

การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง “พลังงานความร้อน”
สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม

ปริญญานิพนธ์
ของ
อัมพร กรุดวงษ์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

เมษายน 2548

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

๖๖๖.๐๖๖

๖๖๖.๐๖๖

๖๖๖

การพัฒนาศักยภาพการศึกษาศาสตร์ เรื่อง "พลังงานความร้อน"
สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม

บทคัดย่อ

ของ

อัมพร กรุดวงษ์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ศึกษา

เมษายน 2548

อัมพร กรุดวงษ์. (2548). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง “พลังงานความร้อน” สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม.ปริญญาโท กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : รองศาสตราจารย์ ดร. ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์, อาจารย์ ดร. สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย 2 ประการคือ 1) เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง “พลังงานความร้อน”

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการ 3 ขั้นตอน คือ 1) การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2) การหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยใช้เกณฑ์ 75/75 และ 3) การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนกับกลุ่มตัวอย่าง

การวิเคราะห์ข้อมูล ดำเนินการดังนี้ 1) การหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยการเปรียบเทียบคะแนนจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และคะแนนผลการเรียนรู้ทั่วไปหลังเรียนคิดเป็นค่าร้อยละ 2) วิเคราะห์คะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้สถิติ dependent t – test 3) วิเคราะห์คะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้หลังเรียน ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียนโดยใช้สถิติ one group t – test ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ 78.25/79.50 2) นักเรียนมีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าระดับดี 3) ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีพัฒนาการสูงขึ้นตามลำดับ และสูงกว่าระดับดี 4) เจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีพัฒนาการสูงขึ้นตามลำดับและสูงกว่าระดับดี

DEVELOPMENT OF SCIENCE LABORATORY DIRECTIONS ON " THERMAL ENERGY "

FOR THE FORTH KEY – STAGE STUDENTS, NAKHONPATHOM PROVINCE

AN ABSTRACT

BY

AMPORN KRUTWONG

Present in partial fulfillment of requirements for the

Master of Education degree in Science Education

At Srinakharinwirot University

April 2005

Amporn Krutwong. (2005). *Development of Science Laboratory Directions on "Thermal Energy" For the Forth Key – Stage Students, Nakhonpathom Province*. Master Thesis, M.Ed. (Science Education). Bangkok : Graduate School, Srinakarinwirot University. Advisor committee : Assoc.Prof.Dr. Natthapong Charoenpit, Dr. Sompratana Wongboonnuk.

This study was conducted under two objectives: 1) to develop school science laboratory directions on "Thermal Energy" for the forth key – stage to meet the 75/75 criteria ; (2) to study students' knowledge, practical skills, and attitude towards the directions on Thermal Energy.

The study was accomplished through three consecutive stages ; 1) developing the laboratory directions, 2) defining their educational efficiency against the 75/75 criteria and 3) instructionally experimenting with sample students.

Statistical analysis applied for each stage were : 1) computing percentage of the E_1/E_2 ratio to specify educational efficiency of the directions , 2) comparing students' pretest and posttest average scores on knowledge learning outcome using the dependent t - test and 3) comparing students' posttest average scores on practical skills and attitude towards the directions using the one group t – test.

Findings of the study were : 1) the developed laboratory directions attained the educational efficiency as 78.25/79.50 which was higher than the 75/75 criteria as specified, 2) students' posttest average was higher than it pretest and was better than the "good" level, 3) students' practical skills were gradually developed along the four consecutive laboratories, and were better than the "good" level, 4) student' attitude towards the laboratory directions was also gradually developed along the four consecutive laboratories , and was better than the "good" level.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การพัฒนานาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง “พลังงานความร้อน”
สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม

ของ
นางสาวอัมพร กรุดวงษ์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

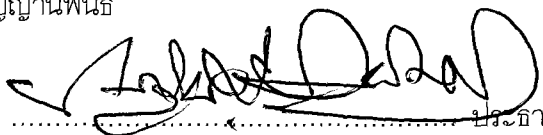
1/๓๖

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญศิริ จีระเดชากุล)

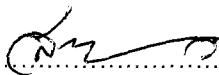
วันที่ ๒๗ เดือน เมษายน ๒๕๔๘

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์



ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์)



กรรมการ

(อาจารย์ ดร.สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก)



กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน)



กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปรีดา เพชรมีศรี)

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย
จาก
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ เนื่องจากได้รับความกรุณาเป็นอย่างดีจาก รองศาสตราจารย์ ดร. ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา และอาจารย์ ดร. สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก กรรมการที่ปรึกษา ที่ได้ใช้เวลาอันมีค่า กรุณาให้คำปรึกษาและ แนะนำแนวทางในการทำวิจัยตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ มาโดยตลอด ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้ง และขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาไว้เป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน ที่กรุณาให้คำแนะนำและ ตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย รวมทั้งให้คำแนะนำเพิ่มเติมในการสอบปากเปล่าเกี่ยวกับ ปริญญานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ปรีดา เพชรมีศรี ที่กรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมในการ สอบปากเปล่าเกี่ยวกับปริญญานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สมสร วังษ์อยู่น้อย , ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วินัย วงศ์วิสิทธิ์ , ผู้ช่วยศาสตราจารย์นันทน์ ผักเจริญผล และผู้ช่วยศาสตราจารย์วิระพงษ์ ฉายอรุณ ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม คณะครู อาจารย์ทุกท่านที่ได้อำนวยความสะดวก ให้ความอนุเคราะห์ในการพัฒนาเครื่องมือ เป็นกำลังใจ สนับสนุนและช่วยเหลือในการดำเนินการเก็บข้อมูลให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบใจนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ทุกคน ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลงานวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา สมาชิกในครอบครัวทุกท่าน ตลอดจนพี่ ๆ น้อง ๆ นิสิตปริญญาโทวิทยาศาสตร์ศึกษา ที่ให้คำแนะนำ ให้การสนับสนุน ช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจ แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

คุณค่าและประโยชน์ใด ๆ อันเกิดจากของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็น เครื่องบูชาพระคุณของแผ่นดิน คุณบิดามารดา คุณครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

อัมพร กรุดวงษ์

สารบัญ

บทที่	หน้า
1	1
บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	5
ความสำคัญของการวิจัย.....	5
ขอบเขตของการวิจัย.....	5
ตอนที่ 1 การพัฒนาทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	5
ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	7
ตอนที่ 3 การนำทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน.....	7
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	8
สมมติฐานการวิจัย.....	11
กรอบแนวคิดการวิจัย.....	12
2	13
เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	13
เอกสารเกี่ยวกับพลังงานความร้อน	14
ความหมายของพลังงานความร้อน	14
การถ่ายเทพลังงานความร้อน	19
ผลของความร้อนที่มีต่อสาร.....	25
ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ.....	25
ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะ	29
ความร้อนกับการขยายตัว	35
กฎของอุณหพลศาสตร์.....	40
สาระสำคัญของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544.....	44
สาระสำคัญพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติพุทธศักราช 2542.....	44
หมวด 4 แนวการจัดการศึกษา.....	45
เอกสารเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.....	48
สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	49
สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม	50

สารบัญ (ต่อ)

บทที่

หน้า

2 (ต่อ)

เอกสารเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	51
ความหมายของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	51
จุดมุ่งหมายในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์.....	52
ความสำคัญของการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	52
รูปแบบการจัดกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	53
หน้าที่และบทบาทของครูในการสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	54
ประโยชน์ของการสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	55
เอกสารเกี่ยวกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้.....	56
ความหมายของผลการเรียนรู้ด้านความรู้	56
การวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้	57
การวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการทำแผนที่ความคิด	60
เอกสารเกี่ยวกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการ	
ทางวิทยาศาสตร์	65
ความหมายทักษะปฏิบัติการ.....	65
โครงสร้างของพฤติกรรมกรรมการทำการทดลอง.....	66
เครื่องมือวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการ.....	68
เอกสารเกี่ยวกับเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	69
ความหมายของเจตคติ	69
องค์ประกอบของเจตคติ	70
เจตคติต่อวิทยาศาสตร์.....	70
การวัดผลการเรียนด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์.....	71
เครื่องมือวัดผลการเรียนด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์	
ที่เป็นแบบฉบับทั่วไป	72
เครื่องมือวัดผลการเรียนด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ที่เสนอเพิ่มเติม...	73
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	74
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	74
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้.....	77

สารบัญ (ต่อ)

บทที่

หน้า

(2) ต่อ

	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการ	
	ทางวิทยาศาสตร์.....	80
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	82
3	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า.....	85
	ตอนที่ 1 การพัฒนามาตรปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	85
	ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	91
	ตอนที่ 3 การนำมาปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน.....	92
	ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย.....	92
	ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา	92
	เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย.....	93
	เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียน.....	94
	แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้.....	95
	แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการ	
	ทางวิทยาศาสตร์.....	98
	แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	101
	การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	102
	การวิเคราะห์ข้อมูล.....	103
	สถิติที่ใช้ในการวิจัย	105
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	110
	ตอนที่ 1 การพัฒนามาตรปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	110
	ผลการทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้	
	ในทางปฏิบัติ.....	110
	การประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	114
	ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	115
	ตอนที่ 3 การนำมาปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน.....	117
	ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านความรู้.....	117

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
(4) ต่อ	ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์.....	122
	เจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	124
5	สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	126
	ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	126
	สมมติฐานการวิจัย.....	126
	วิธีดำเนินการวิจัย.....	127
	การวิเคราะห์ข้อมูล.....	129
	สรุปผลการวิจัย.....	130
	อภิปรายผล.....	134
	ข้อเสนอแนะ.....	145
	บรรณานุกรม.....	147
	ภาคผนวก.....	155
	ภาคผนวก ก.....	156
	รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย.....	157
	ตัวอย่างสำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์เพื่อการวิจัย.....	158
	ภาคผนวก ข.....	162
	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสาร.....	163
	คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	214
	ภาคผนวก ค.....	243
	ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของ	
	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	244
	ตารางสรุปการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของ	
	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	248
	ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของ	
	แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ทั่วไป (ปรนัย).....	249

สารบัญ (ต่อ)

บทที่

ภาคผนวก (ต่อ)	หน้า
ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความ (อัตร้อย).....	253
ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุป (แผนที่ความคิด)...	254
ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์...	255
ตารางสรุปการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	257
ภาคผนวก ง.....	259
ตารางแสดงค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ทั่วไป (ปรนัย) ...	260
ตารางแสดงค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความ (อัตร้อย)	264
ตารางแสดงผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน.....	267
ตารางแสดงผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2 โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน.....	269
ตารางแสดงผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3 โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน.....	271
ตารางแสดงผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4 โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน.....	273
ตารางสรุปผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน.....	275
ตารางแสดงค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์	276
ตารางแสดงค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	278

สารบัญ (ต่อ)

บทที่

ภาคผนวก (ต่อ)	หน้า
ภาคผนวก จ.....	280
แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ทั่วไป	281
แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความ	291
แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุป	295
แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการ	
ทางวิทยาศาสตร์.....	297
แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	306
ภาคผนวก ฉ.....	309
ตารางแสดงคะแนนการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	
ระหว่างเรียนของนักเรียนกลุ่ม 9 คน.....	310
ตารางแสดงคะแนนผลการทดสอบ (ปรนัย) หลังเรียนของนักเรียน	
กลุ่ม 9 คน	311
ตารางแสดงคะแนนการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	
ระหว่างเรียนของนักเรียนกลุ่ม 15 คน.....	312
ตารางแสดงคะแนนผลการทดสอบ (ปรนัย) หลังเรียนของนักเรียน	
กลุ่ม 15 คน	313
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ทั่วไปแต่ละด้าน (ปรนัย)ก่อนเรียน	
และหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง.....	314
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ทั่วไป (ปรนัย)ก่อนเรียนและ	
หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง.....	315
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความจากพฤติกรรม	
ที่วัด (อัตนัย)ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง...	316
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความ (อัตนัย)	
ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง.....	317
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุป (แผนที่ความคิด)	
หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง.....	318
ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการ	
ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง.....	319

สารบัญ (ต่อ)

บทที่

ภาคผนวก (ต่อ)	หน้า
ตารางแสดงคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการ	
ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง.....	321
ตารางแสดงคะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	
ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง.....	322
ตารางแสดงคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	
ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง.....	323
ภาคผนวก ข	324
ประมวลภาพประกอบการวิจัย.....	325
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	329

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงค่าสภาพนำความร้อนของสารบางชนิด (ที่ 18 °c).....	21
2	แสดงความจุความร้อนจำเพาะของสารบางชนิดที่อุณหภูมิห้อง	27
3	แสดงจุดเดือดของน้ำ ณ ความดันต่างๆ	32
4	แสดงค่าความร้อนแฝงของสารบางชนิด	33
5	แสดงสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามเส้นและสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตร ของสารบางชนิด	36
6	แสดงข้อเสนอนะและการแก้ไขปรับปรุงจากการทดลองกับนักเรียนกลุ่มย่อย จำนวน 3 คน.....	91
7	แสดงการใช้ระยะเวลาในการเรียนการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	93
8	แสดงการจำแนกข้อสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของพฤติกรรม 4 ด้าน.....	95
9	แสดงผลปฏิบัติการทดลองที่ 1	111
10	แสดงผลปฏิบัติการทดลองที่ 2.....	112
11	แสดงผลปฏิบัติการทดลองที่ 3.....	113
12	แสดงผลปฏิบัติการทดลองที่ 4.....	114
13	แสดงค่าเฉลี่ยผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ..	115
14	แสดงคำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ระหว่างเรียน.....	116
15	แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนกับผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียน.....	116
16	แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ทั่วไป (ปรนัย) ก่อนเรียนและหลังเรียน.....	118
17	แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ทั่วไป(ปรนัย)หลังเรียน	119
18	แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความ (อัตนัย) ก่อนเรียนและหลังเรียน.....	120
19	แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความ(อัตนัย) หลังเรียน	121
20	แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุป (แผนที่ความคิด) หลังเรียน	121

บัญชีตาราง(ต่อ)

ตาราง		หน้า
21	แสดงคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์.....	123
22	แสดงคะแนนเฉลี่ยเจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	125
23	แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์...	244
24	แสดงสรุปการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	248
25	แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ทั่วไป (ปรนัย).....	249
26	แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความ (อัตนัย).....	253
27	แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุป (แผนที่ความคิด).....	254
28	แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์.....	255
29	สรุปการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์.....	257
30	แสดงค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ทั่วไป (ปรนัย)	260
31	แสดงค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความ (อัตนัย)	264
32	แสดงผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 โดยผู้เชี่ยวชาญ	267
33	แสดงผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2 โดยผู้เชี่ยวชาญ	269
34	แสดงผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3 โดยผู้เชี่ยวชาญ	271

บัญชีตาราง(ต่อ)

ตาราง	หน้า
35 แสดงผลการประเมินคุณภาพบพปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4 โดยผู้เชี่ยวชาญ	273
36 แสดงผลสรุปการประเมินคุณภาพบพปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน.....	275
37 ตารางแสดงค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินทักษะปฏิบัติการ ทางวิทยาศาสตร์	276
38 ตารางแสดงค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อ บพปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	277
39 แสดงคะแนนการตอบคำถามท้ายบพปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ระหว่างเรียนของนักเรียนกลุ่ม 9 คน.....	310
40 แสดงคะแนนผลการทดสอบ (ปรนัย) หลังเรียนของนักเรียนกลุ่ม 9 คน	311
41 แสดงคะแนนการตอบคำถามท้ายบพปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ระหว่างเรียนของนักเรียนกลุ่ม 15 คน.....	312
42 แสดงคะแนนผลการทดสอบ (ปรนัย) หลังเรียนของนักเรียน กลุ่ม 15 คน	313
43 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ทั่วไปแต่ละด้าน (ปรนัย)ก่อนเรียน และหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง.....	314
44 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ทั่วไป (ปรนัย)ก่อนเรียนและ หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง.....	315
45 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความจากพฤติกรรมที่วัดก่อนเรียน และหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (แบบทดสอบอัตนัย)	316
46 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความ (อัตนัย) ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง.....	317
47 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุป (ปรนัย) ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง.....	318
48 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทาง วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง.....	319

บัญชีตาราง(ต่อ)

ตาราง	หน้า
49 แสดงคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทาง วิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง.....	321
50 แสดงคะแนนเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง.....	322
51 แสดงคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง.....	323

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แสดงการทดลองการเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานความร้อนของจูล	15
2 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะของเทอร์มิเตอร์ชนิดต่าง ๆ	18
3 แสดงกราฟการเปลี่ยนสถานะเมื่อมีการรับหรือคายความร้อน	34
4 แสดงการขยายตัวของของเหลว	37
5 แสดงการแปรผันของปริมาตรและความหนาแน่นกับอุณหภูมิของน้ำ ที่ความดันบรรยากาศ	38
6 แสดงแบบจำลองเทอร์มิเตอร์ของกาลิเลโอ	39
7 แสดงสาระทุกหมวดในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติมุ่งสู่ แนวการจัดการศึกษา "ที่ผู้เรียนสำคัญที่สุด"	44
8 แสดงการสร้างแผนที่ความคิดอย่างง่าย	61
9 แสดงส่วนประกอบของแคลอรีมิเตอร์อย่างง่าย	86

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ภาวะปัจจุบันการแข่งขันในโลกเป็นไปอย่างเข้มข้นและรุนแรง ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นปัจจัยหนึ่งที่เป็นเครื่องตัดสินความได้เปรียบในการแข่งขัน และความสามารถที่จะดำรงอยู่ได้ของประเทศอย่างมีเสถียรภาพ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2544 : คำนำ) นอกจากนี้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยียังเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมให้เจริญก้าวหน้า รวมทั้งสร้างเสริมขีดความสามารถของประเทศในการแข่งขันระดับนานาชาติ ประเทศไทยได้เล็งเห็นความสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เนื่องจากความก้าวหน้าของเทคโนโลยีได้เข้ามาเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของบุคคลมากขึ้น และเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยยกระดับมาตรฐานความเป็นอยู่ของประชาชนให้สูงขึ้น การจะส่งเสริมพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต้องอาศัยการวางรากฐานทางการศึกษาที่มีคุณภาพ เพื่อให้คนไทยทุกคนมีความรู้ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อเป็นรากฐานในการดำเนินชีวิตได้อย่างรู้เท่าทัน นำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนและเป็นที่มาของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 โดยเฉพาะหมวด 4 ระบุว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด ต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ(สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2543 : คำนำ) ด้านของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้นต้องให้เกิดทั้งด้านความรู้ ทักษะทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2545 :1) การจัดการกระบวนการเรียนรู้ต้องจัดเนื้อหาสาระกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัด โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล สถานศึกษาต้องพัฒนากระบวนการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ ให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติ ให้คิดเป็น ทำเป็น ช่วยกันบำรุงรักษาทรัพยากรธรรมชาติ ภูมิปัญญาไทยและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการประกอบอาชีพ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2543 : 9 -10) การจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นกระบวนการที่นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติด้วยตนเอง รู้จักคิดวิเคราะห์ วิพากษ์วิจารณ์ ใช้เหตุและผลเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถนำความรู้ไปปฏิบัติในชีวิตประจำวัน มีความสามารถในการแก้ปัญหาได้และสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างมีความสุข โดยครูต้องมีบทบาทหน้าที่สำคัญในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมมากที่สุด (พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. 2545 : 35 - 36)

จากหลักสูตรแบบอิงมาตรฐานที่เกิดขึ้นตามเงื่อนไขของการปฏิรูปการศึกษา ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ซึ่งให้ความสำคัญกับ “ผลการเรียนรู้” ที่เป็น แก่นสารอันพึงจะเกิดขึ้นในฝ่ายผู้เรียนตามหลักการ “ผู้เรียนเป็นสำคัญ” โดยเน้นให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ในลักษณะเชื่อมโยงต่อเนื่องกันระหว่างประเด็นสาระต่างๆ และต่อยอดให้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น ภายในประเด็นสาระเดียวกันตามหลักการของหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนแบบเกลียวสว่าน (Spiral approach) ดังคำอธิบายมาตรฐานการเรียนรู้ ที่ว่า “ มาตรฐานการเรียนรู้เป็นข้อกำหนดคุณภาพของผู้เรียน ด้านความรู้ ความคิด ทักษะ กระบวนการเรียนรู้ คุณธรรมและค่านิยม ซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายในการพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ”หลักสูตรแบบอิงมาตรฐานจึงเริ่มต้นด้วยการกำหนดมาตรฐานซึ่งมีลักษณะองค์รวมระหว่างคุณภาพ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความจริง (ความรู้) ด้านความงาม (ความสามารถ) และด้านความดี (การแสดงออก) ภายใต้หลักสูตรแบบอิงมาตรฐานการจัดการเรียนการสอนต้องขับเคลื่อนหรือมุ่งสู่สภาพจริงให้มากที่สุด จากสภาพดังกล่าวผู้เรียนจะได้เรียนรู้ตามสภาพจริงหรือใกล้เคียงสภาพจริงให้มากที่สุด อันเป็นผลให้ได้แสดงความสามารถออกมา การเรียนการสอน และการประเมินผลการเรียนรู้จะเกิดควบคู่เป็นเงาตามตัวกันไป มิใช่เกิดก่อนและหลัง การประเมินผลจะต้องเป็นการประเมินที่สะท้อนความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน จึงต้องประเมินในสถานการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ประเมินอย่างต่อเนื่องให้มีความครอบคลุมผลการเรียนรู้หลายด้าน และใช้วิธีการต่างๆ อย่างหลากหลาย นั่นคือหากการเรียนการสอนอิงสภาพจริงก็ย่อมสามารถทำการประเมินตามสภาพจริงได้เช่นกัน (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2546 : 6 - 12) การจัดการเรียนการสอนแบบอิงมาตรฐานนี้สนองตอบกับกระแสการเปลี่ยนแปลงในทุกด้าน อีกทั้งเป็นการเตรียมบุคคลและพัฒนาคนตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 9 (2545 - 2549) เน้นการพัฒนาที่ยั่งยืนและความอยู่ดีมีสุขของคนไทย ในส่วนนโยบายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีวิสัยทัศน์ คือ การพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อความยั่งยืนทางเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม โดยใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการพัฒนาประเทศทุกๆ ด้าน งานปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จึงเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นในการสอนวิทยาศาสตร์ การทำงานวิทยาศาสตร์มีจุดมุ่งเน้นเฉพาะที่แตกต่างกัน เช่น การทำเพื่อตรวจสอบความถูกต้องเป็นจริงของมโนมติหรือหลักการที่ได้เรียน และการทำเพื่อมุ่งส่งเสริมให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสอนวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาได้ให้ความสำคัญกับการทดลองเป็นอย่างมากเพราะ จุดมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับนั้นนอกจากมุ่งสอนความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต ซึ่งวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะเข้าไปมีบทบาทต่อการดำรงชีวิตในสังคมมากขึ้นแล้ว ยังมุ่งฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มุ่งสร้างนิสัยในการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาต่างๆ และมุ่งสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ด้วย (ภพ เลหาไพบูลย์. 2542 : 268 - 281) สอดคล้องกับ

เป้าหมายการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ที่ต้องการพัฒนาพลเมืองให้เป็นผู้มีความรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งต้องเป็นผู้มีสติปัญญาดี มีคุณค่า มีเจตคติ และมีทักษะในการแสวงหาความรู้ เพื่อให้เป็นคนมีเหตุผล ดังนั้นจึงมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้เป็นผู้ค้นพบด้วยตนเองมากที่สุดนั่นคือให้ได้ทั้งกระบวนการและองค์ความรู้ ตั้งแต่เริ่มแรกก่อนเข้าเรียน เมื่ออยู่ในสถานศึกษา และเมื่อออกจากสถานศึกษาไปประกอบอาชีพแล้ว รวมทั้งวิสัยทัศน์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามที่มาตรฐานหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานกำหนดไว้ในสาระหลักของวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ที่นักเรียนทุกคนต้องเรียน และสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมในแต่ละช่วงชั้น ประกอบด้วยส่วนที่เป็นด้านความรู้ เนื้อหา แนวความคิดหลักและจิตวิทยาศาสตร์

ปัจจุบันกระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในทุกระดับการศึกษายังคงยึดตามหลักสูตรแบบอิงจุดประสงค์ที่ให้ความสำคัญกับการกระจายความสามารถของผู้เรียน เป็นพฤติกรรมย่อยที่สามารถสังเกตหรือวัดได้ และเป็นปัจจัยส่งเสริมการทดสอบโดยใช้ข้อสอบแบบปรนัย (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2546 : 5) กล่าวคือ การจัดการเรียนการสอนที่เป็นไปในลักษณะมุ่งเน้นผลสุดท้าย การอภิปรายและการสาธิตเป็นหลัก เพื่อให้นักเรียนอ่าน จด และท่องจำ นำไปใช้แก้โจทย์แบบฝึกหัด วิธีการคิดลัดและเทคนิคต่างๆเพื่อนำไปใช้ แก้ปัญหาโจทย์ ไม่มีการฝึกปฏิบัติ ไม่มีการสอนให้เกิดความรู้ความเข้าใจตลอดจนความคิดรวบยอด โดยมีเหตุผลว่า การเรียนการสอนสามารถวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนด้วยการออกข้อสอบได้อย่างชัดเจนและแม่นยำ การจัดการเรียนการสอนวิธีนี้เป็นวิธีการสอนแบบเน้นเนื้อหา ทำให้ดูเหมือนว่านักเรียนได้รับความรู้ไปมาก แต่เมื่อพิจารณาถึงความสามารถของนักเรียนในการใช้งานความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ที่เรียนไป พบว่านักเรียนไม่สามารถสังเคราะห์ บูรณาการความรู้ต่างๆในการทำ ความเข้าใจธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมรอบตัว (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2544 : 34 - 35) แท้จริงแล้วแม้ว่าการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมีความเข้าใจกฎเกณฑ์ต่างๆรวมทั้งในการแก้ปัญหาที่ยุ่ยากผู้เรียนต้องใช้ความรู้หลายด้านมาประกอบการพิจารณาจึงจำเป็นต้องมีเทคนิคเพื่อช่วยในการจำซึ่งเป็นสิ่งดี แต่เป็นเพียงส่วนประกอบภายนอกเพราะเมื่อการสอนมุ่งเน้นแต่เนื้อหาวิชาและเทคนิคการคิดโจทย์มากเกินไป อาจส่งผลให้ผู้เรียนขาดโอกาสที่จะเพิ่มความสามารถในการแก้ปัญหา และทำความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง อีกทั้งยังขาดทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในการแก้ปัญหา ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนที่ดีจึงควรมุ่งเน้นให้นักเรียนมีโอกาสดำเนินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เพราะการฝึกทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์มีผลต่อการรับรู้ทเรียนได้ดี และสามารถนำความรู้มาปฏิสัมพันธ์กับโลกภายนอกได้ (สมนึก บุญพาไสว. 2535 : 19 - 21)

วิธีการที่จะช่วยแก้ปัญหาข้างต้นได้แนวทางหนึ่ง อันเนื่องมาจากนักเรียนขาดความรู้ความเข้าใจหลักการพื้นฐานตลอดจนความคิดรวบยอดและทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ คือ การจัดการเรียน

การสอนที่มีการทดลอง ซึ่งอาจจะต้องมีการจัดทำอุปกรณ์ขึ้นมาทดแทนหรือเพิ่มเติมในบางการทดลอง เพื่อจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ง่าย รวดเร็ว มีนิสัยรักในการศึกษาค้นคว้าตลอดเวลา ทำให้บทเรียนเป็นที่น่าสนใจ เกี่ยวกับเรื่องนี้ ภพ เลหาไพบูลย์ (2542 : 167 - 168) กล่าวถึงความสำคัญของการสอนแบบทดลองว่า การทดลอง (Experiment) และการปฏิบัติการในห้องทดลอง (Laboratory work) เป็นส่วนสำคัญของการสอนวิทยาศาสตร์ ที่เน้นการพัฒนาวิธีการทดลองและรูปแบบของการปฏิบัติการ เพื่อที่จะได้ให้นักเรียนได้เข้าใจเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ที่เป็นข้อเท็จจริง กฎ หลักการหรือทฤษฎีได้ถูกต้อง เป็นการทดลองเพื่อทดสอบหรือยืนยันสิ่งที่ทราบคำตอบแล้ว เป็นการปฏิบัติการเพื่อเสาะแสวงหาความรู้ใหม่ และเป็นการเน้นการหาแนวทางให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง หรือคิดค้นหาคำตอบได้ด้วยตนเอง โดยใช้การทดลองเป็นศูนย์กลางในการเรียนการสอน นักเรียนจะเป็นผู้ลงมือกระทำการทดลองด้วยตนเอง เป็นผู้วางแผนการทดลอง การเตรียมเครื่องมืออุปกรณ์ ดำเนินการทดลอง การสังเกต บันทึกผลการทดลอง วิเคราะห์ผล ประมวลและสรุปผลเป็นการช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบคำตอบด้วยตนเอง

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ช่วงชั้นที่ 4 สาระที่ 5 : พลังงาน เรื่องความร้อนและอุณหพลศาสตร์ เนื้อหาดังกล่าวปัจจุบันใช้วิธีการสอนที่เน้นการอภิปราย การสาธิต คำนวณ การท่องจำทางทฤษฎีและการแก้โจทย์ปัญหาแบบฝึกหัด ส่งผลให้นักเรียนขาดความรู้ความเข้าใจหลักการพื้นฐานตลอดจนความคิดรวบยอด ขาดโอกาสที่จะเพิ่มความสามารถในการแก้ปัญหา ขาดทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ และไม่สามารถทำความเข้าใจในแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง พัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ประกอบด้วยเนื้อหา 3 เรื่องจำนวน 4 บทปฏิบัติการ ได้แก่ เรื่องที่ 1 ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิประกอบด้วย 1 บทปฏิบัติการคือ ความจุความร้อนจำเพาะของโลหะเรื่องที่ 2 ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการคือ บทปฏิบัติการที่ 1 ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งและบทปฏิบัติการที่ 2 อิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือด เรื่องที่ 3 ความร้อนกับการขยายตัวประกอบด้วย 1 บทปฏิบัติการคือ ความร้อนกับการขยายตัวของโลหะ เพื่อใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอน เป็นการส่งเสริมนักเรียนให้มีความรู้ ความเข้าใจ ข้อเท็จจริง หลักการ มโนทัศน์ และข้อสรุปต่างๆทางวิทยาศาสตร์ก่อให้เกิดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ประกอบกับการประเมินผลการเรียนรู้ที่เกิดควบคู่เป็นเงาตามตัวกับกิจกรรมการเรียนการสอน เป็นการประเมินที่สะท้อนความสามารถแท้จริงของผู้เรียนในสถานการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง ประเมินอย่างต่อเนื่องให้มีความครอบคลุมผลการเรียนรู้หลายๆ ด้าน และใช้วิธีการต่าง ๆ อย่างหลากหลาย

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4
2. เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน

ความสำคัญของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อนที่ผ่านกระบวนการพัฒนาให้มีคุณภาพโดยการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ และมีศักยภาพในการพัฒนาผลการเรียนรู้ของนักเรียนได้ดังนี้

1. เพื่อเป็นประโยชน์ เป็นแนวทางสำหรับครู ผู้ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาและปรับปรุงกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน
2. เพื่อเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้รับการพัฒนาผลการเรียนรู้ด้านความรู้ ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
3. เพื่อเป็นการส่งเสริมการเรียนการสอนและการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบอิงสภาพจริงที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีการดำเนินการ 3 ขั้นตอนดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ 1) หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 2) คู่มือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพุทธศักราช 2545 3) เอกสารเกี่ยวกับกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. ทำการศึกษาและวิเคราะห์ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สำหรับการนำมาพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้มีคุณภาพ ประสิทธิภาพตามทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์ นำผลการศึกษาในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ช่วงชั้นที่ 4 สาระที่ 5 : พลังงาน เรื่องความร้อนและอุณหพลศาสตร์ กำหนดเป็นกิจกรรมบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อนประกอบด้วยเนื้อหา 3 เรื่อง จำนวน 4 บทปฏิบัติการ ดังนี้

เรื่องที่ 1 ความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิ จำนวน 1 บทปฏิบัติการ คือ บทปฏิบัติการ เรื่อง ความจุความร้อนจำเพาะของโลหะ

เรื่องที่ 2 ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะ จำนวน 2 บทปฏิบัติการ คือ บทปฏิบัติการ เรื่อง ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง และบทปฏิบัติการเรื่อง อิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือด

เรื่องที่ 3 ความร้อนกับการขยายตัว จำนวน 1 บทปฏิบัติการ คือ บทปฏิบัติการ เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัวของโลหะ

3. การทดลองในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยดำเนินการ 2 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 การพัฒนาอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ซึ่งทำจากวัสดุเหลือใช้ โดยสร้างเป็นอุปกรณ์ประกอบการทดลอง ได้แก่ แคลอริมิเตอร์ และช่วงที่ 2 การทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษา ความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ โดยการนำบทปฏิบัติการที่ผ่านการวิเคราะห์ไปทดลองในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ และความเหมาะสมของบทปฏิบัติการให้เป็นไปตามทฤษฎี และหลักการทางวิทยาศาสตร์ แล้วพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน

4. การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติมาพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน โดยจัดทำเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 4 บทปฏิบัติการมีองค์ประกอบ 3 ส่วนดังนี้ ส่วนที่ 1 ชื่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย แนวคิดหรือหลักการ จุดประสงค์การทดลอง อุปกรณ์และสารเคมี และวิธีการทดลอง ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ กำหนดให้แต่ละบทปฏิบัติการมีกิจกรรม 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นกิจกรรมที่นักเรียน ทำการทดลองตามบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้น ส่วนตอนที่ 2 นักเรียนเป็นผู้วางแผนดำเนินการทดลองและทำการทดลองด้วยตนเองจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

5. การประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการที่ปรับปรุงแก้ไข มาประเมินคุณภาพองค์ประกอบของบทปฏิบัติการ โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านเพื่อประเมินคุณภาพองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในส่วนต่างๆ ดังนี้ ส่วนที่ 1 ชื่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย แนวคิดหรือหลักการ จุดประสงค์การทดลอง อุปกรณ์และสารเคมี และวิธีการทดลอง ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ตอนที่ 2 ขอบเขตการหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

1. นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องพลังงานความร้อนที่ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มย่อยที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวนกลุ่มละ 1 คนตามลำดับ รวม 3 คน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความเป็นไปได้แล้วนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไข

2. นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไปทดลองกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวนกลุ่มละ 3 คนรวม 9 คน เพื่อกำหนดเกณฑ์ที่ใช้เป็นค่าประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

3. นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไปทดลองกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวนกลุ่มละ 3 คนรวม 15 คน เพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตอนที่ 3 ขอบเขตของการนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

การวิจัยตอนที่ 3 เมื่อพัฒนาคุณภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรียบร้อยแล้ว นำไปทดลองสอน ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนจังหวัดนครปฐม ที่เรียนอยู่ในช่วงชั้นที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนในช่วงชั้นที่ 4 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม ที่เรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 จำนวน 1 ห้องเรียนเป็นจำนวนนักเรียน 30 คน ได้จากการสุ่มแบบเจาะจงของโรงเรียนในจังหวัดนครปฐม ที่มีคุณสมบัติเป็นโรงเรียนที่มีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งมีคุณภาพทางการศึกษาเทียบเคียงกับโรงเรียนอื่นที่อยู่ในจังหวัดนครปฐม

2. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

2.2.1 ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนแยกเป็น

- 1) ผลการเรียนรู้ด้านความรู้
- 2) ผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

2.2.2 เจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่นำมาสร้างเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ครั้งนี้เป็นเนื้อหาที่สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ช่วงชั้นที่ 4 สาระที่ 5 : พลังงาน เรื่อง ความร้อนและอุณหพลศาสตร์ พัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ประกอบด้วยเนื้อหา 3 เรื่องจำนวน 4 บทปฏิบัติการ

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการทดลองสอนนักเรียน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 ในช่วงโม่งกิจกรรมอิสระ จำนวน 8 ครั้ง รวมทั้งหมด 16 คาบ คาบละ 50 นาที

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง เอกสารที่กำหนดแนวทางการปฏิบัติกิจกรรมการทดลองของนักเรียนเรื่องพลังงานความร้อน ประกอบด้วยเนื้อหา 3 เรื่องจำนวน 4 บทปฏิบัติการ ดังนี้

เรื่องที่ 1 ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิประกอบด้วย 1 บทปฏิบัติการ คือ บทปฏิบัติการ เรื่อง ความจุความร้อนจำเพาะของโลหะ แบ่งออกเป็น 2 ตอนได้แก่ ตอนที่ 1 ความจุความร้อนจำเพาะของโลหะ และตอนที่ 2 ความจุความร้อนจำเพาะของโลหะต่างชนิด

เรื่องที่ 2 ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการ คือ บทปฏิบัติการ เรื่อง ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวแบ่งออกเป็น 2 ตอนได้แก่ ตอนที่ 1 ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง ตอนที่ 2 ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งที่มีมวลต่างกัน และบทปฏิบัติการ เรื่อง อิทธิพลของความดันที่มีผลต่อ จุดเดือดแบ่งออกเป็น 2 ตอนได้แก่ ตอนที่ 1 อิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือด และตอนที่ 2 ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อจุดเดือด

เรื่องที่ 3 ความร้อนกับการขยายตัวประกอบด้วย 1 บทปฏิบัติการคือบทปฏิบัติการ เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัวแบ่งออกเป็น 2 ตอนได้แก่ตอนที่ 1 ความร้อนกับการขยายตัวของของแข็ง ตอนที่ 2 ความร้อนกับการขยายตัวของของเหลว

แต่ละบทปฏิบัติการมีองค์ประกอบดังนี้ 1) ชื่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2) ใบความรู้ ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 3) หลักการหรือแนวคิด 4) จุดประสงค์ 5) วัสดุอุปกรณ์และ สารเคมี 6) วิธีดำเนินการทดลอง 7) แบบบันทึกรายงานผลการทดลองและ 8) คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

2. การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน หมายถึง การสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้มีคุณภาพตามทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์ โดยศึกษา และรวบรวมข้อมูลที่ได้จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญในด้านองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 3 ส่วนดังนี้ ส่วนที่ 1 ชื่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย แนวคิดหรือหลักการ จุดประสงค์ การทดลอง อุปกรณ์และสารเคมี และวิธีการทดลอง ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยให้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

3. ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง ผลการทดลองสอนโดยใช้ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน กับนักเรียนกลุ่มย่อยที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คนที่มีความสามารถแตกต่างกันคือ เก่ง ปานกลาง อ่อน โดยเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการแต่ละบทปฏิบัติการ กับคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ทั่วไปที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบปรนัย หลังเรียนจบทุกบทปฏิบัติการโดยคิดเป็นร้อยละตามเกณฑ์ประสิทธิภาพที่กำหนด คือ 75/75

ตัวเลข 75 ตัวแรก หมายถึง ค่าร้อยละที่ได้จากการนำคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้จากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการแต่ละบทปฏิบัติการ

ตัวเลข 75 ตัวหลัง หมายถึง ค่าร้อยละที่ได้จากการนำคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ทั่วไปหลังเรียนจำนวน 40 ข้อเมื่อเรียนจบทุกบทปฏิบัติการ

4. สารการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม หมายถึง กลุ่มเนื้อหาสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ที่กำหนดเพิ่มเติมจากสารการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานทั้ง 8 สาระการเรียนรู้ ที่กำหนดตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 ได้แก่ สารการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ช่วงชั้นที่ 4 สาระที่ 5 : พลังงาน เรื่องความร้อนและอุณหพลศาสตร์ โดยนำมาพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ประกอบด้วยเนื้อหา 3 เรื่องซึ่งเป็นผลที่เกิดขึ้นจากความร้อน

ได้แก่ เรื่อง ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะ และความร้อนกับการขยายตัว

5. **นักเรียนช่วงชั้นที่ 4** หมายถึง นักเรียนในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ซึ่งในงานวิจัยนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสาธิตสถาบันราชภัฏนครปฐม อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม กำหนดให้เป็นประชากรในการวิจัย

6. **ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้** หมายถึง พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัยของนักเรียนที่เรียนตามเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น ในการวิจัยครั้งนี้ ศึกษาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 3 ลักษณะ คือ 1) ผลการเรียนรู้ทั่วไปด้านความรู้- ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ซึ่งวัดด้วยแบบทดสอบแบบปรนัยเลือกตอบ 2) ผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความ วัดด้วยแบบทดสอบแบบอัตนัยเขียนตอบ และ 3) ผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุป วัดด้วยแผนที่ความคิด (Mind map) นำคะแนนจากผลการเรียนรู้ทั่วไปมาเปรียบเทียบกับคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และนำคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ทั่วไปหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์อยู่ในระดับดี คือ มีค่าร้อยละ 70 ส่วนผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความ และผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุป นำคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้หลังเรียนมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี คือ มีค่าร้อยละ 70

7. **ผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์** หมายถึง พฤติกรรมเชิงความสามารถของนักเรียนที่แสดงออกโดยตรง จากการทำปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ซึ่งมีขอบเขตครอบคลุมพฤติกรรม 3 ด้าน คือ 1) ด้านวางแผนการทดลอง 2) ด้านปฏิบัติการทดลอง แยกเป็น เทคนิคการทดลอง ความคล่องแคล่วในการทดลอง ความสะอาดและความเป็นระเบียบ 3) ด้านการจัดทำรายงานการทดลอง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยวัดทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนจบแต่ละบทปฏิบัติการ ผู้วิจัยวัดทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้แบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นการประเมินตามสภาพจริง อิงเกณฑ์รูบรีค (Rubric) เป็นแบบประมาณค่า 5 ระดับ ผู้วิจัยดัดแปลงมาจากแบบประเมินทักษะปฏิบัติของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2543 : 311 - 312) นำผลการประเมินจากทั้ง 3 ด้านมารวมกันแล้วหาค่าเฉลี่ยเป็นผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบดูพัฒนาการระหว่างบทปฏิบัติการ และเทียบกับเกณฑ์ผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4

8. เจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดเห็นและความรู้สึกของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง พลังงานความร้อน ในเชิงนิมานและเชิงนิเสธที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แต่ละบทปฏิบัติการ ประกอบด้วยพฤติกรรม 2 ด้านได้แก่ 1) ด้านความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2) ด้านการแสดงออกต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และส่วนที่ 2 การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ประเมินผลโดยใช้แบบสอบถามวัดเจตคติชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับจำนวน 30 ข้อ จากนั้นนำผลการประเมินทั้ง 2 ด้านมารวมกันแล้วหาค่าเฉลี่ย เพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการระหว่างบทปฏิบัติการ และเทียบกับเกณฑ์ อยู่ในระดับดี คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4

9. การประเมินตามสภาพจริง หมายถึง การประเมินที่สะท้อนผลการเรียนรู้อย่างแท้จริงของนักเรียน โดยการประเมินหลาย ๆ ด้าน หลากหลายวิธีในสถานการณ์ต่างๆ ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงและต่อเนื่อง ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยประเมินตามสภาพจริงของนักเรียนระหว่างการเรียนรู้ได้แก่ การวัดความรู้เชิงสรุปที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ แล้วจัดทำเป็นแผนที่ความคิด (Mind map) การประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ การวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ด้วยการเขียนสะท้อนความรู้สึก และการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ ซึ่งเป็นการประเมินตามสภาพจริงแบบอิงเกณฑ์รูบรีค (Rubric) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

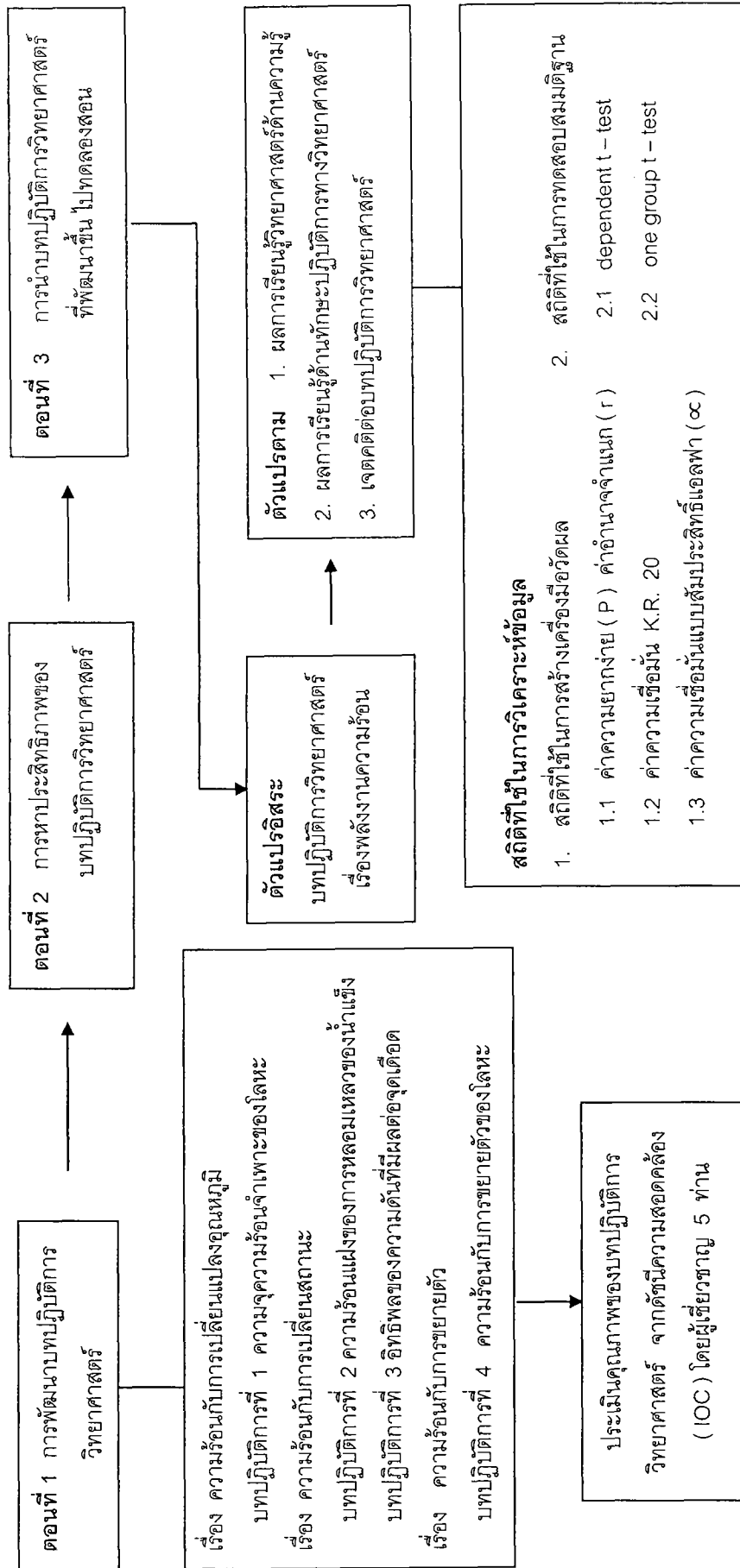
สมมติฐานการวิจัย

สมมติฐานการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75
2. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน มีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ดังนี้
 - 2.1 ผลการเรียนรู้ทั่วไปหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยคะแนนอยู่ในระดับดี
 - 2.2 ผลการเรียนรู้ด้านอธิบายความหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยคะแนนอยู่ในระดับดี
 - 2.3 ผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุปหลังเรียนอยู่ในระดับดี
3. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน มีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นตามลำดับ และอยู่ในระดับดี
4. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน มีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สูงขึ้นตามลำดับ และอยู่ในระดับดี

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การพัฒนาแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง พลังงานความร้อนสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอในหัวข้อต่อไปนี้

1. เอกสารเกี่ยวกับพลังงานความร้อน
 - 1.1 ความหมายของพลังงานความร้อน
 - 1.2 การถ่ายเทพลังงานความร้อน
 - 1.3 ผลของความร้อนที่มีต่อสสาร
 - 1.4 กฎของอุณหพลศาสตร์
2. สาระสำคัญของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544
3. เอกสารเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
4. เอกสารเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - 4.1 ความหมายของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - 4.2 จุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - 4.3 ความสำคัญของการสอนด้วยบทปฏิบัติการ
 - 4.4 รูปแบบของการจัดกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - 4.5 ขั้นตอนการเรียนการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - 4.6 บทบาทของครูในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - 4.7 ประโยชน์ของการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
5. เอกสารเกี่ยวกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้
 - 5.1 ความหมายของผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้
 - 5.2 การวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้
6. เอกสารเกี่ยวกับทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
 - 6.1 ความหมายของทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
 - 6.2 การวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
7. เอกสารเกี่ยวกับเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - 7.1 ความหมายของเจตคติต่อวิทยาศาสตร์
 - 7.2 การวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

8.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

8.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้

8.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

8.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

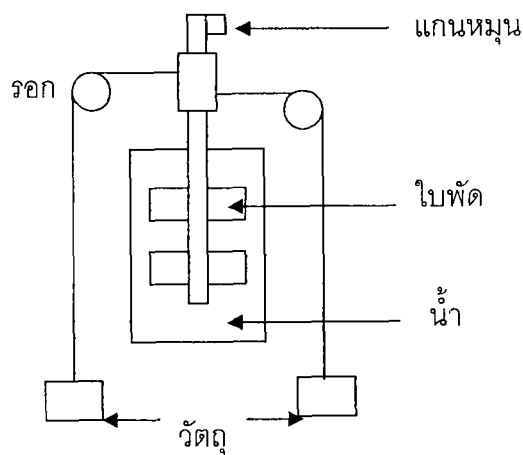
1. เอกสารเกี่ยวกับพลังงานความร้อน

1.1 ความหมายของพลังงานความร้อน

เนื้อหาเกี่ยวกับความหมายของพลังงานความร้อนและความร้อนกับอุณหภูมิจัดโดยผู้วิจัยได้ศึกษาและรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้องจากผลงานการศึกษาของนักวิชาการดังนี้ ก่องกัญจน์ ภักธกาญจน์ และธนกาญจน์ ภักธกาญจน์ (2529 : 223 - 224) ; ทวี ฉิมอภัยและมนู เพ็ญพุ่ม (2541 : 289 - 292) ; วิจิต กฤษณภูมิ (2536 : 169 - 173) ; สมพงษ์ ใจดี (2543 : 299 - 300) รวมทั้งเอกสารและแบบเรียนที่เกี่ยวข้องกับวิชาฟิสิกส์ โดยสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

ความร้อนเป็นอันตรกิริยาระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม โดยความร้อนสามารถถ่ายเทข้ามขอบเขตของระบบได้ เมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นนิยามของความร้อน (Thermal) คือ พลังงานรูปแบบหนึ่งที่สามารถถ่ายเทข้ามขอบเขตของระบบที่มีอุณหภูมิต่างกันไปสู่อีกระบบหนึ่ง(หรือสิ่งแวดล้อม) ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า ความร้อนเป็นปรากฏการณ์ชั่วคราว (Transient phenomenon) ตัวอย่างเช่น ถ้าเราพิจารณาแท่งทองแดงร้อนเป็นระบบหนึ่งและน้ำเย็นเป็นอีกระบบหนึ่ง นำเอาแท่งทองแดงนั้นหย่อนลงไปในน้ำเย็น วัตถุทั้งสองจะมีการถ่ายเทความร้อนต่อกันขึ้น โดยความร้อนจะถ่ายเทออกจากแท่งทองแดงเข้าสู่ น้ำจนกระทั่งวัตถุทั้งสองมีอุณหภูมิสมดุลกัน และเรียกภาวะนี้ว่า ภาวะสมดุลความร้อน ซึ่งที่ภาวะนี้จะไม่มีการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้นอีกต่อไป เนื่องจากไม่มีความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างวัตถุทั้งสองนั้นนั่นเอง

