teachers' manual of the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST) showed their development in logical reasoning significantly at level .01;

2. The students taught by the inquiry method had significantly higher logical reasoning than the students taught by the teachers' manual of IPST at level .01;

- 2.1 The groups of the students with high, medium, and low grade average had different logical reasoning significantly at level .01;

- 2.2 The interaction between the methods of teaching and the students' competency effected the logical reasoning significantly at level .05. The students with the highest competency and were taught by the inquiry method showed the most logical reasoning;

3. The students taught by the inquiry method had higher academic achievement than the students taught by the teachers' manual of IPST.

3.1 The groups of the students with high medium and low competency had significantly academic achievement differences at the level .01;

3.2 There were no interactions between the methods of teaching and the students' competency towards the academic achievement in science studies,