ใน ค.ศ. 1798 เคาน์ท์ รุมฟอร์ด (Count Rumford) ซึ่งมีหน้าที่ผลิตปืนใหญ่ให้กองทัพของอังกฤษ สังเกตว่าขณะเจาะลำกล้องปืนใหญ่ได้มีความร้อนเกิดขึ้นมาก เขาจึงได้เสนอความคิดว่า ความร้อนเกิดจากงานที่ทำโดยเครื่องเจาะลำกล้องปืน ต่อมา เจมส์ จูล (James Joule) ได้ทำการทดลองโดยใช้เชือกพันติดกับแกนหมุน ปลายเชือกผูกกับวัตถุสองก้อนดังภาพประกอบ 1 เมื่อปล่อยให้วัตถุเคลื่อนที่ลง ใบพัดที่ติดกับแกนหมุนจะไปกวนน้ำทำให้อุณหภูมิของน้ำสูงขึ้น จูล พบว่าความร้อนที่เกิดขึ้นขึ้นอยู่กับงานที่ทำโดยวัตถุทั้งสอง จูล จึงสรุปว่า ความร้อนเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่ง



ภาพประกอบ 1 แสดงการทดลองการเปลี่ยนพลังงานกลเป็นความร้อนของจุล

ความร้อนเป็นพลังงานรูปหนึ่งซึ่งทุกคนมีความคุ้นเคยด้วยอย่างดี เราสามารถบอกได้ว่า สิ่งไหนร้อนสิ่งไหนเย็น เช่น เมื่อแตะแก้วที่ใส่กาแฟร้อนก็บอกได้ทันทีว่าร้อน แต่เมื่อแตะแก้วใส่น้ำแข็งก็บอกได้ว่าน้ำเย็น เป็นต้น จากประสบการณ์ในชีวิตประจำวันทำให้เราเรียนรู้ได้ว่า เมื่อนำวัตถุร้อนมาวางแตะกับวัตถุที่เย็นกว่าจะทำให้วัตถุที่ร้อนนั้นค่อยๆเย็นลง ในขณะที่วัตถุที่เย็นจะค่อยๆร้อนขึ้น จนกระทั่งวัตถุทั้งสองร้อนเท่ากัน แสดงว่าความร้อนมีการเคลื่อนที่จากวัตถุที่ร้อนกว่าไปยังวัตถุที่เย็นกว่าเสมอ พลังงานความร้อนสามารถทำงานได้ เช่น เมื่อต้มน้ำให้เดือดน้ำก็จะกลายเป็นไอน้ำและไอน้ำไปดันลูกสูบในเครื่องจักรไอน้ำได้ต่อไป ความร้อนที่เกิดจากแรงเสียดทานระหว่างวัตถุ 2 ชิ้นนั้นเป็นกระบวนการของการเปลี่ยนพลังงานกลไปเป็นพลังงานความร้อน ในทางกลับกันพลังงานความร้อนอาจจะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานกลได้ ดังที่พบเห็นได้จากเครื่องกลต่างๆ ที่ต้องใช้ความร้อน มีเครื่องใช้ไฟฟ้าหลายชนิดที่มีการใช้งานโดยเปลี่ยนจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อนได้ เช่น เตารีดไฟฟ้า เตาไฟฟ้า เป็นต้น พลังงานความร้อนก็อาจเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ เช่น เรื่องของเทอร์โมคัปเปิลซึ่งประกอบด้วยลวดโลหะ 2 เส้นที่ต่างชนิดกัน โดยปลายข้างหนึ่งจะเชื่อมติดกันไว้แล้วเผาปลายนี้ให้ร้อน ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งก็เชื่อมติดเอาไว้เช่นกัน แล้วทำให้ปลายนี้เย็นโดยอาจจะจุ่มลงในถ้วยใส่น้ำแข็ง ปรากฏว่าจะมีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นได้ในเทอร์โมคัปเปิลนี้ จากที่กล่าวมาแล้วนี้แสดงให้เห็นว่าความร้อนเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนไปเป็นพลังงานรูปอื่นๆได้ และพลังงานรูปอื่นๆ ก็อาจจะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนได้เช่นกัน

พลังงานความร้อนและพลังงานภายใน

คำว่า “พลังงานภายใน” (Internal energy) และ “พลังงานความร้อน” (Thermal energy) มีส่วนสัมพันธ์กันพิจารณาได้จากความหมาย กล่าวคือ พลังงานภายใน (Internal energy) หมายถึง พลังงานทั้งหมดของระบบในเมื่อระบบไม่มีการเคลื่อนที่ทั้งแบบเลื่อนตำแหน่งและหมุน ได้แก่ พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานเคมี และพลังงานที่เกิดจากความเครียด เช่น การอัด หรือยืดสปริง

พลังงานความร้อน (Thermal energy) หมายถึง พลังงานที่เป็นส่วนหนึ่งของพลังงานภายใน เกิดจากการเคลื่อนที่แบบสุ่มของอะตอมและโมเลกุลเป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของระบบ การส่งถ่ายพลังงานความร้อน (Thermal energy transfer) เป็นการส่งถ่ายพลังงานความร้อนที่เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม การส่งถ่ายพลังงานความร้อนนี้อาจทำให้พลังงานภายในของระบบเปลี่ยนแปลงหรือไม่ก็ได้ผลลัพธ์นี้ เรียกว่า สมมูลกลความร้อน (Mechanical equivalent of heat)

ความร้อนและอุณหภูมิ (Heat and Temperature)

ความร้อนและอุณหภูมิ เรามักใช้คำทั้งสองร่วมกันเสมอๆ จนอาจทำให้เข้าใจว่าทั้งสองคำนี้มีความหมายเหมือนกัน ถึงแม้ตามความเป็นจริงจะมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันอย่างใกล้ชิดก็ตาม แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าใช้คำทั้งสองทดแทนกันได้ อุณหภูมิ (Temperature) หมายถึง คุณสมบัติอย่างหนึ่งของวัตถุที่เกี่ยวกับพลังงานจลน์เฉลี่ยของอะตอมและโมเลกุลของวัตถุ แต่ความร้อน (Heat) หมายถึง พลังงานรูปหนึ่งซึ่งไม่ได้เป็นคุณสมบัติประจำตัวของวัตถุนั้นๆ เมื่ออะตอมหรือโมเลกุลเกิดการสั่นไหวเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น พลังงานจลน์ของมันก็จะมากขึ้นด้วย วัตถุนั้นก็จะร้อนขึ้นและมีอุณหภูมิสูงขึ้นด้วย ผลของความร้อนประการหนึ่งที่เห็นได้ชัดก็คือ เมื่อความร้อนถ่ายเทเข้าสู่วัตถุใดก็ตาม จะทำให้อุณหภูมิของวัตถุนั้นสูงขึ้น นอกจากนี้ความร้อนยังสามารถทำให้ของแข็งหลอมเหลวหรือทำให้ของเหลวเดือดได้

เครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิคือ เทอร์มอมิเตอร์ (Thermometer) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่เชื่อถือได้มากกว่าการวัดอุณหภูมิสมัยเก่า โดยใช้เครื่องมือแต่ละที่หน้าผากคนไข้เพื่อจะทราบว่ามีไข้สูงมากน้อยเพียงไร เทอร์มอมิเตอร์มีหลักการทำงานขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารซึ่งจะขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน และจะหดตัวเมื่อเย็นลงเทอร์มอมิเตอร์มีหลายแบบแตกต่างกันไป มีทั้งชนิดบรรจุด้วยอากาศ บรรจุด้วยของเหลว เช่นปรอท แอลกอฮอล์ผสมสี บางชนิดอาจจะทำด้วยโลหะ เป็นต้น แต่แบบธรรมดาที่พบเห็นมาและนำไปใช้ได้สะดวก คือ เทอร์มอมิเตอร์แบบปรอท เหตุที่ใช้ปรอทบรรจุไว้ในเทอร์มอมิเตอร์ เพราะปรอทมีข้อได้เปรียบกว่าของเหลวชนิดอื่นมากดังเช่น

- 1) ทึบแสง ทำให้มองผ่านแก้วเข้าไปเห็นได้ง่าย
- 2) นำความร้อนได้อย่างรวดเร็ว
- 3) เกาะตัวกันได้ดีเมื่อสัมผัสกับแก้ว
- 4) จุดเยือกแข็งต่ำ (-39°C) และจุดเดือดสูง (358°C)
- 5) มีการขยายตัวต่อหนึ่งหน่วยองศาที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดและสม่ำเสมอ

สเกลที่นิยมใช้บนก้านหลอดของเทอร์โมมิเตอร์ คือ สเกลแบบฟาห์เรนไฮต์และเซลเซียส (Fahrenheit celsius scales) โดยสเกลแบบฟาห์เรนไฮต์ได้รับการประดิษฐ์ขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1714 โดยนักฟิสิกส์ชาวเยอรมันชื่อ Gabriel daniel fahrenheit (1689 – 1736) มีจุดเยือกแข็งของน้ำอยู่ที่ 32°F และจุดเดือดของน้ำที่ 212°F แบบเซลเซียสได้รับการประดิษฐ์ขึ้นในปี ค.ศ. 1742 โดยนักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดนชื่อ Anders Celsius (1701-1744) มีจุดเยือกแข็งของน้ำที่ 0°C และจุดเดือดอยู่ที่ 100°C หากความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิแบบฟาห์เรนไฮต์และแบบเซลเซียสได้โดยพิจารณาจากภาพประกอบ 2 พบว่า ถ้าอุณหภูมิแบบเซลเซียสเปลี่ยนไป 100°C แบบฟาห์เรนไฮต์จะเปลี่ยนไป 180°F ดังนั้น 1°F จึงน้อยกว่า 1°C คือเท่ากับ $100/180$ หรือ $5/9$ ขององศาเซลเซียส ในทางตรงกันข้ามจะพบว่า 1°C จะมากกว่า 1°F คือ เท่ากับ $180/100$ หรือ $9/5$ ขององศาฟาห์เรนไฮต์

มีสเกลอีกแบบหนึ่งคือ สเกลอุณหภูมิสัมบูรณ์ (Absolute temperature scale) ซึ่งนักฟิสิกส์-คณิตศาสตร์ชาวสก็อตชื่อ วิลเลียม ธรอมสัน ลอร์ด เคลวิน (William Thomson ,Lord Kekvin) เป็นผู้ประดิษฐ์ขึ้นใช้ ขนาดองศาของอุณหภูมิสัมบูรณ์หรือเคลวินนี้เท่ากับองศาเซลเซียส โดยที่จุดศูนย์ของแบบเคลวินจะอยู่ที่ศูนย์สัมบูรณ์ (Absolute zero) ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ต่ำสุดที่จะเป็นไปได้ อุณหภูมินี้ทุกๆโมเลกุลของสารจะหยุดนิ่งหมด ศูนย์สัมบูรณ์มีค่าเท่ากับ -273°C (ค่าที่แท้จริงคือ -273.15°C) ดังนั้นจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสัมบูรณ์ T_K และอุณหภูมิแบบเซลเซียส T_C

$$T_K = T_C + 273^{\circ}$$

การเปรียบเทียบสเกลของอุณหภูมิทั้ง 3 แบบ คือ เซลเซียส ฟาห์เรนไฮต์ และเคลวิน
พิจารณาจากภาพประกอบ 2

	C	F	K
จุดเดือด	100	212	373
อุณหภูมิขณะใดๆ	C	F	K
จุดเยือกแข็ง	0	32	273

ภาพประกอบ 2 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะของเทอร์โมมิเตอร์ชนิดต่างๆ

เทอร์โมมิเตอร์วัดไข้ได้รับการออกแบบให้แตกต่างไปจากเทอร์โมมิเตอร์ธรรมดาเล็กน้อย โดยเทอร์โมมิเตอร์วัดไข้จะเป็นแบบที่อ่านค่าได้อุณหภูมิสูงพอๆกับอุณหภูมิของร่างกายมนุษย์ และภายหลังจากใช้วัดแล้วระดับปรอทในก้านของหลอดจะยังคงค้างอยู่ที่ระดับสูงจนกว่าจะมีการปรับใหม่โดยการสั่นหรือสะบัดให้ปรอทจากก้านหลอดลงไปอยู่ในกระเปาะแก้วได้ใหม่ ทั้งนี้เพราะ ตรงเหนือกระเปาะขึ้นมามีคอคอดที่ป้องกันไม่ให้ปรอทจากก้านหลอดลงไปสู่กระเปาะแก้ว อีกประการหนึ่ง คือ แรงตึงผิวของปรอทซึ่งมีค่าค่อนข้างสูงจะช่วยทำให้ปรอทค้างอยู่ในก้านหลอดได้ ทำให้การอ่านสเกลง่ายและถูกต้อง เทอร์โมมิเตอร์แบบนี้จะมีสเกลแบ่งไว้บนเทอร์โมมิเตอร์แบบ ฟาห์เรนไฮต์อยู่ระหว่าง 94 ถึง 110 และบนเทอร์โมมิเตอร์แบบเซลเซียสอยู่ระหว่าง 33 ถึง 45 ก้านหลอดของเทอร์โมมิเตอร์มักจะเป็นผิวโค้งเพื่อขยายสเกลให้มองเห็นได้โตขึ้น และมักจะแบนราบเพื่อป้องกันไม่ให้กลิ้งไปได้ง่าย ด้านหลังของก้านหลอดมักจะทาสีขาวเอาไว้เพื่อให้อ่านได้ง่ายขึ้น เทอร์โมมิเตอร์วัดไข้ได้รับการออกแบบให้มีรูปร่างเหมาะกับบริเวณที่จะวัดของร่างกาย เช่น แบบใช้วัดทางปาก (Oral thermometer) จะมีกระเปาะยาวและเพรียวแบบใช้วัดทางทวารหนัก (Rectal thermometer) จะมีกระเปาะสั้นและมีผนังหนากว่าแบบวัดทางปาก จึงทำให้อ่านอุณหภูมิได้ผลช้ากว่า

1.2 การถ่ายเทพลังงานความร้อน (Heat Transfer)

เนื้อหาเกี่ยวกับการถ่ายเทพลังงานความร้อน ผู้วิจัยได้ศึกษาและรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้องจากผลงานการศึกษานักวิชาการดังนี้ ทวี ฉิมอ้อยและมนู เฟื่องฟูง (2541 :305 -309) ; วิจิต กฤษณภูมิ (2536 :184 - 192) ; สมพงษ์ ใจดี (2543 :229 - 236) รวมทั้งเอกสารและแบบเรียนที่เกี่ยวข้องกับวิชาฟิสิกส์ โดยสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

ความร้อนจะมีการถ่ายเทจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้ถ้าจุดทั้งสองมีอุณหภูมิแตกต่างกัน โดยความร้อนจะถ่ายเทจากที่ๆ มีอุณหภูมิสูงไปสู่ที่ๆ มีอุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ ปริมาณความร้อนที่สิ่งหนึ่งถ่ายเทออกไปจะเท่ากับปริมาณความร้อนที่อีกสิ่งหนึ่งได้รับ และหยุดถ่ายเทความร้อนก็ต่อเมื่อทั้งสองจุดนั้นมีอุณหภูมิเท่ากัน คือ อยู่ในสถานะที่มีความสมดุลของความร้อน (Thermal equilibrium) เกิดขึ้น เช่น เมื่อเทน้ำร้อนลงในน้ำเย็นจะทำให้ น้ำร้อนมีอุณหภูมิลดลง ขณะเดียวกันน้ำเย็นจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ในที่สุดน้ำทั้งสองชนิดจะมีอุณหภูมิเท่ากัน ในกรณีนี้ปริมาณความร้อนที่น้ำร้อนถ่ายเทออกจะเท่ากับปริมาณความร้อนที่น้ำเย็นได้รับ หรือกล่าวได้ว่า วัตถุหยุดการถ่ายเทความร้อนจะมีผลทำให้ปริมาณความร้อนที่ลดลงเท่ากับปริมาณความร้อนที่เพิ่มขึ้น

การถ่ายเทความร้อนมี 3 วิธีคือ การนำความร้อน (Heat conduction) การพาความร้อน (Heat convection) และการแผ่รังสีความร้อน (Heat radiation) กระบวนการส่งถ่ายความร้อนทั้ง 3 วิธีมักเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน เพียงแต่ว่ากระบวนการใดจะแสดงผลออกมาให้เห็นเด่นชัดกว่าชนิดอื่นเท่านั้น

1.2.1 การนำความร้อน (Heat Conduction)

กระบวนการส่งถ่ายพลังงานความร้อนโดยการนำความร้อนนี้เป็นการส่งถ่ายความร้อนระหว่างวัตถุ 2 ชิ้นหรือระหว่างจุด 2 จุด ซึ่งความร้อนจากโมเลกุลของวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจะถูกส่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่งที่อยู่ติดกันซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า เกิดขึ้นภายในของวัตถุเองโดยโมเลกุลของวัตถุนั้นๆ ไม่มีการเคลื่อนที่ไปกับความร้อนด้วย ตัวอย่างเช่น เมื่อถือปลายแท่งเหล็กไว้โดยที่อีกปลายหนึ่งอยู่ในเตาไฟ สักครู่จะรู้สึกว่าร้อน ทั้งนี้เพราะความร้อนส่งถ่ายจากปลายหนึ่งผ่านเนื้อเหล็กมายังปลายที่มีมือถืออยู่ได้โดยตรง การที่ความร้อนถ่ายเทมาได้นั้นอธิบายได้ดังนี้คือ เมื่ออะตอมหรือโมเลกุลในสารได้รับความร้อนก็สั่นไหวโดยมีพลังงานสูงและจะชนเข้ากับอะตอมหรือโมเลกุลข้างเคียงทำให้ ได้รับการถ่ายทอดพลังงานมาจึงเกิดการสั่นไหวขึ้นแล้วไปกระทบอะตอมหรือโมเลกุลถัดไป เป็นเช่นนี้เรื่อยๆ ไปจนทำให้ปลายอีกข้างหนึ่งร้อนขึ้น ด้วยเหตุนี้ความสามารถในการนำความร้อนของสารต่างๆ จะไม่เหมือนกัน โดยทั่วไปของแข็งจะเป็นตัวนำความร้อนที่ดีเนื่องจากของแข็งมีโมเลกุลอยู่ชิดกันมากกว่าของเหลวและแก๊ส อย่างไรก็ตามของแข็งแต่ละชนิดจะนำความร้อนได้ดีไม่เท่ากัน วัตถุที่โมเลกุลเคลื่อนไหวได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อนจะเป็นตัวนำความร้อนที่ดี แต่ของแข็งบางชนิดเมื่อได้รับความร้อน

โมเลกุลจะเคลื่อนไหวน้อย จึงทำให้โมเลกุลที่อยู่ข้างเคียงเคลื่อนไหวน้อยและในวงจำกัด เป็นผลให้การส่งผ่านความร้อนไม่ดี เรียกว่าเป็น ฉนวนความร้อน เช่น ไม้ แท่งแก้ว ยาง เป็นต้น

เมื่อพิจารณาการถ่ายเทความร้อนผ่านแท่งสารที่มีพื้นที่หน้าตัด A เท่ากันตลอดทั้งแท่งยาว L ให้ปลายด้านหนึ่งมีอุณหภูมิ T_2 ซึ่งมากกว่าปลายอีกข้างหนึ่งซึ่งมีอุณหภูมิ T_1 ดังนั้นความร้อนจะถ่ายเทไปตามแท่งจากปลายที่มีอุณหภูมิ T_2 ไปยังปลายที่มีอุณหภูมิ T_1 ถ้ากำหนดให้ H เป็นกระแสความร้อน (Heat current) Q เป็นปริมาณความร้อนที่ส่งถ่ายไปในเวลา t จากการทดลองพบว่า ความร้อนที่ไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดต่อหนึ่งหน่วยเวลา หรือเรียกว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณความร้อน จะได้

$$H = \frac{Q}{t}$$

ถ้ากระแสความร้อนคงตัว อัตราส่วน Q/t ที่ทุกๆตำแหน่งของตัวกลางจะมีค่าเหมือนกัน จากการทดลองพบว่า กระแสความร้อนที่คงตัวในแท่งวัตถุตัวกลางจะมีความสัมพันธ์ดังนี้

- 1) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลต่างอุณหภูมิ $\Delta T = T_2 - T_1$
- 2) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นที่หน้าตัด A
- 3) เป็นสัดส่วนผกผันกับความยาว L
- 4) ขึ้นอยู่กับชนิดของสาร

สามารถสรุปได้ดังนี้

$$H = \frac{Q}{t} = -KA \frac{\Delta T}{L}$$

เมื่อ K เป็นสัมประสิทธิ์ของการนำความร้อน (Thermal conductivity) เครื่องหมายลบ แสดงว่าความร้อนจะไหลจากอุณหภูมิสูงไปยังอุณหภูมิต่ำ ค่า K จะขึ้นกับชนิดของสาร แต่ไม่ขึ้นกับขนาดและรูปร่างของวัตถุ สารใดที่มีค่า K มากจะเป็นตัวนำความร้อนที่ดี ในทางตรงกันข้ามสารใดที่มีค่า K น้อยจะเป็นตัวนำความร้อนที่ไม่ดีหรือเป็นฉนวนนั่นเอง และสารแต่ละชนิดจะมีค่าการนำความร้อนแตกต่างกันดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 แสดงค่าสภาพนำความร้อนของสารบางชนิด (ที่ 18 °C)

สาร	สภาพนำความร้อน (cal / sec)
เงิน	0.97
ทองแดง	0.92
อะลูมิเนียม	0.48
เหล็ก	0.11
ตะกั่ว	0.08
ปรอท	0.016
แก้ว	0.0025
อิฐ	0.0015
น้ำ	0.0013
ไม้	0.0003
ใยหิน (asbestos)	0.0002
ผ้าฝ้าย	0.00004
อากาศ	0.00006

ที่มา : นุ - ภูล กระจาย. (2520) ฟิสิกส์ในชีวิตประจำวัน 1 : 2.6

1.2.2 การพาความร้อน (Heat Convection)

การพาความร้อนเป็นการส่งผ่านความร้อนโดยพลังงานความร้อนถูกพาไปพร้อมกับโมเลกุลของสิ่งที่พาความร้อนไป ดังนั้นสิ่งที่โมเลกุลเคลื่อนที่ได้ง่ายจึงพาความร้อนได้ดีกว่าสิ่งที่โมเลกุลเคลื่อนที่ยาก ด้วยเหตุนี้แก๊สจึงพาความร้อนได้ดีกว่าของเหลว และของเหลวก็สามารถพาความร้อนได้ดีกว่าของแข็ง การพาความร้อนจะเกิดขึ้นได้ดีกับสารที่เป็นของไหลนั่นคือ ของเหลวและแก๊ส ตัวอย่างการถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อน ได้แก่ อากาศร้อนเหนือเตาไฟหรือหลอดตะเกียง การไหลของกระแสน้ำอุ่น ลมสินค้า ลมบก ลมทะเล ลมมรสุม เป็นต้น เมื่อของเหลวหรือแก๊สบริเวณใดได้รับความร้อนก็จะขยายตัว ทำให้ความหนาแน่นของมันลดลง จึงลอยตัวขึ้นเบื้องบนพาเอาความร้อนเคลื่อนที่ไปด้วย ส่วนของเหลวหรือแก๊สตอนบนที่มีความหนาแน่นมากกว่าก็จะเคลื่อนเข้ามาแทนที่ได้รับความร้อนก็จะเกิดการขยายตัวลอยสูงขึ้น กระบวนการจะเป็นเช่นนี้ไปเรื่อยเป็นผลทำให้เกิดกระแสของการพาความร้อนขึ้น นำเอาไปใช้ประโยชน์ได้มากมายเช่น

1) การต่อท่อร้อนผ่านไประบายในบ้านพักที่อยู่ในแถบหนาว ทำให้เกิดกระแสการพาความร้อนขึ้นได้ เมื่ออากาศสัมผัสกับท่อน้ำร้อนก็จะกลายเป็นอากาศร้อนแล้วขยายตัวลอยขึ้น อากาศบริเวณที่เย็นกว่าก็จะเคลื่อนมาแทนที่กระบวนการดำเนินไปเช่นนี้ ทำให้เกิดความอบอุ่นขึ้นภายในห้อง

2) การบำบัดรักษาคนไข้โดยเฉพาะพวกที่มีปัญหาทางอารมณ์วิธีหนึ่ง คือ ใช้ความร้อนถ่ายเทให้แก่คนไข้โดยการพาความร้อนที่เรียกว่า เซ็ดดาตีฟบาธ (Sedative bath) โดยให้คนไข้นอนในอ่างน้ำที่มีกระแส น้ำอุ่นไหลผ่านอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา การอบตัวด้วยไอน้ำก็เป็นการส่งถ่ายความร้อนโดยการพาเช่นกัน

3) การไหลเวียนของกระแสโลหิตในร่างกายมนุษย์เป็นตัวอย่างที่น่าสนใจของการส่งถ่ายความร้อนโดยการพาความร้อนจากส่วนหนึ่งของร่างกายไปยังส่วนอื่นๆ กระแสโลหิตอาจไหลเร็วหรือช้าไปยังบริเวณใดนั้น เช่น คนไข้ที่มีไข้สูงวัดอุณหภูมิได้ 42°C หลอดเลือดบริเวณใกล้ผิวหนังจะพองโตขึ้น ทำให้เลือดจำนวนมากไหลไปอยู่ใต้ผิวหนังเพื่อช่วยลดความร้อนลง แต่ถ้าอุณหภูมิของร่างกายเย็นลงเลือดที่ไหลไปยังผิวหนังก็จะลดลง เพื่อป้องกันไม่ให้ความร้อนภายในร่างกายสูญเสียไปมากนัก

4) ในเวลากลางวันพื้นดินแถบบริเวณริมฝั่งทะเลได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ และจะดูดกลืนความร้อนได้ดีกว่าพื้นน้ำ ทั้งนี้เพราะพื้นดินมีความร้อนจำเพาะต่ำกว่าน้ำ ทำให้อากาศเหนือฝั่งทะเลได้รับความร้อนและลอยตัวสูงขึ้น อากาศเหนือฝั่งทะเลซึ่งเย็นกว่าก็จะพัดเข้ามาแทนที่ ทำให้เกิดลมทะเลขึ้น ครั้นในเวลากลางคืนกระบวนการจะกลับกัน คือพื้นดินฝั่งทะเลจะเย็นลงได้เร็วกว่าน้ำ อากาศเหนือฝั่งทะเลจึงยังคงอุ่นอยู่และลอยตัวสูงขึ้น อากาศเหนือพื้นดินซึ่งเย็นกว่าก็จะพัดไปแทนที่ ทำให้เกิดลมบกขึ้น

5) เสื้อผ้าที่ให้ความอบอุ่นแก่ร่างกายได้แก่ ผ้าฝ้าย ผ้าขนสัตว์ เมื่อคนที่เปลือยกาย สูญเสียความร้อนไป (ทำให้หนาว) เนื่องจากการนำความร้อนมีน้อยกว่าการสูญเสียความร้อนจากการพาความร้อน อากาศอุ่นบริเวณผิวกายจะลอยสูงขึ้น แล้วอากาศเย็นจะเข้ามาแทนที่ ทำให้อุณหภูมิ สูญเสียไปตลอดเวลา เขาจะรู้สึกหนาวมาก เสื้อผ้าที่สวมอยู่จะช่วยป้องกันการไหลเวียนของอากาศ ทำให้อากาศที่ผิวกายอบอุ่นอยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้เพราะเส้นใยของผ้าทำหน้าที่เป็นฉนวนกันไว้ได้ ยิ่งผ้าเนื้อหนาหรือฟูจะกันอากาศได้ดีขึ้น ด้วยเหตุนี้ถ้าเราใช้เครื่องอัดกำลังสูง อัดเสื้อเวดเตอร์ ขนสัตว์ หรือเสื้อคลุมขนมิงค์ แล้วความสามารถในการเก็บความร้อนของมันจะสูญเสียไปจนเกือบหมดสิ้น อัตราการส่งถ่ายความร้อนโดยการพาความร้อนจะหาได้จากการคำนวณ

$$\frac{Q}{t} = hA \Delta T$$

เมื่อ h เป็นค่าคงที่เรียกว่าสัมประสิทธิ์ของการพาความร้อนของตัวกลาง

A เป็นพื้นที่ผิวของตัวกลาง

ΔT เป็นผลต่างของอุณหภูมิระหว่าง 2 จุดของตัวกลาง

1.2.3 การแผ่รังสีความร้อน (Heat Radiation)

การแผ่รังสีความร้อนเป็นการส่งผ่านความร้อนโดยความร้อนเคลื่อนที่จากแหล่งกำเนิดไปยังบริเวณอื่นในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีความเร็วคลื่นเท่ากับความเร็วแสงคือ 3×10^8 เมตรต่อวินาที และไม่จำเป็นต้องอาศัยตัวกลาง ตัวอย่างเช่น พลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์เดินทางผ่านสุญญากาศมายังโลกได้ เมื่อเอามือไปใกล้หลอดไฟที่กำลังเปิดสว่างอยู่ เราจะรู้สึกร้อนที่มีอยู่ทั้งนี้เพราะความร้อนจากไส้หลอดไฟมีการส่งถ่ายความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนนั่นเอง แม้ว่าภายในหลอดไฟจะเป็นสุญญากาศก็ตาม

วัตถุต่าง ๆ ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าศูนย์สัมบูรณ์จะส่งพลังงานความร้อนโดยการแผ่รังสีความร้อนทั้งนั้น ปริมาณความร้อนที่แผ่ออกมาในหนึ่งหน่วยเวลาจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของตัวมันเอง ดังจะเห็นได้จากสมการ ซึ่งเรียกว่า Stefan – Boltzmann law

$$\frac{Q}{t} = \sigma A e T^4$$

เมื่อ $\frac{Q}{t}$ คืออัตราการส่งถ่ายความร้อนโดยการแผ่รังสี

σ คือค่าคงที่

e คือค่าสภาพเปล่งรังสี (Emissivity) ของวัตถุ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 วัตถุสีดำมากๆจะมีค่า e มากกว่า 0.9 หรือใกล้เคียง 1 ส่วนวัตถุขาวหรือวัตถุขัดมันวาวคล้ายกระจกจะมีค่า e ใกล้เคียง 0 เช่น เซรามิกไฟสีดำมีค่า $e = 0.95$ แผ่นอะลูมิเนียมขัดมันมีค่า $e = 0.05$ เป็นต้น

A คือ พื้นที่ผิวของวัตถุ

T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ของผิววัตถุ

ตามที่กล่าวมาแล้วว่าวัตถุทั้งหลายมีการส่งพลังงานการแผ่รังสีออกมาตลอดเวลาไม่ว่าวัตถุนั้นจะร้อนหรือเย็นก็ตาม แต่พลังงานการแผ่รังสีของวัตถุไม่ได้ถูกส่งผ่านออกไปทั้งหมดทั้งนี้เพราะวัตถุจะมีการดูดกลืนพลังงาน การแผ่รังสีจากสิ่งที่อยู่รอบๆ ด้วย สมมตินำแท่งเหล็กที่ร้อนแดงแท่งหนึ่งเข้ามาไว้ในห้องมันจะส่งพลังงานการแผ่รังสีความร้อนด้วยอัตราที่สูงมาก และในขณะเดียวกันก็

จะได้รับพลังงานจากสิ่งต่างๆ รอบๆ ตัวมาชดเชยบ้าง ทำให้อุณหภูมิของแท่งเหล็กลดลงในขณะที่สิ่งต่างๆ ภายในห้องมีอุณหภูมิสูงขึ้น จนในที่สุดทุกสิ่งภายในห้องมีอุณหภูมิเท่ากันหมด ทำให้เกิดสมดุลของการแลกเปลี่ยนพลังงานการแผ่รังสีขึ้น

วัตถุต่างๆ เมื่อได้รับพลังงานความร้อนแล้วจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น แต่โลกของเราซึ่งได้รับพลังงานการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ด้วยปริมาณสูง ปรากฏว่าอุณหภูมิของโลกโดยเฉลี่ยจะคงที่ เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะเมื่อโลกดูดกลืนพลังงานการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์แล้วโลกก็จะส่งพลังงานการแผ่รังสีออกเกือบมีปริมาณเท่าเทียมกัน โลกจึงยังคงมีอุณหภูมิเฉลี่ยเกือบคงที่

วัตถุใดที่มีการส่งพลังงานการแผ่รังสีดีก็จะมี การดูดกลืนพลังงานที่ดีด้วย สมมติมีแผ่นอะลูมิเนียมที่มีขนาดเท่ากัน 2 แผ่น แผ่นหนึ่งขัดเงาส่วนอีกแผ่นหนึ่งมีเขม่าควันไฟจับจนเป็นสีดำ นำทั้งสองแผ่นไปไว้กลางแดดใช้เวลานานเท่ากัน เมื่อวัดอุณหภูมิของแต่ละแผ่นพบว่าแผ่นดำมีอุณหภูมิสูงกว่าแผ่นขัดเงา ความแตกต่างกันของอุณหภูมินี้เป็นผลมาจากความแตกต่างของสภาพเปล่งรังสีของแผ่นทั้งสอง แผ่นดำจะดูดกลืนพลังงานและทำให้อุณหภูมิของแผ่นสูงขึ้นจนกระทั่งอัตราการดูดกลืนพลังงานของมันสมดุลกับอัตราการส่งพลังงานการแผ่รังสีออก สำหรับแผ่นที่ขัดเงานั้นจะสะท้อนพลังงานที่ได้รับออกเกือบทั้งหมด โดยจะดูดกลืนเอาไว้เพียงเล็กน้อยเท่านั้นทำให้มีอัตราการส่งพลังงานการแผ่รังสีออกได้น้อยกว่าแผ่นดำมาก แผ่นขัดเงาจึงมีอุณหภูมิต่ำกว่าแผ่นดำ จากความจริง ดังอธิบายมานี้จึงนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ตู้เย็นมักจะทาสีขาวหรือสีอ่อน ถึงที่ใช้บรรจุแก๊ส น้ำมันหรือแก๊สโซลีน มักทาสีด้วยสีสะท้อนแสง เพื่อควบคุมอุณหภูมิของถังเอาไว้ให้ต่ำ วัตถุที่มีสีเข้มและผิวขรุขระจะดูดกลืนพลังงานการแผ่รังสีไว้ได้ดี ดังนั้นเราจึงนิยมใช้ผ้าขนสัตว์ที่มีสีเข้มในหน้าหนาว เพื่อให้ร่างกายอบอุ่น

ถ้าวัตถุใดอยู่ในที่ที่ถูกปิดล้อมผนัง วัตถุจะส่งพลังงานการแผ่รังสีออกมา รวมทั้งมีการดูดกลืนพลังงานที่ส่งออกมาจากผนังด้วย สมมติผนังมีอุณหภูมิเป็น T_1 ส่วนวัตถุมีอุณหภูมิเป็น T_2 อัตราการสูญเสียพลังงานความร้อนหรือปริมาณของกำลังที่ส่งพลังงานการแผ่รังสีออกไปจากวัตถุหาได้จากสมการ

$$\frac{Q}{t} = \sigma A e T_2^4 - \sigma A e T_1^4$$

$$\text{หรือ } p = \sigma A e (T_2^4 - T_1^4)$$

1.3 ผลของความร้อนที่มีต่อสสาร

1.3.1 ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

เนื้อหาเกี่ยวกับความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ผู้วิจัยได้ศึกษาและรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้องจากผลงานการศึกษานักวิชาการดังนี้ ก่องกัญจน์ ภัทรกาญจน์และธนกาญจน์ ภัทรกาญจน์ (2529 : 227 - 228) ; ทวี จิมอ้อยและมนู เฟื่องฟูง (2541 : 301 -303) ; ประเมษฐ์ ปัญญาเหล็ก (2542 : 333 - 372) ; วิจิต กฤษณภูมิ (2536 :169 - 209) ; สมพงษ์ ใจดี (2543 : 215 - 216) อุไรวรรณ สุพัฒน์ (2519 : 120 - 130) รวมทั้งเอกสารและแบบเรียนที่เกี่ยวข้องกับวิชา ฟิสิกส์ โดยสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

พลังงานความร้อนเป็นพลังงานภายในของสาร ดังนั้นเมื่อเราให้ความร้อนแกสารก็เป็นการเพิ่มพลังงานภายในของสารและจะทำให้อุณหภูมิของสารสูงขึ้น แต่ถ้าทำให้วัตถุเย็นลงก็เป็นการลดพลังงานภายในของสารและจะทำให้อุณหภูมิของสารลดต่ำลง จึงเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในของสารนั้นมีความสำคัญมากและเป็นการเปลี่ยนแปลงในรูปของการให้ความร้อนเพิ่มเข้าไปหรือลดปริมาณความร้อนให้น้อยลง ตัวอย่างเช่นในการวัดค่าพลังงานความร้อนของอาหาร ซึ่งเป็นพลังงานภายในของอาหารที่ปล่อยออกมาในรูปของความร้อนที่วัดได้จากการเผาไหม้อาหารนั้น หน่วยที่ใช้วัดปริมาณความร้อน คือ แคลอรี (Calorie , Cal) ซึ่งปริมาณความร้อน 1 กิโลแคลอรี คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้ น้ำ 1 กิโลกรัมมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1°C สำหรับอุณหภูมิที่มากกว่า 1°C หรือสำหรับมวลที่มากกว่า 1 กิโลกรัมก็ต้องใช้ปริมาณความร้อนที่มากขึ้นตามไปด้วย

ในบางครั้ง อาจใช้หน่วยของปริมาณความร้อนเป็น Calorie (Cal) คือใช้สัญลักษณ์ c แทนที่จะใช้ C ก็ได้ซึ่งในที่นี้ 1 แคลอรี (cal) หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ทำให้ น้ำ 1 กรัม มีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1°C

เรานิยมใช้หน่วยแคลอรี (Calorie) เพื่อแสดงพลังงานของอาหาร จากที่กล่าวมาแล้ว ความร้อนเป็นพลังงานรูปหนึ่ง ดังนั้นหน่วยของปริมาณความร้อนยังอาจใช้หน่วยในหน่วยของจูล (Joule ,J) ได้ โดยที่

$$1 \text{ kcal} = 4.186 \text{ kJ.}$$

$$1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J.}$$

ความจุความร้อนและความจุความร้อนจำเพาะ (Heat Capacity and Specific Heat Capacity)

ความจุความร้อนของสาร (Heat capacity) ใช้สัญลักษณ์ c หมายถึง ปริมาณพลังงานความร้อนที่ทำให้สารนั้นทั้งก้อนมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป (เพิ่มขึ้นหรือลดลง) 1 องศา ซึ่งสารต่างชนิดกันจะมีความสามารถในการรับหรือคายพลังงานความร้อนออกได้แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น เหล็ก 1 กิโลกรัม และน้ำ 1 กิโลกรัม ต่างได้รับความร้อนจากแหล่งกำเนิดเดียวกัน คือ จากแหล่งที่มีอุณหภูมิเดียวกัน ปรากฏว่าเหล็กจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นได้อย่างรวดเร็วกว่าน้ำ ทั้งนี้เป็นเพราะเหล็กต้องการปริมาณความร้อนที่น้อยกว่าเพื่อให้ตัวเองมีอุณหภูมิถึงจุดที่กำหนดให้ ส่วนน้ำนั้นจะรับปริมาณความร้อนมากกว่าจึงจะทำให้มีอุณหภูมิสูงถึงจุดกำหนดจุดเดียวกัน ในทางตรงกันข้ามถ้าทำให้เย็นลงจากอุณหภูมิหนึ่งถึงอีกอุณหภูมิหนึ่งที่อยู่ต่ำๆ น้ำจะคายปริมาณความร้อนออกได้มากกว่าเหล็ก ตัวอย่างเช่น ในการทำให้เหล็ก 1 กิโลกรัมมีอุณหภูมิสูงขึ้น 1°C นั้น เหล็กต้องการปริมาณความร้อนเพียง 0.1 กิโลแคลอรี ในขณะที่น้ำต้องการปริมาณความร้อนถึง 1 กิโลแคลอรี จึงจะทำให้อุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น 1°C

ถ้าให้ Q แทนปริมาณพลังงานความร้อนที่เปลี่ยนแปลง
 Δt แทนอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง

$$\text{จะได้ } c = \frac{Q}{\Delta t}$$

ถ้า Q มีหน่วยเป็นจูล หรือแคลอรีแล้ว c จะมีหน่วยเป็นจูล / องศา หรือ แคลอรี / องศา ความจุความร้อนจำเพาะของสาร (Specific Heat Capacity) ใช้สัญลักษณ์ s หมายถึง ปริมาณพลังงานความร้อนที่ทำให้สารนั้นมวล 1 หน่วยมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 องศา

ถ้าให้ m เป็นมวลของสารทั้งก้อน
 Δt เป็นอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป

$$\text{จะได้ } s = \frac{Q}{m\Delta t} = \frac{c}{m}$$

ความจุความร้อนจำเพาะ (s) มีหน่วยเป็น จูล / กิโลกรัมเคลวิน หรือ จูล / กิโลกรัม – องศาเซลเซียส หรือ แคลอรี / กรัม – องศาเซลเซียส หรือ กิโลแคลอรี / กิโลกรัม – องศาเซลเซียส ค่าความจุความร้อนจำเพาะของสารบางชนิดที่อุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้องแสดงให้เห็นในตาราง 2

ตาราง 2 แสดงความจุความร้อนจำเพาะของสารบางชนิดที่อุณหภูมิห้อง

สาร	ความจุความร้อนจำเพาะ (s)	
	Cal / g.°C , kcal / kg.°C	J / kg.°C
เอริลแอลกอฮอล์	0.58	2394
อะลูมิเนียม	0.22	876
ทองแดง	0.093	386
ทองเหลือง	0.092	380
แก้ว	0.20	669
ทอง	0.030	132
น้ำแข็ง	0.5	2100
เหล็ก	0.11	448
ตะกั่ว	0.030	128
ปรอท	0.033	139
เงิน	0.056	234
เทอร์เพนไทน์	0.42	1720
น้ำ	1.00	4186
ไม้	0.40	1700
สังกะสี	0.0925	384

ที่มา : วิชิต กฤษณภูมิ. (2536) ฟิสิกส์เบื้องต้นและพื้นฐาน : 175

จากตาราง 2 ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ 1 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม-องศาเซลเซียส หรือ 4186 จูล / กิโลกรัม – องศาเซลเซียส แสดงว่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำมีค่าสูงมาก เมื่อเทียบกับสารชนิดอื่น ซึ่งทำให้เกิดผลดีต่อมวลมนุษย์และสัตว์ที่อาศัยใกล้ทะเลสาบและแหล่งน้ำใหญ่ๆ กล่าวคือ ภูมิอากาศแถบบริเวณดังกล่าวนี้จะไม่ร้อนจัดเกินไปในหน้าร้อน และไม่หนาวจัดเกินไปในหน้าหนาว เมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณที่อยู่บนเส้นรุ้งและเส้นแวงเดียวกันแต่ไม่ได้อยู่ใกล้แหล่งน้ำใหญ่ๆ ปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้สามารถอธิบายได้ดังนี้ เนื่องจากความจุความร้อนจำเพาะของน้ำมีค่าสูงกว่าพื้นดินและอากาศ ผลก็คือในหน้าร้อนทุกองศาที่อุณหภูมิสูงขึ้นนั้นน้ำในทะเลสาบหรือแหล่งน้ำใหญ่ๆ จะดูดความร้อนไปได้มากกว่าพื้นดินและอากาศสำหรับปริมาณมวลที่เท่ากัน จึงทำให้บริเวณนั้นเย็นลง

ในฤดูหนาวเมื่ออากาศเย็นลงทะเลสาบและแหล่งน้ำใหญ่ๆ ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นแหล่งสะสมความร้อนเอาไว้ก็จะคายความร้อนออกทำให้บริเวณนั้นอบอุ่นขึ้น ด้วยเหตุนี้เกาะและแหลมต่างๆ ซึ่งมีน้ำล้อมรอบหรือเกือบรอบ จึงมีอุณหภูมิของอากาศไม่ร้อนจัดหรือหนาวจัดจนเกินไปเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของอากาศ ตามบริเวณที่อยู่ตอนในๆ เข้าไปในแผ่นดิน

วิธีการวัดค่าความร้อนจำเพาะ

วิธีการวัดค่าความร้อนจำเพาะของของแข็งและของเหลวอย่างง่าย ๆ กระทำได้โดยใช้สารที่ต้องการวัดค่าความร้อนจำเพาะลงในน้ำที่ทราบมวลและอุณหภูมิ จากนั้นทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิปรับตัวจนสมดุลจึงวัดค่าอุณหภูมิอีกครั้ง ทั้งนี้จะคิดว่าปริมาณของงานเชิงกลไม่เกิดขึ้นในขบวนการ และจากหลักการอนุรักษ์พลังงานจะได้ว่าความร้อนของวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงต้องสูญเสียไปเท่ากับความร้อนที่น้ำได้รับเพิ่มขึ้น ดังนั้นถ้า m_x เป็นมวลของสารที่ต้องการวัดค่าความร้อนจำเพาะ ซึ่งสมมติให้เป็น s_x และ t_x เป็นอุณหภูมิเริ่มต้นของสาร ในทำนองเดียวกัน ถ้าให้ m_w , s_w และ t_w เป็นมวล ความร้อนจำเพาะและอุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ ตามลำดับ ถ้า T เป็นอุณหภูมิเมื่อระบบอยู่ในสมดุลความร้อนจาก สมการ $s = Q / m \Delta t$ พบว่าความร้อนที่น้ำได้รับคือ $m_w s_w (t - t_w)$ และความร้อนที่สารสูญเสียไปคือ $m_x s_x (t_x - t)$ สมมติว่าระบบไม่มีการสูญเสียความร้อนเลย จากหลักการอนุรักษ์พลังงานจะได้

$$\begin{aligned} \text{ความร้อนลด} &= \text{ความร้อนเพิ่ม} \\ m_w s_w (t - t_w) &= m_x s_x (t_x - t) \end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad s_x = \frac{m_w s_w (t - t_w)}{m_x (t_x - t)}$$

ตัวอย่าง โลหะชิ้นใหญ่มวล 50 กรัม ทำให้อ่อนจนมีอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ใส่ลงในน้ำมวล 400 กรัม ซึ่งมีอุณหภูมิเริ่มต้น 20 องศาเซลเซียส ปรากฏว่าเมื่อระบบอยู่ในสมดุลความร้อนวัดอุณหภูมิได้เท่ากับ 22.4 องศาเซลเซียส จงหาความร้อนจำเพาะของโลหะชิ้นนี้

$$\text{วิธีทำ} \quad s_x = \frac{(400\text{g})(1\text{cal/g} \cdot ^\circ\text{C})(22.4 - 20^\circ\text{C})}{(50\text{g})(200 - 22.4^\circ\text{C})}$$

$$s_x = 0.108 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

1.3.2 ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะ

เนื้อหาของการความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะ ผู้วิจัยได้ศึกษาและรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้องจากผลงานการศึกษานักวิชาการดังนี้ ก่องกัญจน์ ภัทรกาญจน์และธนากาญจน์ ภัทรกาญจน์ (2529 : 224 - 242) ; ทวี ฉิมอ้อยและมนู เพ็ญพุ่ม (2541 : 303 -305) ; วิจิต ฤทธณภูมิ (2536 :177 - 181) ; สมพงษ์ ใจดี (2543 : 217 - 223) ; อนันตสิน เตชะกำพุช พิศิษฐ์ รัตนวรารักษ์และพรชัย พัทธินทร์ (2535 : 247 - 276) รวมทั้งเอกสารและแบบเรียนที่เกี่ยวข้องกับวิชาฟิสิกส์ โดยสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

สถานะ (State) หมายถึง สภาวะหรือภาวะของสารในขณะหนึ่ง สารสามารถอยู่ได้ 3 สถานะด้วยกัน ดังนี้

1) สถานะของแข็ง (Solid state) เช่น หิน แก้ว ของแข็งมีรูปร่างและปริมาตรที่แน่นอนไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ง่าย อนุภาคของของแข็งจะอยู่กันอย่างเปียดชิด และยึดกันอยู่อย่างเหนียวแน่น

2) สถานะของเหลว (Liquid state) เช่น น้ำ ปรอท รูปร่างของของเหลวขึ้นอยู่กับภาชนะที่บรรจุและปริมาตรจะคงที่ไม่่ว่าจะเปลี่ยนรูปร่างของภาชนะที่บรรจุไปอย่างไร อนุภาคของของเหลวจะเคลื่อนไหวไปมาและอยู่ชิดกัน

3) สถานะก๊าซ (Gas state) เช่น อากาศ รูปร่างและปริมาตรเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับภาชนะที่บรรจุอนุภาคของก๊าซจะอยู่กันอย่างอิสระ และอยู่ห่างจากกัน

สารอาจจะเปลี่ยนจากสถานะหนึ่งไปเป็นอีกสถานะหนึ่งได้ เช่น เมื่อใส่ก้อนน้ำแข็งลงในน้ำกาแฟ จะพบว่าน้ำกาแฟเย็นอยู่ได้หลายนาทีในขณะที่ก้อนน้ำแข็งค่อยๆละลายไป แสดงว่าของแข็งคือ น้ำแข็งเกิดการเปลี่ยนสถานะไปเป็นของเหลว คือน้ำ ถ้านำก้อนน้ำแข็งอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มาตั้งทิ้งไว้จนน้ำแข็งละลายหมดแล้ว วัดอุณหภูมิของน้ำได้ 0 องศาเซลเซียส เช่นกัน คือของแข็งเกิดการเปลี่ยนสถานะไปโดยที่อุณหภูมิของมันไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปด้วย เมื่อนำน้ำจำนวนนี้ไปต้มต่อไป น้ำจะรับพลังงานความร้อนแล้วมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึง 100 องศาเซลเซียส น้ำจะกลายเป็นไอน้ำโดยมีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสคงที่ แสดงว่าน้ำรับความร้อนแล้วเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นไอน้ำโดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง ในทางตรงข้ามถ้าไอน้ำที่ 100 องศาเซลเซียส คายพลังงานความร้อนออกมาโดยอุณหภูมิคงที่ ไอน้ำก็จะกลายเป็นน้ำเดือดที่ 100 องศาเซลเซียส ในทำนองเดียวกันน้ำแข็ง 0 องศาเซลเซียส เมื่อคายความร้อนออกแล้วก็จะกลายเป็นน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส เป็นต้น แสดงให้เห็นว่าการที่สารใดจะเปลี่ยนสถานะไปได้นั้นจำเป็นต้องได้รับพลังงานความร้อนคือคายพลังงานความร้อนออกมาจำนวนหนึ่ง ดังนั้นการเปลี่ยนสถานะของวัตถุหรือสารจึงแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

(1) วัตถุในสถานะของแข็งกลายเป็นของเหลวและวัตถุในสถานะของเหลวกลายเป็นของแข็ง

สสารที่อยู่ในสถานะที่เป็นของแข็งโมเลกุลจะอยู่ชิดกัน มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลที่แข็งแรง เมื่อวัตถุได้รับความร้อนจะทำให้วัตถุมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันจะทำให้โมเลกุลของวัตถุเคลื่อนไหวเร็วขึ้น หรือมีพลังงานจลน์ของโมเลกุลเพิ่มขึ้น ถ้าวัตถุนั้นได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นอีกจะทำให้โมเลกุลมีพลังงานจลน์มากขึ้น จนทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลไม่สามารถยึดมันไว้ในขอบเขตจำกัดเดิมต่อไปได้ โมเลกุลจึงอยู่ห่างกันมากขึ้นวัตถุจะเปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นของเหลว เรียกการเปลี่ยนแปลงนี้ว่า การกลายเป็นของเหลวหรือการหลอมเหลว ในขณะที่มีการเปลี่ยนสถานะนี้อุณหภูมิของวัตถุจะคงที่ อุณหภูมิที่วัตถุใช้เปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นของเหลว เรียกว่า จุดหลอมเหลว และความร้อนที่วัตถุได้รับเข้าไปจะเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์มีผลให้โมเลกุลอยู่ห่างกันมากขึ้น ส่วนการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นของแข็งของวัตถุเป็นกระบวนการกลับกันกับการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นของเหลว โดยเกิดจากของเหลวเมื่อถ่ายเทความร้อนออกมาหรือลดอุณหภูมิลงตามลำดับจนถึงอุณหภูมิหนึ่ง ของเหลวจะเปลี่ยนสถานะกลายเป็นของแข็ง เรียกการเปลี่ยนแปลงนี้ว่า การกลายเป็นของแข็งหรือการเยือกแข็ง อุณหภูมิที่สสารเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นของแข็ง เรียกว่า จุดเยือกแข็ง (Freezing point) โดยอุณหภูมิที่เกิดการเปลี่ยนสถานะทั้งสองกรณีสำหรับวัตถุชนิดหนึ่งๆ จะเป็นอุณหภูมิเดียวกันแต่เรียกชื่อต่างกัน สำหรับปริมาณความร้อนที่วัตถุรับเข้าไปหรือถ่ายเทออกมา เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนสถานะโดยไม่ทำให้อุณหภูมิของวัตถุเปลี่ยนแปลง เรียกว่า ความร้อนแฝง (Latent heat)

ความร้อนแฝง (Latent heat) หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของวัตถุที่มีมวลหนึ่งหน่วยจากสถานะหนึ่งเป็นอีกสถานะหนึ่งโดยอุณหภูมิของวัตถุคงที่ ใช้สัญลักษณ์ L เช่น ความร้อนแฝงของน้ำมีค่า 80 แคลอรีต่อกรัม หมายความว่า ถ้าน้ำแข็งมวล 1 กรัม ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส หลอมเหลวกลายเป็นน้ำทั้งหมด ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง) ต้องใช้ความร้อนในการหลอมเหลวปริมาณ 80 แคลอรี ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวโดยที่อุณหภูมิคงที่ เรียกว่า ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว และปริมาณความร้อนที่ของเหลวถ่ายเทออกมาเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็งโดยที่อุณหภูมิคงที่ เรียกว่า ความร้อนแฝงของการเยือกแข็ง

ค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของวัตถุชนิดต่างๆ พบว่า วัตถุต่างชนิดกันแม้มีมวลเท่ากันเมื่อทำให้เกิดการหลอมเหลวจะใช้ปริมาณความร้อนต่างกัน วัตถุใดที่ต้องใช้ปริมาณความร้อนมากในการเปลี่ยนสถานะ วัตถุนั้นจะมีค่าความร้อนแฝงสูง ดังแสดงในตาราง 4

(2) วัตถุในสถานะของเหลวกลายเป็นไอและวัตถุในสถานะไอเกิดการควบแน่นเป็นของเหลว

การกลายเป็นไอ หมายถึง การที่ของเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นไอ ซึ่งเกิดจากการที่ของเหลวได้รับความร้อนทำให้มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น โมเลกุลมีการเคลื่อนไหวเร็วขึ้นจนทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของของเหลว ไม่สามารถจะยึดให้โมเลกุลอยู่ในขอบเขตจำกัดในสถานะของเหลวได้ จึงทำให้โมเลกุลแยกตัวออกห่างจากกันมาก ฟุ้งกระจายออกไปกลายเป็นไอ ปริมาณความร้อนที่ทำให้ของเหลวมวล 1 หน่วย เปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอทั้งหมดโดยอุณหภูมิกคงที่ เรียกว่า ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ

การกลายเป็นไอของของเหลวเกิดได้ 2 กรณี คือ ถ้าการกลายเป็นไอของของเหลวเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ และเกิดขึ้นที่เฉพาะผิวหน้าที่อุณหภูมิใดๆ เรียกว่า การระเหย แต่ถ้าของเหลวกลายเป็นไอย่างรวดเร็วจนและเกิดขึ้นเกือบพร้อมกันทุกส่วนเนื่องจากเมื่อของเหลวได้รับความร้อน อุณหภูมิก็จะเริ่มสูงขึ้นเพราะฉะนั้นความดันไอก็อึดตัว ก็จะเพิ่มขึ้นด้วยจนในที่สุดความดันไอก็อึดตัวจะเท่ากับความดันบรรยากาศภายนอก เมื่อถึงขั้นนี้แล้วความร้อนที่เพิ่มเข้าไปอีกจะทำให้เกิดฟองของไภายในเนื้อของเหลวและลอยขึ้นมาสู่ผิวของเหลว ขบวนการนี้เรียกว่า การเดือด (Boiling) และจุดที่อุณหภูมิของของเหลวเกิดการเดือดหรือมีความดันไเท่ากับความดันบรรยากาศภายนอก เรียกว่า จุดเดือด (Boiling point) โดยในขณะที่ของเหลวเดือดกลายเป็นไอุณหภูมิจะคงที่จนกว่าของเหลวจะกลายเป็นไทั้งหมด ของเหลวแต่ละชนิดจะมีจุดเดือดไม่เท่ากัน ที่ความดันของอากาศเท่ากัน เช่น ที่ความกดดัน 1 บรรยากาศ (760 mm Hg) น้ำเดือดที่ 100 องศาเซลเซียส ในขณะที่เบนซิลเดือดที่ 80 องศาเซลเซียส เนื่องจากความดันบรรยากาศไม่คงที่เท่าเดิมตลอดเวลา จุดเดือดของน้ำและสารอื่นๆ จึงเปลี่ยนไปวันต่อวัน ดังจะเห็นได้จากตาราง 3

ตาราง 3 แสดงจุดเดือดของน้ำ ณ ความดันต่างๆ

จุดเดือด ($^{\circ}\text{C}$)	ความดันไอ (1 mm Hg)	จุดเดือด ($^{\circ}\text{C}$)	ความดันไอ (1 mm Hg)
0	4.58	100	760
5	6.51	120	1490
10	8.94	140	2710
15	12.67	160	4630
20	17.5	180	7510
40	55.1	200	11650
60	149	220	17390
80	355		

ที่มา : ก่องกัญจน์ ภัทรกาญจน์ ธนกาญจน์ ภัทรกาญจน์และสิริวัฒน์ ภัทรกาญจน์. (2525)

ฟิลิกส์ระดับต้น : 231

จากตาราง 3 แสดงให้เห็นว่าถ้าความกดดันของอากาศลดลงจะทำให้จุดเดือดของน้ำลดลงไปจากเดิมที่ความดัน 1 บรรยากาศ แต่ถ้าความกดดันของอากาศเพิ่มขึ้นจุดเดือดของน้ำจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยจุดเดือดของน้ำจะเปลี่ยนไป 1 องศาเซลเซียส ถ้าความกดดันของอากาศเปลี่ยนไป 27 มิลลิเมตรของปรอท ดังนั้นถ้าต้มน้ำในหม้อที่ปิดมิดชิดไม่ให้ไอน้ำออกหรือออกได้เพียงบางส่วน ความดันภายในหม้อจะทำให้ น้ำเดือดได้ยากหรือมีจุดเดือดสูงขึ้น จึงได้นำหลักการในข้อนี้ไปทำเป็นหม้อตุ๋นอาหารหรือหม้อต้มความดัน เมื่ออุณหภูมิของน้ำเดือดขึ้นอยู่กับความดันที่มีอยู่บนผิวน้ำ ดังนั้นถ้าเพิ่มความดันน้ำจะเดือดที่อุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งอาหารจะได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงมากจนสุกและเปื่อย เช่นเดียวกับที่ยอดเขาเอเวอเรสต์ซึ่งเป็นยอดเขาที่สูงที่สุดในโลก (8,890 เมตร) มีความดันเพียง 1 ใน 3 ของความดันบรรยากาศมาตรฐาน (760 mm Hg) ที่ยอดเขานี้ น้ำเดือดจะมีอุณหภูมิ 27°C จึงเห็นได้ว่า อาหารที่หุงต้มบนยอดเขาด้วยหม้อธรรมดาจะสุกช้ากว่าปกติหรืออาจไม่สุกเลยก็ได้ หม้อต้มด้วยความดันจึงช่วยนักไต่เขาในเรื่องการหุงต้มอาหารได้เป็นอย่างดี

การควบแน่น หมายถึง การที่ไอน้ำเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว เกิดจากไอน้ำอุณหภูมิลดลงทำให้โมเลกุลที่กระจัดกระจายนั้นหดตัวเข้ามาอยู่ชิดกันมากขึ้นและมีการเคลื่อนไหวน้อยลง จนทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของไอน้ำเข้ามาอยู่ชิดกันมากขึ้น และเปลี่ยนสถานะจากไอน้ำเป็นของเหลว ถ้าไอน้ำมีมวล 1 หน่วย ถ่ายเทความร้อนออกจนทำให้เกิดการควบแน่นกลายเป็นของเหลวทั้งหมดโดยอุณหภูมิกำลังที่ ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทออกนี้ เรียกว่า ความร้อนแฝงของการควบแน่น

การคำนวณหาค่าความร้อนแฝงสำหรับการเปลี่ยนสถานะแทนด้วยสัญลักษณ์ต่างๆ
ดังต่อไปนี้

เมื่อ Q แทน ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของสาร
 m แทน มวลของสาร
 L แทน ความร้อนแฝงสำหรับการเปลี่ยนสถานะ

จากนิยามของความร้อนแฝงจะได้ว่า

สารมวล 1 หน่วย เมื่อเปลี่ยนสถานะทั้งก่อนต้องใช้ความร้อน L หน่วย

สารมวล m หน่วย เมื่อเปลี่ยนสถานะทั้งก่อนต้องใช้ความร้อน mL หน่วย

สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Q = mL$$

ของเหลวแต่ละชนิดเมื่อทำให้กลายเป็นไอจะมีค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอบางตัวต่างกัน
ดังแสดงในตาราง 4

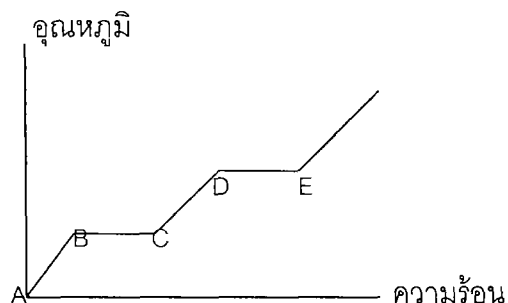
ตาราง 4 แสดงค่าความร้อนแฝงของสารบางชนิด

สาร	จุดหลอมเหลว ($^{\circ}\text{C}$)	ความร้อนแฝงของ การหลอมเหลว (cal/g , kcal/kg)	จุดเดือด ($^{\circ}\text{C}$)	ความร้อนแฝงของ การกลายเป็นไอ (cal/g , kcal/kg)
ออกซิเจน	-218.8	3.3	-183	51
เอทิลแอลกอฮอล์	-114	25	78	204
แอมโมเนีย	-75	108	-33	327
ปรอท	-39	2.8	357	70
น้ำ	0	80	100	540
ตะกั่ว	327	5.9	1750	208
อะลูมิเนียม	660	90	2450	2720
เงิน	960	21	2193	558
ทองแดง	1083	32	2300	1211
ยูเรเนียม	1133	20	3900	454
ทังสเตน	3410	44	5900	1150

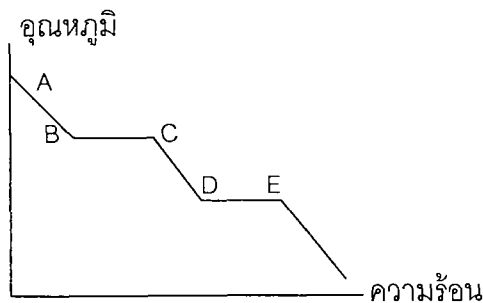
ที่มา : วิจิต กฤษณภูมิ. (2536) ฟิสิกส์เบื้องต้นและพื้นฐาน : 178

จากการเปลี่ยนสถานะดังกล่าวข้างต้นเมื่อใช้การรับความร้อนและการคายความร้อนในการอธิบายสามารถสรุปการเปลี่ยนสถานะออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

- (1) เมื่อมีการรับความร้อน เกิดการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นของเหลวและของเหลวกลายเป็นไอ
- (2) เมื่อมีการคายความร้อน เกิดการเปลี่ยนสถานะจากไอควบแน่นกลายเป็นของเหลวและของเหลวกลายเป็นของแข็ง



รูป ก เมื่อมีการรับความร้อน



รูป ข เมื่อมีการคายความร้อน

ภาพประกอบ 3 แสดงกราฟการเปลี่ยนอุณหภูมิเมื่อมีการรับหรือคายความร้อน

จากภาพประกอบ 3 รูป ก เมื่อมีการรับความร้อนอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้น โมเลกุลของแข็งมีพลังงานจลน์เพิ่มขึ้นดังเส้น AB ทำให้โมเลกุลสั่นมากจนในที่สุดเมื่อได้รับความร้อนเพียงพอถึงจุด B โมเลกุลจะหลุดออกจากโครงผลึก นั่นคือของแข็งเกิดการหลอมเหลวอุณหภูมิ ณ จุด B เรียกว่า จุดหลอมเหลว ระหว่างที่ของแข็งหลอมเหลวดังเส้น BC อุณหภูมิคงที่ เพราะความร้อนส่วนที่เพิ่มเข้าไปอีก ถูกใช้ในการทำลายแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลจนของแข็งหลอมเหลวหมดที่จุด C ปริมาณความร้อนในช่วง BC จึงเป็นความร้อนแฝงของการหลอมเหลวและถ้าให้ความร้อนต่อไปจนถึงจุด D ของเหลวเริ่มเดือดเรียกอุณหภูมิที่จุด D ว่าจุดเดือด ในระหว่างของเหลวเดือดดังเส้น DE อุณหภูมิคงที่จนของเหลวกลายเป็นไหมดังเส้น DE ปริมาณความร้อนในช่วงเส้น DE คือ ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ และถ้าเพิ่มความร้อนต่อไปอุณหภูมิของไอจะเพิ่มขึ้นกราฟที่ได้ เรียกว่า กราฟการเพิ่มความร้อน (Heating curve) ในทางตรงกันข้ามดังภาพประกอบ 3 รูป ข เมื่อมีการคายความร้อนอุณหภูมิจะลดลงดังเส้น AB พลังงานจลน์ของโมเลกุลจะลดลงจนถึงจุด B เท่ากับจุดเดือดระหว่างก๊าซควบแน่นดังเส้น BC อุณหภูมิคงที่จนถึงจุด C ซึ่งก๊าซควบแน่นเป็นของเหลวหมด ความร้อนในช่วง BC ที่ถูกดึงออกไปจึงเท่ากับความร้อนของการกลายเป็นไแต่จะตรงข้ามกับในกรณีรูป ก และเมื่อมีการคายความร้อนต่อไปจนถึงจุด D ของเหลวจะเริ่มตกผลึก เรียกว่า จุดเยือกแข็ง ซึ่งเป็นอุณหภูมิเดียวกันกับจุดหลอมเหลว ปริมาณความร้อนในช่วง DE คือ ความร้อนของการ

หลอมเหลวแต่จะตรงข้ามกับในกรณีรูป ก ถ้าให้ของเหลวคายความร้อนต่อไปอีกอุณหภูมิจะลดลงต่อไป กราฟที่ได้เรียกว่า กราฟการเย็นตัว (Cooling curve)

1.3.3 ความร้อนกับการขยายตัว

เนื้อหาเกี่ยวกับความร้อนกับการขยายตัว ผู้วิจัยได้ศึกษาและรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้องจากผลงานการศึกษาของนักวิชาการดังนี้ ก่องกัญจน์ ภัทรกาญจน์และธนกาญจน์ ภัทรกาญจน์ (2529 : 224-242) ; ทวี จิมอ้อยและมนู เฟื่องฟุ้ง (2541 : 293 -297) ; วิจิต กฤษณภูมิ (2536 : 169 - 209) ; สมพงษ์ ใจดี (2543 :195 - 198) รวมทั้งเอกสารและแบบเรียนที่เกี่ยวข้องกับวิชาฟิสิกส์ โดยสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

สสารทั้งของแข็ง ของเหลวและก๊าซเมื่อได้รับความร้อน จะทำให้เกิดการขยายตัวมีขนาดเพิ่มขึ้น จึงทำให้ความหนาแน่นของวัตถุลดลง ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

การขยายตัวของของแข็ง

การขยายตัวของของแข็งเกิดขึ้นเมื่อของแข็งได้รับความร้อน แต่จะขยายตัวได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุโดยที่มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่าๆ กัน สำหรับวัตถุชนิดเดียวกัน ถ้ามีความยาวเดิมเท่ากันเมื่อทำให้มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่าๆ กัน การขยายตัวของของแข็งจะขยายออกไปทุก ๆ ด้าน แต่ถ้าพิจารณาการเปลี่ยนแปลงเฉพาะด้านใดด้านหนึ่งในหนึ่งมิติ เรียกว่า การขยายตัวตามเส้น ถ้าพิจารณาด้านกว้างด้านยาวหรือเป็นสองมิติ เรียกว่า การขยายตัวตามพื้นที่ และถ้าพิจารณาการเปลี่ยนแปลงในทุกๆด้าน หรือเป็นสามมิติ เรียกว่า การขยายตัวตามปริมาตร

เมื่อพิจารณาถึงการขยายตัวตามเส้นของวัตถุ เพื่อจะเปรียบเทียบว่า วัตถุใดมีการขยายตัวได้มากหรือน้อยกว่ากันนั้น จะเปรียบเทียบเมื่อวัตถุเดิมมีความยาวเริ่มต้นเท่ากัน L_0 ที่อุณหภูมิ t_0 แล้วทำให้มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่ากัน t วัตถุมีความยาว L ดังนั้นความยาวที่เพิ่มขึ้น $\Delta L = L - L_0$ หน่วย และอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น $\Delta t = t - t_0$ จากการทดลองพบว่า

$$\begin{aligned} \frac{\Delta L}{L_0} &\propto \Delta t \\ \text{ดังนั้น} \quad \frac{\Delta L}{L_0} &= \alpha \Delta t \\ \text{หรือ} \quad \Delta L &= \alpha L_0 \Delta t \end{aligned}$$

ในเมื่อ α เป็นค่าคงที่ที่ดังนั้นความยาวที่เปลี่ยนไปจึง เรียกว่า สัมประสิทธิ์การขยายตัวตามเส้น (Coefficient of linear expansion) มีหน่วยเป็นต่อองศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามเส้น สำหรับสารบางชนิดแสดงไว้ในตาราง 5 ดังนี้

ตาราง 5 แสดงสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามเส้นและสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตรของสารบางชนิด

สาร	สัมประสิทธิ์การขยายตัว เชิงเส้น ($1/^{\circ}\text{C}$)	สาร	สัมประสิทธิ์การขยายตัว เชิงปริมาตร $\beta (1/^{\circ}\text{C})$
อะลูมิเนียม	22×10^{-6}	อะลูมิเนียม	75×10^{-6}
ทองเหลือง	18×10^{-6}	เหล็กกล้า	35×10^{-6}
ทองแดง	16×10^{-6}	ทองแดง	51×10^{-6}
แก้ว (ไพเรก)	3.2×10^{-6}	ตะกั่ว	87×10^{-6}
อินวาร์	0.7×10^{-6}	ยางสน	90×10^{-6}
ตะกั่ว	28×10^{-6}	เอทิลแอลกอฮอล์	112×10^{-6}
พลาสติก	9×10^{-6}	เบนซิน	124×10^{-6}
เหล็กกล้า	11×10^{-6}	อะซีโตน	15×10^{-6}
ทังสเตน	4.4×10^{-6}	ปรอท	180×10^{-6}
สังกะสี	35×10^{-6}	ก๊าซโซลีน	950×10^{-6}

ที่มา : สมพงษ์ ใจดี. (2543) ฟิสิกส์มหาวิทยาลัย 2 : 196

จากความจริงที่ว่าของแข็งมีการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนนี้ ทำให้นำเอาไปใช้ให้เป็นประโยชน์ได้หลายประการ เช่น

- (1) ทันตแพทย์จะเลือกสารที่มีอัตราการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนได้เท่าเทียมกันกับฟันเพื่อนำสารนั้นมาใช้ในการอุดฟัน
- (2) ลูกสูบอะลูมิเนียมของเครื่องยนต์จะต้องทำให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่ากระบอกสูบมากพอที่จะไม่ขยายตัวจนคับกระบอกสูบและเครื่องยนต์หยุดทำงาน
- (3) วิศวกรจะใช้เหล็กที่มีอัตราการขยายตัวได้เท่ากับคอนกรีตเพื่อใช้ในการก่อสร้าง
- (4) รางรถไฟต้องเว้นช่องว่างที่หัวรางเอาไว้ เพื่อเมื่อรางมีการขยายตัวแล้วจะไม่ชนกันจนโค้งงอจะอาจทำให้เกิดรถไฟตกรางได้
- (5) การนำทังสเตนมาทำเป็นไส้หลอดไฟฟ้าจะทำให้หลอดใช้งานได้นานกว่าทำด้วยโลหะชนิดอื่น ทั้งนี้เพราะทังสเตนมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามเส้นเท่ากับแก้วที่ใช้ทำหลอดไฟ ดังนั้น ขณะที่แก้วและทังสเตนได้รับความร้อนจะขยายตัวออกได้เท่าเทียมกัน หลอดไฟจึงไม่แตก

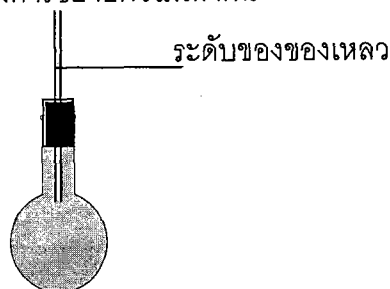
(6) ในการทำความสะอาดหลอดและเข็มฉีดยาโดยการต้มหรือหนึ่งจะต้องถอดเข็มฉีดยาออกจากหลอด ฉีดเสียก่อน เพราะหลอดฉีดยามักทำด้วยแก้วส่วนเข็มฉีดยาทำด้วยโลหะ เมื่อต้มหรือหนึ่งแล้วปล่อยให้เย็นลงเข็มฉีดยาจะคายความร้อนและหดตัวได้เร็วกว่าก็จะบีบหลอดฉีดยาให้แตกได้

(7) เครื่องมือเครื่องใช้ส่วนมากในห้องปฏิบัติการต่าง ๆ มักทำด้วยแก้วไพเรก ซึ่งมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามเส้น (α) ต่ำ คือประมาณ $3.2 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ ดังนั้นแก้วไพเรคจึงทนความร้อนได้ดีกว่าแก้วธรรมดา เมื่อเทน้ำร้อนลงไปในแก้วหนาๆ แก้วจะแตกหรือร้าวได้เพราะเมื่อด้านในของแก้วได้รับความร้อนก็จะขยายตัวออก แก้วมีการนำความร้อนได้ไม่ดีนักจึงทำให้ผิวด้านนอกยังคงเย็นกว่าด้านใน ดังนั้นการใช้แก้วบางกับของร้อนๆ จะดีกว่าแก้วหนา เพราะทั้ง 2 ด้านของแก้วจะมีการขยายตัวได้ด้วยอัตราที่สมดุลกัน

(8) การใช้แผ่นโลหะสองชนิดที่มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวต่างกัน เช่น ใช้แผ่นอะลูมิเนียม และแผ่นเหล็กมาเชื่อมติดกันไว้ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นโลหะทั้งสองแผ่นนี้จะขยายตัวออกไม่เท่ากัน ทำให้โลหะทั้งคู่โค้งงอ แผ่นโลหะคู่ที่มีสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวตามเส้นแตกต่างกันเหล่านี้มักจะถูกนำไปใช้ในเทอร์มอสตาร์ทและเครื่องมือที่มีการควบคุมอุณหภูมิอื่นๆ เช่น ในการควบคุมอุณหภูมิของเตารีด หม้อต้มน้ำ เครื่องทำความร้อน เทอร์มอมิเตอร์แบบขึ้นโลหะประกบคู่

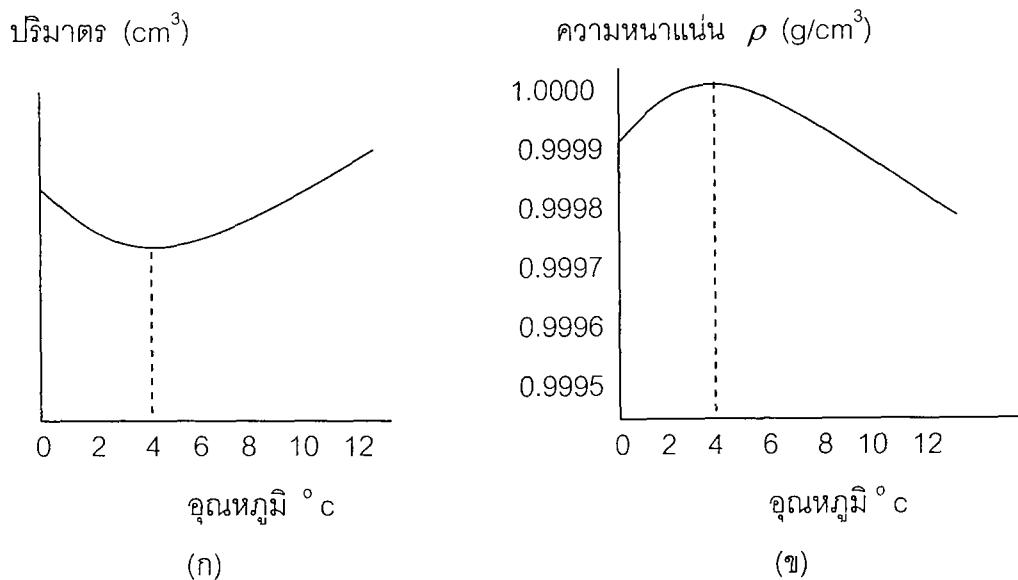
การขยายตัวของของเหลว

โดยทั่วไปปริมาตรของของเหลวจะขยายตัวเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตร ดังแสดงในตาราง 4 เหล็กจะมีค่ามากกว่าของแข็ง 10 เท่า เช่น เห็นได้จากเทอร์มอมิเตอร์ปรอทและเทอร์มอมิเตอร์ที่บรรจุของเหลวอื่น การขยายตัวของของเหลวอาจทดลองให้เห็นจริงได้โดยใช้ขวดแก้วรูปชมพู่พร้อมด้วยจุกยางที่มีรูสำหรับเสียบหลอดแก้ว ดังภาพประกอบ 4 ใส่น้ำหรือของเหลวอื่นให้เต็มขวดปิดจุกยางที่มีหลอดแก้วเสียบอยู่โดยให้ระดับของของเหลวขึ้นมาในหลอดเหนือจุกยางเล็กน้อย เมื่อนำขวดแก้วนี้จุ่มลงในอ่างน้ำอุ่น จะสังเกตเห็นว่าตอนแรกระดับของของเหลวในขวดลดลงเล็กน้อย แล้วจึงเริ่มสูงขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ระดับของเหลวที่ลดลงในตอนแรกมีสาเหตุมาจากการขยายตัวของแก้วซึ่งร้อนขึ้นและขยายตัวก่อนที่ความร้อนจะมีเวลาถูกนำผ่านแก้วเข้าไปยังของเหลว และของเหลวต่างๆ มีการขยายตัวไม่เท่ากัน



ภาพประกอบ 4 แสดงการขยายตัวของของเหลว

สารบางชนิดไม่ขยายตัวเสมอไปเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ในอุณหภูมิบางช่วงจะหดตัวลง ยกตัวอย่างเช่นน้ำ น้ำเป็นของเหลวที่ไม่เป็นไปตามที่กล่าวมาข้างต้น ถ้าพิจารณาจากกราฟระหว่าง ความหนาแน่นและอุณหภูมิของน้ำ ดังภาพประกอบ 5 พบว่าความหนาแน่นของน้ำจะเพิ่มขึ้นและมีค่ามากที่สุดที่ 4°C เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 4°C ความหนาแน่นของน้ำจะลดลง

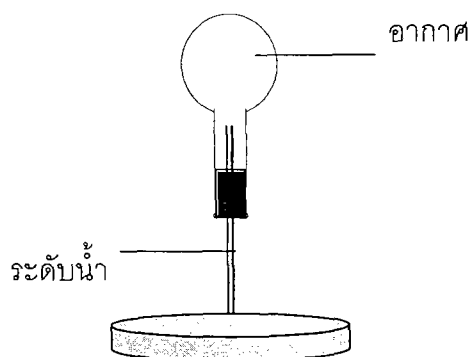


ภาพประกอบ 5 (ก) แสดงการแปรผันของปริมาตรน้ำกับอุณหภูมิ (ข) แสดงการแปรผันของความหนาแน่นกับอุณหภูมิของน้ำที่ความดันบรรยากาศ

การขยายตัวของน้ำมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต คือการขยายตัวของน้ำนี้ช่วยรักษาชีวิตสัตว์น้ำในแถบหนาวให้มีชีวิตอยู่รอดได้ ในขณะที่อุณหภูมิในสระน้ำหรือทะเลสาบจะลดต่ำลงโมเลกุลของน้ำจะหดตัวพร้อมกับเพิ่มความหนาแน่นขึ้นและจมลงสู่ด้านล่าง ดังนั้นจึงเกิดการไหลหมุนเวียนขึ้นจนกระทั่งถึงจุดที่น้ำมีความหนาแน่นมากที่สุดที่ 4°C จะอยู่ข้างบนเพราะความหนาแน่นน้อยกว่า ด้วยเหตุนี้ น้ำจะแข็งตัวที่ผิวน้ำ และหลังจากนั้นน้ำชั้นล่างลงมาถึง 4°C สามารถเสียความร้อนได้ โดยการนำน้ำจะแข็งตัวเพียงในส่วนบริเวณผิวน้ำและลึกลงไปไม่มากนัก ในส่วนที่ลึกกว่าลงไปจะมีน้ำอยู่ได้น้ำแข็งเสมอ ปลาและสิ่งมีชีวิตอื่นสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้

การขยายตัวของก๊าซ

กาลิเลโอ เป็นคนแรกที่นำเอาการขยายตัวของอากาศมาใช้ประโยชน์ เมื่อปี ค.ศ. 1592 โดยใช้วิธีอย่างง่าย สำหรับการบอกการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ เทอร์มอมิเตอร์อากาศของกาลิเลโอ ประกอบด้วยกระเปาะ มีหลอดแก้วบางๆ และยาวต่อจากกระเปาะลงไปจุ่มอยู่ในน้ำที่ใส่ภาชนะไว้ ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 แสดงแบบจำลองเทอร์มอมิเตอร์ของกาลิเลโอ

แบบจำลองของเทอร์มอมิเตอร์แบบนี้อาจทำอย่างง่ายๆโดยใช้ขวดแก้วก้นกลมพร้อมด้วยจุกยางที่มีรูสำหรับใส่หลอดแก้ว ได้ติดตั้งไว้ในแนวตั้งโดยให้ปลายหลอดจมติดอยู่ใต้ผิวน้ำในภาชนะ เมื่อเอามือวางไว้ที่ก้นขวดแก้ว ความร้อนจากมือจะทำให้อากาศข้างขวดร้อนและขยายตัว แล้วดันน้ำในหลอดแก้วต่ำลง ต่อมาเอามือออก อากาศในขวดแก้วจะหดตัวและน้ำสูงขึ้นมาในหลอด การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะทำให้ น้ำสูงขึ้นหรือต่ำลงในหลอดแก้วได้ กาลิเลโอได้แนบสเกลเข้ากับหลอดแก้วและแบ่งสเกลเป็นองศา แต่ไม่ได้วางมาตรฐานของสเกลไว้โดยใช้จุดอุณหภูมิคงที่ เทอร์มอมิเตอร์อากาศแบบนี้มีความคลาดเคลื่อนมากเพราะค่าที่อ่านได้เป็นผลเนื่องมาจากความเปลี่ยนแปลงของความดันบรรยากาศและอุณหภูมิด้วย โรเบิร์ต บอยล์ เป็นผู้ศึกษาทดลองเรื่องปริมาณของก๊าซแปรผกผันกับกับความดัน เมื่อรักษาอุณหภูมิคงที่ นักฟิสิกส์หลายท่านได้สร้างหลักเกณฑ์ที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของพลังงานกลและพลังงานความร้อนเกิดทฤษฎีเป็นใหม่ เรียกว่า ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

1.4 กฎของอุณหพลศาสตร์

เนื้อหาเกี่ยวกับอุณหพลศาสตร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาและรวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้องจากผลงานการศึกษาของนักวิชาการดังนี้ ก่องกัญจน์ ภัทรกาญจน์และธนากาญจน์ ภัทรกาญจน์ (2529 : 251 - 254) ; ทวี ฉิมอ้อยและมนู เพ็ญพุ่ม (2541 : 289 -310) ; มนตรี พิรุณเกษตร (2532 : 109 - 151) ; วิชิต กฤษณภูมิ (2536 :207 - 209); สมพงษ์ ใจดี (2543 :187,223 - 235) รวมทั้งเอกสารและแบบเรียนที่เกี่ยวข้องกับวิชาฟิสิกส์ โดยสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

กฎข้อที่ศูนย์ทางอุณหพลศาสตร์ (The Zeroth Law of Thermodynamics)

อุณหพลศาสตร์ (Thermodynamics) หมายถึง วิชาที่ว่าด้วยการใช้พลังงานความร้อนในการทำงาน หรือเป็นวิชาที่แสดงความสัมพันธ์ของพลังงานความร้อนกับพลังงานกลหรือพลังงานรูปอื่น

ในชีวิตประจำวันจะเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิตลอดอยู่เสมอๆ เช่น บางวันรู้สึกว่าอากาศร้อน บางวันอากาศเย็น เป็นต้น ความร้อนหรือความเย็นที่ประสาทสัมผัสของเรารับรู้ได้นั้น จะบอกถึงระดับของอุณหภูมิ อย่างไรก็ตามประสาทสัมผัสของคนเราไม่สามารถบอกระดับอุณหภูมิได้แม่นยำ เช่น แขน้ำในกระบอกโลหะและกระบอกพลาสติกไว้ในช่องแช่แข็งของตู้เย็น เมื่อปล่อยให้จนกระทั่งน้ำในกระบอกทั้งสองกลายเป็นน้ำแข็ง ถ้าใช้มือจับกระบอกทั้งสอง ความรู้สึกจะบอกว่ากระบอกน้ำทั้งสองนั้นมีความเย็นเท่ากัน แต่ในความเป็นจริงแล้วกระบอกทั้งสองจะมีอุณหภูมิที่ต่างกันเพียงเล็กน้อยได้ ดังนั้น เพื่อที่จะบอกถึงความแตกต่างกัน เพราะว่าโลหะจะนำความร้อนได้ดีกว่าพลาสติก แต่ประสาทสัมผัสของคนเราไม่สามารถแยกแยะอุณหภูมิที่ต่างกันเพียงเล็กน้อยได้ เพื่อที่จะบอกถึงความแตกต่างของอุณหภูมิได้อย่างแม่นยำ นักวิทยาศาสตร์จึงได้สร้างเครื่องมือสำหรับวัดอุณหภูมิขึ้น เรียกว่า เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)

สมดุลความร้อน

สมมติระบบหนึ่งมีตัวแปรสถานะตัวหนึ่ง ซึ่งมีค่าเดียวทั้งระบบนั้น และค่าดังกล่าวก็คงตัวโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา เรากล่าวไว้ว่า ระบบดังกล่าวอยู่ในสมดุล (Equilibrium) ดังนั้น ระบบหนึ่งจะอยู่ในสภาวะสมดุลได้ ก็ต่อเมื่อตัวแปรสถานะต่างๆ ของระบบนั้นต้องมีค่าเอกลักษณ์ทั่วทั้งระบบและคงตัวตามเวลา เช่น น้ำในแก้วใบหนึ่งที่มีอุณหภูมิตลอดเวลา ก็ถือว่าน้ำในแก้วใบนั้นเป็นระบบสมดุล ถ้าเราจุ่มมาตรอุณหภูมิหรือเทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) อันหนึ่งซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของน้ำในแก้วใบนั้นเล็กน้อย ปรอทที่อยู่ภายในกระเปาะของมาตรอุณหภูมีย่อมสัมผัสความร้อน (Thermal contact) กับน้ำ แล้วมีการถ่ายโอนพลังงานความร้อนทำให้ปรอทขยายตัวจึงมีระดับสูงขึ้นแล้วไปหยุดอยู่ ณ ระดับหนึ่ง ขณะนี้ระบบแก้วน้ำและมาตรอุณหภูมิตั้งกลาย่อมมีสมดุลความร้อน (Thermal equilibrium) อย่างไรก็ตาม พึงระลึกว่าระบบที่เราากำลังกล่าวถึงนี้ก็อยู่ในสิ่งแวดล้อม ซึ่งย่อมมีอิทธิพลต่อสภาวะสมดุลของระบบด้วย

สมมติให้ A เป็นโลหะ B เป็นไม้ (A ร้อนกว่า B) นำวัตถุทั้งสองอันนี้ไปแตะกัน พร้อมกับเอาผ้าห่อไว้ด้วยหลังจากนั้นไปจับวัตถุทั้งสองดูใหม่จะพบว่าร้อนเย็นไม่เท่ากัน ทั้งๆ ที่ได้เปรียบเทียบสมบัติทั้งหลายของวัตถุทั้งสองแล้วพบว่ามีความเปลี่ยนแปลงไปจากตอนแรกและมีค่าคงที่แล้ว ซึ่งแสดงว่าวัตถุทั้งสองต้องมีอุณหภูมิเท่ากันแล้วแต่ความรู้สึกของเราต่อผลที่ได้ในตอนสุดท้ายที่พบว่าวัตถุทั้งสองยังมีอุณหภูมิไม่เท่ากันนั้นเกิดขึ้นได้ เพราะทั้งสองเป็นวัตถุต่างชนิดกันมีสภาพการนำความร้อน (Thermal conductivity) ต่างกัน เพราะฉะนั้นผลการทดลองนี้จึงเป็นการยืนยันว่าความรู้สึกของเราใช้เป็นเครื่องวัดอุณหภูมิได้ไม่แน่นอน

จากการที่วัตถุใดๆ มีอุณหภูมิต่างกัน เมื่อถูกนำมาสัมผัสกันทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปเป็นมีอุณหภูมิเท่ากัน เรียกสถานะของวัตถุทั้งหลายที่มีอุณหภูมิเท่ากันนี้ว่าอยู่ในสภาพสมดุลทางความร้อน (Thermal equilibrium) ซึ่งกันและกัน กล่าวอีกนัยหนึ่งคือวัตถุใดๆ ที่มีสภาพสมดุลทางความร้อน ซึ่งกันและกันแล้วย่อมต้องมีอุณหภูมิเท่ากัน

โดยทั่วไปวัตถุทั้งหลายในธรรมชาติจะอยู่ในสภาพสมดุลทางความร้อนซึ่งกันและกันได้ โดยไม่ได้สัมผัสกันโดยตรงก็มี นี่คือสัจพจน์ที่เราตั้งให้เป็นกฎข้อที่ศูนย์ของอุณหพลศาสตร์ (The zeroth law of thermodynamics) หรือเรียกสั้นๆ ว่า กฎข้อที่ 0 ซึ่งจะแสดงได้ดังนี้

พิจารณาดูตัวอย่างต่อไปนี้ เมื่อนำวัตถุ A และ B ไปสัมผัสกับวัตถุ C อันเดียวกัน ถ้าทั้ง A และ B ต่างพากันไปสู่สภาพสมดุลทางความร้อนกับ C ได้ย่อมแสดงว่า A และ B อยู่ในสภาพสมดุลทางความร้อนซึ่งกันและกันด้วย เช่น ต้องการทดสอบว่า อุณหภูมิของน้ำในบีกเกอร์ A กับน้ำในบีกเกอร์ B มีค่าเท่ากันหรือไม่ โดยอาศัยกฎข้อที่ 0 เราจะนำเทอร์มอมิเตอร์สมมติเป็นวัตถุ C ลงไปจุ่มน้ำในบีกเกอร์ A ก่อน ซึ่งในตอนแรกนั้น พบว่าระดับปรอทในเทอร์มอมิเตอร์จะค่อยๆ เปลี่ยนไปแล้วจะหยุดคงที่ เมื่ออุณหภูมิของน้ำในบีกเกอร์ A กับเทอร์มอมิเตอร์ C มีค่าเท่ากัน จากนั้นนำเทอร์มอมิเตอร์ C ไปจุ่มน้ำในบีกเกอร์ B เช่นเดียวกับที่จุ่มลงน้ำในบีกเกอร์ A ถ้าในที่นี้เราได้อ่านระดับความสูงปรอทในเทอร์มอมิเตอร์ C ทั้ง 2 ตอนนี้เท่ากัน แสดงว่าน้ำในบีกเกอร์ A กับน้ำในบีกเกอร์ B มีอุณหภูมิเท่ากัน และอยู่ในสภาพสมดุลทางความร้อนซึ่งกันและกันได้ด้วย เพราะอุณหภูมิ ของน้ำในบีกเกอร์ทั้ง 2 เท่ากันและเท่ากับอุณหภูมิของเทอร์มอมิเตอร์ C

เพราะฉะนั้น การเรียกวัตถุใดๆ ที่อยู่โดดเดี่ยวว่าเป็นวัตถุที่มีสภาพสมดุลทางความร้อนอย่างสมบูรณ์ หมายความว่า ถ้าวัตถุ A และ B ต่างก็อยู่ในสภาวะสมดุลความร้อนกับวัตถุ C แล้ว วัตถุ A และวัตถุ B จะอยู่ในสภาวะสมดุลความร้อนซึ่งกันและกัน จึงแสดงว่าระบบ 2 ระบบจะอยู่ในสมดุลความร้อนได้ ถึงแม้ว่าไม่ได้สัมผัสกันโดยตรง หากแต่ล้วนไปมีสัมผัสความร้อนกับระบบร่วมอีกระบบหนึ่ง จึงได้กล่าวไว้เป็นกฎข้อศูนย์ของอุณหพลศาสตร์ (Zeroth law of thermodynamics) ที่

สื่อความหมายถึงอุณหภูมิและความร้อนของระบบดังนี้ "ระบบ 2 ระบบที่ต่างก็มีสมดุลความร้อนกับระบบที่ 3 อีกระบบหนึ่ง ย่อมจะอยู่ในสมดุลความร้อนแก่กันและกันด้วย"

กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ (The First Law of Thermodynamics)

เมื่อทำให้วัตถุสองอันที่มีอุณหภูมิต่างกันมีการสัมผัสความร้อนกันจะทำให้วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น ในขณะที่วัตถุอีกอันหนึ่งจะมีอุณหภูมิลดลง และถ้าปล่อยไว้นานพอสมควรจะทำให้วัตถุทั้งสองอยู่ในสภาวะสมดุลความร้อนเดียวกัน เนื่องจากเกิดขบวนการถ่ายเทความร้อนระหว่างวัตถุ

ในสมัยแรกๆ เชื่อว่าความร้อนเป็นปริมาณที่ทำลายไม่ได้และเป็นสสารที่เรียกว่า "แคลอริก" (Caloric) ซึ่งสามารถส่งผ่านจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่งได้ แม้ว่าทฤษฎีแคลอริกจะประสบความสำเร็จในการอธิบายการส่งถ่ายความร้อนได้ดี แต่ในที่สุดทฤษฎีนี้ก็ต้อถูกยกเลิกไปเนื่องจากไม่สามารถอธิบายการทดลองหลายๆการทดลองได้

ปลายศตวรรษที่ 18 เบนจามิน ทอมป์สัน (Benjamin Thompson ; 1753 – 1814) ได้สังเกตพบว่ามีความร้อนปริมาณมากมายเกิดขึ้นในระหว่างการกรว้านกระบอกปืนใหญ่ และพบว่าแคลอริกจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นถ้าใช้เวลากว้านกระบอกปืนนานๆ ด้วยเหตุนี้ทอมป์สันจึงเสนอว่าแคลอริกเป็นปริมาณที่ไม่อนุรักษ์ ทำให้เขาละทิ้งทฤษฎีแคลอริกแล้วเสนอว่างานเชิงกลสามารถเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อนได้

ประมาณปลายศตวรรษที่ 19 เจมส์ เพรสคอตต์ จูล (Jame Prescott Joule) สามารถวัดปริมาณความร้อนที่เปลี่ยนมาจากพลังงานกลได้สำเร็จและสรุปว่าพลังงานกลสามารถเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อนได้อย่างสมบูรณ์ ถ้าไม่มีการสูญเสียพลังงาน

สมมติว่าสิ่งหรือหลายสิ่งที่เรากำลังศึกษา หรือเรียกว่า ระบบมีการเปลี่ยนแปลงจากสภาวะเริ่มต้น ไปยังสภาวะสุดท้าย โดยระบบได้รับความร้อนในปริมาณ Q หน่วย และระบบทำงานเป็น W ดังนั้น พลังงานภายในของระบบจะมีค่าเพิ่มขึ้น $Q + W$ จะเท่ากับการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในของระบบ ΔU นั่นคือ

$$\Delta U = Q + W$$

สมการนี้ เรียกว่า "กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์" แสดงถึงการอนุรักษ์พลังงาน ในกฎข้อนี้มีข้อควรคำนึงถึง ดังนี้ (1) ค่าต่างๆ จะต้องอยู่ในหน่วยเดียวกัน (2) Q มีเครื่องหมายเป็นบวกเมื่อความร้อนเข้าสู่ระบบ และเป็นลบถ้าระบบคายความร้อน (3) งาน W เป็นบวกถ้าระบบทำงานให้กับสิ่งแวดล้อมและเป็นลบถ้าสิ่งแวดล้อมทำงานให้กับระบบ

ถ้าระบบมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย (Infinitesimal change) หมายความว่า ปริมาณ ความร้อนเพียงเล็กน้อย dQ ทำให้เกิดการทำงานเพียงเล็กน้อย dW พลังงานภายในจะเปลี่ยนแปลงไป เป็น dU ดังนั้น

$$dU = dQ + dW$$

กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์เป็นกฎทั่วไปของการอนุรักษ์พลังงาน ที่เกี่ยวข้องกับความเป็นไปได้ของการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายใน กฎนี้เป็นสากลสามารถใช้ได้กับขบวนการทุกชนิดในธรรมชาติ ที่ดำเนินการอยู่ระหว่างสถานะสมดุล 2 สถานะ กฎข้อนี้กล่าวว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงภายในระบบ พลังงานจะต้องมีค่าคงที่

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการศึกษาแล้วนำเนื้อหาเกี่ยวกับพลังงานความร้อนมาพัฒนาเป็น บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมช่วงชั้นที่ 4 สาระที่ 5 พลังงาน เรื่อง ความร้อนและอุณหพลศาสตร์ โดยพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อนประกอบด้วย เนื้อหา 3 เรื่องจำนวน 4 บทปฏิบัติการ ดังนี้

เรื่องที่ 1 ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิประกอบด้วย 1 บทปฏิบัติการ คือ บทปฏิบัติการ เรื่อง ความจุความร้อนจำเพาะแบ่งออกเป็น 2 ตอนได้แก่ ตอนที่ 1 ความจุความร้อนจำเพาะของโลหะและตอนที่ 2 ความจุความร้อนจำเพาะของโลหะต่างชนิด

เรื่องที่ 2 ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการคือบทปฏิบัติการ เรื่อง ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวแบ่งออกเป็น 2 ตอนได้แก่ ตอนที่ 1 ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งและตอนที่ 2 ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งที่มีมวลต่างกัน เรื่อง อิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือดแบ่งออกเป็น 2 ตอนได้แก่ ตอนที่ 1 อิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือด ตอนที่ 2 ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อจุดเดือด

เรื่องที่ 3 ความร้อนกับการขยายตัวประกอบด้วย 1 บทปฏิบัติการคือบทปฏิบัติการ เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัวแบ่งออกเป็น 3 ตอนได้แก่ตอนที่ 1 ความร้อนกับการขยายตัวของของแข็ง ตอนที่ 2 ความร้อนกับการขยายตัวของของเหลว

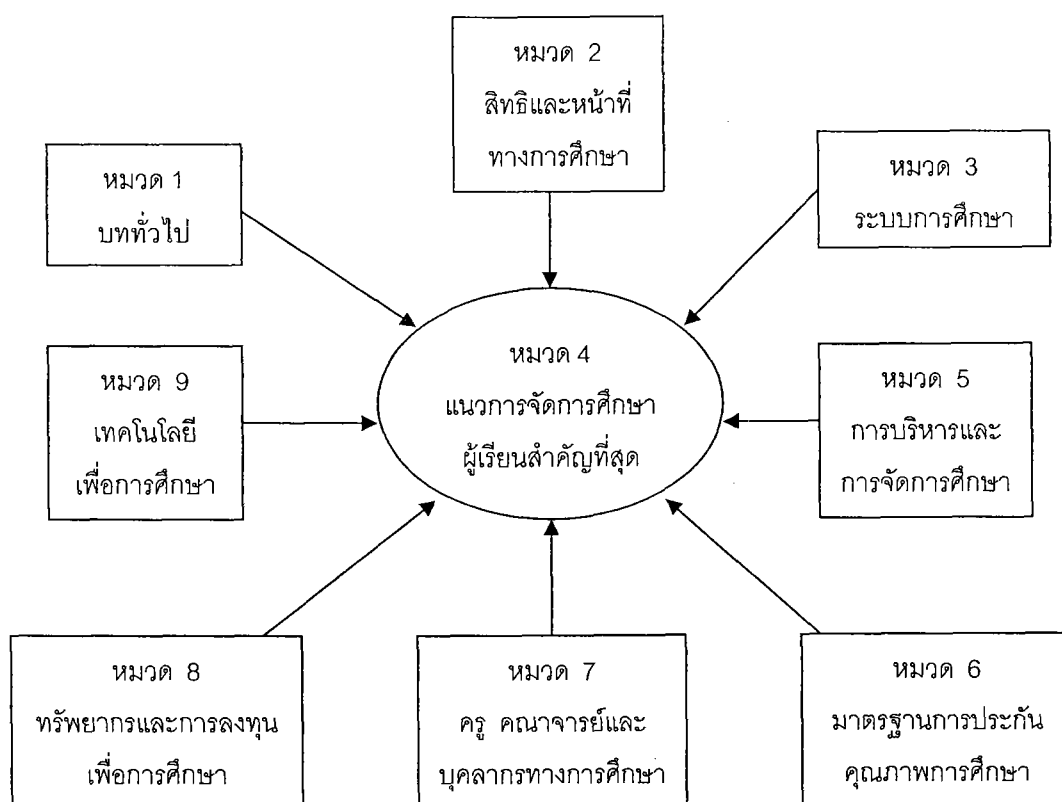
โดยผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการที่ได้ไปทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ ในทางปฏิบัติแล้วพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการสำหรับนักเรียน จากนั้นนำไปประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านเพื่อประเมินคุณภาพองค์ประกอบของบทปฏิบัติการ และนำไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มย่อยเพื่อหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริง บทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ปฏิบัติการทดลองจริง ได้ปฏิบัติด้วยตนเองได้ก่อให้เกิดผลการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และ มีเจตคติต่อบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

2. สาระสำคัญของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544

หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 จัดทำขึ้นโดยมุ่งสนองตอบหลักการสำคัญของการจัดการศึกษาตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติพุทธศักราช 2542 เพื่อเป็นหลักในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ เป็นเข็มทิศชี้แนะในการพัฒนาสังคมไทยได้อย่างยั่งยืน และนำพาประเทศชาติไปสู่ความเจริญรุ่งเรืองในอนาคตต่อไปซึ่งสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ คณะอนุกรรมการการปฏิรูปการเรียนรู้ (2543 : 7 -11) มีสาระสำคัญดังนี้

สาระสำคัญของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติพุทธศักราช 2542

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติพุทธศักราช 2542 บังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 20 สิงหาคม พ.ศ. 2542 มีผลให้เกิดการปฏิรูปการศึกษามีสาระทั้งสิ้น 9 หมวดโดยเฉพาะหมวด 4 แนวการจัดการศึกษาเป็นการปฏิรูปการเรียนรู้ที่ถือเป็นหัวใจของการปฏิรูปการศึกษา ทุกหมวดในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติจะมุ่งประโยชน์สูงสุดแก่ผู้เรียน ดังภาพประกอบ 7 (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2543 : 7)



ภาพประกอบ 7 สาระทุกหมวดในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ มุ่งสู่แนวการจัดการศึกษาที่
“ที่ผู้เรียนสำคัญที่สุด”

จากสาระสำคัญดังกล่าวพบว่า ส่วนที่สอดคล้องกับแนวทางการศึกษาวิจัย คือ หมวด 4 แนวการจัดการศึกษา

หมวด 4 แนวการจัดการศึกษา

หมวดนี้ครอบคลุมหลักการ สาระ และกระบวนการจัดการศึกษา สาระสำคัญเกี่ยวกับการเรียนรู้ที่ ผู้เรียนสำคัญที่สุด ซึ่งมีรายละเอียดตามมาตราที่ 22 , 23 , 24 และมาตรา 26 ดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2543 : 9 – 10)

มาตรา 22 : หลักการจัดการศึกษา ต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ

มาตรา 23 : สาระการเรียนรู้ เน้นความสำคัญทั้งความรู้ คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้ และบูรณาการตามความเหมาะสมของแต่ละระดับการศึกษา ในเรื่องเกี่ยวกับตนเองและความสัมพันธ์ของตนเองกับสังคม เทคโนโลยี ตลอดจนประวัติศาสตร์ความเป็นมาของสังคมไทย การเมือง และการปกครองความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรา 24 : กระบวนการเรียนรู้ ต้องจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจ ความถนัด และความแตกต่างของผู้เรียนฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาให้ผู้เรียนเรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติ ให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่านและเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง ผสมผสานสาระความรู้ด้านต่างๆอย่างสมดุล รวมทั้งปลูกฝังคุณธรรม ค่านิยมและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ไว้ทุกวิชา ผู้สอนสามารถจัดบรรยากาศสภาวะแวดล้อม สื่อการสอน อำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากสื่อและแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย พ่อแม่ ผู้ปกครอง และชุมชนมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้ตลอดเวลาทุกสถานที่

มาตรา 26 : การประเมินผลการเรียนรู้ พิจารณาจากพัฒนาการของผู้เรียน ความประพฤติ สังเกตพฤติกรรมการเรียน การร่วมกิจกรรม และการทดสอบควบคู่ไปตามความเหมาะสมของแต่ละระดับและรูปแบบการศึกษาและให้นำผลการประเมินดังกล่าวมาใช้ประกอบการพิจารณาในการจัดสรรโอกาสการเข้าศึกษาต่อโดยใช้วิธีการที่หลากหลาย

จากสาระสำคัญของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติพุทธศักราช 2542 สรุปได้ว่าการจัดการศึกษายึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้ พัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากสื่อและแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย พ่อแม่ ผู้ปกครอง และชุมชนมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้ให้เกิดขึ้นได้ตลอดเวลาทุกสถานที่ โดย

มุ่งหวังที่จะได้เห็นคนไทยที่พึงประสงค์เป็นทั้งคนดี คนเก่ง และมีความสุข ซึ่งสอดคล้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน ที่มุ่งเน้นให้ ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ทั้งด้านความรู้ มีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 มีส่วนเกี่ยวข้องที่สำคัญได้แก่ หลักการจุดมุ่งหมาย รวมถึงโครงสร้างของหลักสูตร ดังต่อไปนี้ (กรมวิชาการ. 2544 : 4 - 11)

หลักการ

เพื่อให้การจัดการศึกษาขั้นพื้นฐานเป็นไปตามแนวนโยบายการจัดการศึกษาของประเทศ จึงกำหนดหลักการของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานไว้ดังนี้

- 1) เป็นการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มุ่งเน้นความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล
- 2) เป็นการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนจะได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาคและเท่าเทียมกัน โดยสังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษา
- 3) ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาและเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต โดยถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุดสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ
- 4) เป็นหลักสูตรที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระ เวลา และการจัดการเรียนรู้
- 5) เป็นหลักสูตรที่จัดการศึกษาได้ทุกรูปแบบครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้และประสบการณ์

จุดมุ่งหมาย

หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานมุ่งพัฒนาคนไทยให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข และมีความเป็นไทย มีศักยภาพในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพ จึงกำหนดจุดมุ่งหมาย ซึ่งถือเป็นมาตรฐานการเรียนรู้ให้ผู้เรียน เกิดคุณลักษณะอันพึงประสงค์ดังต่อไปนี้

- 1) เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัยในตนเอง ปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนาหรือศาสนาที่ตนศรัทธา มีคุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมอันพึงประสงค์
- 2) มีความคิดสร้างสรรค์ ใฝ่รู้ ใฝ่เรียน รักการอ่าน รักการเขียนและรักการค้นคว้า
- 3) มีความรู้อันเป็นสากลรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงและความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาการ มีทักษะและศักยภาพในการจัดการ การสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี ปรับวิธีการคิด วิธีการทำงานได้เหมาะสมกับสถานการณ์
- 4) มีทักษะและกระบวนการ โดยเฉพาะทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิด การสร้างปัญญา และทักษะการดำเนินชีวิต

- 5) รักการออกกำลังกาย ดูแลตนเองให้มีสุขภาพดีและบุคลิกดี
- 6) มีประสิทธิภาพในการผลิตและการบริโภค มีค่านิยมเป็นผู้ผลิตมากกว่าผู้บริโภค
- 7) เข้าใจประวัติศาสตร์ของชาติไทย ภูมิใจในความเป็นไทย เป็นพลเมืองดี ยึดมั่นในวิถีชีวิตและการปกครองระบอบประชาธิปไตย อันมีพระมหากษัตริย์เป็นประมุข
- 8) มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์ภาษาไทย ศิลปะ วัฒนธรรม ประเพณี กีฬา ภูมิปัญญาไทย ทรัพยากรธรรมชาติและพัฒนาสิ่งแวดล้อม
- 9) รักประเทศชาติและท้องถิ่น มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามให้สังคม

โครงสร้าง

เพื่อให้การจัดการศึกษาเป็นไปตามหลักการ จุดหมาย และมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ให้สถานศึกษา และผู้ที่เกี่ยวข้องมีแนวปฏิบัติในการจัดหลักสูตรสถานศึกษา จึงได้กำหนดโครงสร้างของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานไว้ ดังนี้

- 1) ระดับช่วงชั้น กำหนดหลักสูตรเป็น 4 ช่วงชั้นตามระดับพัฒนาการของผู้เรียนดังนี้
 - ช่วงชั้นที่ 1 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 – 3
 - ช่วงชั้นที่ 2 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 – 6
 - ช่วงชั้นที่ 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 3
 - ช่วงชั้นที่ 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6
- 2) สาระการเรียนรู้ กำหนดสาระการเรียนรู้ตามหลักสูตรซึ่งประกอบด้วยองค์ความรู้ ทักษะหรือกระบวนการเรียนรู้และคุณลักษณะหรือค่านิยม คุณธรรม จริยธรรม ของผู้เรียนเป็น 8 กลุ่มซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญที่ ผู้เรียนทุกคนต้องเรียนรู้โดยจัดเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่มแรกประกอบด้วย ภาษาไทย คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และสังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม เป็นสาระการเรียนรู้ที่สถานศึกษาต้องใช้เป็นหลักการในการจัดการเรียนการสอนเพื่อสร้างพื้นฐานการคิด และเป็นกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาและวิกฤติของชาติ กลุ่มสองประกอบด้วย สุขศึกษาและพลศึกษา ศิลปะ การงาน อาชีพและเทคโนโลยี และภาษาต่างประเทศเป็นสาระการเรียนรู้ที่เสริมสร้างพื้นฐานและสร้างศักยภาพในการคิดและการทำงานอย่างสร้างสรรค์

3) มาตรฐานการเรียนรู้ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานกำหนดมาตรฐานการเรียนรู้ตามกลุ่มสาระการเรียนรู้ 8 กลุ่มที่เป็นข้อกำหนดคุณภาพผู้เรียนด้านความรู้ ทักษะ กระบวนการ คุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมของแต่ละกลุ่ม เพื่อใช้เป็นจุดมุ่งหมายในการพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะที่พึงประสงค์ซึ่งกำหนดเป็น 2 ลักษณะ คือ

3.1 มาตรฐานการเรียนรู้ การศึกษาขั้นพื้นฐาน เป็นมาตรฐานการเรียนรู้ในแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้ เมื่อผู้เรียนเรียนจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน

3.2 มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น เป็นมาตรฐานการเรียนรู้ในแต่ละกลุ่มสาระการเรียนรู้เมื่อผู้เรียนเรียนจบในแต่ละช่วงชั้น คือ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และ 6 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ 6

จากหลักการ จุดมุ่งหมาย และโครงสร้างของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 สรุปได้ว่าหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานมีจุดมุ่งหมายที่จะพัฒนาคนไทยให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุขและมีความเป็นไทย และมีความรู้อันเป็นสากลรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงและความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาการ มีทักษะกระบวนการโดยเฉพาะทางด้านวิทยาศาสตร์ มีศักยภาพในการสื่อสารและการใช้เทคโนโลยี ปรับวิธีการคิดวิธีการทำงานได้เหมาะสมกับสถานการณ์ เป็นการจัดการศึกษาเพื่อปวงชนส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาและเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต

3. เอกสารเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (2545 : 3 - 37) ได้จัดทำหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญ ดังนี้

เป้าหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในสถานศึกษา

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เข้าใจขอบเขต ธรรมชาติ และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้มีทักษะสำคัญในการศึกษาค้นคว้า และคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการทักษะในการสื่อสารรวมทั้งความสามารถในการตัดสินใจ
5. เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
6. เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต
7. เพื่อให้เป็นคนมีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรมและค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

วิสัยทัศน์ของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีดังนี้

1. หลักสูตรและการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จะเชื่อมโยงเนื้อหา แนวคิดหลักและกระบวนการที่เป็นสากลแต่มีความสอดคล้องกับชีวิตจริงทั้งระดับท้องถิ่นและระดับประเทศ มีความยืดหยุ่นหลากหลาย

2. หลักสูตรและการเรียนการสอนต้องตอบสนองผู้เรียนที่มีความถนัดและความสนใจแตกต่างกันในการใช้วิทยาศาสตร์สำหรับการศึกษาต่อและการประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์
3. ผู้เรียนทุกคนจะได้รับการส่งเสริมให้พัฒนากระบวนการคิดความสามารถในการเรียนรู้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ กระบวนการแก้ปัญหาและคิดค้นอย่างสร้างสรรค์องค์ความรู้
4. ให้แหล่งเรียนรู้ในท้องถิ่น โดยถือว่ามีความสำคัญควบคู่กับการเรียนในสถานศึกษา
5. ใช้กลยุทธ์การเรียนการสอนหลากหลาย เพื่อตอบสนองความต้องการ ความสนใจ และวิธีเรียนที่แตกต่างกันของผู้เรียน
6. การเรียนรู้เป็นกระบวนการสำคัญที่ทุกคนต้องได้รับการพัฒนาเพื่อให้สามารถเรียนรู้ตลอดชีวิต จึงจะประสบความสำเร็จในการดำเนินชีวิต
7. การเรียนการสอนต้องส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียนให้มีเจตคติ คุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมที่เหมาะสมต่อวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีสังคมและสิ่งแวดล้อม

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สาระหลักของวิทยาศาสตร์พื้นฐานที่นักเรียนทุกคนต้องเรียนรู้ ประกอบด้วยส่วนที่เป็นด้านความรู้ เนื้อหา แนวความคิดหลักวิทยาศาสตร์และกระบวนการ สาระที่เป็นองค์ความรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 8 สาระย่อยคือ สาระที่ 1 : สิ่งมีชีวิตกับการดำรงชีวิต สาระที่ 2 : ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สาระที่ 3 : สารและสมบัติของสาร สาระที่ 4 : แรงและการเคลื่อนที่ สาระที่ 5 : พลังงาน สาระที่ 6 : กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก สาระที่ 7 : ดาราศาสตร์และอวกาศ สาระที่ 8 : ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

จากสาระการเรียนรู้ทั้งหมดดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยเลือกศึกษาสาระที่ 5 : พลังงาน ซึ่งมาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐานสาระที่ 5 : พลังงาน ประกอบด้วย 1 มาตรฐาน คือ มาตรฐาน ว 5.1 : เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 5 : พลังงาน มาตรฐาน ว 5.1 มีมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้นของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 (ม.4-ม.6) รายละเอียดดังนี้

1. สำรวจตรวจสอบและอธิบายสมบัติของคลื่นกลและความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ความยาว คลื่น อัตราเร็ว
2. สำรวจตรวจสอบและอธิบายการเกิดคลื่นเสียง ความเข้มของเสียง การได้ยินเสียง คุณภาพของเสียง มลภาวะของเสียงที่มีผลต่อสุขภาพ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3. สืบค้นข้อมูลและอธิบายสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งประโยชน์และอันตรายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

4. สืบค้นข้อมูลและอธิบายปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชันและฟิชชัน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน การนำไปใช้ประโยชน์และโทษต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม เป็นสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีเพิ่มเติมจากสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐาน สำหรับในช่วงชั้นที่ 4 สาระที่ 4 : แรงและการเคลื่อนที่ และสาระที่ 5 : พลังงาน มีสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม เรื่อง กลศาสตร์ ความร้อนและอุณหพลศาสตร์ คลื่น ไฟฟ้าแม่เหล็ก คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าฟิสิกส์อะตอมและฟิสิกส์นิวเคลียร์

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกศึกษาสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สาระที่ 5 : พลังงาน เรื่อง ความร้อนและอุณหพลศาสตร์ มีรายละเอียด ดังนี้

- 1) การสำรวจตรวจสอบและอภิปรายทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ซึ่งทำให้เข้าใจสมบัติของแก๊ส การเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การขยายตัวของสารและการถ่ายโอนความร้อน
- 2) การสำรวจตรวจสอบเกี่ยวกับผลของความร้อนที่ทำให้สารเปลี่ยนอุณหภูมิหรือเปลี่ยนสถานะหรือขยายตัว
- 3) ทดลองเกี่ยวกับการถ่ายโอนความร้อนจากสารที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปสู่สารที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า และหยุดการถ่ายโอนเมื่อมีอุณหภูมิเท่ากันซึ่งเป็นสภาพที่เรียกว่า สมดุลความร้อน
- 4) การสืบค้นข้อมูลและอภิปรายเกี่ยวกับกฎข้อที่ 1 ของอุณหพลศาสตร์ ซึ่งเมื่อให้ความร้อนแก่ระบบหนึ่ง พลังงานความร้อนส่วนหนึ่งทำให้พลังงานภายในของระบบเพิ่มขึ้นอีกส่วนหนึ่งทำให้เกิดงาน
- 5) การสืบค้นข้อมูลและอภิปรายเกี่ยวกับเครื่องยนต์ความร้อน ซึ่งเป็นเครื่องมือเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นงานหรือพลังงานกล มีประสิทธิภาพไม่ถึงร้อยละ 100 หลักการของตู้เย็นและเครื่องปรับอากาศ เป็นกระบวนการย้อนกลับกับเครื่องยนต์ความร้อน

จากเป้าหมาย วิสัยทัศน์การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมสาระที่ 5 : พลังงาน เรื่อง ความร้อนและอุณหพลศาสตร์ ผู้วิจัยได้นำมาพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ประกอบด้วยเนื้อหา 3 เรื่อง 4 บทปฏิบัติการ ดังนี้ เรื่องที่ 1 ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ประกอบด้วย 1 บทปฏิบัติการคือบทปฏิบัติการที่ 1 เรื่องความจุความร้อนจำเพาะของโลหะ เรื่องที่ 2 ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงสถานะ ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการคือบทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง อิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือด และเรื่องที่ 3

ความร้อนกับการขยายตัวประกอบด้วย 1 บทปฏิบัติการ คือบทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัวของของแข็ง เน้นการปฏิบัติการทดลองเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ทักษะ และเจตคติที่ได้จากการปฏิบัติจริง ผู้เรียนได้พัฒนาระบวนการคิด กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ รู้จักแก้ปัญหาและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจากประสบการณ์จริง

4. เอกสารเกี่ยวกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

4.1 ความหมายของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

คำว่า " บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ " ตามความหมายในพจนานุกรมไทยฉบับราชบัณฑิตยสถาน พุทธศักราช 2525 ยังไม่ได้บัญญัติคำนี้ไว้ แต่ได้ให้ความหมายของคำว่า " ปฏิบัติการ " ซึ่งหมายถึง การทดลอง การพิสูจน์ ข้อเท็จจริงตามทฤษฎี นอกจากนี้ยังมีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายในลักษณะที่เป็นการสอนวิธีหนึ่งที่ใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ดังนี้

วิมล สำราญวานิช (2532 : 79 - 80) ได้ให้ความหมายการสอนปฏิบัติการหรือการทดลอง (Laboratory Method) ว่าการทดลองหมายถึง การที่นักเรียนได้ทำงาน ได้ปฏิบัติ และเรียนรู้จากการทดลองด้วยตนเองภายใต้การแนะนำของครูซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจ มีโอกาสปฏิบัติงานร่วมกันขณะปฏิบัติการทดลอง ได้สัมผัสและรู้จักวิธีใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ รู้จักรับผิดชอบงานร่วมกัน

บุญชม ศรีสะอาด (2541 : 68) ได้ให้ความหมายการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (Laboratory) คือ การสอนที่ให้ผู้เรียนมีโอกาสทำกิจกรรมทดลองภายใต้การแนะนำช่วยเหลืออย่างใกล้ชิด โดยทำการทดลองปฏิบัติการฝึกการใช้ทฤษฎีโดยผ่านการทดลอง

ภพ เลหาไพบูลย์ (2542 : 167 - 168) ได้ให้ความหมายการสอนแบบทดลอง (Experimental method) ว่าเป็นการสอนเพื่อจัดประสบการณ์ในการทดลอง และการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนให้มีความเข้าใจ เนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เป็นข้อเท็จจริง กฎ หลักการหรือทฤษฎีได้ถูกต้อง เป็นการทดลองเพื่อทดสอบหรือยืนยันสิ่งที่ทราบคำตอบแล้วและเป็นการปฏิบัติการเพื่อเสาะแสวงหาความรู้ใหม่ เป็นการเน้น การหาแนวทางในการแก้ปัญหาหรือค้นหาคำตอบได้ด้วยตนเองโดยใช้การทดลองเป็นศูนย์กลางในการเรียนการสอน

สุนีย์ เหมาะประสิทธิ์ (2543 : 87 - 88) ได้ให้ความหมายวิธีสอนแบบทดลอง (Experimental approach) ว่าวิธีสอนแบบทดลองเป็นเทคนิควิธีสอนแบบหนึ่งของวิธีสอนแบบสืบเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเองเป็นการพิสูจน์หรือหาคำตอบที่นักเรียนสงสัย หรือคาดคะเน หรือตั้งสมมติฐานแล้ววางแผนการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน

จากความหมายดังกล่าว สรุปได้ว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หมายถึง ชุดการทดลอง หรือชุดปฏิบัติการที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้ถึงวิธีการคิดอย่างมีหลักเกณฑ์ได้ปฏิบัติ และเรียนรู้จากการทดลองด้วยตนเองภายใต้การแนะนำ การช่วยเหลืออย่างใกล้ชิดของครูผู้สอนเป็นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างสมบูรณ์ เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในข้อเท็จจริง กฎหลักการหรือทฤษฎีได้ถูกต้อง

4.2 จุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

1. เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจความคิดแบบวิทยาศาสตร์และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เข้าใจในกิจกรรมของมนุษย์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์
2. เพื่อปลูกฝังให้เกิดความสนใจ ความอยากรู้อยากเห็น ทักษะการสืบสอบ ความพึงพอใจ เจตคติ ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาอื่นๆได้
3. เพื่อช่วยพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เกิดความรู้ลึกซึ้งขึ้น และเลียนแบบบทบาทของ นักวิทยาศาสตร์
4. เพื่อช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในธรรมชาติของทฤษฎีและแบบจำลองรวมทั้งเข้าใจต่อความมีระเบียบของความรู้ทางวิทยาศาสตร์
5. เพื่อพัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์และความสามารถทางสติปัญญา
6. เพื่อพัฒนาความสามารถทางการปฏิบัติการ

สรุปได้ว่า จุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อมุ่งพัฒนาและส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ปลูกฝังให้เกิดความสนใจ ความอยากรู้อยากเห็น มีความเข้าใจในธรรมชาติของทฤษฎีและความมีระเบียบของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ พัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และให้นักเรียนสามารถนำทักษะไปใช้แก้ปัญหาอื่นๆในชีวิตประจำวันได้

4.3 ความสำคัญของการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

บุญชม ศรีสะอาด (2541 : 278 - 279) และไพฑูรย์ สินลารัตน์ (2536 : 95 - 96) ได้สรุปความสำคัญของการสอนแบบปฏิบัติการเป็น 2 ส่วนคือ

1. ความสำคัญในแง่การศึกษา การสอนแบบฝึกปฏิบัติทำให้เป็นการศึกษาที่สมบูรณ์ผสมผสานกันทั้งทฤษฎีและปฏิบัติ เป็นการสอนที่ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากของจริงหรือสื่อและลงมือทำด้วยตนเอง เป็นเทคนิควิธีที่เป็นรากฐานของการแก้ปัญหา ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ การสรุปที่ครอบคลุมไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้
2. ความสำคัญในแง่ของผู้สอน การสอนแบบฝึกปฏิบัติช่วยให้ผู้เรียนเรียนได้ดี บรรลุวัตถุประสงค์ ในด้านการนำไปใช้ ทำให้ผู้สอนมีโอกาสเห็นผลการสอนของตนเองทันทีว่าผู้เรียนปฏิบัติ

ได้จริงหรือไม่ ผู้เรียนจึงมีโอกาสปรับปรุงได้ทันที และผู้สอนมีอิสระที่จะให้ความช่วยเหลือ อาจให้ผู้เรียนเรียนเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่มได้

ดังนั้นจึงเห็นได้ว่า การปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์นั้น เป็นกิจกรรมการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญในแง่การศึกษา คือ เป็นการศึกษาที่สมบูรณืผสมผสานกันทั้งทฤษฎีและปฏิบัติ ผู้เรียนได้เรียนรู้จากของจริงหรือสื่อและลงมือทำด้วยตนเอง ส่วนความสำคัญในแง่ของผู้สอน คือ ช่วยให้ผู้เรียนเรียนได้ดีบรรลุวัตถุประสงค์ ผู้สอนมีโอกาสเห็นผลการสอนทันที และผู้เรียนจึงมีโอกาสปรับปรุงโดยคำแนะนำจากผู้สอนได้ทันที

4.4 รูปแบบการจัดกิจกรรมวิทยาศาสตร์

วิมล สำราญวานิช (2532 : 80 - 81) สุวัฒน์ นิยมคำ (2517 : 142 - 144) ได้กำหนดรูปแบบการจัด กิจกรรมการทดลองในห้องปฏิบัติการเป็น 2 แบบดังนี้

1. การทดลองแบบสำเร็จรูป (Structured Laboratory) เป็นการทดลองที่ครูกำหนดปัญหาไว้ก่อนบอกวิธีการแก้ปัญหาและอื่นๆไว้เสร็จ นักเรียนเพียงแต่ทำตามคำสั่งชี้แจงในคู่มือการทดลอง (Lab direction) ก็สามารถได้คำตอบซึ่งเป็นรูปแบบที่เก่าแก่เป็นการปฏิบัติการทดลองเพื่อพิสูจน์หลักการในบทเรียนที่ได้เรียนไปแล้ว

2. การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทาง (Unstructured Laboratory works) เป็นการทดลองที่ให้นักเรียนค้นหาคำตอบเองโดยครูเป็นผู้กำหนดปัญหาให้นักเรียนทั้งชั้นร่วมกันอภิปรายวางแผนและกำหนดวิธีการ แก้ปัญหาเมื่อได้แนวแล้วนักเรียนจึงแยกทำการทดลองแล้วนำผลที่ได้มาอธิบายหน้าชั้นอีกครั้งซึ่งถือเป็นการทดลองในแบบที่ส่งเสริมสมรรถภาพทางความคิดของนักเรียน เป็นรูปแบบที่อยู่บนพื้นฐานของการสืบสอบ (Inquiry model) เน้นให้นักเรียนได้ค้นและสืบสอบในหลักการที่วิเคราะห์วิจารณ์ในห้องเรียน นักเรียนมีการวางแผนการทดลองซึ่งประกอบด้วย การกำหนดปัญหา การตั้งสมมติฐานและสร้างแบบทดลองตามลำดับแล้วจึงลงมือทดลองตามแบบที่กำหนดไว้ ซึ่งครูควรฝึกนักเรียนโดยเริ่มจากการทดลองแบบสำเร็จรูปก่อนแล้วค่อยๆลดการกำหนดแนวทางของครูจนนักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง

สุนีย์ เหมาะประสิทธิ์ (2543 : 87 - 87) ได้กำหนดชนิดของวิธีสอนแบบทดลองแบ่งได้ 3 ชนิดคือ

1. วิธีสอนการทดลองตามบทปฏิบัติการหรือตามแบบฝึก (Laboratory approach or Cookbook experiment) โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนปฏิบัติตามใบงานการทดลอง (Lab sheet) ที่ครูจัดเตรียมไว้ให้เรียบร้อยโดย มุ่งหวังให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในข้อเท็จจริงหรือมโนคติและเน้นการตรวจสอบหลักการ กฎ และทฤษฎี

2. วิธีสอนแบบทดลองโดยมีการชี้แนะ (Guided experiment) มุ่งเน้นให้นักเรียนได้คิดออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลองด้วยตนเองโดยมีครูคอยตั้งคำถามที่แนะแนวทาง

3. วิธีสอนแบบกึ่งทดลองที่แท้จริง (Pure experiment) มุ่งเน้นให้นักเรียนมีวิธีการในการคิด ทั้งด้านการเลือก กำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง ปฏิบัติการทดลอง และสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง

สรุปได้ว่า รูปแบบการจัดกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีความแตกต่างกัน แต่ก็มีสัมพันธ์กันซึ่งส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งในด้านความรู้ ทักษะและเจตคติ ดังนั้นครูควรฝึกนักเรียนโดยเริ่มจากการทดลองแบบสำเร็จรูปก่อน เพื่อเป็นการฝึกทักษะปฏิบัติการให้กับนักเรียนแล้วค่อยๆลดการกำหนดแนวทางของครูจากการทดลองแบบสำเร็จรูป จนนักเรียนสามารถคิดสืบสอบและวางแผนการทดลองจนสามารถแก้ปัญหาและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

4.5 หน้าที่และบทบาทของครูในการสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ประวิตร ชูศิลป์ (2524 : 5 - 6) และวิมล สัจจานวนิช (2532 : 83 - 84) ได้กล่าวถึงหน้าที่และบทบาทของครูในการสอนปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ซึ่งครูมีหน้าที่และบทบาทที่จะช่วยเหลือแนะแนวทางให้นักเรียนพบความสำเร็จในการทดลองแบ่งเป็น 3 ตอนดังนี้

1. หน้าที่ก่อนทดลองหรือการอธิบายก่อนทดลอง (Pre-Lab discussion) โดยครูต้องเตรียมคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนอยากรู้อยากเห็นเป็นการแนะแนวทางเพื่อให้นักเรียนได้สืบเสาะหาคำตอบต่อไป หน้าที่ของครูโดยตรงได้แก่ การกำหนดจุดหมายให้ชัดเจน ทดลองด้วยตนเองก่อนวางแผนและกำหนดวิธีแก้ปัญหา เตรียมความพร้อมในเรื่องอุปกรณ์ แบ่งกลุ่มนักเรียนตามความเหมาะสม ถ้าเป็นการทดลองแบบสำเร็จรูปครูต้องจัดทำ คู่มือการทดลองให้พร้อม รวมทั้งวางแผนเพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูล

2. หน้าที่ระหว่างนักเรียนทำการทดลองหรือการให้นักเรียนปฏิบัติการทดลอง (Experiment period) ครูต้องคอยดูแลให้คำแนะนำต่างๆอย่างใกล้ชิด คอยเตือนเรื่องความปลอดภัย กำหนดเวลาให้พอเหมาะสำหรับการทดลองแต่ละเรื่อง ควบคุมดูแลให้นักเรียนทุกคนได้มีส่วนร่วมในการทดลอง หรือการทำงานเป็นกลุ่มรวมทั้งกระตุ้นให้นักเรียนสังเกต และบันทึกผลการทดลอง

3. หน้าที่หลังการทดลองหรือการอภิปรายผลการทดลอง (Post-Lab discussion) ครูต้องเตรียมคำถามต่างๆเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถใช้ข้อมูลหรือผลการทดลองที่รวบรวมได้สรุปเป็นกฎเกณฑ์ ทฤษฎีหรือหลักการต่างๆ รวมทั้งอภิปรายถึงข้อผิดพลาดของการทดลองที่อาจเป็นไปได้ ในส่วนของนักเรียนก็ให้แต่ละกลุ่มเขียนรายงานเสนอผลการทดลอง อภิปรายผล และสรุปประเด็นสำคัญ เสนอแนะให้นักเรียนไปศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมในเรื่องเหล่านั้นจากแหล่งเรียนรู้อื่นๆ

สรุปได้ว่า หน้าที่และบทบาทของครูในการสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จะต้องทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนอยากรู้ อยากเห็น เป็นการแนะแนวทางเพื่อให้นักเรียนได้สืบเสาะหาคำตอบต่อไป คอยดูแลให้คำแนะนำตั้งแต่การทดลอง ระหว่างการทดลอง และอภิปรายผล คอยควบคุมดูแลให้คำแนะนำต่างๆอย่างใกล้ชิด คอยเตือนเรื่องความปลอดภัย ให้นักเรียนทุกคนได้มีส่วนร่วมในการทดลอง และเสนอแนะให้นักเรียนไปศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ในเรื่องเหล่านั้นจากแหล่งเรียนรู้อื่นๆได้ด้วยตนเอง

4.6 ประโยชน์ของการสอนแบบปฏิบัติการ

จากการศึกษาเอกสารด้านวิชาการของ ภพ เลหาไพบุลย์ (2542 : 170 - 171) บุญชม ศรีสะอาด (2541 : 69) และวิมล สำราญวานิช (2532 : 85 - 86) สรุปประโยชน์ของการสอนแบบปฏิบัติการ ดังนี้

1. นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรง และมีโอกาสฝึกทักษะในการทดลองและใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา
2. นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการสอน และได้เรียนโดยผ่านประสาทสัมผัสหลายด้านโดยตรงและอาจศึกษาจากกิจกรรม วิธีปฏิบัติจากสิ่งที่สามารถเรียนด้วยตนเองได้
3. เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นพบหลักการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง เนื่องจากนักเรียนเป็น ผู้ออกแบบการทดลอง ทำการทดลองโดยได้สืบเสาะหาความรู้ วิเคราะห์หาเหตุผล ทดสอบสมมติฐาน สรุปผล และวัดผลการปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง
4. นักเรียนเพิ่มพูนความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและมีทักษะมากขึ้น
5. นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงและจดจำได้นาน
6. การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบปฏิบัติการอาจดำเนินการโดยผู้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มเล็กๆได้ เป็นการฝึกการทำงานร่วมกันแบบประชาธิปไตย
7. เป็นการเตรียมนักเรียนแต่ละคนให้มีโอกาสแสดงความคิดเห็นในการแก้ปัญหา รวมทั้งเป็นการฝึกการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ
8. ทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

สรุปได้ว่า การสอนแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หรือการสอนแบบทดลองเป็นการสร้างองค์ความรู้จากสิ่งที่เป็นรูปธรรม ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อนักเรียนซึ่งได้รับประสบการณ์ตรง มีโอกาสฝึกทักษะ รู้จักการแก้ปัญหามีการทำงานร่วมกัน นักเรียนได้ค้นพบหลักการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์และการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน 4 บทปฏิบัติการซึ่งประกอบด้วย

การทดลองที่ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง รู้จักเชื่อมโยงความรู้ที่ได้ศึกษาจากการทำการทดลองกับการศึกษาค้นคว้าในเรื่องใหม่ ๆ เป็นการฝึกทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เกิดความรู้เกี่ยวกับ กฎ หลักการและทฤษฎีต่างๆใน เรื่องพลังงานความร้อน ตลอดจนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

5. เอกสารเกี่ยวกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้

5.1 ความหมายของผลการเรียนรู้ด้านความรู้

ผลการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านความรู้จัดเป็นการวัดและการประเมินผลในระดับชั้นเรียนที่กำหนดขึ้นตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 โดยผู้วิจัยได้ให้นิยามคำว่า ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ตามแนวคิดของณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 46-49) ดังนี้

ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ หมายถึง พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัย อันเป็นผลมาจากการใช้สมองรับรู้และขบคิดตามเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น ประกอบด้วยพฤติกรรม 4 ด้าน ได้แก่

1. ความรู้-ความจำ (Knowledge) หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ข้อตกลง นิยามศัพท์ หลักการ กฎ ทฤษฎี หรือแนวคิดที่สำคัญทางด้านวิทยาศาสตร์ซึ่งสามารถจำแนกได้ ดังต่อไปนี้

1.1 ความรู้เกี่ยวกับความจริงเฉพาะอย่าง (Specific facts)

1.2 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์และนิยามทางวิทยาศาสตร์ (Scientific terminologies)

1.3 ความรู้เกี่ยวกับความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์ (Concept of science)

1.4 ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลง (Conventions)

1.5 ความรู้เกี่ยวกับแนวโน้มและลำดับชั้น (Trends and sequences)

1.6 ความรู้เกี่ยวกับการจำแนก การจัดประเภท และเกณฑ์ (Classifications ,

categories , and criteria)

1.7 ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและวิธีการดำเนินการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific techniques and procedures)

1.8 ความรู้เกี่ยวกับหลักการและกฎทางวิทยาศาสตร์ (Scientific principles and laws)

1.9 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีต่างๆ หรือแนวคิดที่สำคัญ (Theories or Major conceptual schemes)

2. ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย แปลความ ตีความ สร้างข้อสรุป ขยายความ หรือจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปความรู้ใหม่ และ

ความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปอีกสัญลักษณ์หนึ่ง ซึ่งเป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งยิ่งกว่าความรู้ความจำ โดยจำแนกได้ดังนี้

2.1 ความสามารถจำแนกความรู้ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ (Identification of knowledge in new context)

2.2 ความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปอีกสัญลักษณ์หนึ่ง (Translation of knowledge from one symbolic form to another)

3. กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Process of scientific inquiry) ประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยดังนี้

3.1 การสังเกตและการวัด (Observing and measuring)

3.2 การมองเห็นปัญหาและวิธีแก้ปัญห (Seeing a problem and seeking ways to solve it)

3.3 การแปลความหมายข้อมูลและการสรุป (Interpreting data and formulating generalizations)

3.4 การสร้าง การทดสอบ และการปรับปรุงแบบจำลองหรือทฤษฎีต่างๆ (Building , testing and revising a theoretical model)

4. การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (Application of scientific knowledge and skills) หมายถึง ความสามารถในการผสมผสานความรู้ และนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหา กล่าวได้ว่าการนำความรู้ไปใช้เป็นพฤติกรรมที่ลึกซึ้งที่สุด เพราะเป็นการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้นั้นจำเป็นต้องมีความรู้ ความเข้าใจอย่างดีเสียก่อนซึ่งจำแนกเป็นพฤติกรรมย่อยดังนี้

4.1 การนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ของวิทยาศาสตร์สาขาเดียวกัน

4.2 การนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ของวิทยาศาสตร์ต่างสาขา

4.3 การนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาอื่น ๆ นอกเหนือจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

5.2 การวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้

การสอบข้อเขียนที่นิยมกันมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบเขียนตอบกับแบบเลือกตอบ (เช่น แบบถูก - ผิดหรือแบบหลายตัวเลือก) ในที่นี้จะกล่าวถึงแบบเขียนตอบ ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2546:56 -59)

แบบทดสอบแบบเขียนตอบบางครั้งเรียกว่าแบบความเรียง (Essay type) หรือแบบอัตนัย (Subjective test) เป็นแบบทดสอบที่เปิดโอกาสให้ผู้สอบตอบได้อย่างอิสระค่อนข้างมาก โดยสามารถจัดระบบและจัดลำดับความรู้ความคิดของตนแล้วเรียบเรียงเสนอในรูปของการเขียนตอบเป็นความเรียง

แต่เดิมมาการสอบแบบเขียนตอบเป็นที่นิยมมาก แต่เมื่อมีการนำนวัตกรรมการสอบแบบปรนัยมาเผยแพร่ เมื่อช่วงหลังปี พ.ศ. 2500 (โดยประมาณ) การสอบแบบเขียนตอบก็ได้รับความนิยมน้อยลงจนเกือบสูญหายไป แต่ในระยะหลังได้มีความพยายามที่จะฟื้นฟูมาใช้อีก เพราะเชื่อว่าการสอบแบบเขียนตอบจะช่วยพัฒนาการคิด การจินตนาการและการสื่อความหมายที่มีคุณภาพ

การสร้างแบบทดสอบแบบเขียนตอบมีหลักปฏิบัติที่สำคัญดังต่อไปนี้

1. ควรแจ้งผู้เรียนล่วงหน้าว่าจะใช้แบบทดสอบแบบเขียนตอบเพื่อประโยชน์ในการเตรียมตัว
2. ควรมีคำชี้แจงเพื่ออธิบายวิธีการตอบข้อสอบให้มีความชัดเจน เช่น จำนวนข้อ เวลาที่จะใช้สอบ คะแนนเต็ม (ทั้งคะแนนรวมและคะแนนแต่ละข้อ) เป็นต้น
3. ควรถามในประเด็นที่สำคัญ มีความครอบคลุมวัตถุประสงค์และเนื้อหาในวงกว้าง
4. ควรถามเพื่อวัดพฤติกรรมการเรียนระดับสูง เช่น การอภิปราย การวิจารณ์ การเสนอทัศนะหรือวิธีการ การสรุปสาระสำคัญ ฯลฯ
5. ไม่ควรให้มีการเลือกตอบเพียงบางข้อ เพราะจะทำให้วัดได้ไม่ครอบคลุมเนื้อหาและวัตถุประสงค์ และการแปลความหมายของคะแนนอาจขาดความสมบูรณ์

แนวการตั้งประเด็นคำถามสำหรับข้อสอบแบบอัตนัย

แบบทดสอบแบบเขียนตอบหรือแบบทดสอบแบบอัตนัยนั้น หากพิจารณาอย่างผิวเผินก็เสมือนว่าสามารถตั้งคำถามได้โดยง่ายและเป็นไปตามอวัตรสัจหรือความพึงพอใจของผู้ถาม ธรรมชาติเช่นนี้แม้จะเป็นคุณอยู่บ้างแต่ก็มีข้อจำกัดแฝงอยู่ไม่น้อย กล่าวคือ หากการตั้งคำถามมีลักษณะที่ขาดแนวทาง ประโยชน์ที่พึงจะได้รับจากแบบทดสอบประเภทนี้ก็จะลดลงอย่างน่าเสียดาย การลดข้อจำกัดดังกล่าวอาจจะทำได้โดยการศึกษา และทำความเข้าใจแนวทางในการตั้งคำถามไว้เป็นเบื้องต้น (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 56 –59 ; อ้างอิงจาก Mehrens and Lehman. 1984 : 208) ได้แนะนำไว้ดังนี้

1. ถามการระลึกถึงเหตุการณ์ที่สำคัญในอดีต (Selective recall)
2. ถามการระลึกในเชิงประเมินค่า (Evaluating recall)
3. ถามการเปรียบเทียบของสองสิ่งบนพื้นฐานเดียวกัน (Comparison of two things on a single basis)
4. ถามการเปรียบเทียบของสองสิ่งทั่วไป (Comparison of two things in general)
5. ถามการตัดสินใจเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้าน (Decision for support or against)
6. ถามสาเหตุหรือผล (Causes or effects)

7. ถามให้อธิบายเกี่ยวกับคำ วลี หรือข้อความ (explanation of the use or exact meaning of some phrases or statements in a passage)
8. ถามให้ย่อความ (Summary of some unit of the text or some article read)
9. ถามการวิเคราะห์ (Analysis)
10. ถามการหาความสัมพันธ์ (Statement of relationships)
11. ถามให้อธิบายความหรือยกตัวอย่างหลักการทางวิทยาศาสตร์ (Illustration or examples of principles in science)
12. ถามการจัดประเภท (Classification)
13. ถามการประยุกต์ใช้ (Application of rules or principles in new situations)
14. ถามการอภิปราย (Discussion)
15. ถามการระบุจุดประสงค์หรือหลักการ (Statement of aims)
16. ถามการวิจารณ์ (Criticism of a printed statement)
17. ถามการกำหนดโครงร่าง (Outline)
18. ถามการจัดระเบียบข้อเท็จจริงขึ้นใหม่ (Reformulation)
19. ถามการสร้างปัญหาขึ้นใหม่ (Formulation of new questions)
20. ถามการหากระบวนการใหม่ (New procedures)

การตรวจให้คะแนนการสอบแบบเขียนตอบ

เดิมการตรวจให้คะแนนแบบเขียนตอบมักกระทำโดยอัตวิสัย หรือตามอำเภอใจ กล่าวคือ หลังจากกำหนดคะแนนเต็มของแต่ละข้อไว้แล้ว เช่น 10 คะแนน ก็พิจารณาให้คะแนนตามที่ " นึก " เช่น ให้ 9 คะแนน , 5 คะแนน , 2 คะแนน ฯลฯ ซึ่งเป็นวิธีให้คะแนนที่มีจุดอ่อนและควรปรับปรุงให้ดีขึ้น วิธีหนึ่งที่น่าจะเหมาะสมก็คือการกำหนดองค์ประกอบของการตอบ แล้วให้คะแนน แยกตามองค์ประกอบเหล่านั้น ตัวอย่างเช่น กำหนดองค์ประกอบการพิจารณาคำตอบอัตร้อยจาก 1) ตอบถูกต้องตรงประเด็น 2) ตอบโดยมีการยกตัวอย่างและขยายรายละเอียด 3) ใช้ภาษาที่อ่านแล้วสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย และ 4) สะอาดและเรียบร้อย จากองค์ประกอบดังกล่าวสามารถนำมากำหนดเป็นเกณฑ์การให้คะแนนแบบ รูบรีค (Rubric scoring) ได้

สรุปได้ว่า ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้เป็นพฤติกรรมที่พึงประสงค์ ในการเรียนวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยพฤติกรรม 4 ด้าน คือ 1) ด้านความรู้-ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 4) การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ โดยในการวิจัยครั้งนี้ ศึกษาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 3 ลักษณะ คือ 1) ผลการเรียนรู้ทั่วไปด้านความรู้-ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การนำความรู้และ

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ซึ่งวัดด้วยแบบทดสอบแบบปรนัยเลือกตอบ 2) ผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความวัดด้วยแบบทดสอบแบบอัตนัยเขียนตอบ กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric) และ 3) ผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุป วัดด้วยแผนที่ความคิด (Mind map) กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric) โดยผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้จากเนื้อหาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทปฏิบัติการ

การวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ด้วยการทำแผนที่ความคิด

แผนที่ความคิดมีนักวิชาการหลายท่านใช้คำที่แตกต่างกันออกไป เช่นคำว่า แผนภูมิโนทัศน์ แผนผังโนทัศน์ กรอบมโนทัศน์ แผนผังความคิด ผังมโนทัศน์สัมพันธ์ ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้คำว่า แผนที่ความคิด (Mind Mapping)

ผังมโนทัศน์ (Concept map) เป็นนวัตกรรมทางการศึกษาอีกอย่างหนึ่งที่มีประโยชน์หลายประการ ทั้งในด้านการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ และด้านประเมินผลการเรียนรู้

การมอบหมายให้ผู้เรียนจัดทำผังมโนทัศน์ เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้ขึ้นเองหรือขยายองค์ความรู้จากองค์ความรู้เดิม เช่น ในการเรียนบทเรียนต่างๆ ผู้สอนอาจมอบหมายให้นักเรียนศึกษาเพิ่มเติมจากใบความรู้ เอกสารประกอบการเรียน – ตำรา แหล่งเรียนรู้ตามธรรมชาติ สื่อสารมวลชน ตัวบุคคลอื่นๆ (เช่น วิทยากร ภูมิปัญญาท้องถิ่น) ตลอดจนสื่อสมัยใหม่ เช่น เว็บไซต์ต่างๆ แล้วนำมาจัดทำเป็นผังมโนทัศน์เสนอต่อผู้สอนเพื่อเป็น “งาน” ของบทเรียนนั้น ซึ่ง “งาน” ที่ผู้เรียนจัดทำขึ้นเช่นนี้อาจอนุโลมว่าเป็นงานในสภาพจริง (Authentic task) หรือ “จ” ได้ หากผู้เรียนทำอย่างมีอิสระและมุ่งมั่นค้นคว้าอย่างจริงจัง และอาจลดสภาพลงมาเป็นการปฏิบัติ หรือ “ป” หากเป็นงานที่กระทำตามแนวทางที่ผู้สอนกำหนด ดังนั้น การทำผังมโนทัศน์อาจจัดอยู่ในช่วง “จ” หรือช่วง “ป” ได้ตามดุลพินิจของผู้สอน

เมื่อผู้เรียนนำผังมโนทัศน์มาเสนอผู้สอนจึงสามารถนำมาประเมินได้ ซึ่งผลการเรียนรู้ส่วนหนึ่งที่อาจประเมินได้จากการพิจารณา ผังมโนทัศน์ก็คือ “ความรู้” โดยเฉพาะความรู้ที่เกิดจากการขยายองค์ความรู้ หรือสร้างองค์ความรู้ขึ้นเอง

ความหมายของแผนที่ความคิด

นักวิชาการได้ให้ความหมายแผนที่ความคิดไว้ดังนี้

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2543 : 115) ได้ให้ความหมายของคำว่าแผนที่ความคิด หมายถึง แผนผัง 2 มิติที่แสดงโครงสร้างทางความรู้เกี่ยวกับเนื้อหาใดๆ หรือความคิดเกี่ยวกับเรื่องใดๆ โดยแสดงทั้งมิติที่กว้างและมิติที่ลึกจึงสะท้อนซึ่งความรู้ และความคิดของผู้เรียน

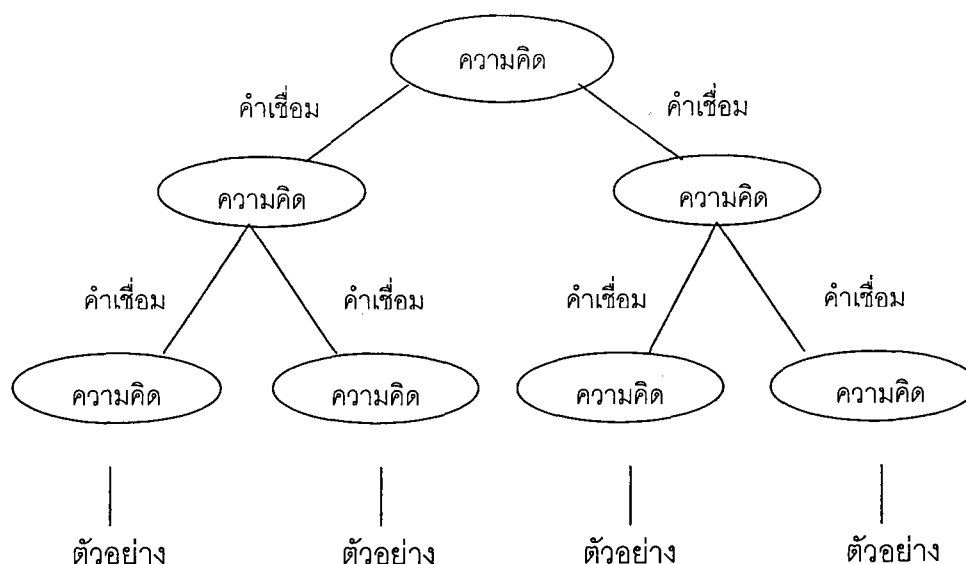
ลำลี รักสุทธิ (2544 : 45) ได้ให้ความหมายของคำว่าแผนที่ความคิด (Mind Mapping) หมายถึง การนำเอาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสมองไปใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุด ไม่ว่าจะเป็นสมองซีกซ้ายและขวา เพราะแผนที่ความคิดทำให้เด็กได้คิดวิเคราะห์ คำภาษา สัญลักษณ์ ระบบ ลำดับ คำนวณ ความเป็นเหตุเป็นผล ตรรกวิทยา ความคิดสร้างสรรค์ จินตนาการ ความงาม ศิลปะ

ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช (2545 : 219) ได้ให้ความหมายของคำว่าแผนที่ความคิด (Mind Mapping) หมายถึง กระบวนการคิดในรูปแบบภาพของความคิดที่มีหัวข้อเรื่องที่ตั้งอยู่ตรงกลางและมีความคิดในเรื่องย่อยๆ ตลอดจนรายละเอียดต่างๆ แตกสาขาออกไป

จากความหมายดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า แผนที่ความคิด หมายถึง การนำเสนอกระบวนการคิดในรูปแบบแผนผังหรือแผนภูมิที่มีความสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่องเชื่อมโยงความสัมพันธ์จากหน่วยใหญ่ไปยังหน่วยย่อย เพื่ออธิบายเรื่องใดเรื่องหนึ่งให้ง่ายต่อการจดจำ

การสร้างแผนที่ความคิด

ผู้ที่สร้างแผนที่ความคิดได้นั้นย่อมขึ้นอยู่กับผู้สร้างต้องมีความเข้าใจในเรื่องที่สร้างอย่างแท้จริงเพราะการสร้างแผนที่ความคิดผู้สร้างจะต้องมองเห็นความสัมพันธ์ของความคิดในระดับต่างๆ และเรียงลำดับได้อย่างถูกต้อง ดังที่ มอไรรา (Moreira. 1979 : 283) ได้แสดงภาพประกอบ 8 การสร้างแผนที่ความคิดอย่างง่ายดังนี้



ภาพประกอบ 8 แสดงการสร้างแผนที่ความคิดอย่างง่าย

จากภาพประกอบ 8 เป็นการสร้างแผนที่ความคิดอย่างง่าย ที่แสดงความสัมพันธ์ของมโนภาพต่างๆ ที่เรียงลำดับจากความคิดหลัก ซึ่งเป็นความคิดที่มีความหมายกว้างลงไปหาความคิดรอง ความคิดย่อยไปจนถึงความคิดเฉพาะ ซึ่งจะมีความหมายแคบที่สุด โดยมีคำเชื่อมระหว่างความคิดซึ่งจะช่วยให้ผู้อ่านแผนที่ความคิด ได้เกิดความเข้าใจได้ดียิ่งขึ้น

โนวัค (เกษแก้ว ปานแดง. 2539 : 14 ; อ้างอิงจาก Novak. 1980) ได้แนะนำวิธีสร้างแผนที่ความคิดมี ขั้นตอนดังนี้

1. คัดเลือกบทเรียนจากหนังสือเรียนที่ไม่ยากเกินไปนัก ควรเป็นเนื้อหาที่สั้น และประกอบด้วยความคิดที่ไม่ยากเกินไป
2. วิเคราะห์ความคิดที่มีความสำคัญ ด้วยการเขียนความคิดแต่ละความคิดลงบนกระดาษ
3. จัดลำดับหรือแยกแยะความคิดโดยดูว่าความคิดใด เป็นความคิดที่กว้างครอบคลุมความคิดใดเป็นความคิดรอง ความคิดใดเป็นความคิดเฉพาะเจาะจง
4. เรียงลำดับความคิดโดยเรียงให้ความคิดที่กว้างครอบคลุมอยู่บนสุดและลดหลั่นลงมาสู่ความคิดรองจนถึงความคิดเฉพาะเจาะจง
5. ลากเส้นเชื่อมโยงระหว่างความคิดต่างๆ จากนั้นหาคำตอบหรือข้อความที่จะนำมาเชื่อมความคิดที่จะเชื่อมความสัมพันธ์กัน

6. ตรวจสอบแผนที่ความคิดที่สร้างเสร็จให้มีความถูกต้องตรงกับเนื้อหา

เกณฑ์การให้คะแนนสำหรับแผนที่ความคิด

แผนที่ความคิดนักเรียนสร้างมีลักษณะหลากหลาย จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการให้คะแนน อย่างเป็นระบบโดยผู้ให้คะแนนจะต้องพิจารณาเกณฑ์ในการให้คะแนนแผนที่ความคิด ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงการให้คะแนนโดยเกณฑ์การประเมินรูบรีค (Rubric) ดังนี้

สมศักดิ์ ภูวิภาดาวรรณ (2544 : 137) ได้กล่าวถึงการให้รูบรีคในการประเมินตามสภาพจริง เพื่ออธิบายความสัมฤทธิ์ผลของผู้เรียน ซึ่งได้กล่าวเกี่ยวกับรูบรีคว่าเป็นเครื่องมือในการให้คะแนนที่มีการระบุเกณฑ์ประเมินชิ้นงานและคุณภาพของชิ้นงานในแต่ละเกณฑ์

ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช (2544 : 71 - 72) ได้กล่าวถึงการประเมินตามสภาพจริงที่เน้นการประเมินจากผลงานหรือจากการปฏิบัติจริงของผู้เรียน ผู้ประเมินจะต้องกำหนดแนวทางที่ชัดเจนในการประเมินหรือให้คะแนน โดยเครื่องมือในการให้คะแนนเรียกว่า รูบรีค ซึ่งประกอบด้วย

1. รายการประเมินหรือเกณฑ์การพิจารณา เป็นการกำหนดรายการที่จะใช้เป็นรายการในการพิจารณาชิ้นงานหนึ่งๆ

2. คำอธิบายคุณภาพของรายการประเมินในแต่ละระดับคุณภาพ ซึ่งอาจเขียนเป็นลำดับตั้งแต่ "ดีเลิศ" ไปจนถึง "ต้องปรับปรุง" (อาจใช้เป็นตัวเลขเช่นระดับ 4, 3, 2, 1, 0)

ประโยชน์แผนที่ความคิด

การวัดความรู้ที่ได้จากการค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ โดยให้นำเสนอความรู้แบบแผนที่ ความคิด (Mind map) พร้อมทั้งระบุแหล่งเรียนรู้ กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric)

มนัส บุญประกอบ (2533 : 26 - 27) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของแผนที่ความคิดไว้หลายประการพอสรุปได้ดังนี้

1. ใช้เพื่อการวางแผนการเตรียมการ เช่น การจัดทำนาหลักสูตร หน่วยการเรียนรู้ บทความ การเขียนเค้าโครงของเรื่อง เพื่อเขียนตำราทางวิชาการ เนื่องจากแผนที่ความคิดจะแสดงให้เห็นภาพรวมได้อย่าง ชัดเจนและรวดเร็ว

2. ใช้เป็นเครื่องมือในการทำวิจัยทางการศึกษา เช่น โจเซฟ ดี โนเวค และ ดี บ็อบ โกวิน ได้ใช้แผนที่ความคิดเป็นเครื่องมืออันสำคัญเพื่อศึกษาและวิจัยการเรียนรู้ในห้องเรียนของนักเรียนทุกระดับชั้น ตั้งแต่อนุบาลจนถึงอุดมศึกษา

3. ใช้เป็นเสมือนแผนที่แสดงเส้นทางการเรียนรู้ในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง

4. ใช้สรุปบทเรียนหรือสรุปความคิดเชิงมโนทัศน์ที่ได้รับการอ่านตำราเรียน บทความ วารสาร นิตยสาร

5. ใช้ประเมินผลหรือสำรวจความเข้าใจบทเรียนของนักเรียน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนจากประโยชน์ของแผนที่ความคิด สามารถสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

5.1 สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการวางแผนจัดการศึกษารวมทั้งการเตรียมการสอนของครู

5.2 นำไปใช้ในกิจกรรมการเรียนการสอนทำให้ทราบถึงแนวความคิดของผู้เรียนเป็นอย่างดี

5.3 สามารถนำมาใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้ โดยดูจากแผนที่ความคิดที่นักเรียนสร้าง จะทำให้ครูผู้สอนทราบถึงความรู้ที่นักเรียนได้รับ

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2543 : 120) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของแผนที่ความคิดที่มีต่อนักเรียนและครูไว้ดังนี้

1. ช่วยให้นักเรียนสามารถจัดลำดับความคิด

2. ช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เก่าและประสบการณ์เดิม

3. ใช้เป็นเครื่องช่วยจำ จดบันทึกในการฟัง บรรยาย หรือสรุปบทเรียนที่อ่าน

4. ช่วยให้นักเรียนเรียนรู้อย่างสร้างสรรค์และมีความสุข
5. ช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาสมองซีกซ้ายและซีกขวาอย่างสมบูรณ์
6. ช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาสมองซีกซ้ายและซีกขวาอย่างสมดุล
7. ช่วยตรวจสอบความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียนก่อนที่ครูจะสอน เพื่อที่ครูจะได้ทราบว่านักเรียนมีพื้นความรู้เดิมมากน้อยเพียงใด
8. ใช้เป็นเทคนิคการสอน คือการจัดกิจกรรมระหว่างสอนให้นักเรียนเขียนผังมโนมิติ
9. ใช้สรุปบทเรียน เพื่อตรวจสอบว่าเมื่อสิ้นสุดการสอนบทเรียนหนึ่งๆ แล้วนักเรียนมีความรู้มากน้อยเพียงใด
10. ใช้ในการวิเคราะห์เนื้อหาวิชาในหลักสูตร
11. ใช้ในการวางแผนการสอนหรือสร้างบทเรียน

ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช (2544 : 219) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของแผนที่ความคิดไว้ดังนี้

1. ช่วยทำให้เกิดความรวดเร็วในการเขียนข้อมูลที่ซับซ้อนหรือเป็นประโยชน์ให้เร็วขึ้น
2. ช่วยให้ผู้มองทั้งสองข้างได้ใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ (สมองซีกซ้ายเป็นเรื่องเกี่ยวกับภาษา ตรรกะ การเรียงลำดับ การวิเคราะห์ ซีกขวาเป็นเรื่องเกี่ยวกับการมองเห็นภาพรวม จินตนาการ สีสัน มิติ)
3. ช่วยในการระลึกถึงข้อมูลต่างๆ เพราะข้อมูลได้มีการบันทึกความจำไว้อย่างมีโครงสร้าง เป็นระบบ

4. ช่วยในการจัดเก็บข้อมูล ข่าวสาร เป็นรูปแบบโครงสร้างและมีความสัมพันธ์กัน
5. ช่วยในการพัฒนาสมองซีกขวาเกี่ยวกับการใช้ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์มากขึ้น

จากเอกสารดังกล่าวข้างต้นที่เกี่ยวกับการทำแผนที่ความคิดและประโยชน์ของแผนที่ความคิดจึงเป็นแนวทางทำให้ผู้วิจัยนำมาใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุปของผู้เรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นความรู้ที่ได้จากการสรุปบทเรียนหรือค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ และรู้จักการคิดเชิงวิเคราะห์ แล้วกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก (Rubric)

6. เอกสารเกี่ยวกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

6.1 ความหมายทักษะปฏิบัติการ

ทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 185 - 186) ให้ความหมายพฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติการ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนในด้านความสามารถที่จะใช้มือปฏิบัติการ ซึ่งมีพฤติกรรมดังนี้

1. การพัฒนาทักษะการใช้เครื่องมือปฏิบัติการทั่วไป
2. การใช้เทคนิคปฏิบัติการด้วยความระมัดระวังและให้เกิดความปลอดภัย

สวัธมภ์ นิยมคำ (2531 : 299 - 364) ได้กล่าวถึง ทักษะปฏิบัติจากการจำแนกพฤติกรรม การเรียนรู้ ตามแนวของบลูม (Bloom, 1956 : 7) ดังนี้ ทักษะการปฏิบัติ หมายถึง ความสามารถ และมีทักษะในการใช้อวัยวะเคลื่อนไหวส่วนต่างๆเข้าไปปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ นั่นคือ ความสามารถทางกาย เช่น ทักษะในการเขียน ทักษะในการติดตั้งเครื่องมือ ทักษะในการใช้เครื่องมือหรือ ทักษะในการทำการทดลอง พฤติกรรมการเรียนรู้ตามแนวของกาเย่ (Robert M. Gagne) ดังนี้ ทักษะการปฏิบัติ หมายถึง การใช้อวัยวะภายนอกของร่างกายในส่วนที่เคลื่อนไหวได้คล่องแคล่ว กระฉับกระเฉง และถูกต้อง เช่น การประกอบเครื่องมือวิทยาศาสตร์ การขับรถยนต์ ฯลฯ เป็น ความสามารถที่ได้จากการปฏิบัติงานที่ต้องอาศัยกล้ามเนื้อภายในระยะเวลาที่กำหนดให้

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 82) ได้ให้ความหมายของพฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติ หมายถึง พฤติกรรมเกี่ยวกับกลไกและการปฏิบัติซึ่งมุ่งผลที่คล่องแคล่วและชำนาญ

เพราพรรณ เปลี่ยนภู (2542 : 292) ได้ให้ความหมายของทักษะปฏิบัติดังนี้ ทักษะปฏิบัติ หมายถึง ความสามารถในการลงมือทำงานโดยใช้อวัยวะทางกายหรือการใช้กล้ามเนื้อต่างๆได้อย่างต่อเนื่องหรือเป็นไปโดยอัตโนมัติ ทักษะการปฏิบัติที่ดีจะต้องแสดงการปฏิบัติสิ่งต่างๆอย่างรวดเร็ว ถูกต้อง มีพลัง มีท่าทาง การเคลื่อนไหวสอดคล้องนุ่มนวล และต้องอาศัยการกระทำซ้ำๆหรือการฝึกซ้ำๆโดยเฉพาะถ้าต้องการพัฒนาปรับปรุงทักษะให้เกิดมีความเที่ยงตรง รวดเร็ว และความคล่องแคล่ว ในการปฏิบัติรวมทั้งการให้ผลย้อนกลับแก่ผู้เรียนก็มีความสำคัญสำหรับการปรับปรุงทักษะให้ดีขึ้นด้วย

สรุปได้ว่า ทักษะปฏิบัติการ หมายถึง พฤติกรรมที่เกี่ยวกับการกระทำหรือการปฏิบัติอย่างใดอย่างหนึ่งมุ่งผลของการกระทำที่คล่องแคล่ว ชำนาญส่งผลให้การเรียนรู้ประสบผลสำเร็จ ผู้เรียนเกิดความรู้และมีเจตคติที่ดีต่อสิ่งที่ได้กระทำ สามารถส่งผลการปฏิบัติย้อนกลับสู่ผู้สอนและผู้เรียน เพื่อก่อให้เกิดการปรับปรุงแก้ไขได้ทันที ผู้วิจัยได้ศึกษาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับและประเมินผลจากการเรียนของนักเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

โครงสร้างของพฤติกรรมกรรมการทำการทดลอง

เนื่องจากเนื้อหาของทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์มีความกว้างขวางมากและบางส่วนเป็นการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยโดยตรง เช่น ความมุ่งหมายของการจัดห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หลักการจัดห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ลักษณะทั่วไปของห้องปฏิบัติการ การดำเนินงานในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และข้อควรปฏิบัติในการทดลอง และเนื้อหาบางส่วนอาจนำไปใช้เป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือวัดผลด้านพุทธิพิสัยเกี่ยวกับการปฏิบัติการได้อีกทั้งในส่วนที่สามารถใช้เป็นเนื้อหาของเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ตามกรอบแนวคิดในวงกว้าง เช่น การเก็บรักษาสารเคมี การเก็บรักษาเครื่องแก้ว และการใช้วัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ฯลฯ เพื่อให้การศึกษาทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ในกรอบแนวคิดที่แคบลงจะเน้นเฉพาะทักษะด้านทำการทดลองซึ่งเป็นทักษะปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียนเป็นการเฉพาะ (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 86 - 87)

ในด้านทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ พฤติกรรมที่เป็นเป้าหมายหลักของการวัดผลมักเป็นพฤติกรรมเกี่ยวกับการทำการทดลองซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้กำหนดกรอบพฤติกรรมที่ต่อเนื่องกันไว้ 3 ด้าน (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 87 - 88 ; อ้างอิงจากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2538 : 25) ดังนี้ 1) การวางแผนการทดลอง 2) การปฏิบัติการทดลอง 3) การจัดทำรายงานการทดลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การวางแผนการทดลอง ประกอบด้วยพฤติกรรมหรือตัวชี้วัดที่ต้องพิจารณา ดังนี้
 - 1.1 มีการปรึกษาหารือ (กับผู้ที่เกี่ยวข้อง) เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง
 - 1.2 มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม
 - 1.3 มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้ผู้ร่วมการทดลองอย่างเหมาะสมชัดเจน
 - 1.4 มีความสามารถในการปรับปรุงแนวทางการทดลองอย่างเหมาะสม
2. การปฏิบัติการทดลอง มีขอบเขตครอบคลุมพฤติกรรมหลัก 3 ด้าน คือ 1) ด้านเทคนิคการทดลอง 2) ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง และ 3) ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ แต่ละด้านมีพฤติกรรมย่อย ดังนี้
 - 2.1 ด้านเทคนิคการทดลอง พฤติกรรมย่อยประกอบด้วย
 - 1) ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธี เป็นขั้นตอนไม่สับสน
 - 2) ใช้อุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม
 - 3) อ่านค่าและตรวจได้อย่างถูกต้อง
 - 4) ใช้เทคนิคย่อยในการทดลองได้อย่างถูกต้อง
 - 5) ทำการทดลองได้อย่างระมัดระวังและปลอดภัย

2.2 ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง พฤติกรรมย่อยประกอบด้วย

- 1) ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่วและถูกต้องสมบูรณ์
- 2) มีความเชื่อมั่นในขณะปฏิบัติการทดลอง
- 3) ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด

2.3 ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ พฤติกรรมย่อยประกอบด้วย

- 1) จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสมและเพียงพอ
- 2) จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ใช้ได้สะดวกขณะทดลอง
- 3) จัดเก็บอุปกรณ์เครื่องใช้หลังทดลองได้ถูกต้อง
- 4) ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่างสะอาดและเรียบร้อย

3. การจัดทำรายงานผลการทดลอง พิจารณาจากความถูกต้อง สมบูรณ์ของเนื้อหา สาระตามหัวข้อต่อไปนี้

- 3.1 ชื่อการทดลองหรือปัญหาที่ศึกษา
- 3.2 สมมติฐานการทดลอง
- 3.3 ตัวแปรที่ศึกษา
- 3.4 อุปกรณ์ / สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง
- 3.5 วิธีทดลอง
- 3.6 การบันทึกผลการทดลอง
- 3.7 การจัดกระทำกับข้อมูลและการนำเสนอข้อมูล
- 3.8 การอภิปรายและสรุปผลการทดลอง
- 3.9 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ
- 3.10 เอกสารอ้างอิง

สรุปได้ว่า พฤติกรรมการทดลองที่ใช้ในการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยพฤติกรรม 3 ด้าน คือ การวางแผนการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง และการจัดทำรายงานการทดลองซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้เป็นแนวทางในการสร้างเครื่องมือในการวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

6.2 เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติ

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 89 –99) ได้เสนอวิธีการวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติ สามารถกระทำได้หลายวิธีแต่ละวิธีมีความเหมาะสมแบบเฉพาะตัวกับสถานการณ์ต่างๆ วิธีที่นิยมใช้ในการวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติมีอยู่ 3 วิธีได้แก่ 1) การสังเกตและบันทึก 2) รายงานการทดลอง 3) การสอบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การสังเกตและบันทึก การสังเกต หมายถึง การติดตามดูการกระทำอย่างใกล้ชิด เพื่อให้ได้ ข้อมูลการกระทำต่างๆ การสังเกตที่ดีต้องมีการวางแผน มีวัตถุประสงค์ และบันทึกผลการสังเกตไว้เป็นหลักฐาน การบันทึกผลการสังเกต อาจกระทำได้หลายวิธี กรอนลันด์ (Gronlund. 1985 : 384) ได้แนะนำไว้ดังนี้

1.1 การบันทึกย่อ (Anecdotal records) เป็นการบันทึกพฤติกรรมของผู้เรียนที่ผู้สอนเห็นว่ามีความสำคัญควรแก่การบันทึก ไม่มีการกำหนดแบบฟอร์มที่ตายตัว ผู้บันทึกสามารถคิดแบบฟอร์มขึ้นใช้เองได้ตามความเหมาะสม

1.2 การจัดอันดับคุณภาพ (Rating Scales) เป็นการบันทึกข้อมูล 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นพฤติกรรมและส่วนที่เป็นมาตราบอกระดับของการกระทำ (Scales) การบันทึกแบบนี้อาจกระทำได้หลายรูปแบบ เช่น การจัดอันดับแบบตัวเลข แบบกราฟ และแบบบรรยาย ฯลฯ

1.3 แบบตรวจสอบ (Checklist) เป็นแบบบันทึกการสังเกตที่ประกอบด้วยส่วนของรายการของพฤติกรรมและส่วนที่ให้ผู้สังเกตบันทึกผล แต่ไม่ได้บอกถึงคุณภาพหรือความถี่ของพฤติกรรมที่เกิดขึ้น ดังนั้นแบบตรวจสอบจึงควรครอบคลุมรายการพฤติกรรมของทักษะปฏิบัติให้ครบถ้วน

2. รายงานการทดลอง คือ เอกสารที่ผู้เรียนเรียบเรียงขึ้นโดยประมวลข้อมูลจากการทำการทดลองและจากเอกสารอ้างอิงที่ใช้ค้นคว้า โดยนิยมเขียนข้อมูลที่จำเป็นตามหัวข้อที่กำหนดซึ่งอาจทำเป็นกลุ่มหรือเป็นรายบุคคลทั้งนี้ตามที่คุณครูกำหนด โดยทั่วไปนักเรียนระดับมัธยมศึกษาให้จัดทำรายงานเป็นกลุ่ม

3. การสอบ เป็นวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้วัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติหรือทักษะการทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์ได้ และวิธีการที่นิยมใช้ในการวัดทักษะปฏิบัติได้แก่ การทดสอบภาคปฏิบัติ (Performance test) และการสอบข้อเขียน (Paper – pencil test)

สรุปได้ว่า เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติสามารถทำได้หลายวิธีซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้แบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยดัดแปลงมาจากแบบสังเกตและบันทึกผลการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านการปฏิบัติการทดลอง ของ ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 93 - 94) ประกอบด้วยพฤติกรรม 3 ด้าน คือ 1) ด้านการวางแผน

ทดลอง 2) ด้านปฏิบัติการทดลอง และ 3) ด้านการ จัดทำรายงานการทดลอง โดยแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เป็นแบบประเมินสภาพจริงโดยกำหนดคะแนนแบบรูบิค (Rubric scoring) การให้คะแนนแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ ปรับปรุง มีคะแนน 5 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ

7. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

7.1 ความหมายของเจตคติ

เจตคติ (Attitude) ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน 2525 หมายถึง ท่าที ความรู้สึก แนวความคิดเห็นของบุคคลต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ได้มีนักการศึกษาและนักจิตวิทยาให้ความหมายไว้แตกต่างกัน

ศักดิ์ สุนทรเสณี (2528 : 1 – 3) ได้กล่าวถึงคำว่าเจตคติไว้ว่า เจตคติ (Attitude) มาจากคำว่า “Aptus” ในภาษาละติน ตรงกับคำว่าความเหมาะสม (Fitness) หรือการปรุงแต่ง (Adaptedness) เจตคติเป็น พฤติกรรมการเตรียมพร้อมทางสมองในการที่จะกระทำ ซึ่งจะบ่งบอกถึงหน้าที่ของสภาวะ จิตใจหรือสภาพของอารมณ์ที่สลับซับซ้อนก่อนที่จะตัดสินใจอย่างใดอย่างหนึ่งในการแก้ปัญหา ดังนั้น เจตคติ หมายถึง การรวบรวมเกี่ยวกับความรู้สึกนึกคิด ความคิดเห็น (Opinion) ความเชื่อ (Beliefs : ซึ่งได้แก่ ความรู้ต่างๆ) รวมทั้ง ความรู้สึกซึ่งอาจเป็นการประเมินที่เกี่ยวข้องกัน แล้วบรรยายให้ถึงจุดแกนกลางของวัตถุนั้น ความรู้และความรู้สึกเหล่านี้มีแนวโน้มจะก่อให้เกิดพฤติกรรมชนิดใดชนิดหนึ่งขึ้นต่อไป

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2538 : 28 (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 113 – 116 ; อ้างอิงจาก สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2538 : 28) ได้กล่าวถึงจิตพิสัย (Affective domain) ว่าเป็นคุณลักษณะด้านหนึ่งที่เป็นเป้าหมายหลักในการพัฒนาเชิงการศึกษาที่เกี่ยวกับความรู้สึกนึกคิด โดยพฤติกรรมด้านจิตพิสัยทางวิทยาศาสตร์จะเน้นที่เจตคติ 2 กลุ่ม คือ เจตคติทางวิทยาศาสตร์กับเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ โดยที่เจตคติต่อวิทยาศาสตร์มีธรรมชาติเป็น “ อารมณ์ ” และโน้มเอียงไปในเชิง “ ศิลปะ ” ในขณะที่เจตคติทางวิทยาศาสตร์มีธรรมชาติโน้มเอียงไปในทางเป็น “ เหตุผล ” และ “ ศาสตร์ ” มากกว่า

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2540 : 106) และณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 115) กล่าวว่าเจตคติ หมายถึง ความรู้ของบุคคลต่างๆอันเป็นผลเนื่องมาจากการเรียนรู้ ประสบการณ์ โดยมีธรรมชาติเป็น “อารมณ์” และโน้มเอียงไปในเชิง “ ศิลปะ ”

สรุปได้ว่า เจตคติหรือจิตพิสัย เป็นคุณลักษณะอย่างหนึ่งของบุคคลที่เกี่ยวกับความรู้สึกนึกคิดที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งจัดเป็นพฤติกรรมด้านหนึ่งทางการศึกษา โดยเฉพาะในการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีพฤติกรรม การเรียนรู้ทั้งด้านความรู้ ด้านทักษะปฏิบัติ เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่แฝงไปด้วยพฤติกรรมความรู้สึกนึกคิดหรือเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นตัวบ่งชี้ถึงผลของสิ่งที่ได้เรียนรู้และปฏิบัติ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยศึกษาพฤติกรรมด้านความรู้สึกนึกคิดหรือเจตคติของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบของเจตคติ

เทรนดิส (เชิดชัย พลกุล. 2544 : 20 ; อ้างอิงจาก Triandis. 1971 : 3) ได้แบ่งองค์ประกอบพื้นฐานของเจตคติเป็น 3 ประการดังนี้

1. องค์ประกอบด้านความรู้ความเข้าใจ หมายถึง เมื่อบุคคลมีเจตคติต่อสิ่งเร้าใด บุคคล ย่อมมีความรู้สึกต่อสิ่งเร้านั้นไม่มากก็น้อย ความรู้ความเข้าใจในสิ่งเร้าเป็นองค์ประกอบที่บุคคลนำมาใช้ในการคิด การจำแนกความแตกต่างของสิ่งเร้า รวมทั้งนำมากำหนดเป็นมโนทัศน์ของสิ่งเร้านั้น ดังนั้น การปลูกฝังหรือการเปลี่ยนแปลงเจตคติของบุคคลต่อสิ่งใดให้ถูกต้อง ก็ต้องให้ความรู้ที่ถูกต้อง ในสิ่งเร้านั้นต่อเขา

2. องค์ประกอบด้านอารมณ์ เป็นลักษณะของความรู้สึกของบุคคลที่ค่อนข้างจะรุนแรงกว่าปกติ ในอันที่จะคล้อยตามความคิดในทางที่ดีหรือไม่ดีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เช่น เมื่อบุคคลมีเจตคติต่อสิ่งใด ความรู้สึกที่เกิดขึ้นร่วมด้วย ได้แก่ รัก พอใจ ชื่นชม ยินดี เป็นต้น แต่หากว่าบุคคลมีเจตคติที่ไม่ดีต่อสิ่งใด ความรู้สึกที่เกิดขึ้นร่วมด้วย ได้แก่ โกรธเกลียดกลัว เป็นต้น ด้วยเหตุที่อารมณ์ ความรู้สึกเป็นองค์ประกอบของเจตคติดังนั้น ถ้าจะปลูกฝังหรือเปลี่ยนแปลงเจตคติจึงควรใช้วิธีเร้าให้เกิดอารมณ์ควบคู่กันไปด้วย

3. องค์ประกอบด้านพฤติกรรม เป็นความพร้อมของบุคคลที่จะแสดงออกหรือจะกระทำการใดๆ อันเป็นผลสืบเนื่องมาจากการเกิดความรู้ ความคิดอารมณ์ความรู้สึกต่อสิ่งเร้า ซึ่งการแสดงออกจะปรากฏในรูปของการปฏิบัติหรือมีปฏิกิริยาอย่างใดอย่างหนึ่งต่อสิ่งเร้านั้น

เจตคติต่อวิทยาศาสตร์

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 118 – 119) ได้ให้ข้อสังเกตเกี่ยวกับวลี “เจตคติต่อ” ว่ามีนัยที่เปิดเผยและจะมีความชัดเจนยิ่งขึ้นก็ต่อเมื่อระบุว่าเป็นเจตคติต่ออะไร โดยในส่วนของโครงสร้างของพฤติกรรมด้านเจตคติได้ยึดกรอบแนวคิดของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538 : 29 – 30) ดังนี้

1. พอใจในประสบการณ์การเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
2. ศรัทธาและซาบซึ้งในผลงานทางวิทยาศาสตร์

3. เห็นคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. ตระหนักในคุณค่าและประโยชน์ของการใช้เทคโนโลยี
5. ตั้งใจเรียนวิทยาศาสตร์
6. เรียนหรือเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างสนุกสนาน
7. เลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ
8. ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรม
9. ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยใคร่ครวญไตร่ตรองถึงผลดีและ

ผลเสียจากกรอบแนวคิดดังกล่าว เป็นการจัดเรียงพฤติกรรมด้านจิตพิสัยไว้ 2 ลักษณะ คือ

- 1) พฤติกรรมในระดับความรู้สึกนึกคิด ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรม 1 – 4
- 2) พฤติกรรมในระดับการแสดงออกซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อย 2 ส่วน คือ
 - (2.1) การแสดงออกในระดับการศึกษาเล่าเรียน ประกอบด้วยพฤติกรรม 5–7
 - (2.2) การแสดงออกในระดับการนำไปใช้ ได้แก่ พฤติกรรม 8 และ 9

สรุปได้ว่า “เจตคติต่อ” จะมีความชัดเจนยิ่งขึ้นก็ต่อเมื่อระบุว่า เป็นเจตคติต่ออะไร ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยศึกษาเกี่ยวกับเจตคติของนักเรียนตอบทบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ซึ่ง หมายถึง สภาพความรู้สึกของบุคคลที่มุ่งมั่นมีความกระตือรือร้น ในการที่จะเกิดการเรียนรู้ในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยประสบการณ์และความพร้อมที่จะแสดงออก ตอบสนองต่อสิ่งเร้าต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์อย่างสร้างสรรค์และมีศิลปะ ที่ประกอบไปด้วยพฤติกรรม 2 ลักษณะคือ 1) พฤติกรรมในระดับความรู้สึกนึกคิด 2) พฤติกรรมในระดับการแสดงออกประกอบด้วยพฤติกรรมย่อย 2 ส่วน คือ การแสดงออกในระดับการศึกษาเล่าเรียนและการแสดงออกในระดับในการนำไปใช้

7.2 การวัดผลการเรียนด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 122) การวัดผลเจตคติต่อวิทยาศาสตร์เป็นการวัดพฤติกรรมที่แสดงออกตามความเป็นจริง (Typical performance) มิใช่เป็นการวัดความสามารถสูงสุดที่มีอยู่ (Maximum performance) ซึ่งเป็นจุดเน้นตามปกติของการวัดความรู้ ความสามารถทั้งหลาย ลักษณะคำตอบของการวัดผลด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ จะเป็นแบบแผนของพฤติกรรม ซึ่งบ่งชี้มีการแสดงออกไปในทิศทางอย่างไร (คือ สนับสนุน วางเฉย หรือคัดค้าน) หรือแสดงออกในระดับใด (มาก ปานกลาง น้อย ฯลฯ) ลักษณะวิทยาศาสตร์ตามรูปแบบของมาตราส่วนประมาณค่าจัดเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. เครื่องมือวัดผลการเรียนด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ที่เป็นแบบฉบับทั่วไป

เป็นเครื่องมือตามรูปแบบของมาตราส่วนประมาณค่าและนิยมใช้กันทั่วไปมี 3 วิธี คือ วิธีของ เทอร์สโตน (Thurstone) วิธีของลิเคิร์ต (Likert) วิธีของออสกู๊ด (Osgood) และของลิเคิร์ต มีรายละเอียด ดังนี้

แบบวัดเจตคติตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert)

มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่าเชิงประมวล (Summated rating scale) มีขั้นตอนการสร้างง่ายกว่าวิธีของเทอร์สโตน โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม่ต้องใช้กลุ่มตัดสิน (Judge) เป็นผู้พิจารณา ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือของวิธีลิเคิร์ต (Likert) ดังนี้ (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542 : 125 -127; อ้างอิงจากประทุม อัตต. 2535 : 93 – 95)

1. สร้างข้อความที่เกี่ยวกับการแสดงเจตคติที่ต้องการศึกษาให้มากพอและครบถ้วน ครอบคลุม ลักษณะข้อความจะเป็นทางบวกหรือนิเสธ (Positive) และทางลบหรือนิเสธ (Negative) เท่านั้น ความกลางๆ จะไม่นำมาใช้ในการสร้าง การเขียนข้อความให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับวิธีของเทอร์สโตน (Thurston) ดังนี้

- 1.1 เป็นข้อความสั้นๆ มีความเป็นปรนัยชัดเจน มีความหมายแน่นอน ไม่คลุมเครือ
- 1.2 ควรเป็นข้อความที่เป็นปัจจุบัน
- 1.3 ไม่ควรใช้ข้อความปฏิเสธซ้อนปฏิเสธ
- 1.4 ไม่ควรใช้ข้อความที่มีแนวโน้มว่าคนส่วนใหญ่จะเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย
- 1.5 หลีกเลี่ยงข้อความที่ทราบข้อเท็จจริง (Fact) ของเรื่องนั้นๆ
- 1.6 เป็นข้อความที่จัดไว้เป็นส่วนตัวมากกว่าข้อความทั่วไป
- 1.7 ข้อความทั้งหมดควรครอบคลุมเรื่องที่ศึกษา
2. กำหนดมาตรวัดคำตอบของข้อความแต่ละข้อความ (ทั้งเห็นด้วยและไม่เห็นด้วย) เป็น 5 ระดับ คือ
 - 2.1 เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Strongly agree)
 - 2.2 เห็นด้วย (Agree)
 - 2.3 ไม่แน่ใจ (Uncertain)
 - 2.4 ไม่เห็นด้วย (Disagree)
 - 2.5 ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Strongly disagree)
3. กำหนดคะแนนเป็นค่าประจำระดับของแต่ละระดับความเห็น
4. นำข้อความและมาตรวัดมาจัดเป็นแบบวัดเจตคติตามรูปแบบตาราง 2 มิติ

5. นำไปทดลองใช้เพื่อให้ผู้ตอบตอบความรู้สึกที่แท้จริงและตรงกับความเห็นของผู้ตอบมากที่สุด (ไม่คำนึงถึงความถูกต้องหรือข้อเท็จจริง) กลุ่มตัวอย่างหรือแหล่งข้อมูลที่ทดลองใช้ควรมีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างหรือแหล่งข้อมูลที่ใช้จริง โดยมีจำนวนผู้ตอบไม่น้อยกว่า 5 เท่าของข้อความ

6. นำคำตอบของผู้ตอบแต่ละคนมาให้คะแนน โดยพิจารณาอย่างระมัดระวังว่าทิศทางของข้อความใดเป็นนิมานหรือนิเสธ เนื่องจากคะแนนจะสวนทางหักล้างกัน คะแนนเจตคติของผู้ตอบแต่ละคนได้จากการรวมคะแนนของแต่ละข้อจนครบทุกข้อ

7. หาค่าอำนาจจำแนกของข้อความแต่ละข้อความ เพื่อให้ได้ข้อความที่สามารถแยกผู้ตอบที่มีเจตคติสูง ออกจากผู้ที่มีเจตคติต่ำ

8. เลือกข้อความที่มีอำนาจจำแนกมาใช้เป็นข้อความวัดเจตคติ (อาจเรียกว่า แบบทดสอบฉบับร่าง) โดยมีจำนวนข้อความเชิงนิมานและเชิงนิเสธพอๆ กัน

9. นำแบบทดสอบฉบับร่างไปหาความเชื่อมั่นหรือค่าความเที่ยง

2. เครื่องมือวัดผลการเรียนด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ที่เสนอเพิ่มเติม

โครงสร้างของเครื่องมือประเภทนี้อาจจัดให้อยู่ในรูปของการเสนอชื่อเรื่องหรือกิจกรรมที่เข้าร่วมแล้ว ให้ผู้เรียนประเมินตนเองโดยใช้รูปแบบของตาราง 2 มิติ ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมเจตคติต่อวิทยาศาสตร์มิติหนึ่งและระดับพฤติกรรมอีกมิติหนึ่ง ดังนี้

2.1 กรณีการใช้ชื่อเรื่อง

สิ่งที่กำหนด : กำหนดชื่อเรื่อง

รูปแบบการตอบ : ให้ผู้ตอบระบุระดับพฤติกรรมอันเป็นผลจากการได้รับการเรียนรู้จากชื่อ โดยแจกแจงตามพฤติกรรมเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

วิธีตอบ : ให้ตอบโดยกาคำตอบลงในตาราง

หมายเหตุ ชื่อเรื่องที่กำหนด (ให้ระบุชื่อเรื่องใดอย่างหนึ่งที่เกี่ยวข้อง) เช่น จากการอ่านบทความ จากการอ่านชีวประวัติ ฯลฯ

2.2 กรณีการเข้าร่วมกิจกรรมต่างๆ

สิ่งที่กำหนด : กิจกรรมที่เข้าร่วม

รูปแบบการตอบ : ให้ผู้ตอบระบุระดับพฤติกรรมอันเป็นผลจากการได้รับการเรียนรู้จากชื่อ โดยแจกแจงตามพฤติกรรมเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

วิธีตอบ : ให้ตอบโดยกาคำตอบลงในตาราง

หมายเหตุ กิจกรรมที่กำหนดให้ระบุชื่อกิจกรรมใดอย่างหนึ่งที่ผู้เรียนเข้าร่วม เช่น การอภิปรายทางวิทยาศาสตร์ การเล่นเกมวิทยาศาสตร์ การทดลองปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ฯลฯ

สรุปได้ว่า วิธีการสร้างเครื่องมือสำหรับใช้ในการวัดพฤติกรรมด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์มีหลายวิธี ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้วิธีการสร้างเครื่องมือวัดผลด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ โดยแยกประเด็นในการพิจารณาออกเป็น 2 ประเด็น ได้แก่ 1) การแสดงความรู้สึกล่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และ 2) เป็นการเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และการนำความรู้ที่ได้ไปใช้

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

8.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ หรือชุดกิจกรรมปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ จัดเป็นส่วนสำคัญอย่างหนึ่งในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนเพื่อให้เกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ทักษะปฏิบัติการ และเจตคติที่ดี ซึ่งผู้วิจัยได้สำรวจและรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

งานวิจัยในประเทศ

วิโรจน์ เฉลยสุข (2541 : บทคัดย่อ) ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์วิชาชีววิทยาและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองกับการสอนแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่สอนแบบปฏิบัติการทดลองกับการสอนแบบปกติ สูงกว่ากันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทางชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองและแบบปกติ หลังการสอนสูงกว่าก่อนการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เปรมจิตร บุญสาย (2541 : บทคัดย่อ) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง พื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง ผลการทดลองพบว่า จากการนำหลักสูตรที่พัฒนาไปจัดประชุมปฏิบัติการให้ครูผู้สอนลองนำไปทดลองสอนเป็นเวลา 1 ภาคเรียน โดยใช้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 90 คนของ โรงเรียนปราจิณราษฎร์บำรุง จังหวัดปราจีนบุรี เป็นกลุ่มตัวอย่าง ผลปรากฏว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมีผลการเรียนด้านพุทธิพิสัย (ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์) ด้านจิตพิสัย (เจตคติทางวิทยาศาสตร์ คุณลักษณะทั่วไป คุณลักษณะเพื่อพัฒนาอาชีพ คุณลักษณะเพื่อพัฒนาสังคมและคุณลักษณะเพื่อพัฒนาสุขภาพ) และด้านทักษะพิสัย (ทักษะปฏิบัติการทดลอง) ภายหลังการทดลองสอนสูงกว่าก่อนทดลองสอนและนักเรียนกลุ่มทดลองมีผลการเรียนทุกด้านดังกล่าวสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้หลักสูตรเดิมของ สสวท.

อรอุมา ละมุล (2541 : บทคัดย่อ) ทำการวิจัยเพื่อพัฒนานบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องความสามารถของวัสดุธรรมชาติในการดูดซับโลหะหนัก จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาผลการทดลองใช้เบื้องต้นกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 และเพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ตามเกณฑ์ 80 / 80 การวิจัยดำเนินการ 3 ขั้นตอน คือ 1) การทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อหาวิธีเหมาะสมในการวิเคราะห์ปริมาณโลหะในน้ำและศึกษาคุณภาพของวัสดุธรรมชาติในการดูดซับโลหะหนัก 2) พัฒนานบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 3) ทดลองสอนเพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการทดลองสอน คือ นักเรียนโรงเรียนโคกกะเทียมวิทยาลย์ จังหวัดลพบุรี จำนวน 30 คน สอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น ประกอบกับคู่มือครูที่ใช้ประกอบการสอน วัดผลการเรียนรู้จากคำถามท้ายการทดลอง แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผลการวิจัยพบว่า 1) วัสดุธรรมชาติทุกชนิด คือ แกลบ ชี้อ้อย ฟางข้าว และผักตบชวา สามารถดูดซับโลหะทองแดงและนิกเกิลได้ ซึ่งความสามารถในการดูดซับขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุธรรมชาติ ตรวจสอบได้โดยการเทียบสีของสารละลายที่ทำปฏิกิริยากับ ลิแกนด์ นำผลการทดลองที่ได้ไปพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2) จากผลการทดลองพัฒนานบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และคู่มือครูประกอบการสอน บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องความสามารถของวัสดุในการดูดซับโลหะหนักได้ 7 บท โดยค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก 3) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 80.11 / 80.27

ศิริกานต์ ผาสุข (2543 : บทคัดย่อ) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนานบทปฏิบัติการวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ เรื่อง การสกัดและแยกองค์ประกอบทางเคมีจากพืชสมุนไพรในท้องถิ่นสำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของสถาบันราชภัฏ ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้พืชสมุนไพรที่ใช้สกัดน้ำมันหอมระเหยและสเตอรอยด์ 2) ผลการทดลองที่ได้จากห้องปฏิบัติการนำมาพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการเพื่อการเรียนการสอน 8 บทปฏิบัติการ 3) บทปฏิบัติการเพื่อการเรียนการสอน 8 บทปฏิบัติการมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์กับเนื้อหา วัตถุประสงค์กับวิธีการทดลอง และวัตถุประสงค์กับคำถามท้ายการทดลองระหว่าง 0.56 ถึง 1.00 แสดงว่าบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสำหรับนำไปใช้ทางด้านการเรียนการสอนได้

พันศักดิ์ สายแสงจันทร์ (2544 : บทคัดย่อ) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนานบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคนิคการแยกสารสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยมีจุดมุ่งหมายดังนี้ 1) เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และ 3) เพื่อศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องเทคนิคการแยกสาร ผลการวิจัย

พบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด $81.19 / 80.33$ นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังสูงกว่าก่อนเรียนและมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 รวมทั้งความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก

รังสรรค์ เพ็งพัฒน์ (2544 : 143 - 148) ได้ศึกษาพัฒนาระบบเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเรียนการสอนสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี สถาบันราชภัฏ ผลการศึกษาพบว่า 1. ระบบเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นนี้สามารถสูบน้ำได้เฉลี่ย 6.34 ลิตรต่อนาที โดยสูบน้ำในอัตราสูงสุด 12.67 ลิตรต่อนาที ที่เฮดแต่ติกรวม 2.20 เมตร เมื่อเคลื่อนแผงรับแสงตาม ดวงอาทิตย์ และสูบน้ำได้อัตราเฉลี่ย 5.36 ลิตรต่อนาที โดยสูบน้ำในอัตราสูงสุด 10.50 ลิตรต่อนาที ที่เฮดแต่ติกรวม 2.20 เมตร เมื่อไม่เคลื่อนแผงรับแสงตามดวงอาทิตย์ (โดยวางแผงรับแสงในแนวตะวันตก - ตะวันออก) 2. ผลการประเมินบทปฏิบัติการทั้ง 8 บทจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เฉลี่ยระหว่าง 0.85 - 0.95 ทุกบทปฏิบัติการ แสดงว่าบทปฏิบัติการที่สร้างขึ้นมีคุณภาพ สามารถนำไปใช้ประกอบการสอนวิชาพลังงานกับสิ่งแวดล้อมได้

กานต์ระวี ใจงาม (2545 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากพืชในท้องถิ่น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีจุดมุ่งหมาย 1) เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องการผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากพืชในท้องถิ่น 2) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาศักยภาพของนักเรียนด้านความรู้ ทักษะปฏิบัติ และเจตคติ ผลการวิจัยพบว่าสามารถพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องการผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากพืชในท้องถิ่นได้ 4 บทปฏิบัติการ โดยได้ค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ .80 ขึ้นไป และบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพ กล่าวคือ นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพด้านความรู้ $79.16 / 82.79$ มีประสิทธิภาพด้านทักษะปฏิบัติ $84.54 / 86.70$ และ นักเรียนร้อยละ 75 มีความพึงพอใจในการเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

งานวิจัยต่างประเทศ

โอเคบูโกลา (Okebukola. 1985 : 221 - 231) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมของนักเรียนในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับทักษะการทำปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียน โดยใช้แบบสังเกตทักษะการทำปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงมาจากแบบวัดเจตคติต่อกิจกรรม ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของฮอฟลิติน พบว่า พฤติกรรมของนักเรียนในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับทักษะการทำปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันทางบวก

จากการศึกษาและประมวลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้งงานวิจัยภายในประเทศและงานวิจัยต่างประเทศที่ศึกษาเกี่ยวกับการเรียนการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่มุ่งศึกษาผลการทดลองในห้องปฏิบัติการเพื่อจะนำผลการทดลองที่ได้ไปพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับใช้ในการเรียนการสอนให้กับนักเรียนให้เกิดทักษะปฏิบัติการที่นักเรียนได้ปฏิบัติจริง มีการวางแผนการทดลอง จัดเตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง บันทึกผลการทดลองตลอดจนสรุปผลการทดลองอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้จนเกิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นและมีเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ในทางบวก

8.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้

สำหรับผลการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ซึ่งเดิมเป็นการศึกษาเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้มีงานวิจัยทั้งในประเทศและงานวิจัยต่างประเทศ ผู้วิจัยได้คัดเลือกและประมวลงานวิจัยที่ เกี่ยวข้อง ดังนี้

งานวิจัยในประเทศ

มณีรัตน์ เกตุไธว (2540 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการทดลองที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ด้านมโนคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ด้านมโนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยการจัดกิจกรรมการทดลองที่นักเรียนออกแบบการทดลองและปฏิบัติการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้พร้อมทั้งเลือกรูปแบบการบันทึกข้อมูลจากการทดลองแตกต่างจากที่ได้รับการสอนด้วยการจัดกิจกรรมการทดลองตามคู่มือครูของ สสวท. อย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ชลสิทธิ์ จันทาสี (2543 : บทคัดย่อ) ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการตัดสินใจอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการตัดสินใจทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการตัดสินใจทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมีความสามารถในการตัดสินใจอย่างสร้างสรรค์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศิริลักษณ์ หนองเส (2545 : บทคัดย่อ) ศึกษาความสามารถทางการพึ่งพาตนเองด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมส่งเสริมศักยภาพทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู มีความสามารถ

ทางการพึ่งพาตนเองด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และด้านความสามารถในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ประเทืองทิพย์ สุกุมลจันทร์ (2545 : บทคัดย่อ) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแปรรูปและทดสอบสารอาหารในพืชสมุนไพร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีจุดมุ่งหมาย 1) เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแปรรูปและทดสอบสารอาหารในพืชสมุนไพร 2) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นทั้ง 5 บท มีคุณภาพอยู่ในระดับดี บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นใช้ทดลองสอนได้ผลดี คือ นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการสอนสูงกว่าก่อนเรียน และมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

งานวิจัยต่างประเทศ

เดวิส (Davis. 1979 : 4164 – A) ศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยการค้นพบ แนวทางการกับการสอนแบบครูบอกให้รู้ตามตำราที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ ทศนคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาจำนวน 103 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 50 คนได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้และค้นพบที่แนวทางการ กลุ่มควบคุม 53 คน ได้รับการสอนแบบครูบอกความรู้ตามตำรา ผลการทดสอบพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการศึกษาและประมวลงานวิจัยในประเทศและงานวิจัยต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการใช้ชุดกิจกรรมและแบบฝึกการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงและเรียนรู้ด้วยตนเอง ผลจากการศึกษาส่วนใหญ่พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยการลงมือปฏิบัติจริงจากชุดกิจกรรมและแบบฝึกการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมุ่งเน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้โดยการปฏิบัติการทดลองจากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น และส่งเสริมทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ตลอดจนเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแผนที่ความคิด

สำหรับผลการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ซึ่งเดิมเป็นการศึกษาเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้มีงานวิจัยทั้งในประเทศและงานวิจัยต่างประเทศ ผู้วิจัยได้คัดเลือกและประมวลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

งานวิจัยภายในประเทศ

ล่อ อางนันทน์ (2542 : 105) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตเรื่อง สิ่งแวดล้อมทางสังคมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนโดยใช้แผนผังมโนทัศน์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ผังมโนทัศน์กับการสอนแบบปกติ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ด้านความคิดสร้างสรรค์แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความคิดสร้างสรรค์สูงขึ้นหลังจากได้รับการสอนโดยใช้ผังมโนทัศน์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

มนมนัส สูดลื่น (2543 : 79) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการวิเคราะห์วิจารณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ประกอบการเขียนแผนผังมโนคติ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ประกอบการเขียนแผนผังมโนคติแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ศิริพร ทิพย์สิงห์ (2545 : 89) ได้ศึกษาผลการเรียนรู้รายบุคคลโดยการทำแผนที่ความคิดของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดการสอนเรื่อง “สิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม” โดยการใช้ประโยชน์จากแหล่งประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ บริเวณชุมชนวัดประดิษฐาราม พบว่า นักเรียนมีผลการเรียนรู้รายบุคคลโดยการทำแผนที่ความคิดอยู่ในระดับดี

งานวิจัยต่างประเทศ

โบโคลัส (Bocolus. 1987 : 3387 - A) ได้ศึกษาวิธีการใช้แผนผังมโนทัศน์เพื่อช่วยในการเรียนรู้ที่มีความหมายของนักเรียนเกรด 9 ในวิชาวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาถึงการเรียนและการเปลี่ยนแปลงเจตคติของนักเรียน โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ได้รับการใช้แผนผังมโนทัศน์ กลุ่มที่ 2 ได้รับการสอนแบบปกติ กลุ่มที่ 3 ไม่ได้รับการสอนทั้งสองแบบ แล้วทำการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนในด้านความรู้และด้านเจตคติ พบว่า กลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้แผนผังมโนทัศน์กับการสอนปกติ มีคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าว ทำให้ทราบว่าแผนที่ความคิดสามารถใช้เป็นสื่อหรือเครื่องมือเพื่อสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจบทเรียนชัดเจน มีพัฒนาการทางความคิด เกิดเจตคติที่ดีต่อการเรียนและส่งเสริมผลการเรียนของผู้เรียนให้สูงขึ้น และเป็นเครื่องมือในการวัดผลการเรียนรู้ทางความรู้ได้อีกด้วย

8.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

สำหรับทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ หรือทักษะปฏิบัติการทดลองในการจัดการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ ถือเป็นส่วนสำคัญในการฝึกให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง ซึ่งมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผู้เรียนในด้านทักษะปฏิบัติการ โดยผู้วิจัยได้ประมวลสรุปไว้ดังนี้

งานวิจัยในประเทศ

จิรพรรณ ทะเขียว (2543 : บทคัดย่อ) ศึกษาเปรียบเทียบทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ กับการสอนตามคู่มือครู ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์มีทักษะภาคปฏิบัติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู

เพชรรัตดา เทพพิทักษ์ (2545 : บทคัดย่อ) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่องเทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีจุดมุ่งหมาย 1) เพื่อสำรวจและคัดเลือกโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมและนำมาพัฒนาเป็นกิจกรรมต้นแบบของเทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อคิดโครงงานวิทยาศาสตร์ 2) เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสม เพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ 3) เพื่อศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรม เรื่องเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่มีต่อทักษะปฏิบัติการทดลอง ความสามารถในการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์และตระหนักต่อเทคโนโลยี ผลการวิจัยปรากฏดังนี้ 1) ผลการสำรวจและคัดเลือกโครงงานวิทยาศาสตร์ได้กิจกรรมต้นแบบ 3 กิจกรรม 2) ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นไปตามทฤษฎีที่ได้ศึกษาค้นคว้า สามารถนำไปพัฒนาเป็นชุดกิจกรรมได้ และ 3) สามารถพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่องเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการคิดทำโครงงานวิทยาศาสตร์ได้ 3 ชุดกิจกรรมและมีคุณภาพในระดับมาก 4) การนำชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนพบว่านักเรียนมีทักษะปฏิบัติการทดลอง เฉลี่ยร้อยละ 94.50 และ 4.3 นักเรียนมีความตระหนักต่อเทคโนโลยีอยู่ในระดับมาก

ทวิข แจ่มจรัส (2545 : บทคัดย่อ) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนามหปฏิบัติกรวิทยาาสตร์ เรื่อง น้ำสกดขีวภพจกวัสดุเหลือใช้ในท่งถื่น โดยมีจุดมุ่งหมาย 1) เพื่อทดลองหมักน้ำสกดขีวภพจกวัสดุเหลือใช้ในท่งถื่น 2) เพื่อพัฒนามหปฏิบัติกรวิทยาาสตร์ และ 3) เพื่อศีกษาทักษะกระบวนกรทงวิทยาาสตร์ ทักษะปฏิบัติทงวิทยาาสตร์ และเจตคติต้อบหปฏิบัติกรวิทยาาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยมหปฏิบัติกรวิทยาาสตร์ ผลกรวิจัยพบว่ มหปฏิบัติกรวิทยาาสตร์ที่พัฒนำขึ้นท่ง 6 มหปฏิบัติกร มีคุณภพอยู่ในระดับดีมาก มหปฏิบัติกรวิทยาาสตร์ที่พัฒนำขึ้น ใหทดลองได้ผลดี กล่าวคือ นักเรียนมีทักษะกระบวนกรทงวิทยาาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน นักเรียนมีทักษะปฏิบัติกรวิทยาาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 86.75 และนักเรียนมีเจตคติต้อบหปฏิบัติกรอยู่ในระดับดี

พรยมล บัวศิริ (2545 : บทคัดย่อ) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนามหปฏิบัติกรวิทยาาสตร์ เรื่องสารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนชวงชั้นที่ 3 โดยมีจุดมุ่งหมายดังนี้ 1) เพื่อพัฒนามหปฏิบัติกรวิทยาาสตร์ เรื่องสารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนชวงชั้นที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75 / 75 2) เพื่อศีกษาผลกรเรียนรู้วิทยาาสตร์ด้านความรู้และผลกรเรียนรู้วิทยาาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติกรทงวิทยาาสตร์ 3) เพื่อศีกษาเจตคติของนักเรียนต้อบหปฏิบัติกรวิทยาาสตร์ที่พัฒนำขึ้น ผลกรวิจัยพบว่ 1) มหปฏิบัติกรวิทยาาสตร์ที่พัฒนำขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ 77.75 / 79.33 2) นักเรียนมีผลกรเรียนรู้วิทยาาสตร์ด้านความรู้ และผลกรเรียนรู้วิทยาาสตร์ทักษะปฏิบัติกรวิทยาาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน 3) นักเรียนมีเจตคติต้อบหปฏิบัติกรวิทยาาสตร์ที่พัฒนำขึ้นสูงกว่าระดับดี

งานวิจัยในต่างประเทศ

ปีสลิย์ (Beasley, 1979 : 5428 – 5436 A) ศึกษาผลของการฝึกทักษะภาคปฏิบัติโดยวิธีปฏิบัติจริงและวิธีการติดต้อกรทำปฏิบัติกรทดลองเคมี ของนักเรียนวิชาเคมีพื้นฐาน เพื่อศีกษาผลของการฝึกทักษะด้วยการปฏิบัติด้วยทักษะกรทดลองอย่างเดี่ยว ผลของการฝึกทักษะด้วยการคิดอย่างเดี่ยว และผลของการฝึกทักษะปฏิบัติกรทดลอง และการคิดร่วมกันโดยแบ่งนักศีกษาออกเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม กลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม กรประเมินผลปฏิบัติกรทดลองใช้เกณฑ์ในการประเมิน 2 เกณฑ์ คือ ความถูกต้องแม่นยำและความคงที่แน่นอน โดยใช้วิธีการสังเกตพฤติกรรมของนักศีกษาขณะทำการทดลอง ทำกรสังเกต 2 สัปดาห์ แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน จากกรศีกษาพบว่า ทักษะภาคปฏิบัติของนักศีกษาที่ได้รับกรฝึกทักษะแบบต่างๆ ท่ง 3 กลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทงสถิติและนักศีกษาที่ได้รับกรฝึกทักษะภาคปฏิบัติกรทดลอง แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับกรฝึกอย่างทักษะในการปฏิบัติกรทดลอง ทำให้มีเทคนิคกรทดลองถูกต้องแม่นยำ

มาร์ทาร์ (Martar. 1986) ศึกษาความต้องการในวิชาชีพของครูวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษาโดยใช้แบบสอบถามกับครูวิทยาศาสตร์ ปรากฏว่า ครูมีความต้องการเป็นอย่างมากในเรื่องความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะปฏิบัติการทดลอง และอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่จัดให้มีขึ้น และมีความต้องการน้อยกว่าในเรื่องของการวางแผน การประเมินผล และการจัดการกับวิธีสอน และการปรับปรุงตนเอง การมีประสบการณ์ในการสอนวิทยาศาสตร์เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลสูง ส่วนวิชาเอก และวิชาที่สอนมีอิทธิพลน้อย

จากงานวิจัยในประเทศและงานวิจัยต่างประเทศ พบว่า การเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงและมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนอย่างแท้จริง จะทำให้นักเรียนมีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น ทำให้พื้นฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ดี และส่งผลต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับสูงต่อไป ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม เรื่องพลังงานความร้อน

8.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยศึกษาและประมวลงานวิจัยในด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับความรู้สึกนึกคิดที่มีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นเจตคติที่สอดคล้องกับการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

งานวิจัยในประเทศ

อภิญา สุวรรณสิทธิ์ (2540 : 195) มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบเจตคติต่อวิทยาศาสตร์และการรับรู้สภาพแวดล้อมในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นสังกัดกรมสามัญศึกษาและสำนักคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ พบว่า นักเรียนโดยส่วนรวม และจำแนกตามสังกัดของโรงเรียนและประสบการณ์ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ มีเจตคติทางบวกต่อวิทยาศาสตร์โดยส่วนรวมเป็นรายด้าน จำนวน 4 ด้าน คือ ด้านประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ด้านการรับรู้ ว่า วิทยาศาสตร์เป็นเรื่องของผู้ชาย ด้านความสำเร็จในการเรียนวิทยาศาสตร์ และด้านแรงจูงใจในการเรียนวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.5351 – 3.9413)

ชลิตา พันธุ์ออน (2545 : บทคัดย่อ) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนามาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การผลิตและการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาหมัก โดยมีจุดมุ่งหมาย 1) เพื่อศึกษาและสำรวจวิธีการผลิตและการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาหมักของชาวบ้านบริเวณลุ่มน้ำแม่ น้ำโขง จังหวัดมุกดาหาร 2) เพื่อพัฒนามาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การผลิตและการตรวจสอบ

คุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาหมัก และ 3) เพื่อศึกษาผลการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ต่อการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการนำเสนอผลงานทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นทั้ง 7 บทปฏิบัติการ มีคุณภาพดีมาก นักเรียนที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีผลการเรียน ดังนี้ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมาก และมีความสามารถในการนำเสนอผลงานทางวิทยาศาสตร์ร้อยละ 87.90

จำรัส อินทลาภาพร (2545 : บทคัดย่อ) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนามบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์นมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีจุดมุ่งหมาย 1) เพื่อศึกษาวิธีการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์นมโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ 2) เพื่อพัฒนามบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์นมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และ 3) เพื่อหาคุณภาพและศึกษาผลการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และความสามารถในการนำเสนอผลงานทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์นมมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ในระดับมาก และมีความสามารถในการนำเสนอ ผลงานทางวิทยาศาสตร์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

พลทรัพย์ โพธิ์สุ (2545 : บทคัดย่อ) ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ เรื่อง พืชและสัตว์ ในสาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 โดยมีจุดมุ่งหมาย 1) เพื่อพัฒนาและหาคุณภาพของชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ เรื่อง พืชและสัตว์ ในสาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต 2) เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ เรื่อง พืชและสัตว์ ในสาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต ในด้านความรู้ และด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ 3) เพื่อศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ เรื่อง พืชและสัตว์ ในสาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต ผลการวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้น มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก นักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีผลการเรียนรู้อย่างนี้ 1) มีผลการเรียนรู้ด้านความรู้ในระดับดี 2) มีผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และเจตคติของนักเรียนต่อชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

ฉัตรชัย วาญวรรณ (2546 : 77-80) กล่าวว่าบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องการใช้ประโยชน์จากฟางข้าว ส่งผลให้นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีผลการเรียนรู้ด้านความรู้สูงขึ้น มีผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี และมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก

งานวิจัยต่างประเทศ

เซลิม (Selim 1982 : 3001 – A) ศึกษาผลการสอนแบบให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง และการสอนแบบบรรยายที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับ 5 ในประเทศอียิปต์ ทำการทดสอบด้าน Non – Verbal Intelligence Test พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบบรรยาย

สมิธ (Smith. 1997 : Abstract) ได้ศึกษาผลของวิธีสอนที่มีต่อเจตคติต่อวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการสอนของนักเรียนในระดับเกรด 7 ผลการศึกษาพบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบบรรยายและให้ลงมือปฏิบัติ มีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่าวิธีสอนแบบบรรยาย หรือให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองเพียงแบบใดแบบหนึ่งจากการศึกษาและประมวลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งงานวิจัยในประเทศและงานวิจัยต่างประเทศ พบว่า ครูผู้สอนสามารถสร้างเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้ โดยการจัดรูปแบบกระบวนการเรียนการสอนที่หลากหลาย ส่งเสริมให้การเรียนรู้ที่มุ่งให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดปฏิบัติอยู่เสมอและคอยแนะนำให้เกิดการอภิปรายอย่างใกล้ชิดมีระบบการเรียนการสอนที่น่าสนใจ เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการคิด และตัดสินใจในการจัดการเรียนการสอนให้มากที่สุด

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งงานวิจัยในประเทศ และงานวิจัยต่างประเทศเกี่ยวกับเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ข้างต้น สรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่หลากหลาย มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง มีส่วนร่วมแสดงความคิดเห็น ตัดสินใจ การประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยมีครูเป็นเพียงผู้ให้คำแนะนำจะมีผลต่อเจตคติของนักเรียนในทางที่ดี ดังนั้นครูผู้สอนนอกจากจะสามารถสร้างเจตคติที่ดีต่อการเรียนของนักเรียนแล้ว จะมีผลต่อเจตคติของนักเรียนตลอดจนผลสัมฤทธิ์ทั้งด้านความรู้ และทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอีกด้วย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

การวิจัยครั้งนี้เพื่อพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน สำหรับนักเรียน
ช่วงชั้นที่ 4 ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาค้นคว้าแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

ตอนที่ 1 การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยดำเนินการจัดทำเอกสาร 2 ชุด คือ

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
2. คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนดำเนินการ ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ 1) หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544
2) คู่มือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
เพิ่มเติมของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพุทธศักราช 2545 3) เอกสารเกี่ยวกับ
กิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. ทำการศึกษาและวิเคราะห์ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สำหรับ
การนำมาพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้มีคุณภาพ ประสิทธิภาพตามทฤษฎีและหลักการทาง
วิทยาศาสตร์

3. นำผลการศึกษาในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมช่วงชั้นที่ 4 สาระที่ 5 :
พลังงาน เรื่อง ความร้อนและอุณหพลศาสตร์ มากำหนดเป็นกิจกรรมบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง
พลังงานความร้อน ประกอบด้วยเนื้อหา 3 เรื่อง จำนวน 4 บทปฏิบัติการ ดังนี้

เรื่องที่ 1 ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ประกอบด้วย 1 บทปฏิบัติการ คือ
บทปฏิบัติการ เรื่อง ความจุความร้อนจำเพาะของโลหะ

เรื่องที่ 2 ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะ ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการ คือ
บทปฏิบัติการ เรื่อง ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งและบทปฏิบัติการ เรื่อง อิทธิพลของ
ความดันที่มีผลต่อจุดเดือด

เรื่องที่ 3 ความร้อนกับการขยายตัว ประกอบด้วย 1 บทปฏิบัติการ คือ บทปฏิบัติการ เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัวของโลหะ

4. การทดลองในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ดำเนินการ 2 ช่วง ได้แก่

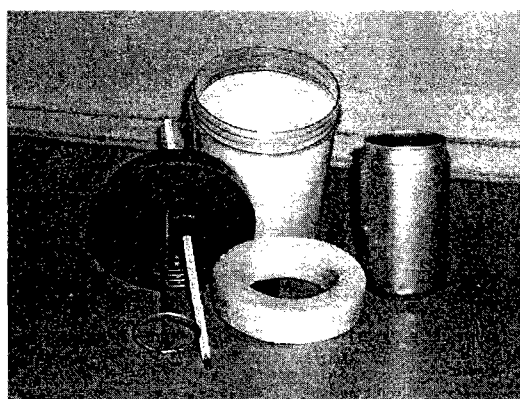
ช่วงที่ 1 การพัฒนาอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ได้แก่ แคลอริมิเตอร์เพื่อใช้ประกอบการทดลอง ในบทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง ความจุความร้อนจำเพาะและบทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว การพัฒนาอุปกรณ์ มีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

1) เลือกวัสดุที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาอุปกรณ์ ได้แก่ โฟม กระจกพลาสติกชนิด ฝาเกลียวขนาด 1000 ml กระจกอะลูมิเนียมจากวัสดุเหลือใช้ขนาด 300 ml อะลูมิเนียมเส้นขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 1/8 นิ้ว และจุกยาง 1 รูเบอร์ 4

2) นำโฟมมาตัดเป็นทรงกระบอกให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 10.5 cm และเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 6.5 cm แล้วใส่ลงในกระจกพลาสติกเพื่อใช้เป็นฉนวนกันความร้อน

3) นำกระจกอะลูมิเนียมจากวัสดุเหลือใช้มาทำความสะอาด ตัดปากกระจกให้ เรียบเพื่อใช้เป็นกระจกในแคลอริมิเตอร์ แล้วนำไปใส่ในกระจกพลาสติกที่บุด้วยโฟมเป็นฉนวนแล้ว

4) ปิดด้วยฝากระจกที่เจาะเป็น 2 ช่องให้มีขนาดพอดีสำหรับจุกยางเพื่อใส่ เทอร์โมมิเตอร์ และอะลูมิเนียมเส้นที่ดัดสำหรับเป็นที่คน ดังภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 แสดงส่วนประกอบของแคลอริมิเตอร์

ช่วงที่ 2 การทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ โดยการ นำบทปฏิบัติการที่ผ่านการวิเคราะห์ไปทดลองในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เพื่อตรวจสอบ ความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติและความเหมาะสมของบทปฏิบัติการให้เป็นไปตามทฤษฎีและหลักการ ทางวิทยาศาสตร์ แล้วพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน เรื่องที่ศึกษาทดลองใน ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยเนื้อหา 3 เรื่องซึ่งเป็นผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากความร้อน พัฒนา เป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จำนวน 4 บทปฏิบัติการ ดังนี้

เรื่องที่ 1 ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ พัฒนาเป็นบทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง ความจุความร้อนจำเพาะ โดยศึกษาหาค่าความจุความร้อนจำเพาะของโลหะต่างชนิดกัน ได้แก่ เหล็ก อะลูมิเนียม และทองเหลือง จากการใช้แคลอรีมิเตอร์ที่สร้างขึ้นเป็นอุปกรณ์ในการทดลองเพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อม ซึ่งทำให้สามารถหาความจุความร้อนจำเพาะของโลหะได้จากหลักการอนุรักษ์พลังงานความร้อน คือ ปริมาณความร้อนของวัตถุที่ลดลงเท่ากับปริมาณความร้อนของแคลอรีมิเตอร์และน้ำเย็นที่เพิ่มขึ้น ตามสมการดังนี้

$$ms(t_2 - t) = m_c s_c (t - t_1) + m_w s_w (t - t_1)$$

$$s = (m_c s_c (t - t_1) + m_w s_w (t - t_1)) / m(t_2 - t)$$

เรื่องที่ 2 ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะ พัฒนาเป็น 2 บทปฏิบัติการ ได้แก่ บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว ซึ่งเป็นความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นของเหลวโดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง ในที่นี้จะศึกษาความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง จากการใช้แคลอรีมิเตอร์ที่สร้างขึ้นเป็นอุปกรณ์ทดลองเพื่อป้องกันการถ่ายเทความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อม ทำให้สามารถหาความร้อนแฝงของการหลอมเหลวได้จากหลักการอนุรักษ์พลังงานความร้อน คือ ปริมาณความร้อนของน้ำแข็งที่เพิ่มขึ้นเท่ากับปริมาณความร้อนของแคลอรีมิเตอร์และน้ำเย็นที่ลดลงตามสมการดังนี้

$$mL + ms_i(t_2 - 0) = m_c s_c (t_2 - t_1) + m_w s_w (t_2 - t_1)$$

$$L = (m_w s_w + m_c s_c)(t_2 - t_1) - ms_i(t_2 - 0) / m$$

บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง อิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือด เมื่อมีการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ โดยขณะที่ของเหลวกลายเป็นไออยู่ในภาชนะปิดความดันไอจะมีมาก และถ้าความดันไอที่อยู่ในภาชนะปิดถูกทำให้ลดลง มีผลทำให้จุดเดือดของของเหลวที่อยู่ในภาชนะปิดนั้นลดลงด้วย ในที่นี้ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของความดันและปัจจัยอื่นที่มีผลต่อจุดเดือด

เรื่องที่ 3 ความร้อนกับการขยายตัว พัฒนาเป็นบทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัวโดยทำการศึกษาความร้อนกับการขยายตัวของแก๊ส

5. การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน

ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ มาพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน โดยจัดทำเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 4 บท ปฏิบัติการมีองค์ประกอบ 3 ส่วนดังนี้ ส่วนที่ 1 ชื่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และใบความรู้ประกอบ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย แนวคิดหรือหลักการ จุดประสงค์การทดลอง อุปกรณ์และสารเคมี และวิธีการทดลอง ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผล

การทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ กำหนดให้แต่ละบทปฏิบัติการมีกิจกรรม 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นกิจกรรมที่นักเรียนทำการทดลองตามบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้น และตอนที่ 2 นักเรียนจะต้องเป็นผู้วางแผนดำเนินการทดลองและทำการทดลองด้วยตนเองจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนที่จะนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการเรียนการสอน โดยดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย 1) หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544 2) คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพุทธศักราช 2545 3) เอกสารเกี่ยวกับกิจกรรมการทดลองวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย 4) เอกสารเกี่ยวกับการวัดและประเมินผลของการสร้างบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 5) เอกสารเกี่ยวกับสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สำหรับช่วงชั้นที่ 4 สาระที่ 5 : พลังงาน เรื่องความร้อนและอุณหภูมิศาสตร์

2. ศึกษาสาระ คำอธิบายรายวิชา จุดประสงค์ รวมทั้งเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ในการสร้างคู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมช่วงชั้นที่ 4 สาระที่ 5 : พลังงาน เรื่อง ความร้อนและอุณหภูมิศาสตร์ คู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แต่ละบทมีองค์ประกอบดังนี้ 1) ชื่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2) จุดประสงค์การเรียนรู้ 3) จุดประสงค์การทดลอง 4) อุปกรณ์และสารเคมี 5) เวลาที่ใช้ 6) การเตรียมล่วงหน้า 7) การอภิปรายก่อนการทดลอง 8) แนวการตั้งปัญหา 9) แนวการตั้งสมมติฐาน 10) ตัวอย่างผลการทดลอง 11) การอภิปรายหลังการทดลอง 12) แนวคำตอบของคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และ 13) คำแนะนำเพิ่มเติม

3. นำคู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ได้พัฒนาขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท

4. การตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ที่พัฒนาเสร็จแล้วเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วย ผู้สอนวิทยาศาสตร์ที่ทำการสอนอย่างน้อย 5 ปี จำนวน 1 ท่าน ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิทัศน์ ผักเจริญผล ผู้สอนวิชาฟิสิกส์ที่ทำการสอนอย่างน้อย 5 ปี จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปราโมทย์ จุลกุลป์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์วินัย วงศ์วิสิทธิ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์วีระพงษ์ ฉายอรุณ ผู้สอนวิชาวัดผลและประเมินผลที่ทำการสอนอย่างน้อย 5 ปี จำนวน 1 ท่าน ได้แก่ รองศาสตราจารย์ ดร. สมสรร วงษ์อยู่น้อย เพื่อตรวจสอบ

ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของบทปฏิบัติการกับเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (IOC) มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป นำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข กำหนดเกณฑ์การพิจารณาค่าดัชนีความ สอดคล้อง ดังนี้

+1	หมายถึง	สอดคล้อง
0	หมายถึง	ไม่แน่ใจ
-1	หมายถึง	ไม่สอดคล้อง

องค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ต้องการวัด 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ได้แก่

- 1.1 ความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหาในใบความรู้
- 1.2 ภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน

ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ได้แก่

- 2.1 หลักการ
- 2.2 จุดประสงค์การทดลอง
- 2.3 อุปกรณ์และสารเคมี
- 2.4 วิธีการทดลอง

ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ได้แก่

- 3.1 รูปแบบเอกสารรายงานผลการทดลอง
- 3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการ
 - สอดคล้องกับการทดลองในบทปฏิบัติการ
 - สอดคล้องกับจุดประสงค์การทดลอง
 - สอดคล้องกับกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
 - ส่งเสริมการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญปรากฏว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ในช่วง 0.6 -1.0 (ดูภาคผนวก ค) และนำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อให้มีความสมบูรณ์และเหมาะสมยิ่งขึ้น โดยสรุปข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

- 1) คำถามท้ายการทดลองปรับแก้ให้มีความชัดเจนและมีความสมบูรณ์ของคำถาม
- 2) ตัดข้อความที่ฟุ่มเฟือยบางข้อความ เพื่อความกระชับของข้อความ
- 3) ปรับแก้ตัวอย่างที่เป็นการแทนสูตร ให้รู้ที่มาเป็นขั้นตอน

4) บทปฏิบัติการที่ 2 ตอนที่ 2 เปลี่ยนเป็นการศึกษาความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งที่มีมวลต่างกัน เนื่องจากควบคุมและจัดเตรียมน้ำไม่บริสุทธิ์ได้ยาก

ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญแล้วนำไปประเมินคุณภาพ

5. ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปประเมินคุณภาพองค์ประกอบของบทปฏิบัติการ โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านที่เป็นชุดเดียวกับการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา เพื่อประเมินคุณภาพองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ดังนี้ ส่วนที่ 1 ชื่อบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์และใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย แนวคิดหรือหลักการ จุดประสงค์การทดลอง อุปกรณ์และสารเคมี และวิธีการทดลอง ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยกำหนดคะแนนของระดับความคิดเห็นแต่ละช่วง ดังนี้

ระดับ 5	คะแนน	หมายถึง	ดีมาก
ระดับ 4	คะแนน	หมายถึง	ดี
ระดับ 3	คะแนน	หมายถึง	ปานกลาง
ระดับ 2	คะแนน	หมายถึง	พอใช้
ระดับ 1	คะแนน	หมายถึง	ต้องปรับปรุง

การให้ความหมายใช้การแปลความจากช่วงของค่าเฉลี่ยรายข้อ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.21 – 5.00	หมายถึง	ดีมาก
คะแนนเฉลี่ย 3.41 – 4.20	หมายถึง	ดี
คะแนนเฉลี่ย 2.61 – 3.40	หมายถึง	ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 1.81 – 2.60	หมายถึง	พอใช้
คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.80	หมายถึง	ควรปรับปรุง

ผลการประเมินองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญ ทุกบทปฏิบัติการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.43 มีผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก (ดูภาคผนวก ง)

ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน

การวิจัยตอนที่ 2 ผู้วิจัยนำผลการทดลองที่ได้จากตอนที่ 1 มาดำเนินการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน

1. นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อนที่ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญไปทดลองกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวน 3 คน ตามลำดับ เพื่อศึกษาความเหมาะสมในด้านองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในส่วนต่างๆ คือ ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ซึ่งจากการสังเกตของผู้วิจัยและสอบถามความคิดเห็นของนักเรียน เพื่อนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

ตาราง 6 แสดงข้อเสนอแนะและการแก้ไขปรับปรุงจากการทดลองกับนักเรียนกลุ่มย่อยจำนวน 3 คน

ข้อเสนอแนะและข้อสังเกตจากการวิจัย	การแก้ไขปรับปรุง
1. บทปฏิบัติการที่ 1 และ 2 ใช้เวลาในการต้มน้ำนาน ทำให้ใช้เวลาเกินที่กำหนด	1. ครูเตรียมต้มน้ำไว้ให้นักเรียนก่อน
2. บทปฏิบัติการที่ 3 ต้องใช้ความระมัดระวังในการทดลองมาก	2. ครูคำแนะนำให้ระมัดระวังเรื่องความปลอดภัย นำระหว่างทำการทดลอง
3. ใบความรู้ใช้ภาษา และมีเนื้อหาซึ่งทำความเข้าใจได้ยากยาก	3. ปรับภาษา และเพิ่มภาพประกอบให้ทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น

2. การกำหนดเกณฑ์ที่ใช้เป็นค่าประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นและปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวนกลุ่มละ 3 คนรวม 9 คน โดยนำค่าเฉลี่ยของคะแนนจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แต่ละบทระหว่างเรียนมาคิดเป็นร้อยละ และเปรียบเทียบกับค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยรวมของผลการเรียนรู้ทั่วไปหลังเรียน เพื่อกำหนดเกณฑ์ 75/75

3. การหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยทดลองสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวนกลุ่มละ 3 คนรวม 15 คน พร้อมประเมินความคิดเห็นของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับคุณภาพของบทปฏิบัติการในส่วนที่ 1 ใบ

ความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยให้เกณฑ์มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ 5 4 3 2 และ 1 แล้วสรุปคะแนนจาก ค่าเฉลี่ยรายข้อของแต่ละบทปฏิบัติการ ผลการประเมินในแต่ละบทปฏิบัติการและโดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.43 อยู่ในระดับดีมาก (ดูภาคผนวก ง)

ตอนที่ 3 ขอบเขตของการนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

การวิจัยตอนที่ 3 เมื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรียบร้อยแล้ว นำไปทดลองสอน ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนจังหวัดนครปฐม ที่เรียนอยู่ในช่วงชั้นที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนในช่วงชั้นที่ 4 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม ที่เรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 จำนวน 1 ห้องเรียนเป็นจำนวนนักเรียน 30 คน ได้จากการสุ่มแบบเจาะจงของโรงเรียนในจังหวัดนครปฐม ที่มีคุณสมบัติเป็นโรงเรียนที่มีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งมีคุณภาพทางการศึกษาเทียบเคียงกับโรงเรียนอื่นที่อยู่ในจังหวัดนครปฐม

2. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

2.2.1 ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน แยกเป็น

- 1) ผลการเรียนรู้ด้านความรู้
- 2) ผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

2.2.2 เจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่นำมาสร้างเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ครั้งนี้เป็นเนื้อหาที่สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ช่วงชั้นที่ 4 สาระที่ : 5 พลังงาน เรื่อง ความร้อนและอุณหพลศาสตร์ โดยได้นำมาพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ซึ่งประกอบด้วยบทปฏิบัติการ 4 บทปฏิบัติการ

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการทดลองสอนนักเรียน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 ในช่วงโมงกิจกรรมอิสระ จำนวน 8 ครั้ง รวมทั้งหมด 16 คาบ คาบละ 50 นาที

ตาราง 7 แสดงการใช้ระยะเวลาในการเรียนการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ครั้งที่	จำนวนชั่วโมง	เรื่อง	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่	การประเมิน ขณะ ปฏิบัติการ
1 - 2	4	ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ	1. ความจุความร้อนจำเพาะ ตอนที่ 1 ความจุความร้อนจำเพาะของโลหะ ตอนที่ 2 ความจุความร้อนจำเพาะของโลหะต่างชนิด	- แผนที่ ความคิด - ทักษะปฏิบัติการทาง วิทยาศาสตร์ - เจตคติต่อบท ปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์
3 - 4	4	ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะ	2. ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว ตอนที่ 1 ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง ตอนที่ 2 ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งที่มีมวลต่างกัน	
5 - 6	4		3. อิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือด ตอนที่ 1 อิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือด ตอนที่ 2 ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อจุดเดือด	
7 - 8	4	ความร้อนกับการขยายตัว	4. ความร้อนการขยายตัว ตอนที่ 1 ความร้อนการขยายตัวของของแข็ง ตอนที่ 2 ความร้อนการขยายตัวของของเหลว	

เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียน

เครื่องมือวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียน มีดังนี้

1. แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้
2. แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
3. แบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

การสร้างเครื่องมือสำหรับการวิจัย ดำเนินการดังนี้

1. แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้

แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ในการวิจัยครั้งนี้แยกออกเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ทั่วไป

ส่วนที่ 2 แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้จากการอธิบายความ

ส่วนที่ 3 แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้เชิงสรุป

ในแต่ละส่วนมีขั้นตอนดำเนินการ ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ทั่วไป โดยใช้แบบทดสอบแบบปรนัยเลือกตอบ 4

ตัวเลือก มีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

- 1) ศึกษา ค้นคว้า รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัย ของณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2542 : 40 - 80)

2) วิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างตารางจำแนกข้อสอบ (ดังตาราง 8) แล้วนำผลที่ได้มาสร้างแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบปรนัยเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ โดยมีพฤติกรรม 4 ด้านดังนี้

2.1 ด้านความรู้ – ความจำ (Knowledge)

2.2 ด้านความเข้าใจ (Comprehension)

2.3 ด้านกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Process of scientific inquiry)

2.4 ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (Application of scientific knowledge and skills)

ตาราง 8 แสดงการจำแนกข้อสอบวัดผลการเรียนรู้ทั่วไปของพฤติกรรม 4 ด้าน

จุดประสงค์การเรียนรู้	พฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านที่ *				รวม ข้อ	ลำดับ ความ สำคัญ
	1	2	3	4		
1. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และการถ่ายเทความร้อนได้	1	3	4	2	10	1
2. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความร้อนกับความจุความร้อนจำเพาะได้	-	1	2	2	5	3
3. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุต่างชนิด และนำหลักการไปใช้ประโยชน์ได้	1	-	2	-	3	5
4. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารได้	2	4	2	1	9	2
5. ยกตัวอย่างและอธิบายการเปลี่ยนแปลงสถานะที่พบเห็นในชีวิตประจำวันได้	-	-	-	1	1	7
6. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับความดันและปัจจัยอื่นที่มีผลต่อจุดเดือดได้ และนำไปใช้ประโยชน์ได้	2	1	1	-	4	4
7. ยกตัวอย่างการนำความรู้เกี่ยวกับความดันและปัจจัยอื่นที่มีผลต่อจุดเดือดไปใช้ประโยชน์ได้	-	-	1	-	1	7
8. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับความร้อนกับการขยายตัวของสารได้	2	-	2	1	5	3
9. ยกตัวอย่างการนำความรู้เกี่ยวกับความร้อนที่มีต่อการขยายตัวของสารไปใช้ประโยชน์ได้	-	-	-	2	2	6
รวม	8	9	14	9	40	-

หมายเหตุ พฤติกรรมการเรียนรู้ด้านที่ * คือ 1 = ความรู้-ความจำ

2 = ความเข้าใจ

3 = กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

4 = การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

3) นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท และผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นชุดเดียวกับชุดที่ประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของบทปฏิบัติการ เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของแบบทดสอบ โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างคำถามกับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปแล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข (ดูภาคผนวก ค)

4) นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขไปทดลองใช้กับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ระดับมัธยมศึกษา ปีที่ 6 จำนวน 100 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างแล้วนำผลการทดสอบจากแบบทดสอบแบบปรนัยมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบเป็นรายข้อโดยใช้เทคนิค 27 % ของ จุลเดห์ฟาน

5) ทำการคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไปจำนวน 40 ข้อ (ดูภาคผนวก ค)

6) นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้มาหาค่าความเชื่อมั่น แบบคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) โดยใช้สูตร KR – 20 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.84

7) นำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

ส่วนที่ 2 แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้จากการอธิบายความ โดยใช้แบบอัตนัยเขียนตอบ ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1) ศึกษา ค้นคว้า รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดการประเมินผล การสร้างข้อสอบวิทยาศาสตร์ การวัดผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยของ ฦกฐรพงษ์ เจริญพิทย. (2546 : 55 - 59) และในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดให้ใช้แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้แบบอัตนัยเขียนตอบ เป็นแบบทดสอบที่วัดพฤติกรรมด้านการวิเคราะห์ความรู้

2) วิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างจำนวน 10 ข้อ โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด ตามองค์ประกอบ ดังนี้

องค์ประกอบของเกณฑ์การให้คะแนนด้านเนื้อหา

1. ตอบถูกต้องตรงประเด็น และครอบคลุม
2. มีการยกตัวอย่างประกอบ และขยายรายละเอียดเพิ่มเติม
3. ใช้ภาษาได้ถูกต้องและเขียนได้สละสลวยสมบูรณ์ไม่สับสน สามารถอ่านแล้ว

ทำความเข้าใจได้ง่าย

4. มีความสะอาดและเรียบร้อย

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับคะแนน 5	หมายถึง	มีผลงานอยู่ในระดับดีมาก
ระดับคะแนน 4	หมายถึง	มีผลงานอยู่ในระดับดี
ระดับคะแนน 3	หมายถึง	มีผลงานอยู่ในระดับปานกลาง
ระดับคะแนน 2	หมายถึง	มีผลงานอยู่ในระดับพอใช้
ระดับคะแนน 1	หมายถึง	มีผลงานอยู่ในระดับปรับปรุง

3) นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท และผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านเพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ของแบบทดสอบโดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างคำถามกับพฤติกรรม (IOC) ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปแล้วนำข้อเสนอนี้มาปรับปรุงแก้ไข (ดูจากภาคผนวก ค)

4) นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขไปทดลองใช้กับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 100 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างแล้วนำผลการทดสอบมาหาค่าความเชื่อมั่น ใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนบาค (Cronbach 's alpha coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.72

5) นำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

ส่วนที่ 3 แบบประเมินผลการเรียนรู้เชิงสรุป โดยจัดทำเป็นแผนที่ความคิด มีขั้นตอนดำเนินการ ดังนี้

- 1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้ ที่ได้จากการทำแผนที่ความคิด เพื่อกำหนดรูปแบบการประเมินและเกณฑ์การให้คะแนน
- 2) วิเคราะห์เนื้อหาและศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทปฏิบัติการ นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาสร้างแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุป
- 3) สร้างแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุปโดยดัดแปลงและเพิ่มเติมจากศิริพร ทิพย์สิงห์. (2545 : 143-144) ซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบของเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้
 - องค์ประกอบของเกณฑ์การให้คะแนนด้านเนื้อหาและรูปแบบ
 1. แผนผังความคิดที่สร้างขึ้นถูกต้องตรงตามเนื้อหา
 2. มีการจัดเรียงหัวข้อในทัศน์อย่างต่อเนื่อง
 3. มีการลากเส้นเชื่อมโยงมโนทัศน์และแสดงความสัมพันธ์ได้อย่างสมเหตุสมผล
 4. มีการจัดเรียงรูปแบบมโนทัศน์เหมาะสม
 5. บอกแหล่งเรียนรู้จากการค้นคว้าเพิ่มเติมครบถ้วน

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับคะแนน 5	หมายถึง	มีผลงานอยู่ในระดับดีมาก
ระดับคะแนน 4	หมายถึง	มีผลงานอยู่ในระดับดี
ระดับคะแนน 3	หมายถึง	มีผลงานอยู่ในระดับปานกลาง
ระดับคะแนน 2	หมายถึง	มีผลงานอยู่ในระดับพอใช้
ระดับคะแนน 1	หมายถึง	มีผลงานอยู่ในระดับปรับปรุง

4) นำแบบประเมินที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทเพื่อตรวจสอบพิจารณาแล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข ก่อนนำเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านซึ่งเป็นชุดเดียวกับผู้เชี่ยวชาญที่ตรวจสอบแบบทดสอบแบบปรนัยและแบบอัตนัย เพื่อดูความเหมาะสมของเกณฑ์และตัวบ่งชี้ในการประเมิน โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปแล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข (ดูจากภาคผนวก ค)

5) นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

การประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้

1. ส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 การประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้จากแบบทดสอบแบบปรนัยเลือกตอบ และแบบทดสอบแบบอัตนัยเขียนตอบจะดำเนินการหลังจากนักเรียนได้เรียนครบทุกบทปฏิบัติการ
2. ส่วนที่ 3 การประเมินผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุป จากแผนที่ความคิดจะดำเนินการเมื่อนักเรียนได้เรียนจบแต่ละบทปฏิบัติการ
3. คะแนนของแบบทดสอบทั้ง 3 ส่วนคิดเป็นร้อยละ

2. แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

การสร้างแบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

- 1) ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 82 - 112) รวมทั้งเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 2) ศึกษาเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อการประเมินตามสภาพจริงโดยอิงเกณฑ์รูบริก (Rubric) ของณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 205 - 210) เป็นการให้คะแนนภาพรวม (Holistic score) และการให้คะแนนแยกองค์ประกอบ (Analytic score)
- 3) สร้างแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เป็นแบบประเมินตามสภาพจริงโดยกำหนดคะแนนรูบริก (Rubric scoring) การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic score)

แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับคือ ดีมาก ดี ปานกลาง พอใช้ ปรับปรุง โดยมีคะแนน 5 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ ซึ่งผู้วิจัยดัดแปลงจากแบบสังเกตและบันทึกผลการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านปฏิบัติการทดลองของ ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 82 - 112) โดยแยกการประเมินเป็น 3 ด้าน ดังนี้

1. ด้านการวางแผนการทดลอง ประเด็นการประเมินมีดังนี้
 - 1) มีการปรึกษาหารือ (กับผู้ที่เกี่ยวข้อง) เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง
 - 2) มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม
 - 3) มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้ผู้ร่วมการทดลองอย่างเหมาะสมชัดเจน
 - 4) มีความสามารถในการปรับปรุงแนวทางการทดลองอย่างเหมาะสม
2. ด้านการปฏิบัติการทดลอง แยกเป็น
 - 2.1 เทคนิคการทดลอง ประเด็นการประเมินมีดังนี้
 - 1) ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธี
 - 2) ใช้อุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง
 - 3) อ่านค่าและตรวจวัดได้อย่างถูกต้อง
 - 4) ทำการทดลองได้อย่างระมัดระวังและปลอดภัย
 - 2.2 ความคล่องแคล่วในการทดลอง ประเด็นการประเมินมีดังนี้
 - 1) ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่ว
 - 2) ปฏิบัติการทดลองอย่างถูกต้องสมบูรณ์
 - 3) มีความเชื่อมั่นในขณะปฏิบัติการทดลอง
 - 4) ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด
 - 2.3 ความสะอาดและความเป็นระเบียบ ประเด็นการประเมินมีดังนี้
 - 1) จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสมและเพียงพอ
 - 2) จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ใช้ได้สะดวกขณะทดลอง
 - 3) จัดเก็บอุปกรณ์เครื่องใช้หลังทดลองได้ถูกวิธี
 - 4) ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่างสะอาดและเรียบร้อย

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับ 5	คะแนนหมายถึงมีองค์ประกอบ	4	ประเด็น	มีทักษะปฏิบัติระดับ	ดีมาก
ระดับ 4	คะแนนหมายถึงมีองค์ประกอบ	3	ประเด็น	มีทักษะปฏิบัติระดับ	ดี
ระดับ 3	คะแนนหมายถึงมีองค์ประกอบ	2	ประเด็น	มีทักษะปฏิบัติระดับ	ปานกลาง
ระดับ 2	คะแนนหมายถึงมีองค์ประกอบ	1	ประเด็น	มีทักษะปฏิบัติระดับ	พอใช้
ระดับ 1	คะแนนหมายถึงไม่มีองค์ประกอบ			มีทักษะปฏิบัติระดับ	ปรับปรุง

3. ด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง ผู้วิจัยทำการประเมินหลังจากนักเรียนได้เรียนปฏิบัติการทดลองเสร็จสิ้นในแต่ละบทปฏิบัติการ โดยประเมินองค์ประกอบของรายงาน ได้แก่

- 1) จุดประสงค์การทดลอง
- 2) สมมติฐานการทดลอง
- 3) ผลการทดลอง
- 4) สรุปผลการทดลอง
- 5) คำถามท้ายการทดลอง

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับ 5	คะแนนหมายถึงเขียนถูกต้อง	4-5	องค์ประกอบ	มีทักษะปฏิบัติระดับ	ดีมาก
ระดับ 4	คะแนนหมายถึงเขียนถูกต้อง	3	องค์ประกอบ	มีทักษะปฏิบัติระดับ	ดี
ระดับ 3	คะแนนหมายถึงเขียนถูกต้อง	2	องค์ประกอบ	มีทักษะปฏิบัติระดับ	ปานกลาง
ระดับ 2	คะแนนหมายถึงเขียนถูกต้อง	1	องค์ประกอบ	มีทักษะปฏิบัติระดับ	พอใช้
ระดับ 1	คะแนนหมายถึงเขียนไม่ถูกต้องทุกองค์ประกอบ			มีทักษะปฏิบัติระดับ	ปรับปรุง

3) นำแบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโทเพื่อตรวจสอบพิจารณาแล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข ก่อนนำเสนอผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านซึ่งเป็นชุดเดียวกับผู้เชี่ยวชาญที่ตรวจสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ โดยตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างและความเหมาะสมของแบบประเมินโดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปแล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข (ดูภาคผนวก ค)

4) นำแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน นำคะแนนผลการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้มาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมิน โดยใช้สูตรหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ของครอนบัค (Cronbach 's alpha coefficient) มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.63 (ดูภาคผนวก ค)

5) นำประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้กับนักเรียน
กลุ่มตัวอย่าง

การประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

1. ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ด้านที่ 1 และ 2 ทำการประเมินระหว่างเรียนแต่ละบทปฏิบัติการ ส่วนด้านที่ 3 ประเมินหลังเรียนจบแต่ละบทปฏิบัติการ
2. ประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้านเป็นรายบุคคล
3. ดำเนินการประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์โดยครูผู้สอน
4. นำคะแนนจากแบบประเมินทั้ง 3 ด้านมาหาค่าเฉลี่ย

3. แบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

การสร้างแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

- 1) ศึกษา ค้นคว้ารวบรวมเอกสารเกี่ยวกับการวัดผลประเมินผลแบบสอบถามวัดเจตคติของ ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 118 - 146) และพวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2543 : 107 - 108) ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert scale) และการวัดผลการเรียนรู้ด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
- 2) สร้างแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ โดยดัดแปลงจากแบบสอบถามวัดเจตคติต่อการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ของ ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2542 : 144 - 146) เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับที่มีระดับความคิดเห็นคือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด โดยพิจารณาความคิดเห็นหรือความรู้สึก 2 ด้าน ดังนี้

ด้านที่ 1 ความรู้สึกต่อบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

ด้านที่ 2 การแสดงออกต่อบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

2.1 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

2.2 การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์มีเนื้อหาของข้อคำถามทั้งเชิงนิมิตและเชิงนิเสธ โดยกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ข้อคำถามเชิงนิมิต

ระดับความคิดเห็น 5 หมายความว่า มีความคิดเห็นอยู่ในระดับ มากที่สุด

ระดับความคิดเห็น 4 หมายความว่า มีความคิดเห็นอยู่ในระดับ มาก

ระดับความคิดเห็น 3 หมายความว่า มีความคิดเห็นอยู่ในระดับ ปานกลาง

ระดับความคิดเห็น 2 หมายความว่า มีความคิดเห็นอยู่ในระดับ น้อย

ระดับความคิดเห็น 1 หมายความว่า มีความคิดเห็นอยู่ในระดับ น้อยที่สุด

ข้อคำถามเชิงนิเสธ

ระดับความคิดเห็น 5 หมายความว่า มีความคิดเห็นอยู่ในระดับ น้อยที่สุด

ระดับความคิดเห็น 4 หมายความว่า มีความคิดเห็นอยู่ในระดับ น้อย

ระดับความคิดเห็น 3 หมายความว่า มีความคิดเห็นอยู่ในระดับ ปานกลาง

ระดับความคิดเห็น 2 หมายความว่า มีความคิดเห็นอยู่ในระดับ มาก

ระดับความคิดเห็น 1 หมายความว่า มีความคิดเห็นอยู่ในระดับ มากที่สุด

3) นำแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนอต่อ คณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจพิจารณาแล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข ก่อน นำเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านซึ่งเป็นชุดเดียวกับผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างและความเหมาะสมของแบบสอบถามโดยพิจารณาจากค่า ดัชนีความสอดคล้องที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป (ดูภาคผนวก ค) แล้วนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไข

4) นำคะแนนผลการวัดเจตคติที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดเจตคติ โดยใช้สูตรหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค (Cronbach's alpha coefficient) มีค่าความเชื่อมั่น 0.60 (ดูภาคผนวก ค)

5) นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขไป และผ่านการหาค่าความเชื่อมั่นใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

การประเมินผลเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1. ดำเนินการประเมินเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียนจบแต่ละบทปฏิบัติการ

2. นำคะแนนที่ได้จากการทำแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการมาหาค่าเฉลี่ย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยในขั้นตอนการทดลองสอนเป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi experimental design) มีรูปแบบการทดลอง ดังนี้

1. ใช้รูปแบบกลุ่มเดียวสอบก่อนและสอบหลัง (One group pretest posttest design) สำหรับสมมติฐานข้อ 2.1 และ 2.2

2. ใช้รูปแบบกลุ่มเดียวทดสอบหลังการทดลอง (One group posttest only design) สำหรับสมมติฐานข้อ 2.3 , 3 และ 4

การเก็บรวบรวมข้อมูล มีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

1. ติดต่อผู้บริหารโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม เพื่อขอความร่วมมือในการวิจัย
2. ทำการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน กับนักเรียน กลุ่มย่อยที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อกำหนดค่าเกณฑ์ประสิทธิภาพและหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์
3. ทำการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน กับนักเรียน กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน หลังเรียนจบแต่ละบทปฏิบัติการ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้เชิงสรุปซึ่งจัดทำเป็นแผนที่ความคิด เก็บข้อมูลทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และเก็บข้อมูลเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบสอบถาม
4. เมื่อนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเรียนจบครบทุกบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลหลังการทดลองโดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ทั่วไปโดยใช้แบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก และผลการเรียนรู้จากการอธิบายความโดยใช้แบบอัตนัยเขียนตอบ
5. นำคะแนนที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องมือ ดังนี้
 - 1.1 การวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ แบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ แบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
 - 1.2 การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ (แบบทดสอบแบบปรนัย) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
 - 1.3 การวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ทั่วไป (แบบทดสอบแบบปรนัย) ของแบบคูเดอร์ ริชาร์ดสัน โดยใช้สูตร $K - R 20$
 - 1.4 การวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านการอธิบายความ (แบบทดสอบแบบอัตนัย) แบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ใช้สูตรหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค (Cronbach's alpha coefficient)

2. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน ดังนี้

2.1 หาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการแต่ละบทกับคะแนนที่ได้จากผลการเรียนรู้ทั่วไป (แบบทดสอบแบบปรนัย) หลังเรียนจบทุกบทปฏิบัติการ โดยคิดเป็นร้อยละและนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

2.2 วิเคราะห์คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ทั่วไป (แบบทดสอบแบบปรนัย) และผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความ (แบบทดสอบแบบอัตนัย) ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติ dependent t – test

2.3 วิเคราะห์คะแนนจากแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้แบบปรนัย และแบบอัตนัย หลังเรียน ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียนโดยใช้สถิติ one group t – test

2.4 วิเคราะห์คะแนนจากแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน โดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) แล้วนำค่าเฉลี่ยมาเปรียบเทียบเกณฑ์ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.21 – 5.00	หมายถึง	ดีมาก
คะแนนเฉลี่ย 3.41 – 4.20	หมายถึง	ดี
คะแนนเฉลี่ย 2.61 – 3.40	หมายถึง	ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 1.81 – 2.60	หมายถึง	พอใช้
คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.80	หมายถึง	ต้องปรับปรุง

2.5 วิเคราะห์คะแนนจากแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียน โดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) แล้วนำค่าเฉลี่ยมาเปรียบเทียบเกณฑ์ ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 4.21 – 5.00	หมายถึง	ดีมาก
คะแนนเฉลี่ย 3.41 – 4.20	หมายถึง	ดี
คะแนนเฉลี่ย 2.61 – 3.40	หมายถึง	ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย 1.81 – 2.60	หมายถึง	พอใช้
คะแนนเฉลี่ย 1.00 – 1.80	หมายถึง	ต้องปรับปรุง

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 หาค่าเฉลี่ยคำนวณจากสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์ 2543 : 137)

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

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าคะแนนเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมด

1.2 หาค่าคะแนนความแปรปรวนของแบบทดสอบ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์ 2543 : 142)

โดยคำนวณจากสูตร

$$S^2 = \frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}$$

เมื่อ S^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนน

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

n แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มตัวอย่าง

2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.1 การหาค่าดัชนีความสอดคล้องของ แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านความรู้ แบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ แบบสอบถามวัดเจตคติต่อปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ 2542 : 235)

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 หาความยากง่าย (Difficulty index : p) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination index : r) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบปรนัย โดยทำการวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ (ถันฐพงษ์ เจริญพิทย์ 2542 : 215) การคำนวณต่างๆใช้สูตรดังนี้

ความยากง่าย (Difficulty index : p)

$$P = \frac{R_H + R_L}{N_H + N_L}$$

เมื่อ	P	แทน	ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ
	R_H	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบกลุ่มสูงที่ตอบถูก
	N_H	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบกลุ่มสูง
	R_L	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบกลุ่มต่ำที่ตอบถูก
	N_L	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบกลุ่มต่ำที่ตอบถูก

$$r = \frac{R_H - R_L}{N_H}$$

เมื่อ	r	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	R_H	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบกลุ่มสูงที่ตอบถูก
	R_L	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบกลุ่มต่ำที่ตอบถูก
	N_H	แทน	จำนวนผู้สอบกลุ่มสูง

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

เมื่อ	r_{tt}	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	n	แทน	จำนวนข้อของแบบทดสอบ
	p	แทน	สัดส่วนของผู้ทำถูกต้องผู้เข้าสอบทั้งหมด (n)
	q	แทน	สัดส่วนของผู้ที่ผิดพลาดต่อผู้เข้าสอบทั้งหมด (n) เท่ากับ 1 - p
	S_t^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนของแบบทดสอบทั้งฉบับ

2.4 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้
แบบอัตนัย แบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบท
ปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ โดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach)
(ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ 2542 : 226) โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2} \right\}$$

เมื่อ	α	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
	k	แทน	จำนวนข้อของแบบวัด
	s_i^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนเป็นรายข้อ
	s_t^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนของแบบวัดทั้งฉบับ

3. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบสมมติฐาน

3.1 สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐานข้อ 1 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการ
วิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยใช้สูตร E_1 / E_2 (เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต.
2537 : 259)

$$E_1 = \frac{\left(\frac{\sum x}{N} \right)}{A} \times 100$$

เมื่อ	E_1	แทน	ประสิทธิภาพของการประเมินผลจากการตอบคำถามท้ายบท ปฏิบัติการระหว่างเรียนคิดเป็นร้อยละ
	$\sum x$	แทน	คะแนนรวมของผู้เรียนจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการ ระหว่างเรียน
	A	แทน	คะแนนเต็มรวมของคำถามท้ายบทปฏิบัติการระหว่างเรียน
	N	แทน	จำนวนผู้เรียน

$$E_2 = \frac{\left(\frac{\sum y}{N} \right)}{B} \times 100$$

เมื่อ E_2 แทน ประสิทธิภาพของการประเมินผลการเรียนหลังจากทำแบบทดสอบ
ครบทุกบทปฏิบัติการคิดเป็นร้อยละ

$\sum Y$ แทน คะแนนรวมผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน

A แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

N แทน จำนวนผู้เรียน

3.2 ทดสอบสมมติฐานข้อ 2.1 และ 2.2 โดยใช้สถิติ dependent t – test โดยใช้สูตรใน
(กัลยา วานิชย์บัญชา . 2546 : 250)

$$t = \frac{\bar{d} - d_0}{\frac{s_d}{\sqrt{n}}}$$

เมื่อ $df = n - 1$

t แทน ค่าสถิติของการทดสอบสมมติฐาน

$\bar{d}$ แทน ค่าเฉลี่ยของค่าแตกต่างของคะแนนที่เข้าคู่กัน

s_d แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าแตกต่าง

d_0 แทน ค่าคงที่

n แทน จำนวนคู่

การทดสอบดังกล่าวใช้ระดับ .05 เป็นระดับนัยสำคัญในการทดสอบ

3.3 ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2.3 , 3 และ 4 โดยใช้สถิติ one group t – test โดยเทียบกับ
เกณฑ์ “ ดี ” (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2526 : 168) เขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$t = \frac{\bar{X} - \mu^*}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

เมื่อ μ แทน ค่าเกณฑ์ที่กำหนดเป็นระดับ (ในสมมติฐาน)

$\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยที่กำหนดจากข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง

S แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่คำนวณจากข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง

n แทน จำนวนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

หมายเหตุ μ^* มีความหมาย ดังนี้

1. สำหรับสมมติฐานข้อ 2 มีค่าเกณฑ์อยู่ในระดับดี = ร้อยละ 70)
 2. สำหรับสมมติฐานข้อ 3 และ 4 มีค่าเกณฑ์อยู่ในระดับดี = 4)
- ในมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ 5 4 3 2 และ 1

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยพัฒนามาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 โดยนำไปทดลองวิจัยกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่เสนอในบทนี้ จะเสนอตามลำดับของขั้นตอนการวิจัยซึ่งมี 3 ขั้นตอน คือ

ตอนที่ 1 การพัฒนามาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพของมาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 3 การนำมาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

ตอนที่ 1 การพัฒนามาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์

1. ผลการทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางปฏิบัติ

ในการพัฒนามาตรปฏิบัติสำหรับนักเรียน ผู้วิจัยได้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางปฏิบัติเป็นเบื้องต้นให้เป็นไปตามทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์โดยทำการทดลอง 3 เรื่องจำนวน 4 มาตรปฏิบัติ การทดลองดังกล่าวปรากฏผลที่จะใช้เป็นข้อมูลสำหรับนำไปพัฒนาเป็นมาตรปฏิบัติสำหรับนักเรียน ดังนี้

1.1 ผลการทดลองเรื่องที่ 1 ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

การทดลองในส่วนนี้ประกอบด้วยมาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ 1 เรื่องคือ มาตรปฏิบัติที่ 1 เรื่องความจุความร้อนจำเพาะของโลหะ สารสำคัญของการทดลองดังกล่าวแสดงในตาราง 9

ตาราง 9 แสดงผลการปฏิบัติการทดลองที่ 1 เรื่องความจุความร้อนจำเพาะของโลหะ

รายการที่ต้องบันทึก	ผลการทดลอง								
	เหล็ก			ทองเหลือง			อะลูมิเนียม		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1. มวลกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คน (g)	16.50	16.50	16.40	16.50	16.40	16.50	16.50	16.40	16.40
2. มวลกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คนและน้ำ (g)	161.2	161.0	161.0	161.5	161.9	161.3	161.2	161.0	161.2
3. มวลน้ำ (g)	144.7	144.5	144.6	144.5	145.0	144.2	144.2	144.7	144.2
4. อุณหภูมิของน้ำ ($^{\circ}\text{C}$)	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00	27.00
5. มวลของโลหะ (g)	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
6. อุณหภูมิน้ำเดือดหลังแช่โลหะนาน 10 นาที ($^{\circ}\text{C}$)	97.00	97.00	97.00	97.00	97.00	98.00	97.00	97.00	97.00
7. อุณหภูมิผสม ($^{\circ}\text{C}$)	30.00	30.00	30.00	29.50	29.00	30.00	32.00	32.00	32.00
ค่าความจุความร้อนจำเพาะของโลหะ ($\text{g}/\text{cal}^{\circ}\text{C}$)	0.11	0.12	0.11	0.09	0.07	0.10	0.20	0.22	0.22
ค่าความจุความร้อนจำเพาะของโลหะเฉลี่ย ($\text{g}/\text{cal}^{\circ}\text{C}$)	0.11			0.09			0.22		

* ค่ามาตรฐานความจุความร้อนจำเพาะของเหล็กเท่ากับ $0.11 \text{ g}/\text{cal}^{\circ}\text{C}$, ทองเหลืองเท่ากับ $0.092 \text{ g}/\text{cal}^{\circ}\text{C}$ และอะลูมิเนียมเท่ากับ $0.22 \text{ g}/\text{cal}^{\circ}\text{C}$

จากตาราง 9 สรุปผลการทดลองได้ว่าโลหะต่างชนิดกัน ได้แก่ เหล็ก ทองเหลือง และอะลูมิเนียมมีค่าความจุความร้อนจำเพาะแตกต่างกัน คือ $0.11 \text{ g}/\text{cal}^{\circ}\text{C}$ $0.09 \text{ g}/\text{cal}^{\circ}\text{C}$ และ $0.22 \text{ g}/\text{cal}^{\circ}\text{C}$ ตามลำดับ นั่นคือถ้าต้องการให้เหล็กมวล 1 กรัมมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 องศาเซลเซียส จะต้องใช้ปริมาณความร้อน 0.11 แคลอรี ถ้าต้องการให้ทองเหลืองมวล 1 กรัมมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 องศาเซลเซียสจะต้องใช้ปริมาณความร้อน 0.09 แคลอรี และถ้าต้องให้อะลูมิเนียมมวล 1 กรัมมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 องศาเซลเซียสจะต้องใช้ปริมาณความร้อน 0.22 แคลอรี แสดงว่าโลหะต่างชนิดกันมวลเท่ากันต้องการปริมาณความร้อนที่ใช้ในการทำให้อุณหภูมิของโลหะเปลี่ยน 1 องศาเซลเซียสแตกต่างกัน

1.2 ผลการทดลองเรื่องที่ 2 ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะ

การทดลองในส่วนนี้ประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2 บทปฏิบัติการ คือ บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่องความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง และบทปฏิบัติการที่ 3 เรื่องอิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือด สารสำคัญของการทดลองในเรื่องดังกล่าวแสดงในตาราง 10 และ 11

ตาราง 10 แสดงผลการปฏิบัติการทดลองที่ 2 เรื่องความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง

รายการที่ต้องบันทึก	ผลการทดลอง								
	น้ำแข็งมวล $m_1 = 20$ g			น้ำแข็งมวล $m_2 = 30$ g			น้ำแข็งมวล $m_3 = 35$ g		
	ครั้ง 1	ครั้ง 2	ครั้ง 3	ครั้ง 1	ครั้ง 2	ครั้ง 3	ครั้ง 1	ครั้ง 2	ครั้ง 3
1. มวลกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คน (g)	16.5	17.0	17.0	16.5	17.0	16.5	16.5	17.0	16.5
2. มวลกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คนและ น้ำ (g)	216.5	216.5	216.0	217.0	216.5	216.5	216.5	217.0	217.0
3. มวลน้ำ (g)	200.0	199.5	199.0	200.5	199.5	200.0	200.0	200.0	200.5
4. อุณหภูมิของน้ำ ($^{\circ}\text{C}$)	34.5	34.0	35.0	34.5	35.0	34.5	34.5	34.0	34.0
5. มวลแคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คนและน้ำแข็งที่ละลาย (g)	235.5	236.0	235.5	245.0	243.5	244.5	249.5	249.5	249.5
6. มวลของน้ำแข็งที่ละลาย (g)	19.0	19.5	19.5	28.0	27.0	28.0	33.0	32.5	32.5
7. อุณหภูมิผสม ($^{\circ}\text{C}$)	26.0	25.5	26.0	22.0	23.0	22.0	20.0	19.5	19.5
ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง (cal/g)	78.54	81.77	81.04	80.54	79.28	80.34	79.9	81.6	79.7
ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งเฉลี่ย (cal/g)	80.44			80.06			80.40		

จากตาราง 10 สรุปผลการทดลองได้ว่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งมีค่า 80 cal/g หมายความว่าในการทำให้น้ำแข็งมวล 1 กรัม ซึ่งมีสถานะเป็นของแข็งหลอมเหลวเปลี่ยนสถานะกลายเป็นของเหลวต้องใช้ปริมาณความร้อน 80 แคลอรี และเมื่อนำน้ำแข็งที่มีมวลแตกต่างกันมาหาค่าปริมาณความร้อนที่ใช้ในการทำให้น้ำแข็งหลอมเหลว พบต้องว่าปริมาณความร้อนแตกต่างกัน คือ ถ้ามวลมากปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นของเหลวก็จะเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเมื่อนำผลที่ได้มาคำนวณหาค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลว จะได้ค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลวเท่ากับ 80 cal/g

ตาราง 11 แสดงผลการปฏิบัติการทดลองที่ 3 เรื่องอิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือด

การทดลอง ครั้งที่	อุณหภูมิของจุดเดือด (^o c)				การเปลี่ยนแปลงหลังให้ความร้อน แล้ววัดน้ำ
	ขณะให้ความร้อน	หลังให้ความร้อนแล้ววัดน้ำ			
		50 cm ³	50 cm ³	50 cm ³	
1	98.5	95	92	90	- มีไอน้ำเกาะภายในขวด - น้ำภายในขวดเดือด
2	99	96	93	89	- มีไอน้ำเกาะภายในขวด - น้ำภายในขวดเดือด
3	99	97	93	88	- มีไอน้ำเกาะภายในขวด - น้ำภายในขวดเดือด
เฉลี่ย	98.83	96	92.67	89	-
		92.56			

จากตาราง 11 สรุปผลการทดลองได้ว่าอุณหภูมิของน้ำเดือด ณ ความดันปกติขณะทดลองมีค่า ประมาณ 98.83°C ที่ความสูงเพิ่มขึ้นความดันจะลดลง จุดเดือดของน้ำก็จะลดต่ำลงด้วย จึงทำให้น้ำเดือดเร็ว ดังนั้นการทำให้น้ำเดือดเร็วทำได้ด้วยการลดความดัน ซึ่งเมื่อลดน้ำลงบนขวดกันกลมที่ภายในมีน้ำร้อน ผลการทดลองพบว่าเมื่อลดน้ำจะทำให้อากาศร้อนภายในขวดแก้วกลั่นตัวเป็นหยดน้ำซึ่งทำให้ความดันภายในขวดแก้วลดลง เมื่อสังเกตน้ำในขวดแก้วพบว่าน้ำจะเดือด ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าขณะรับความร้อนคือ 92.56°C

1.3 ผลการทดลองเรื่องที่ 3 ความร้อนกับการขยายตัวของโลหะ

การทดลองในส่วนนี้ประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 1 เรื่องคือบทปฏิบัติการที่ 4 เรื่องความร้อนกับการขยายตัวของโลหะ สารสำคัญของการทดลองดังกล่าวแสดงในตาราง 12

ตาราง 12 แสดงผลการปฏิบัติการทดลองที่ 4 เรื่องความร้อนกับการขยายตัวของโลหะ

แผ่นของแข็งที่นำมาประกบคู่	ผลการเปลี่ยนแปลง
1. อะลูมิเนียม + ทองแดง	แผ่นอะลูมิเนียมโก่งงอมากกว่าทองแดง
2. อะลูมิเนียม + สังกะสี	แผ่นสังกะสีโก่งงอมากกว่าอะลูมิเนียม
3. อะลูมิเนียม + ทองเหลือง	แผ่นอะลูมิเนียมโก่งงอมากกว่าทองเหลือง
4. ทองแดง + สังกะสี	แผ่นสังกะสีโก่งงอมากกว่าทองแดง
5. ทองแดง + ทองเหลือง	แผ่นทองเหลืองโก่งงอมากกว่าทองแดง
6. สังกะสี + ทองเหลือง	แผ่นสังกะสีโก่งงอมากกว่าทองเหลือง

จากตาราง 12 สรุปผลการทดลองได้ว่าเมื่อให้ความร้อนปริมาณที่เท่ากันกับโลหะต่างชนิดกันจะเกิดการขยายตัวแตกต่างกัน ดำเนินการทดลองได้โดยนำโลหะต่างชนิดมาประกบกัน แล้วให้ความร้อนปริมาณเท่ากันสังเกตการโก่งงอของโลหะ ถ้าโลหะชนิดใดเกิดการโก่งงอมากแสดงว่าโลหะชนิดนั้นเกิดการขยายตัวมาก จากวิธีการทดลองดังกล่าวทำให้สามารถเรียงลำดับการขยายตัวของโลหะเมื่อได้รับปริมาณความร้อนเท่ากัน โดยเรียงลำดับจากโลหะที่มีการขยายตัวมากไปน้อยได้ดังนี้ แผ่นสังกะสี อะลูมิเนียม ทองเหลือง และทองแดง ตามลำดับ

2. การประเมินคุณภาพ

ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านที่เป็นชุดเดียวกับการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อประเมินคุณภาพองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในส่วนต่างๆ ดังนี้ ส่วนที่ 1 ใ้ความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และ ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น (ดูภาคผนวก ง) ค่าเฉลี่ยผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญปรากฏผล ดังตาราง 13

ตาราง 13 แสดงค่าเฉลี่ยผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ที่	รายการประเมิน			$\bar{X}$	S_d	ระดับการ ประเมิน
	ใบความรู้ประกอบ บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์	บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์	เอกสารรายงานผลการ ทดลองและคำถามท้ายบท ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์			
1	4.31	4.52	4.40	4.41	0.11	ดีมาก
2	4.46	4.29	4.54	4.43	0.13	ดีมาก
3	4.43	4.49	4.43	4.45	0.03	ดีมาก
4	4.29	4.38	4.60	4.42	0.16	ดีมาก
ภาพรวม	4.37	4.42	4.49	4.43	0.06	ดีมาก

จากตาราง 13 สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จำนวน 4 บทปฏิบัติการโดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อหาคุณภาพองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ในส่วนของใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เอกสาร รายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ พบว่าผลการประเมินทั้ง 3 ส่วน ในแต่ละบทปฏิบัติการอยู่ในระดับดีมาก

ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์ 75/75

การหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ตามเกณฑ์ 75/75 กระทำโดยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองกับนักเรียนกลุ่มย่อยที่ไม่ใช่ กลุ่มตัวอย่าง ที่มีระดับความสามารถเก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวน 5 กลุ่มรวม 15 คนโดย นำค่าเฉลี่ยของคะแนนการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียน ของแต่ละบท ปฏิบัติการมาคำนวณร้อยละ ซึ่งปรากฏผลดังตาราง 14

ตาราง 14 แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
ระหว่างเรียน

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ
1. ความจุความร้อนจำเพาะของโลหะ	10	7.73	77.30
2. ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง	10	7.77	77.70
3. อิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือด	10	7.83	78.30
4. ความร้อนกับการขยายตัวของโลหะ	10	7.97	79.70
ภาพรวม	40	31.30	78.25

จากตาราง 14สรุปได้ว่าค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ที่ 1 , 2 , 3 และ 4 มีค่า 77.30 , 77.70 , 78.30 และ 79.70 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยรวมมีค่า 78.25

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนกับคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ทั่วไปหลังเรียน (ดูภาคผนวก จ) เพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 ปรากฏผลดังตาราง 15

ตาราง 15 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
ระหว่างเรียนกับผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียน

การทดสอบ	คะแนนเต็ม	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ
ระหว่างเรียน	40	31.30	78.25 (E ₁)
หลังเรียน	40	31.80	79.50 (E ₂)

จากตาราง 15 ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนต่อค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ทั่วไปหลังเรียนมีค่า 78.25/79.50 แสดงว่าบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 ที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานของการวิจัยข้อที่ 1

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

ผู้วิจัยทดลองสอนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง พลังงานความร้อน ที่พัฒนาขึ้น เพื่อศึกษาผลที่เกิดขึ้นหลังการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ดังนี้

1. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านความรู้
2. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
3. เจตคติของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านความรู้

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยเพื่อศึกษาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านความรู้ ในการวิจัยครั้งนี้ ศึกษาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 3 ลักษณะ คือ 1) ผลการเรียนรู้ทั่วไปด้านความรู้-ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ซึ่งวัดด้วยแบบทดสอบแบบปรนัยเลือกตอบ 2) ผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความ วัดด้วยแบบทดสอบแบบอัตนัยเขียนตอบ และ 3) ผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุป วัดด้วยแผนที่ความคิด (Mind map) นำคะแนนจากผลการเรียนรู้ทั่วไป มาเปรียบเทียบกับคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และนำคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ทั่วไปหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์อยู่ในระดับดี คือ มีค่าร้อยละ 70 ส่วนผลการเรียนรู้จากการอธิบายความและผลการเรียนรู้เชิงสรุป นำคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้หลังเรียนมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี คือ มีค่าร้อยละ 70 ปรากฏผลดังตาราง 16, 17, 18, 19 และ 20

ตาราง 16 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ทั่วไปของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน
(แบบทดสอบปรนัยเลือกตอบ)

พฤติกรรม การเรียนรู้	เครื่องมือ	คะแนน เต็ม	คะแนนผลการเรียนรู้				$\bar{d}$	S_d	t	p
			ก่อนเรียน		หลังเรียน					
			$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s				
1. ความรู้-ความจำ	แบบทดสอบ ปรนัย	8	4.93	1.31	6.97	1.02	2.04	1.30	8.57 *	.000
2. ความเข้าใจ	แบบทดสอบ ปรนัย	9	5.93	1.46	7.93	0.87	2.00	1.38	7.88 *	.000
3. กระบวนการ	แบบทดสอบ ปรนัย	14	9.43	1.41	11.90	1.06	2.47	1.61	8.37 *	.000
4. การนำไปใช้	แบบทดสอบ ปรนัย	9	5.57	1.65	7.17	1.12	1.60	1.73	5.05 *	.000
ภาพรวม		40	25.86	2.32	33.97	1.97	8.11	2.90	15.27*	.000

$n = 30$, $df = 29$, * มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากตาราง 16 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ทั่วไปก่อนเรียนและหลังเรียนในด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ และด้านการนำไปใช้ โดยใช้แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัยเลือกตอบ 4 ตัวเลือก พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .000$) แสดงว่าการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ทำให้ผลการเรียนรู้ทั่วไปหลังเรียนทั้ง 4 ด้านของนักเรียนสูงขึ้น

ตาราง 17 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยค่านวณค่าร้อยละของผลการเรียนรู้ทั่วไปของนักเรียน
หลังเรียน (แบบทดสอบแบบปรนัยเลือกตอบ)

พฤติกรรม การเรียนรู้	เครื่องมือ	คะแนน เต็ม	คะแนน เฉลี่ย	ร้อยละ	เกณฑ์ที่กำหนด (μ = ร้อยละ 70)	s_d	t	p
1. ความรู้-ความจำ	แบบทดสอบ ปรนัย	8	6.97	87.13	70	10.85	9.25*	.000
2. ความเข้าใจ	แบบทดสอบ ปรนัย	9	7.93	88.11	70	9.39	10.38*	.000
3. กระบวนการ ฯ	แบบทดสอบ ปรนัย	14	11.90	85.00	70	8.16	9.27*	.000
4. การนำไปใช้	แบบทดสอบ ปรนัย	9	7.17	79.67	70	11.79	5.33*	.000
ภาพรวม		40	33.97	84.93	70	4.93	16.78*	.000

$n = 30$, $df = 29$, * มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากตาราง 17 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้ทั่วไป
หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ในด้านความรู้ - ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้าน
กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ และด้านการนำไปใช้ โดยการทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้
ด้านความรู้แบบปรนัยเลือกตอบ 4 ตัวเลือก เมื่อเทียบกับเกณฑ์ระดับดี (μ = ร้อยละ 70) พบว่า
พฤติกรรมการเรียนรู้ด้านความรู้ - ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการเสาะแสวงหา
ความรู้ และด้านการนำไปใช้นักเรียนมีผลการเรียนรู้ทั่วไปหลังเรียนสูงกว่าระดับดี ($p = .000$)
และเมื่อพิจารณาโดยภาพรวมพบว่านักเรียนมีผลการเรียนรู้ทั่วไปทั้ง 4 ด้านสูงกว่าระดับดี ($p = .000$)
แสดงว่าการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นทำให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้
ทั่วไปสูงขึ้น

ตาราง 18 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความก่อนเรียนและหลังเรียน
(แบบทดสอบอัตนัยเขียนตอบ)

พฤติกรรม การวัด	เครื่องมือ	คะแนน เต็ม	คะแนนผลการเรียนรู้				$\bar{d}$	S_d	t	p
			ก่อนเรียน		หลังเรียน					
			$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s				
1. ตอบถูกต้อง	แบบทดสอบ อัตนัย	10	6.13	1.11	7.56	1.00	1.43	1.30	6.02*	.000
2. ขยายรายละเอียด	แบบทดสอบ อัตนัย	10	6.27	0.98	7.33	0.88	1.06	1.20	4.86*	.000
3. ภาษาเข้าใจง่าย	แบบทดสอบ อัตนัย	10	5.90	1.06	7.50	0.97	1.60	1.54	5.67*	.000
4. เรียบร้อย	แบบทดสอบ อัตนัย	10	5.70	0.94	7.60	0.77	1.90	1.22	8.35*	.000
ภาพรวม		40	24.03	2.72	30.00	1.68	5.57	2.94	11.11*	.000

$n = 30, df = 29$, * มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากตาราง 18 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนด้านการอธิบายความก่อนเรียนและหลังเรียนจากพฤติกรรมการวัด ได้แก่ การตอบถูกต้อง มีการขยายรายละเอียด ภาษาเข้าใจง่าย และเขียนเรียบร้อย โดยใช้แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้แบบอัตนัยเขียนตอบ พบว่าเฉลี่ยผลการเรียนด้านการอธิบายความมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .000$) แสดงว่า การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ทำให้ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านการอธิบายความของนักเรียนสูงขึ้น

ตาราง 19 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยจำนวนคำร้อยละของผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความ
หลังเรียน

พฤติกรรม การวัด	เครื่องมือ	คะแนน เต็ม	คะแนน เฉลี่ย	ร้อยละ	เกณฑ์ที่กำหนด (μ = ร้อยละ 70)	S_d	t	p
1. ตอบถูกต้อง	แบบทดสอบ อัตนัย	10	7.56	75.66	70	10.06	3.08*	.000
2. ขยายรายละเอียด	แบบทดสอบ อัตนัย	10	7.33	73.33	70	8.84	2.06*	.000
3. ภาษาเข้าใจง่าย	แบบทดสอบ อัตนัย	10	7.50	75.00	70	9.74	2.81*	.000
4. เรียบร้อย	แบบทดสอบ อัตนัย	10	7.60	76.00	70	7.70	4.27*	.000
ภาพรวม		40	30.00	75.00	70	4.23	6.52*	.000

$n = 30, df = 29$, * มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากตาราง 19 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้ด้านอธิบายความ
หลังเรียน จากแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้แบบอัตนัยเขียนตอบ เมื่อ
เทียบกับเกณฑ์ระดับดี (μ = ร้อยละ 70) โดยภาพรวมพบว่าผลการเรียนรู้ด้านอธิบายความ
มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าระดับดี ($p = .000$) แสดงว่าการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
เรื่อง พลังงานความร้อน ทำให้ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านการอธิบายความของนักเรียนสูงขึ้น

ตาราง 20 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้เชิงสรุป (แผนที่ความคิด)
ของนักเรียนหลังเรียนจบแต่ละบทปฏิบัติการ

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ที่	คะแนน เต็ม	คะแนน เฉลี่ย ($\bar{x}$)	ร้อยละ ค่าเฉลี่ย	เกณฑ์ที่กำหนด (μ = ร้อยละ 70)	S_d	t	p
1	5	3.97	79.33	70	15.29	3.34 *	.002
2	5	4.00	80.00	70	14.85	3.69 *	.001
3	5	4.23	84.67	70	14.56	5.51 *	.000
4	5	4.33	86.67	70	14.22	6.42 *	.000
ภาพรวม	20	4.13	82.67	70	6.26	11.08 *	.000

$n = 30, df = 29$, * มีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จากตาราง 20 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุปหลังเรียนจบแต่ละบทปฏิบัติการจากการประเมินโดยใช้แผนที่ความคิด เมื่อเทียบกับเกณฑ์ระดับดี (μ = ร้อยละ 70) พบว่าผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุปหลังเรียนสูงกว่าระดับดี ($p = .002$, $.001$, $.000$ และ $.000$) ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาโดยภาพรวมพบว่านักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุปทั้ง 4 บทปฏิบัติการสูงกว่าระดับดี ($p = .000$) แสดงว่าการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นทำให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุปสูงขึ้น

2. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนขณะเรียนด้วยบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ที่ประกอบด้วยพฤติกรรมที่ต้องประเมิน 3 ด้านได้แก่ ด้านการวางแผนการทดลอง ด้านการปฏิบัติการทดลอง และด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง ซึ่งเป็นแบบประเมินตามสภาพจริงและกำหนดการให้คะแนนแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ มีคะแนน 5 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ โดยแยกการประเมินเป็น 3 ด้านคือ ด้านที่ 1 ด้านการวางแผนการทดลอง ด้านที่ 2 ด้านปฏิบัติการทดลอง และด้านที่ 3 ด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง บันทึกผลการประเมินโดยครูสอนและเพื่อนครูเป็นรายบุคคล แล้วนำคะแนนมาหาค่าเฉลี่ย (ดูภาคผนวก ฉ) เปรียบเทียบพัฒนาการทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้านเมื่อเรียนจบแต่ละบทปฏิบัติการ และเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดในระดับดีมีค่าเท่ากับ 4 ในมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ 5 4 3 2 และ 1 ปรากฏผลดังตาราง 21

ตาราง 21 แสดงคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะปฏิบัติการ	ค่าสถิติ	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์				สรุป
		บทที่ 1	บทที่ 2	บทที่ 3	บทที่ 4	
ด้านที่ 1 การวางแผนการทดลอง	$\bar{x}$	4.31	4.47	4.48	4.37	4.41
	s	0.65	0.63	0.61	0.60	5.36
	t	2.67*	4.07*	4.12*	3.34*	7.62*
	p	.006	.000	.000	.001	.000
ด้านที่ 2 การปฏิบัติการทดลอง 2.1 เทคนิคการทดลอง	$\bar{x}$	4.33	4.38	4.48	4.67	4.35
	s	0.62	0.64	0.61	0.46	7.47
	t	2.94*	3.29*	4.35*	7.92*	4.69*
	p	.003	.001	.000	.000	.000
2.2 ความคล่องแคล่วในการทดลอง	$\bar{x}$	4.30	4.31	4.32	4.55	4.37
	s	0.60	0.59	0.59	0.50	5.34
	t	2.90*	2.92*	2.92*	6.10*	7.09*
	p	.003	.003	.003	.000	.000
2.3 ความสะอาดและความเป็นระเบียบ	$\bar{x}$	4.32	4.33	4.36	4.50	4.45
	s	0.62	0.71	0.61	0.57	7.58
	t	2.79*	2.57*	3.27*	4.79*	4.67*
	p	.004	.008	.001	.000	.000
ด้านที่ 3 การจัดทำรายงานผลการทดลอง	$\bar{x}$	4.51	4.52	4.55	4.40	4.30
	s	0.50	0.64	0.58	0.62	6.13
	t	5.66*	7.46*	5.22*	3.53*	4.96*
	p	.000	.000	.000	.000	.000
ภาพรวม	$\bar{x}$	4.35	4.41	4.46	4.47	4.36
	s	0.38	0.30	0.29	0.25	3.93
	t	5.98*	7.46*	8.80*	10.14*	9.14*
	p	.000	.000	.000	.000	.000

n = 30, df = 29 , * มีนัยสำคัญที่ระดับ .05 , $\mu = 4$

จากตาราง 21 แสดงคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์จากการประเมิน โดยใช้แบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ด้านที่ 1 ด้านที่ 2 ซึ่งประเมินพฤติกรรมในขณะที่ปฏิบัติการทดลอง และด้านที่ 3 ประเมินผลหลังการทดลอง เมื่อพิจารณาพัฒนาการของทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้านทั้ง 4 บทปฏิบัติการ พบว่าด้านการวางแผนการทดลอง และด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีพัฒนาการสูงขึ้นจากบทปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ และพัฒนาการลดลงในบทปฏิบัติการที่ 4 ส่วนด้านเทคนิคการทดลอง ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง และด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีพัฒนาการสูงขึ้นจากบทปฏิบัติการที่ 1 2 3 และ 4 เมื่อเทียบคะแนนเฉลี่ยของพฤติกรรมทุกด้านในแต่ละบทปฏิบัติการกับเกณฑ์ระดับดี ($\mu=4$) พบว่านักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าระดับดี ($p=.000$) และเมื่อพิจารณาโดยภาพรวมนักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้านของทั้ง 4 บทปฏิบัติการสูงขึ้นตามลำดับและกว่าระดับดี ($p=.000$) แสดงว่าการเรียนด้วยบทปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ทุกบทปฏิบัติการทำให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

3. เจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยศึกษาเจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง พลังงานความร้อน หลังเรียนจบแต่ละบทปฏิบัติการ โดยใช้แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์จำนวน 30 ข้อ ซึ่งพิจารณาจากความคิดเห็นหรือความรู้สึกของนักเรียน 2 ด้านดังนี้ ด้านที่ 1 ความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และด้านที่ 2 ด้านการแสดงออกต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบ่งเป็น 2 ด้านคือ ด้านที่ 2.1 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ด้านที่ 2.2 การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แล้วหาค่าเฉลี่ยของคะแนนแต่ละด้าน (ดูภาคผนวก ข) เพื่อเปรียบเทียบพัฒนาการทั้ง 2 ด้านเมื่อเรียนจบแต่ละบทปฏิบัติการ และเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดในระดับดีมีค่าเท่ากับ 4 ในมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ คือ 5 4 3 2 และ 1 ปรากฏผลดังตาราง 22

ตาราง 22 แสดงคะแนนเฉลี่ยเจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 บทปฏิบัติการ

เจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	ค่าสถิติ	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์				สรุป
		บทที่ 1	บทที่ 2	บทที่ 3	บทที่ 4	
ด้านที่ 1 ความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	$\bar{x}$	4.25	4.26	4.37	4.47	4.34
	s	0.30	0.28	0.24	0.25	0.15
	t	4.49*	5.13*	8.44*	10.53*	12.78*
	p	.000	.000	.000	.000	.000
ด้านที่ 2 การแสดงออกต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	$\bar{x}$	4.16	4.32	4.38	4.46	4.33
	s	0.24	0.29	0.25	0.25	0.12
	t	3.73*	5.96*	8.25*	10.11*	15.26*
	p	.000	.000	.000	.000	.000
2.1 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนรู้การสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	$\bar{x}$	4.12	4.35	4.36	4.55	4.36
	s	0.25	0.24	0.17	0.18	0.11
	t	2.62*	7.91*	11.70*	17.26*	17.54*
	p	.000	.000	.000	.000	.000
2.2 การเห็นประโยชน์ต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	$\bar{x}$	4.18	4.33	4.36	4.50	4.34
	s	0.19	0.15	0.17	0.16	0.09
	t	5.03*	11.74*	11.70*	16.99*	21.04*
	p	.000	.000	.000	.000	.000

n = 30 , df = 29 , * มีนัยสำคัญที่ระดับ .05 , $\mu = 4$

จากตาราง 22 แสดงคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการประเมินหลังเรียนจบแต่ละบทปฏิบัติการ โดยใช้แบบประเมินผลเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ พบว่าค่าเฉลี่ยเจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ด้านที่ 1 ความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และด้านที่ 2 ด้านการแสดงออกต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แบ่งเป็น 2 ด้านคือ ด้านที่ 2.1 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนรู้การสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ด้านที่ 2.2 การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียนจบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 2 3 และ 4 ของนักเรียนมีพัฒนาการสูงขึ้นตามลำดับ และเมื่อเทียบคะแนนเฉลี่ยกับเกณฑ์ระดับดี ($\mu = 4$) พบว่านักเรียนมีเจตคติทั้ง 2 ด้านและโดยภาพรวมสูงขึ้นตามลำดับและสูงกว่าระดับดี ($p = .000$) แสดงว่า การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง พลังงานความร้อนที่พัฒนาขึ้น ทำให้นักเรียนมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการพัฒนามาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์เรื่อง พลังงานความร้อน ให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด เพื่อใช้การศึกษาค้นคว้าการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านความรู้ ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อบทปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 (ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6) ที่เรียนด้วยบทปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นโดยมีรายละเอียดของการศึกษาวิจัยดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75
2. เพื่อศึกษาค้นคว้าการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อบทปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน

สมมติฐานการวิจัย

สมมติฐานการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. บทปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75
2. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน มีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ดังนี้
 - 2.1 ผลการเรียนรู้ทั่วไปหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยคะแนนอยู่ในระดับ
 - 2.2 ผลการเรียนรู้ด้านอธิบายความหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยคะแนนอยู่ในระดับดี
 - 2.3 ผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุปหลังเรียนอยู่ในระดับดี
3. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน มีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นตามลำดับ และอยู่ในระดับดี
4. นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน มีเจตคติต่อบทปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นตามลำดับ และอยู่ในระดับดี

วิธีการดำเนินวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยแบ่งการดำเนินการเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยแบ่งการดำเนินการวิจัยดังนี้

1.1 การทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ ผู้วิจัยนำผลการศึกษาเนื้อหาในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สาระที่ 5 พลังงาน กำหนดกิจกรรมและพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 3 เรื่องจำนวน 4 บทปฏิบัติการ โดยนำบทปฏิบัติการที่ได้ไปทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ทางปฏิบัติและความเหมาะสมของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ให้เป็นไปตามทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์แล้วพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการสำหรับนักเรียน

1.2 ด้านการประเมินคุณภาพ โดยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยศึกษาผลการวิจัยนักร้อง ดังนี้

2.1 นำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มย่อยที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวน 3 คน เพื่อดูความเหมาะสมในด้านองค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องที่ได้จากการสังเกตของผู้วิจัยและจากการสอบถามความคิดเห็นพร้อมข้อเสนอแนะของนักเรียน

2.2 การกำหนดเกณฑ์ที่เป็นค่าประสิทธิภาพ โดยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มย่อยที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน คือ เก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวน 3 กลุ่ม กลุ่มละ 3 คนรวม 9 คนโดยนำค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยรวมจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เปรียบเทียบกับค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยรวมของผลการเรียนรู้ทั่วไปหลังเรียนที่ได้จากแบบทดสอบปรนัยเพื่อกำหนดค่าเกณฑ์ประสิทธิภาพ 75/75

2.3 การหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ 75/75 โดยทดลองสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น กับนักเรียนกลุ่มย่อยที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความสามารถแตกต่างกันคือ เก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวน 5 กลุ่ม กลุ่มละ 3 คน พร้อมประเมินความคิดเห็นของนักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนจังหวัดนครปฐม ที่เรียนอยู่ในช่วงชั้นที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนในช่วงชั้นที่ 4 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม ที่เรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2547 ได้จากการสุ่มแบบเจาะจงของโรงเรียนในจังหวัดนครปฐม ที่มีคุณสมบัติเป็นโรงเรียนที่มีคุณภาพอยู่ในระดับปานกลาง มีคุณภาพทางการศึกษาเทียบเคียงกับโรงเรียนอื่นจังหวัดนครปฐม แล้วนำมาแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) 1 ห้องเรียน จำนวน 30 คน ซึ่งนักเรียนในแต่ละห้องมีผลการเรียนไม่แตกต่างกัน เนื่องจากทางโรงเรียนได้จัดห้องเรียนโดยความสามารถของนักเรียน

3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4

ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยแยกได้ดังนี้

- 1) ผลการเรียนรู้ด้านความรู้
- 2) ผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
- 3) เจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีดังนี้

- 1) บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน
- 2) แบบทดสอบและแบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้
 - 2.1) แบบทดสอบแบบปรนัยเลือกตอบ จำนวน 40 ข้อ
 - 2.2) แบบทดสอบแบบอัตนัยเขียนตอบ จำนวน 10 ข้อ
 - 2.3) แบบประเมินแผนที่ความคิด
- 3) แบบประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด 5 ระดับ
- 4) แบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ

3.4 การดำเนินการทดลอง

- 1) ติดต่อผู้บริหารโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม เพื่อขอความร่วมมือในการดำเนินการวิจัย
- 2) ทำการเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง โดยให้นักเรียน 30 คนทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัยจำนวน 40 ข้อ แบบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบอัตนัยจำนวน 10 ข้อ เพื่อนำคะแนนที่ได้มาเป็นคะแนนทดสอบก่อนเรียน
- 3) ทำการทดลองสอนโดยให้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน
- 4) เก็บข้อมูลผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ ด้วยการทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัย แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบอัตนัย หลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และแผนที่ความคิดหลังเรียนจบแต่ละบทปฏิบัติการ
- 5) เก็บข้อมูลผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนจบแต่ละบทปฏิบัติการ ด้วยแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้สอนและเพื่อนครูเป็นรายบุคคล
- 6) เก็บข้อมูลเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียนจบแต่ละบทปฏิบัติการ ด้วยการทำแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- 7) นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียน ระหว่างเรียน และหลังเรียนมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. วิเคราะห์ความเที่ยงตรงขององค์ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้ แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ แบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
2. วิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้
3. วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ (แบบทดสอบปรนัย) แบบคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder - Richardson) โดยใช้สูตร K-R 20
4. วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ (แบบทดสอบอัตนัย) แบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดเจตคติต่อบท

ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค (Cronbach ' s alpha coefficient)

5. วิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยเปรียบเทียบคะแนนร้อยละจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับคะแนนร้อยละจากแบบทดสอบปรนัยหลังเรียน

6. วิเคราะห์คะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้สถิติ dependent t – test

7. วิเคราะห์ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้หลังเรียน โดยนำคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบหลังเรียนมาคิดเป็นร้อยละและนำมาเปรียบเทียบกับค่าร้อยละที่กำหนดเป็นเกณฑ์ ใช้สถิติ one group t – test

8. วิเคราะห์ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยนำคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินและการตอบแบบสอบถามมาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยที่กำหนดเป็นเกณฑ์ ใช้สถิติ one group t – test

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยแต่ละขั้นตอน สรุปได้ดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1. การทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติให้เป็นไปตามทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์ โดยทำการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 4 บทปฏิบัติการ มีผลการทดลองแต่ละเรื่องสรุปได้ดังนี้

1.1 เรื่องที่ 1 ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ประกอบด้วย 1 บทปฏิบัติการ คือบทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง ความจุความร้อนจำเพาะของโลหะ ผลการทดลองสรุปได้ว่าโลหะต่างชนิดกัน ได้แก่ เหล็ก ทองเหลือง และอะลูมิเนียมมีค่าความจุความร้อนจำเพาะแตกต่างกัน คือ $0.11 \text{ g/cal.}^{\circ}\text{C}$ $0.09 \text{ g/cal.}^{\circ}\text{C}$ และ $0.22 \text{ g/cal.}^{\circ}\text{C}$ ตามลำดับ นั่นคือถ้าต้องการให้เหล็กมวล 1 กรัม มีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 องศาเซลเซียสจะต้องใช้ปริมาณความร้อน 0.11 แคลอรี ถ้าต้องการให้ทองเหลืองมวล 1 กรัม มีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 องศาเซลเซียสจะต้องใช้ปริมาณความร้อน 0.09 แคลอรี และถ้าต้องการให้อะลูมิเนียมมวล 1 กรัม มีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 องศาเซลเซียสจะต้องใช้ปริมาณความร้อน 0.22 แคลอรี แสดงว่าโลหะต่างชนิดกันมวลเท่ากันต้องการปริมาณความร้อนที่ใช้ในการทำให้อุณหภูมิของโลหะเปลี่ยน 1 องศาเซลเซียสแตกต่างกัน

1.2 เรื่องที่ 2 ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะ ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการคือ บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่องความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง ผลการทดลองสรุปได้ว่า ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งมีค่า 80 cal/g หมายความว่า การทำให้น้ำแข็งมวล 1 กรัม เปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นของเหลวต้องใช้ปริมาณความร้อน 80 แคลอรี และเมื่อน้ำแข็งมีมวลแตกต่างกันปริมาณความร้อนที่ใช้ในการทำให้น้ำแข็งหลอมเหลวจะแตกต่างกัน คือ ถ้ามวลมากปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นของเหลวก็จะเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเมื่อนำผลที่ได้มาคำนวณหาว่าค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลว จะได้ค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลวเท่ากับ 80 cal/g บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง อิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือด ผลการทดลองสรุปได้คุณสมบัติของน้ำเดือด ณ ที่ทำการทดลองซึ่งอยู่สูงกว่าระดับ น้ำทะเลมีค่า ประมาณ 98.83°C ที่ความสูงเพิ่มขึ้นความดันจะลดลง จุดเดือดของน้ำก็จะลดต่ำลงด้วย จึงทำให้น้ำเดือดเร็ว ดังนั้นการทำให้น้ำเดือดเร็วทำได้ด้วยการลดความดัน ซึ่งเมื่อราดน้ำลงบนขวดกันกลมที่ภายในมีน้ำร้อน ผลการทดลองพบว่าเมื่อราดน้ำจะทำให้อากาศร้อนภายในขวดแกวกลั่นตัวเป็นหยดน้ำซึ่งทำให้ความดันภายในขวดแกวลดลง เมื่อสังเกตน้ำในขวดแกวพบว่าน้ำจะเดือด ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าขณะรับความร้อนคือ 92.56°C

1.3 เรื่องที่ 3 ความร้อนกับการขยายตัวของโลหะ ประกอบด้วย 1 บทปฏิบัติการคือ บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่องความร้อนกับการขยายตัวของโลหะ ผลการทดลองสรุปได้ว่า เมื่อให้ความร้อนปริมาณที่เท่ากันกับโลหะต่างชนิดกันจะเกิดการขยายตัวแตกต่างกัน ดำเนินการทดลองได้โดยนำโลหะต่างชนิดมาประกบกันแล้วให้ความร้อนปริมาณเท่ากัน สังเกตการโก่งงอของโลหะ ถ้าโลหะชนิดใดเกิดการโก่งงอมาก แสดงว่าโลหะชนิดนั้นเกิดการขยายตัวมาก จากวิธีการทดลองดังกล่าวทำให้สามารถเรียงลำดับ การขยายตัวของโลหะเมื่อได้รับปริมาณความร้อนเท่ากัน โดยเรียงลำดับจากโลหะที่มีการขยายตัวมากไปน้อยได้ดังนี้ แผ่นสังกะสี อะลูมิเนียม ทองเหลือง และทองแดง ตามลำดับ

2. การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน

ผู้วิจัยนำผลจากการทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ทางปฏิบัติ มาพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการสำหรับนักเรียนโดยจัดทำเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 4 บทปฏิบัติการ แต่ละบทปฏิบัติการประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แต่ละบทปฏิบัติการมีกิจกรรม 2 ตอนคือ ตอนที่ 1 นักเรียนทำการทดลองตามบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นและตอนที่ 2 นักเรียนทำการทดลองโดยดัดแปลงอุปกรณ์และขั้นตอนการทดลอง ซึ่งศึกษาแนวทางในการดัดแปลงได้จากบทสนทนาของตัวการ์ตูน

ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านประเมินคุณภาพและความเหมาะสมในการนำไปใช้สำหรับสอนนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 (ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6) ผลการประเมินพบว่า ค่าเฉลี่ยการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทั้ง 4 บทปฏิบัติการอยู่ในระดับดีมาก

จากผลการทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ สรุปได้ว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้ศึกษาค้นคว้าและสามารถนำไปพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการสำหรับนักเรียนได้ และจากผลการประเมินคุณภาพและความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการเรียนการสอนอยู่ในระดับดีมาก

ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยใช้เกณฑ์ 75/75

ดำเนินการโดยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มย่อยที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความสามารถเก่ง ปานกลาง อ่อน จำนวน 5 กลุ่ม กลุ่มละ 3 คนรวม 15 คน ผลการวิจัยพบว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนต่อค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนมีค่า 78.25/79.50 ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน เพื่อศึกษาดังนี้

1. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านความรู้ ในการวิจัยครั้งนี้ ศึกษาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 3 ลักษณะ คือ 1) ผลการเรียนรู้ทั่วไปด้านความรู้- ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ซึ่งวัดด้วยแบบทดสอบแบบปรนัยเลือกตอบ 2) ผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความ วัดด้วยแบบทดสอบแบบอัตนัยเขียนตอบ และ 3) ผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุป วัดด้วยแผนที่ความคิด (Mind map) ผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ทั่วไป ก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .000$) และเมื่อเทียบกับเกณฑ์ระดับดี ($\mu =$ ร้อยละ 70) พบว่ามีผลการเรียนรู้สูงกว่าระดับดี ผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .000$) และเมื่อเทียบกับเกณฑ์ระดับดี ($\mu =$ ร้อยละ 70) พบว่ามีผลการเรียนรู้สูงกว่าระดับดี ผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุปหลังเรียนจบแต่ละบทปฏิบัติการจากเมื่อเทียบกับเกณฑ์ระดับดี ($\mu =$ ร้อยละ 70) พบว่าผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุปหลังเรียนสูงกว่าระดับดี ($p = .002, .001, .000$ และ $.000$) ตามลำดับ

2. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบประเมิน ผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เมื่อพิจารณาพัฒนาการของทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้านทั้ง 4 บทปฏิบัติการ พบว่าด้านการวางแผนการทดลอง และด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีพัฒนาการสูงขึ้นจากบทปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ แต่บทปฏิบัติการที่ 4 ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีพัฒนาการต่ำลง ด้านเทคนิคการทดลอง ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง และด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีพัฒนาการสูงขึ้นจากบทปฏิบัติการที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ เมื่อเทียบคะแนนเฉลี่ยของพฤติกรรมทุกด้านในแต่ละบทปฏิบัติการกับเกณฑ์ระดับดี ($\mu=4$) พบว่านักเรียนมีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าระดับดี($p=.000$) และเมื่อพิจารณาโดยภาพรวมนักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้านของทั้ง 4 บทปฏิบัติการสูงขึ้นตามลำดับและสูงกว่าระดับดี ($p=.000$)

3. เจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้แบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียนจบแต่ละบทปฏิบัติการ ผลการวิจัยพบว่าค่าเฉลี่ยเจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ด้านที่ 1 ความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และด้านที่ 2 ด้านการแสดงออกต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบ่งเป็น 2 ด้านคือ ด้านที่ 2.1 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ด้านที่ 2.2 การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียนจบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 2 3 และ 4 ของนักเรียนมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สูงขึ้นตามลำดับ และเมื่อเทียบคะแนนเฉลี่ยกับเกณฑ์ระดับดี ($\mu = 4$) พบว่านักเรียนมีเจตคติในแต่ละด้านและโดยภาพรวมสูงขึ้นตามลำดับและสูงกว่าระดับดี ($p = .000$)

อภิปรายผล

การอภิปรายผล ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน 3 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

1. การทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติให้เป็นไปตามทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์ โดยทำการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 4 บทปฏิบัติการแล้วนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาเป็นบทปฏิบัติการสำหรับนักเรียน มีผลการทดลองแต่ละเรื่องสรุปได้ดังนี้

1.1 เรื่องที่ 1 ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ประกอบด้วย 1 บทปฏิบัติการ คือ บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง ความจุความร้อนจำเพาะของโลหะ จากปริมาณพลังงานความร้อนที่ทำให้สารมวล 1 หน่วยมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 องศา เรียกว่า ความจุความร้อนจำเพาะของสาร (ทวี จิมน้อย ; และมนูเฟื่องฟูง.2541 : 301 - 303) ซึ่งผลการทดลองสรุปได้ว่าโลหะต่าง ชนิดกัน ได้แก่ เหล็ก ทองเหลือง และอะลูมิเนียมมีค่าความจุความร้อนจำเพาะแตกต่างกัน คือ $0.11 \text{ g/cal.}^{\circ}\text{C}$ $0.09 \text{ g/cal.}^{\circ}\text{C}$ และ $0.22 \text{ g/cal.}^{\circ}\text{C}$ ตามลำดับ นั่นคือถ้าต้องการให้เหล็กมวล 1 กรัม มีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 องศาเซลเซียสจะต้องใช้ปริมาณความร้อน 0.11 แคลอรี ถ้าต้องการให้ทองเหลืองมวล 1 กรัมมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 องศาเซลเซียสจะต้องใช้ปริมาณความร้อน 0.09 แคลอรี และถ้าต้องการให้อะลูมิเนียมมวล 1 กรัมมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 องศาเซลเซียสจะต้องใช้ปริมาณความร้อน 0.22 แคลอรี แสดงว่าโลหะต่างชนิดกันมวลเท่ากันต้องการปริมาณความร้อนที่ใช้ในการทำให้อุณหภูมิของโลหะเปลี่ยน 1 องศาเซลเซียสแตกต่างกัน (วิจิต กฤษณภูมิ. 2536 :175)

1.2 เรื่องที่ 2 ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะ ประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2 บทปฏิบัติการคือ บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่องความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง และบทปฏิบัติการที่ 3 เรื่องอิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือด ผลการทดลองของบทปฏิบัติการที่ 2 พบว่า ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งมีค่าเท่ากับ 80 cal/g หมายความว่าถ้าต้องการเปลี่ยนสถานะของน้ำแข็ง 1 กรัมให้กลายเป็นของเหลวต้องใช้ความร้อน 80 cal และเมื่อกำหนดให้มวลต่างกันค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งก็ยังเท่ากับ 80 cal/g แสดงว่าปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งให้กลายเป็นของเหลวแปรผันตามมวล นั่นคือ มวลมากปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจะมีค่ามาก ในทางกลับกันถ้ามวลน้อยปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจะมีค่าน้อย (อนันตสิน เดชะกำพุช ; พิเศษฐ์ รัตนวราภักษ์ ; และพรชัย พัทรินทร์. 2535 : 247 - 276) ผลการทดลองของบทปฏิบัติการที่ 3 พบว่า การเปลี่ยนแปลงความดันมีผลต่อจุดเดือดของน้ำ คือ ถ้าลดความดันจะมีผลทำให้จุดเดือดของน้ำลดลง น้ำจึงเดือดเร็วขึ้น เป็นเพราะการเดือดของน้ำเกิดขึ้นเมื่อความดันของไอน้ำเดือด

มีค่าเท่ากับความดันบรรยากาศภายนอก การทำให้น้ำเดือดเร็วทำได้ด้วยการลดความดัน เมื่อ ภาชนะน้ำลงบนขวดก้นกลมที่ภายในมีน้ำร้อน ผลการทดลองพบว่าเมื่อภาชนะน้ำจะทำให้อากาศร้อน ภายในขวดแก้วกลั่นตัวเป็นหยดน้ำซึ่งทำให้ความดันภายในขวดแก้วลดลง เมื่อสังเกตน้ำในขวด แก้วพบว่าน้ำจะเดือด ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าขณะรับความร้อนคือ 92.56°C (ก่องกัญจน์ ภัทรกาญจน์ ; และธนกาญจน์ ภัทรกาญจน์. 2529 : 224 - 242)

1.3 เรื่องที่ 3 ความร้อนกับการขยายตัว ประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 1 บทปฏิบัติการคือ บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่องความร้อนกับการขยายตัวของโลหะ ผลการทดลองของ บทปฏิบัติการที่ 4 พบว่าการขยายตัวของของแข็งเกิดขึ้นเมื่อของแข็งได้รับความร้อน แต่จะ ขยายตัวได้มากหรือร้อนขึ้นขึ้นอยู่กับชนิดของของแข็ง เช่น โลหะต่างชนิดกันเมื่อได้รับความร้อน ในปริมาณเท่ากันการขยายตัวที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกัน คือ สามารถเรียงลำดับจากโลหะที่มีการ ขยายตัวมากไปน้อยได้ดังนี้ แผ่นสังกะสี อะลูมิเนียม ทองเหลือง และทองแดง ตามลำดับ (สมพงษ์ ใจดี. 2543 : 196 – 217)

จากการทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ ผลการทดลอง ที่ได้เป็นไปตามทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้ศึกษาค้นคว้า และสามารถนำไปพัฒนา เป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนได้

2. การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน

ผู้วิจัยนำผลจากการทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ มา พัฒนาเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนโดยจัดทำเป็นบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 3 เรื่อง 4 บทปฏิบัติการแต่ละบทประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผล การทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แต่ละบทปฏิบัติการมีกิจกรรม 2 ตอนคือ ตอนที่ 1 นักเรียนทำการทดลองตามบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นและตอนที่ 2 นักเรียนทำการทดลอง โดยดัดแปลงอุปกรณ์และขั้นตอนการทดลอง ซึ่งศึกษาแนวทางในการดัดแปลงจากบทสนทนาของ ตัวการ์ตูน แล้วนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน พบว่าผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก ทั้งนี้เป็นผล เนื่องมาจาก

ประการแรก บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีข้อมูลพื้นฐานจากการทดลองใน ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ซึ่งผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎีและหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้ศึกษาค้นคว้าโดยคำนึงถึงความเหมาะสมในส่วนเกี่ยวกับ เนื้อหาสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 5 เรื่องพลังงาน ตลอดจนอุปกรณ์และเวลาที่ใช้ในการทดลองที่เหมาะสมกับนักเรียน

ในช่วงชั้นที่ 4 (ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6) และได้ผ่านการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญซึ่งพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

ประการที่สอง บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นในแต่ละบทประกอบด้วย องค์ประกอบ 3 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ซึ่งรูปแบบการทดลองในแต่ละบทปฏิบัติการมุ่งเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง เน้นการทดลองด้วยตนเองเพื่อทดสอบหรือยืนยันสิ่งที่ทราบคำตอบแล้ว และเป็นการปฏิบัติเพื่อ เสาะแสวงหาความรู้ใหม่ การหาแนวทางในการแก้ปัญหาหรือค้นหาคำตอบได้ด้วยตนเองโดยใช้ การทดลองเป็นศูนย์กลางการเรียนการสอน ทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงและมีเจตคติที่ดีต่อ วิทยาศาสตร์ (ภพ เลหาไพบูลย์, 2542 : 167 - 168) สอดคล้องกับงานวิจัยของ อรุมา ละมุล (2541 : 123) ที่ได้พัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความสามารถของวัสดุธรรมชาติในการ ดูดซับโลหะ ที่ใช้สอนในวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ ทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

ประการที่สาม บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น มีความสอดคล้องกับการจัด การเรียนการสอนของหลักสูตรสถานศึกษาในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นผู้เรียนเป็น สำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545 : 3 - 37) ที่มีเป้าหมาย และวิสัยทัศน์ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนา กระบวนการคิด ความสามารถในการเรียนรู้ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา และ สร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง อีกทั้งตามแนวคิดของ ญัฎฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2546 : 5-6) กล่าวว่า หลักสูตรแบบอิงมาตรฐานที่ใช้ในปัจจุบัน ให้ความสำคัญเกี่ยวผลการเรียนรู้ควบคู่ไปกับการ ประเมิน โดยเน้นให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ในลักษณะเชื่อมโยงระหว่างประเด็นสาระ ต่างๆ และต่อยอดให้ลึกซึ้งยิ่งขึ้นแบบเกลียวสว่าน (spiral approach) ซึ่งมุ่งพัฒนานักเรียนให้มี คุณลักษณะอันพึงประสงค์ทั้งด้านความจริง (ความรู้) ความงาม (ความสามารถ) และความดี (การแสดงออก) สอดคล้องกับงานวิจัยของ กานต์วี ใจงาม (2545 : บทคัดย่อ) ศึกษาพัฒนาบท ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการผลิตแก๊สโซลต์จากพืชใน ห้องดิน พบว่าบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพด้านความรู้ 79.15/82.79 ด้านทักษะ ปฏิบัติ 84.54/86.70 และนักเรียนร้อยละ 75 มีความพึงพอใจในการเรียนบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์

จากเหตุผลดังกล่าว ทำให้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง พลังงานความร้อน ที่ พัฒนาขึ้นมีคุณภาพและความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการเรียนการสอนอยู่ในระดับดีมาก

ตอนที่ 2 การหาประสิทธิภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยใช้เกณฑ์ 75/75

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง พลังงานความร้อน ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ 78.25/79.50 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 เป็นผลเนื่องมาจาก

ประการแรก บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีข้อมูลพื้นฐานจากการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และขั้นตอนการพัฒนามบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีการตรวจสอบแก้ไขตามข้อเสนอแนะของประธานและกรรมการควบคุมปริญญาโท และได้ผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านในด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาขององค์ประกอบของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ดังนี้ ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ รังสรรค์ เพ็งพิต (2544 : 143 - 148) ได้ศึกษาพัฒนาระบบเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเรียนการสอนสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี สถาบันราชภัฏ ผลการศึกษาพบว่า ผลการประเมินบทปฏิบัติการทั้ง 8 บทจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เฉลี่ยระหว่าง 0.85 – 0.95 ทุกบทปฏิบัติการ และสอดคล้องกับงานวิจัยของศิริกานต์ ผาสุก (2543 : บทคัดย่อ) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนามบทปฏิบัติการวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ เรื่อง การสกัดและแยกองค์ประกอบทางเคมีจากพืชสมุนไพรในท้องถิ่นสำหรับ หลักสูตรวิทยาศาสตร์ของสถาบันราชภัฏ ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการเพื่อการเรียนการสอน 8 บทปฏิบัติการมีค่าดัชนีความสอดคล้อง ระหว่างวัตถุประสงค์กับเนื้อหา วัตถุประสงค์กับวิธีการทดลองและวัตถุประสงค์กับคำถามท้ายการทดลองระหว่าง 0.56 ถึง 1.00 แสดงว่าบทปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสำหรับนำไปใช้ทางด้านการเรียนการสอนได้

ประการที่สอง ผู้วิจัยนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มย่อยที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับความสามารถเก่ง ปานกลาง อ่อนจำนวน 3 คน 1 กลุ่ม 9 คน 3 กลุ่ม และ 15 คน 5 กลุ่มตามลำดับโดยการทดลองสอนกลุ่มย่อย 3 คนเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของบทปฏิบัติการแล้วนำข้อบกพร่องมาปรับปรุงแก้ไข กลุ่มย่อย 9 คน เพื่อกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ 75/75 และกลุ่ม 15 คน เพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อรุณา ละมุล (2541 : บทคัดย่อ) ทำการวิจัยเพื่อพัฒนามบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องความสามารถของวัสดุธรรมชาติในการดูดซับโลหะหนัก ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด คือ 80.11 / 80.27 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริกานต์ ผาสุก. (2543 : บทคัดย่อ) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนามบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์วิชาเคมีผลิตภัณฑ์

ธรรมชาติ เรื่อง การสกัดและแยกองค์ประกอบทางเคมีจากพืชสมุนไพรในท้องถิ่น ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อการเรียนการสอน 8 บทปฏิบัติการมีประสิทธิภาพเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ทางด้านการเรียนการสอนได้

ประการที่สาม รูปแบบการทดลองของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น มุ่งให้นักเรียนคิดแก้ปัญหา ได้ทำงาน ได้ปฏิบัติ รู้จักถ่ายโยงการเรียนรู้ เสาะแสวงหาความรู้ได้ด้วยตนเองโดยครูเป็นผู้ชี้แนะ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจ มีโอกาสปฏิบัติงานร่วมกัน ขณะปฏิบัติการทดลอง ได้สัมผัสรู้จักวิธีใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ (วิมล สำราญวานิช. 2532 : 79-80) และสามารถสร้างองค์ความรู้จากการปฏิบัติจริงซึ่ง บุญชม ศรีสะอาด (2528 : 277-279) กล่าวว่า การสอนแบบฝึกปฏิบัติการทำให้การศึกษาเป็นการศึกษาที่สมบูรณ์ผสมผสานทั้งทฤษฎีและปฏิบัติ ผู้เรียนได้เรียนรู้จากของจริงและลงมือทำด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิโรจน์ เฉลยสุข (2541 : บทคัดย่อ) ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์วิชาชีววิทยาและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองกับการสอนแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สอนแบบปฏิบัติการทดลองกับการสอนแบบปกติสูงกว่ากันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทางชีววิทยาของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองและแบบปกติ หลังการสอนสูงกว่าก่อนการสอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ พันศักดิ์ สายแสงจันทร์ (2544 : 55) พบว่าบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 และสามารถนำไปใช้ในการสอนได้

จากเหตุผลดังกล่าว ทำให้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 75/75 และมีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้สอนสำหรับนักเรียนได้

ตอนที่ 3 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน เพื่อศึกษาดังนี้

1. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านความรู้ ในการวิจัยครั้งนี้ ศึกษาผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 3 ลักษณะ คือ 1) ผลการเรียนรู้ทั่วไปด้านความรู้- ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ซึ่งวัดด้วยแบบทดสอบแบบปรนัยเลือกตอบ 2) ผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความวัดด้วยแบบทดสอบแบบอัตนัยเขียนตอบ และ 3) ผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุปวัดด้วยแผนที่ความคิด (Mind map) ผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ทั่วไปก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .000$) และ

เมื่อเทียบกับเกณฑ์ระดับดี ($\mu =$ ร้อยละ 70) พบว่าพฤติกรรมการมีผลการเรียนรู้สูงกว่าระดับดี ผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความก่อนเรียนและหลังเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($p = .000$) และเมื่อเทียบกับเกณฑ์ระดับดี ($\mu =$ ร้อยละ 70) พบว่ามีพฤติกรรมผลการเรียนรู้สูงกว่าระดับดี ผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุปหลังเรียนจบแต่ละบทปฏิบัติการจากเมื่อเทียบกับเกณฑ์ระดับดี ($\mu =$ ร้อยละ 70) พบว่าผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุปหลังเรียนสูงกว่าระดับดี ($p = .002, .001, .000$ และ $.000$) ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจาก

ประการแรก บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นได้ผ่านการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญซึ่งผลการประเมินโดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก อีกทั้งยังผ่านการหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ซึ่งมีค่าประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ 78.25/79.50 และมีการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ให้เหมาะสมกับผู้เรียนจึงทำให้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องพลังงานความร้อน มีคุณภาพและประสิทธิภาพส่งผลให้นักเรียนมีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและผลการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าระดับดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เปรมจิตร บุญสาย. (2541 : บทคัดย่อ) พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นมีผลการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย (ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์) ภายหลังการทดลองสูงกว่าก่อนทดลอง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ประเทืองทิพย์ สุกุมลจันทร์.(2545 : บทคัดย่อ) พบว่านักเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นทั้ง 5 บท มีคุณภาพอยู่ในระดับดี บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นใช้ทดลองสอนได้ผลดี คือ นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ประการที่สอง การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนต้องปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองทุกขั้นตอนโดยมีบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นแนวทาง ทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาหรือคิดค้นคำตอบได้ด้วยตนเองโดยใช้การทดลองเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน ซึ่งสอดคล้องกับ สุนีย์ เหมะประสิทธิ์.(2543 : 87-88) กล่าวว่า รูปแบบการจัดกิจกรรมปฏิบัติการมีความแตกต่างกันแต่ก็มีความสัมพันธ์กันซึ่งส่งผลต่อการเรียนรู้ของนักเรียน ทั้งด้านความรู้ ทักษะแลเจตคติ ดังนั้นครูควรฝึกนักเรียนโดยเริ่มจากการทดลองแบบสำเร็จรูปก่อน เพื่อเป็นการฝึกทักษะปฏิบัติการให้กับนักเรียนแล้วค่อยๆ ลดการกำหนดแนวทางของครูจากการทดลองแบบสำเร็จรูป จนนักเรียนสามารถคิดสืบสอบ วางแผนการทดลองและสามารถแก้ปัญหาตลอดจนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริลักษณ์ หนองเส (2545 : บทคัดย่อ) ศึกษาความสามารถทางการพึ่งพาตนเองด้าน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมส่งเสริมศักยภาพทางการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู มีความสามารถทางการพึ่งพาตนเองด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และด้านความสามารถในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ มณีรัตน์ เกตุไสว (2540 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการทดลองที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ด้านมโนคติทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ด้านมโนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอน ด้วยการจัดกิจกรรมการทดลองที่นักเรียนออกแบบการทดลองและปฏิบัติการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้พร้อมทั้งเลือกรูปแบบการบันทึกข้อมูลจากการทดลองแตกต่างจากที่ได้รับการสอนด้วยการจัดกิจกรรมการทดลองตามคู่มือครูของ สสวท. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ประการที่สาม บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี เนื่องจากนักเรียนเป็นผู้ศึกษาทดลอง การคิดวิเคราะห์เหตุผล ทดสอบสมมติฐาน สรุปอภิปรายผล และเขียนเอกสารรายงานผลการทดลอง ตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ด้วยตนเองมีการสรุปความคิดรวบยอดจากบทเรียนโดยใช้แผนที่ความคิด ซึ่งส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างแท้จริงและมีความเข้าใจมากกว่าการเรียนการสอนด้วยวิธีบรรยาย ซึ่งสอดคล้องกับมโนทัศน์สุดสิ้น (2543 : 79) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถด้านการวิเคราะห์วิจารณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ประกอบการเขียนแผนผังมโนคติ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ประกอบการเขียนแผนผังมโนคติแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริพร ทิพย์สิงห์ (2545 : 89) ได้ศึกษาผลการเรียนรู้รายบุคคลโดยการทำแผนที่ความคิดของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดการสอนเรื่อง "สิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม" โดยการใช้ประโยชน์จากแหล่งประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ บริเวณชุมชนวัดประดิษฐาราม พบว่า นักเรียนมีผลการเรียนรู้รายบุคคลโดยการทำแผนที่ความคิดอยู่ในระดับดี และสอดคล้องกับงานวิจัยของ โบโคลัส (Bocolus. 1987 : 3387-A) ได้ศึกษาวิธีการใช้ผังมโนทัศน์เพื่อช่วยให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายของนักเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ ในด้านการเรียนรู้และการเปลี่ยนแปลงเจตคติ พบว่า กลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้ผังมโนทัศน์กับการสอนแบบปกติมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการสอนแบบปกติ และไม่ได้ใช้ผังมโนทัศน์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกลุ่มที่ได้รับการสอนโดยใช้ผังมโนทัศน์ มีคะแนนสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนแบบปกติเพียงเล็กน้อย

จากเหตุผลดังกล่าว จึงทำให้นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน มีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและผลการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าระดับดี (จากเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70)

2. ผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้านทักษะปฏิบัติการทางการ โดยใช้แบบ ประเมินผล การเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่าผลการเรียนรู้ด้าน ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ด้านการวางแผนการทดลอง และด้านการจัดทำรายงานผล การทดลอง นักเรียนมีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์พัฒนาสูงขึ้นจากบทปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ และมีพัฒนาการลดลงในบทปฏิบัติการที่ 4 ส่วนด้านเทคนิคการทดลอง ด้านความ คล่องแคล่วในการทดลอง และด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ นักเรียนมีทักษะ ปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์พัฒนาสูงขึ้นจากบทปฏิบัติการที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ เมื่อเทียบ คะแนนเฉลี่ยของพฤติกรรมแต่ละด้านในแต่ละบทปฏิบัติการกับเกณฑ์ระดับดี ($\mu=4$) พบว่า นักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าระดับดี ($p=.000$) และเมื่อ พิจารณาโดยภาพรวมนักเรียนมีผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้านของ ทั้ง 4 บทปฏิบัติการสูงขึ้นตามลำดับและสูงกว่าระดับดี ($p=.000$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการ ทดลองข้อที่ 3 ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจาก

ประการแรก การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น เป็นกิจกรรม วิทยาศาสตร์ที่มีผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการปฏิบัติการทดลองเป็นกลุ่ม นักเรียนจะได้ฝึกวางแผน การทดลอง ได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง และจัดทำรายงานผลการทดลองอย่างถูกต้อง แต่เนื่องจากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นลักษณะของกิจกรรมในแต่ละบทปฏิบัติการมี ความแตกต่างกัน และไม่มีการเรียงลำดับความยากง่าย ประกอบกับในช่วงท้ายของการทดลอง นักเรียนเริ่มให้ความสนใจน้อยลง จึงมีผลทำให้ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ด้านวางแผนการ ทดลอง การจัดทำรายงานผลการทดลองพัฒนาสูงขึ้นเฉพาะจากบทปฏิบัติการที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ และมีพัฒนาการลดลงในบทปฏิบัติการที่ 4 ส่วนด้านเทคนิคการทดลอง ด้านความ คล่องแคล่วในการทดลอง และด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ มีพัฒนาการสูงขึ้นและสูง กว่าระดับดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรยมล บัวศิริ (2545 : บทคัดย่อ) ศึกษาเกี่ยวกับการ พัฒนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องสารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ 77.75 / 79.33 นักเรียนมีผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ และผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน นักเรียนมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นสูงกว่าระดับดี และสอดคล้องกับงานวิจัยของ เพชรรัตดา เทพพิทักษ์

(2545 : บทคัดย่อ) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการทำโครงการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยปรากฏดังนี้ 1) ผลการสำรวจและคัดเลือกโครงการวิทยาศาสตร์ได้กิจกรรม ต้นแบบ 3 กิจกรรม 2) ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นไปตามทฤษฎีที่ได้ศึกษาค้นคว้า สามารถนำไปพัฒนาเป็นชุดกิจกรรมได้ และ 3) สามารถพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่องเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการทำโครงการวิทยาศาสตร์ได้ 3 ชุดกิจกรรมและมีคุณภาพในระดับมาก 4) การนำชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนพบว่านักเรียนมีทักษะปฏิบัติการทดลอง เฉลี่ยร้อยละ 94.50 และ 4.3 นักเรียนมีความตระหนักต่อเทคโนโลยีอยู่ในระดับมาก

ประการที่สอง การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมปฏิบัติการทดลองที่เปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมด้านการปฏิบัติอย่างอิสระจึงเกิดการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติอย่างจริงจัง ถูกต้องและใช้อุปกรณ์การทดลองได้อย่างคล่องแคล่วซึ่งสอดคล้องกับ ญัฎฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2542 : 82) กล่าวว่าพฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติการเป็นกลไกและการปฏิบัติ ซึ่งมุ่งผลที่คล่องแคล่วและชำนาญและสอดคล้องกับงานวิจัยของ จิรพรรณ ทะเชียว (2543 : บทคัดย่อ) ศึกษาเปรียบเทียบทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ กับการสอนตามคู่มือครู ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยชุดกิจกรรมอุปกรณ์วิทยาศาสตร์มีทักษะภาคปฏิบัติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู

ประการที่สาม บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยทำการประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยใช้แบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด 5 ระดับ ดังนั้นการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นจึงเป็นการฝึกการคิดอย่างมีระบบ หรือความงามของการเป็นนักวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้นในตัวของผู้เรียนขณะทำการทดลองในบทปฏิบัติการ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ญัฎฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2542 : 86) ที่กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะพื้นฐานของพฤติกรรมเชิงความสามารถของการเป็นนักวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเป็นทักษะสำหรับการประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตอย่างมีระบบและมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ทวิช แจ่มจำรัส (2545 : บทคัดย่อ) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง น้ำสกัดชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่น ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นทั้ง 6 บทปฏิบัติการมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น ใช้ทดลองได้ผลดี กล่าวคือ นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน นักเรียนมี

ทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 86.75 และนักเรียนมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการอยู่ในระดับดี

จากเหตุผลดังกล่าว ทำให้นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน มีพัฒนาการของทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์โดยภาพรวมสูงขึ้นและสูงกว่าระดับดี

3. เจตคติของนักเรียนต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น โดยใช้แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ด้านที่ 1 ความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และด้านที่ 2 ด้านการแสดงออกต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบ่งเป็น 2 ด้านคือ ด้านที่ 2.1 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ด้านที่ 2.2 การเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียนจบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 2 3 และ 4 มีพัฒนาการสูงขึ้นตามลำดับ และเมื่อเทียบคะแนนเฉลี่ยกับเกณฑ์ระดับดี ($\mu = 4$) พบว่านักเรียนมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทั้ง 2 ด้านและโดยภาพรวมสูงตามลำดับและสูงกว่าระดับดี ($p = .000$) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจาก

ประการแรก การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการศึกษาค้นคว้าอย่างอิสระนักเรียนมีส่วนร่วมในการทดลองและร่วมกับเพื่อนๆ ในชั้นเรียนฝึกการใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเอง นักเรียนจึงมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องงานวิจัยของ ชลิตา พันธุ์ออน (2545 : บทคัดย่อ) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การผลิตและการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาหมัก ผลการวิจัยพบว่า บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นทั้ง 7 บทปฏิบัติการ มีคุณภาพดีมาก นักเรียนที่เรียนโดยใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นมีผลการเรียน ดังนี้ มีทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับมาก และมีความสามารถในการนำเสนอผลงานทาง วิทยาศาสตร์ร้อยละ 87.90 และสอดคล้องงานวิจัยของ พูลทรัพย์ โพธิ์สุ (2545 : บทคัดย่อ) ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ เรื่อง พืชและสัตว์ ในสาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้น มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก นักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ ที่พัฒนาขึ้นมีผลการเรียนรู้นี้ 1) มีผลการเรียนรู้ด้านความรู้อยู่ในระดับดี 2) มีผลการเรียนรู้ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และเจตคติของนักเรียนต่อชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

ประการที่สอง การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้น เป็นการทดสอบ ทฤษฎีและหลักการหรือค้นพบความรู้ใหม่จากการปฏิบัติการทดลองจริงทุกบทปฏิบัติการ ทำให้นักเรียนรู้ถึงที่มาของทฤษฎีและหลักการต่าง ๆ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ด้วยความเข้าใจมากยิ่งขึ้น และเป็นกิจกรรมที่ทำหาย นักเรียนจึงมีความกระตือรือร้นเพื่อค้นหาคำตอบ จึงเป็นการเรียนที่ทำให้นักเรียนรู้สึกสนุกสนาน ส่งผลให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ ดังที่ ศักดิ์ สุนทรเสณี. (2528 : 1 - 3) กล่าวว่า เจตคติเป็นพฤติกรรมการเตรียมพร้อมทางสมองในการที่จะกระทำ ซึ่งบ่งบอกถึงหน้าที่ของสภาวะจิตใจหรือสภาวะอารมณ์ที่สลับซับซ้อนก่อนจะตัดสินใจอย่างใดอย่างหนึ่งในการแก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จำรัส อินทลามาพร (2545 : บทคัดย่อ) ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์นมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์นมมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ในระดับมาก และมีความสามารถในการนำเสนอ ผลงานทางวิทยาศาสตร์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ โอเคบูโกลา (Okebukola. 1985 : 221 – 231) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมของนักเรียนในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับทักษะการทำปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์และเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบสังเกตทักษะการ ปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดเจตคติต่อกิจกรรมปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงมาจาก แบบวัดเจตคติต่อกิจกรรม ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ของฮอฟสตัน พบว่า พฤติกรรมของนักเรียนใน ห้องปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์กับทักษะการทำปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อกิจกรรม ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันทางบวก

ประการที่สาม ความรู้ที่ได้จากการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ สามารถนำไป ประยุกต์ใช้หรือแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ เช่น บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่องอิทธิพลของความดันที่มี ผลต่อจุดเดือด ซึ่งทำให้ทราบหลักการทำงานของหม้อดันความดัน หรือถ้าต้องการต้มน้ำให้เดือด เร็วจะมีวิธีการอย่างไร และบทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัว นักเรียนสามารถนำ ความรู้ที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ เช่น เหตุผลที่ต้องมีการเว้นช่องว่างระหว่างหัวรางรถไฟ ซึ่ง สอดคล้องกับงานวิจัยของ จัตุรัส วาญวรรณะ (2546 : 77-80) กล่าวว่าบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์เรื่องการใช้ประโยชน์จากฟางข้าว ส่งผลให้นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์มีผลการเรียนรู้ด้านความรู้สูงขึ้น มีผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทาง วิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี และมีเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก และ สอดคล้องกับงานวิจัยของ สมิธ (Smith. 1997 : Abstract) ได้ศึกษาผลของวิธีสอนที่มีเจตคติต่อ วิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการสอนของนักเรียนในระดับเกรด 7 ผลการศึกษาพบว่า

นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบบรรยายและให้ลงมือปฏิบัติ มีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่าวิธีสอนแบบบรรยาย หรือให้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองเพียงแบบใดแบบหนึ่งจากการศึกษาและประมวลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งงานวิจัยในประเทศและงานวิจัยต่างประเทศ พบว่า ครูผู้สอนสามารถสร้างเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้ โดยการจัดรูปแบบกระบวนการเรียนการสอนที่หลากหลาย ส่งเสริมให้การเรียนรู้ที่มุ่งให้ผู้เรียนได้ฝึกคิดปฏิบัติอยู่เสมอและคอยแนะนำให้คำปรึกษาอย่างใกล้ชิดมีระบบการเรียนการสอนที่น่าสนใจ เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการคิด และตัดสินใจในการจัดการเรียนการสอนให้มากที่สุด

จากเหตุผลดังกล่าว ทำให้นักเรียนที่เรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน มีเจตคติต่อบทปฏิบัติการด้านความรู้สึกรักคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ด้านการแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และการเห็นประโยชน์ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีพัฒนาการสูงขึ้นและสูงกว่าระดับดี

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 การนำบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ไปใช้ในการเรียนการสอนควรใช้ควบคู่กับคู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ครูควรศึกษารายละเอียดทุกขั้นตอนและทดลองทำก่อนนำบทปฏิบัติการไปใช้สอนจริงทุกครั้ง ควรทำความเข้าใจพร้อมแนะนำเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์ สารเคมี ขั้นตอนการทดลอง ตลอดจนแนะนำการเขียนรายงานผลการทดลองและการจัดเก็บอุปกรณ์อย่างละเอียด เพื่อให้การเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 ขณะนักเรียนปฏิบัติการทดลองครูควรดูแลอย่างใกล้ชิด คอยแนะนำให้นักเรียนทำการทดลองด้วยความระมัดระวัง โดยเฉพาะการทดลองในบทปฏิบัติการที่ 3 เรื่องอิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือด ขณะทดลองต้องคว้าขวดแก้วที่ปิดด้วยจุกยางและภายในมีน้ำร้อน ถ้าปิดจุกยางไม่แน่นจุกยางอาจหลุด ทำให้นักเรียนตกใจแล้วปล่อยขวดแก้วหล่นแตกหรืออาจถูกน้ำร้อนลวกได้

1.3 การทดลองในบทปฏิบัติการที่ 1 และ 2 เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อนและมีการบันทึกอุณหภูมิ ดังนั้นครูควรเลือกห้องทดลองมีอุณหภูมิปกติไม่ควรเปิดพัดลม และขณะนักเรียนปฏิบัติการทดลองครูควรแนะนำให้นักเรียนบันทึกผลการทดลองอย่างละเอียดรอบคอบ เช่น การบันทึกอุณหภูมิ ซึ่งการบันทึกอุณหภูมิที่คลาดเคลื่อนจะส่งผลให้การทดลองผิดพลาดได้

1.4 การทดลองในบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3 เรื่องอิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือด ถ้าติดบารอมิเตอร์ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดความดันไว้ในขวดแก้วก้นกลม ขณะทำการทดลองจะเห็นผลการทดลอง และสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับจุดเดือดของน้ำได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

1.5 การทดลองในบทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัวของโลหะ มีการบันทึกการโก่งงอของโลหะเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งต้องใช้ทักษะการสังเกต ดังนั้นครูควรแนะนำให้นักเรียนสังเกตอย่างละเอียดถี่ถ้วน เพราะโลหะบางชนิดเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยมากทำให้สังเกตยาก

1.6 ครูควรแนะนำและกระตุ้นให้นักเรียนนำหลักการที่ได้เรียนรู้จากบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไปศึกษาค้นคว้าและทดลองเพิ่มเติมในเรื่องใหม่ ๆ ในลักษณะโครงงานวิทยาศาสตร์

1.7 ครูผู้สอนอาจนำกิจกรรมปฏิบัติการไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนของหลักสูตรสถานศึกษาในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ โดยปรับให้เหมาะสมกับช่วงชั้นของผู้เรียนและสภาพของสถานศึกษา

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรพัฒนามบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในสาระการเรียนรู้ที่ 5 พลังงาน ในระดับช่วงชั้นอื่นๆ โดยปรับเนื้อหาและกิจกรรมให้มีความยากง่ายเหมาะสมกับช่วงชั้นของนักเรียน

2.2 ควรพัฒนามบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ในสาระการเรียนรู้อื่น ๆ เช่น สาระการเรียนรู้ที่ 3 สารและสมบัติของสาร โดยจัดกิจกรรมให้มีความยากง่ายเหมาะสมกับช่วงชั้นของนักเรียน

2.3 ควรศึกษาผลการเรียนรู้จากการเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กับตัวแปรอื่น ๆ เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พฤติกรรมการทำงานกลุ่ม และเจตคติทางวิทยาศาสตร์

2.4 ควรศึกษาและทดสอบหาค่าความจุความร้อนจำเพาะของโลหะชนิดอื่น ๆ เช่น เงิน สังกะสี หรือโลหะที่มีอยู่รอบ ๆ ตัว เช่น เหรียญ ตะปู ลูกกอล์ฟ เช่นเดียวกับการขยายตัวของโลหะ สามารถหาการขยายตัวของโลหะชนิดอื่น ๆ ได้อีก เช่น ตะกั่ว เงิน ทอง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2544). หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2544. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- กัลยา วานิชย์. (2546). การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : ธรรมสาร.
- กานต์ระวี ใจงาม. (2545). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากพืชในท้องถิ่น. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เกษแก้ว ปวนแดง. (2539). การพัฒนารูปแบบการสอนวิชาสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เน้นการใช้แผนผังมโนคติ (Concept Map). วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (การประถมศึกษา) ขอนแก่น : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ถ่ายเอกสาร.
- จิรพรรณ ทะเขียว. (2543). การเปรียบเทียบทักษะภาคปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้ชุดกิจกรรมอุปกรณ์กับการสอนตามคู่มือครู. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- จรัส อินทลาภพร. (2545). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์นมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ฉัตรชัย วายุวรรณะ. (2546). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การใช้ประโยชน์จากฟางข้าวสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชลิตา พันธุ์ออน. (2545). การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง การผลิตและตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ปลาหมัก. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชลสิทธิ์ จันทาสี. (2543). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการตัดสินใจอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการตัดสินใจทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชัยฤทธิ์ ศิลาเดช. (2544). คู่มือการเขียนแผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญระดับมัธยมศึกษา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แม็ค.

- เชิดชัย พลกุล. (2544). เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียน
อนุบาลประจำจังหวัด เขตการศึกษา 11. ปริญญาโท กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา).
มหาสารคาม : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2526). วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย. พิษณุโลก : มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒพิษณุโลก.
- (2542). การวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- (2546). การประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวปฏิรูปการศึกษา. กรุงเทพฯ :
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- ทบวงมหาวิทยาลัย. (2525). ชุดการเรียนการสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : คณะ
อนุกรรมการการพัฒนการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์.
- ทวิช แจ่มจรัส. (2544). การพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่องน้ำสกัดชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้
ในท้องถิ่น : กรณีศึกษาโรงเรียนบ้านพุน้ำร้อน จังหวัดสุพรรณบุรี. ปริญญาโท กศ.ม.
(วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ทวี จิมอ้อย และมนู เพื่องฟู. (2541). ฟิสิกส์พื้นฐานระดับมหาวิทยาลัย 1. กรุงเทพฯ : ภาควิชา
ฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ธนากร ศรีดารา. (2544). เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นโรงเรียน
สังกัดสำนักงานการศึกษาเทศบาล เขตการศึกษา 10. ปริญญาโท กศ.ม.
(วิทยาศาสตร์ศึกษา). มหาสารคาม : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. ถ่ายเอกสาร.
- ธนาภรณ์ ภัทรากาญจน์ และก่องกัญจน์ ภัทรากาญจน์. (2527). ฟิสิกส์มหาวิทยาลัย เล่ม 1.
กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าวิทยาเขตพระนครเหนือ.
- นุ – กุล กระจ่าย. (2520). ฟิสิกส์ในชีวิตประจำวัน 1. กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2541). การพัฒนการสอน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ชมรมเด็ก.
- ประเทืองทิพย์ สุกุมลจันทร์. (2545). การพัฒนาทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องการแปรรูปและ
ทดสอบสารอาหารในพืชสมุนไพร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปริญญาโท
กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
ถ่ายเอกสาร.
- ประวิตร ชูศิลป์. (2524). หลักการประเมินผลวิทยาศาสตร์แผนใหม่ในเอกสารการนิเทศการศึกษา
ฉบับที่ 223. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพัฒนาตำราและเอกสาร หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมฝึกหัดครู.

- ปรเมษฐ์ ปัญญาเหล็ก. (2542). *ฟิสิกส์ 1 . พิมพ์ครั้งที่ 4 .* กรุงเทพฯ : ศูนย์วิชาการศึกษาทั่วไป มหาวิทยาลัยศรีปทุม. พิมพ์พรณการพิมพ์.
- เปรมจิตร บุญสาย. (2541). *การพัฒนาหลักสูตรชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องพื้นฐานทางเทคโนโลยีชีวภาพที่เน้นการปฏิบัติการทดลองโดยใช้ประโยชน์จากสารเหลือทิ้ง.* ปรินญานินพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 8.* กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พันศักดิ์ สายแสงจันทร์. (2544). *การพัฒนารูปแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคนิคการแยกสาร สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 .* ปรินญานินพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พิมพ์พรณ วิศาลอรรถพันธ์. (2541). *ฟิสิกส์อุณหภาพ.* กรุงเทพฯ : ภาคฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. โรงพิมพ์ไทยเล็ง.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2545). *พฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ : พัฒนาคุณภาพวิชาการ(พว.).
- พูลทรัพย์ โพธิ์สุ. (2545). *การพัฒนาชุดกิจกรรมเรื่องพืชและสัตว์ ในสาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิตสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2.* ปรินญานินพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เพชรรัตดา เทพพิทักษ์. (2545). *การพัฒนาชุดกิจกรรม เรื่อง เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการศึกษาโครงงานวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.* ปรินญานินพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เพราพรณ เปลียนภู. (2542). *จิตวิทยาการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5 .* กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ อุตรสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- พรยมล บัวศิริ. (2546). *การพัฒนารูปแบบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง สารและสมบัติของสาร สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 3.* ปรินญานินพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ไพฑูรย์ สินลารัตน์. (2536 , มกราคม). " การศึกษาไทยในอนาคต : ถึงเวลาของการศึกษา นำกระแส " วารสารก้าวไกล. 3(9) : 32 - 34.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2.* กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.
- มนตรี พิรุณเกษตร. (2537). *อุณหพลศาสตร์ 1.* กรุงเทพฯ : นำอักษรการพิมพ์.

- มนมณัส สุดสิ้น. (2543). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์วิจารณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ประกอบการเขียนแผนผังมโนคติ. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- มนัส บุญประกอบ. (2533, มกราคม - มีนาคม). " ยุทธศาสตร์ใหม่ทางการศึกษา : แผนภูมิโมโนทัศน์" วารสารสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 18(69) : 26 – 29.
- มนีรัตน์ เกตุไสว. (2540). ผลการจัดกิจกรรมการทดลองที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ด้านมโนคติทางวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- รังสรรค์ เพ็งพัด. (2544). ศึกษาการพัฒนาระบบเครื่องสูบน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อการเรียนการสอน สำหรับนักศึกษาปริญญาตรี สถาบันราชภัฏ. ปรินญานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2538). พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525. พิมพ์ครั้งที่ 5 . กรุงเทพฯ : อักษรเจริญทัศน์.
- ลออ อางนันท. (2542). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนควมความคิดสร้างสรรค์กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตเรื่อง ส่งแวดล้อมทางสังคมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ผังมโนทัศน์. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การประถมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วิมล สำราญวานิช. (2532). การสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. ขอนแก่น : คณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วิโรจน์ เฉลยสุข. (2541). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการทดลองกับการสอนตามปกติ. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ศักดิ์ สุนทรเสณี. (2528). เจตคติ. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์รุ่งวัฒนา.
- ศิริกานต์ ผาสุก. (2543). การพัฒนาทปฏิบัติการวิชาเคมีผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ เรื่อง การสกัดและแยกองค์ประกอบทางเคมีจากพืชสมุนไพรในท้องถิ่นสำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของสถาบันราชภัฏ. ปรินญานิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- ศิริพร ทิพย์สิงห์. (2545). การพัฒนาชุดการเรียนรู้การสอนเรื่อง "ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม" โดยใช้ประโยชน์จากแหล่งประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์บริเวณชุมชนวัดประดิษฐาราม กรุงเทพมหานคร. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ศิริลักษณ์ หนองแสง. (2545). ความสามารถทางการพึ่งพาตนเองด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมส่งเสริมศักยภาพการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2538). "แนวคิดในการจัดการเรียนการสอน วิชาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน" ในเอกสารประกอบการประชุมปฏิบัติการเพื่อเตรียมวิทยากร แก่นนำ. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- (2545). คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ ครูสภาลาดพร้าว.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2543). การปฏิรูปวิทยาศาสตร์ศึกษาของประเทศไทย. กรุงเทพฯ : หจก.ภาพพิมพ์.
- (2544ก). การปฏิรูปวิทยาศาสตร์ศึกษา : กรณีศึกษาเวียดนาม. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ ครูสภาลาดพร้าว.
- (2544ข). รายงานการวิจัยเพื่อพัฒนานโยบายการปฏิรูปวิทยาศาสตร์ศึกษาของไทย. กรุงเทพฯ : เซเว่น พรินติ้ง กรุ๊ป จำกัด.
- สุวัฒน์ นิยมคำ. (2517). การสอนวิทยาศาสตร์แบบพัฒนาความคิด. กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช.
- (2531). ทฤษฎีทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ เล่ม 2. กรุงเทพฯ : เจเนอรัลบุ๊ก เซนเตอร์.
- สุวิมล เขียวแก้ว. (2527). การสอนวิทยาศาสตร์กับมัธยมศึกษา. ปัตตานี : ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
- สุรพงษ์ สุวจิตตนนท์. (2527). สมดุลเทอร์โมไดนามิกส์. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. โอเดียสน์.
- สุนี เหมะประสิทธิ์. (2543). เอกสารคำสอนวิชา ปถ 421 วิทยาศาสตร์สำหรับครูประถม. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. (2528). เทคโนโลยีการศึกษา. กรุงเทพฯ : ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม และวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

- สมพงษ์ ใจดี. (2543). *ฟิสิกส์มหาวิทยาลัย 2. พิมพ์ครั้งที่ 2*. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมนึก บุญพาไสว. (2535, เมษายน - มิถุนายน). "การแก้ปัญหาแบบใหม่ในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์" วารสาร สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 19(73) : 19 – 21.
- สมศักดิ์ ภูวิภาดาวรรณ. (2544). การยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและการประเมินตามสภาพจริง. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : The Knowledge Center.
- สำลี รักสุทธี. (2544). *เทคนิควิธีการจัดการเรียนการสอนและเขียนแผนการสอนโดยยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อภิญา สุวรรณสิทธิ์. (2540). *การศึกษาและเปรียบเทียบเจตคติต่อวิทยาศาสตร์และการรับรู้สภาพแวดล้อมในการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นสังกัดกรมสามัญศึกษาและสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อนันตสิน เตชะกำพุช พิเศษฐ รัตนวรารักษ์ และพรชัย พัทธินทร์ตะนกุล. (2535). *ฟิสิกส์ 1. พิมพ์ครั้งที่ 3*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อุไรวรรณ , สุพัฒน์. (2519). *ปฏิบัติการฟิสิกส์ 1 PH 113*. กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- อุดมลักษณ์ นกพิงพุ่ม. (2545). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดฝึกกระบวนการคิดกับการสอนโดยใช้ผังมโน*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อรอุมา ละมูล. (2541). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องความสามารถของวัสดุธรรมชาติในการดูดซับโลหะหนักที่ใช้สอนวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- Beasley, Warren Frederick. (1979, March). "The Effect of Physical and Mental Practice of Psychomotor Skills on Chemistry Student Laboratory Performance", *Dissertation Abstracts International*. 39 (9) : 5428 – A.
- Bodulus. Jame Edward. (1987, March). "The of concept Mapping Strategy to Facilitate Meaningful Learning for Ninth Grade Students in Science." *Dissertation Abstracts International*. 447 : 3387 – A.
- Davis, Maynard. (1979, January). "The Effect of a Guided – Inquiry Discovery Approach in an Elementary School Science Curriculum", *Dissertation Abstracts International*. 39 (7) : 4164–A.
- Lindsay, carioyn Whitehead. (1974, May). "A Study of the Effects of Three Methods of Teaching High School Chemistry Upon Achivement in Chemistry", Critical Thinking Abilities, and Scienctific Interest", *Dissertation Abstracts International*. 34 (11) : 7068 – A.
- Martar, F.K. (1986, September-October). "An Investigation of the Professional Needs of Science Teachers in Secondary in Bahrain", *Dissertation Abstracts International*. 47 (1) : 1270 – A.
- Okebola, P.A. (1986, November). "Cooperative Learning and Students ' Attitudes towards Laboratory Work", *School Science and Mathematics*. 86(7) : 582 – 590.
- Smith, Doughlas W. (1997, November). "Elementary Students ' Use of Science Process Skill in Problem-Solving : the Effects of an Inquiry-Bassed Instructional Approach", *Dissertation Abstracts International*. 58 (5) : 1667 – A.
- Selim, Mohamed Ahed Mahamed. (1982, January). "The Effect of Discovery and Expository Teaching on Science Achievement and Science Attitude of Male and Female Fifth Grade Students in Egypt", *Dissertation Abstracts International*. 42 (7) : 3001– A.
- Serlin, C.R. (1977, March). "The Effects of Disscovery Laboratoy on The Science Process, Problem Solving and Creative Thinking Ability of Undergraduates", *Dissertation Abstracts International*. 37 (9) : 5730 – A.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

1. รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย
2. ตัวอย่างสำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์เพื่อการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย ประกอบด้วย

1. รองศาสตราจารย์ ดร. สมสรร วงษ์อยู่น้อย
ผู้อำนวยการสำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปราโมทย์ ฉลุกลิ่น
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์วินัย วงศ์วิสิทธิ์
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์นัทธน์ ผักเจริญผล
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระพีพงษ์ ฉายอรุณ
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มศว โทร. 5731, 5618

ที่ ศธ 0519.12/4687

วันที่ ๙/๕ เมษายน 2547

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการสำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา

เนื่องด้วย นางสาวอัมพร กรุดวงษ์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาทบปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง “พลังงานความร้อน” สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม” โดยมี รองศาสตราจารย์ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ และ อาจารย์สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านความรู้ แบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ แบบสอบถามเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง “พลังงานความร้อน”

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบสอบถาม แบบทดสอบ แบบประเมิน และบทปฏิบัติการ ให้ นางสาวอัมพร กรุดวงษ์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์นภกรณ์ หะวานนท์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มศว โทร. 5731, 5618

ที่ ศธ 0519.12/4686

วันที่ ๒๖ เมษายน 2547

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

เนื่องด้วย นางสาวอัมพร กรุดวงษ์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง “พลังงานความร้อน” สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม” โดยมี รองศาสตราจารย์ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ และ อาจารย์สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปราโมทย์ ฉลุกลปี เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ แบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ แบบสอบถามเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง “พลังงานความร้อน”

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสอบถาม แบบทดสอบ แบบประเมิน และบทปฏิบัติการ ให้ นางสาวอัมพร กรุดวงษ์ และ ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์นภกรณ์ หะวานนท์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

เมษายน 2547

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อธิการบดีสถาบันราชภัฏนครปฐม

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม แบบทดสอบ แบบประเมิน และบทปฏิบัติการ

เนื่องด้วย นางสาวอัมพร กรุดวงษ์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนามาตรปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง “พลังงานความร้อน” สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม” โดยมี รองศาสตราจารย์ณัฐพงษ์ เจริญพิทย และ อาจารย์สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์วินัย วงษ์วิสิทธิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิทัศน์ ผักเจริญผล และ อาจารย์วีระพงษ์ ฉายอรุณ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ แบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ แบบสอบถามเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และ บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง “พลังงานความร้อน”

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ แบบสอบถาม แบบทดสอบ แบบประเมิน และบทปฏิบัติการ ให้ นางสาวอัมพร กรุดวงษ์ และ ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นภกร หะวานนท์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5731, 5618

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 034-261021 มือถือ 09-8213855



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๘ กรกฎาคม 2547

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบทดสอบ แบบสอบถาม บทปฏิบัติการ และแบบประเมิน

เนื่องด้วย นางสาวอัมพร กรดวงษ์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนามาตรปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง “พลังงานความร้อน” สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จ.นครปฐม” โดยมี รองศาสตราจารย์ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ และ อาจารย์สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยขอใช้ห้องเรียนและห้องปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ ชั้น 5 เพื่อสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง “พลังงานความร้อน” กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 30 คน และทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ แบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ในระหว่างเดือนสิงหาคม - กันยายน 2547

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ นางสาวอัมพร กรดวงษ์ ได้เก็บข้อมูล ในการทำปริญญานิพนธ์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เพ็ญศิริ จีระเชชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

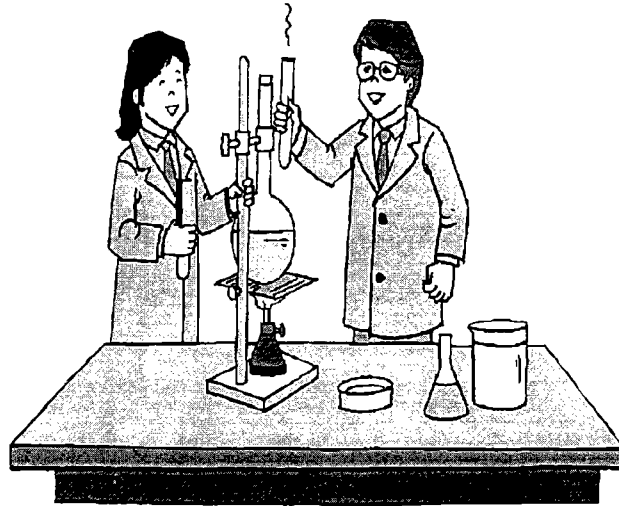
โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ มือถือ 09-8213855

ภาคผนวก ข

1. บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน
2. คู่มือครูประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน
สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 จังหวัดนครปฐม



โดย.....

นางสาวอัมพร กรุดวงษ์
นิสิตปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ฟิสิกส์)
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

อาจารย์ที่ปรึกษา
รองศาสตราจารย์ ดร. ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์ ประธาน
อาจารย์ ดร. สมปารัตนา วงศ์บุญหนัก กรรมการ

ข้อปฏิบัติสำหรับการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ประกอบด้วยเนื้อหา 3 เรื่อง จำนวน 4 บทปฏิบัติการ ดังนี้

เรื่องที่ 1 ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ประกอบด้วย 1 บทปฏิบัติการ คือ

บทปฏิบัติการที่ 1 ความจุความร้อนจำเพาะ

ตอนที่ 1 ความจุความร้อนจำเพาะของโลหะ

ตอนที่ 2 ความจุความร้อนจำเพาะของโลหะต่างชนิด

เรื่องที่ 2 ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะ ประกอบด้วย 2 บทปฏิบัติการ คือ

บทปฏิบัติการที่ 2 ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว

ตอนที่ 1 ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง

ตอนที่ 2 ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งที่มีมวลต่างกัน

บทปฏิบัติการที่ 3 อิทธิพลของความดันที่มีต่อจุดเดือด

ตอนที่ 1 อิทธิพลของความดันที่มีต่อจุดเดือด

ตอนที่ 2 ปัจจัยอื่นที่มีต่อจุดเดือด

เรื่องที่ 3 ความร้อนกับการขยายตัว ประกอบด้วย 1 บทปฏิบัติการ คือ

บทปฏิบัติการที่ 4 ความร้อนกับการขยายตัว

ตอนที่ 1 ความร้อนกับการขยายตัวของของแข็ง

ตอนที่ 2 ความร้อนกับการขยายตัวของของเหลว

ข้อปฏิบัติและทำความเข้าใจก่อนทำการทดลอง ดังนี้

1. ให้นักเรียนศึกษาใบความรู้ หลักการ และปฏิบัติการทดลองในตอนที่ 1 พร้อมเขียนรายงานผลการทดลอง
2. นักเรียนศึกษากิจกรรมในตอนที่ 2 จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ซึ่งเป็นการนำความรู้และทักษะปฏิบัติการทดลองจากตอนที่ 1 มาใช้โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันคิดออกแบบการทดลองและทำการทดลอง
3. การทดลองในแต่ละตอนเป็นกิจกรรมที่มีความสอดคล้องกัน ดังนั้นจึงควรปฏิบัติการทดลองตามลำดับ
4. ระยะเวลาในการเรียนบทปฏิบัติการ แต่ละบทปฏิบัติการใช้เวลา 4 ชั่วโมง

เรื่องที่ 1 ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ
 ในความรู้ประกอบการเรียนบทปฏิบัติการที่ 1
 เรื่อง ความจุความร้อนจำเพาะ

สาระสำคัญ

ความจุความร้อนของสาร (c) หมายถึง สมบัติของสารที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงระดับของอุณหภูมิเมื่อสารได้รับความร้อนหรือคายความร้อน ซึ่งสามารถวัดได้จากปริมาณความร้อนที่ทำให้สารนั้นทั้งก่อนมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป (เพิ่มขึ้นหรือลดลง) 1 องศา สารต่างชนิดกันจะมีความสามารถในการรับหรือคายพลังงานความร้อนออกได้แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น เหล็ก 1 กิโลกรัม และน้ำ 1 กิโลกรัม ต่างได้รับความร้อนจากแหล่งกำเนิดเดียวกัน คือ จากแหล่งที่มีอุณหภูมิเดียวกันในช่วงเวลาเท่ากัน ปรากฏว่าเหล็กจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นได้อย่างรวดเร็วกว่าน้ำ ทั้งนี้เป็นเพราะเหล็กต้องการปริมาณความร้อนที่น้อยกว่า เพื่อให้ตัวเองมีอุณหภูมิถึงจุดที่กำหนดให้ ส่วนน้ำนั้นจะรับปริมาณความร้อนมากกว่าจึงจะทำให้มีอุณหภูมิสูงถึงจุดกำหนดจุดเดียวกันในทางตรงกันข้ามถ้าทำให้อุณหภูมิลดลงจากอุณหภูมิหนึ่งถึงอีกอุณหภูมิหนึ่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า น้ำจะคายปริมาณความร้อนออกได้มากกว่าเหล็ก ตัวอย่างเช่นในการทำให้เหล็ก 1 กิโลกรัมมีอุณหภูมิสูงขึ้น 1°C นั้น เหล็กต้องการปริมาณความร้อนเพียง 0.1 กิโลแคลอรีในขณะที่น้ำมวลเท่ากับเหล็กต้องการปริมาณความร้อนถึง 1 กิโลแคลอรี จึงจะทำให้อุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น 1°C จากความสัมพันธ์ของความจุความร้อนของสารดังที่กล่าวมาสามารถเขียนแทนด้วยสมการได้ดังนี้

$$c = \frac{Q}{\Delta t} \dots\dots\dots (1)$$

เมื่อกำหนดให้ c แทน ความจุความร้อนของสาร
 Q แทน ปริมาณพลังงานความร้อนที่เปลี่ยนแปลง
 Δt แทน อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง

ความจุความร้อนจำเพาะของวัตถุใดๆ (s) หมายถึง ความจุความร้อนของวัตถุมวล 1 หน่วย ซึ่งเป็นสมบัติของวัตถุมวล 1 หน่วยที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงระดับอุณหภูมิเมื่อได้รับความร้อนหรือถ่ายเทความร้อน ซึ่งสามารถหาได้จากปริมาณความร้อนที่ทำให้วัตถุมวล 1 หน่วย มีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 องศา ใช้สัญลักษณ์ s แทน ความจุความร้อนจำเพาะของวัตถุ หรืออาจกล่าวได้ว่า

วัตถุมวล 1 หน่วย มีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 องศา ต้องใช้ความร้อน s หน่วย

วัตถุมวล m หน่วย มีอุณหภูมิเปลี่ยนไป Δt องศา ต้องใช้ความร้อน $ms\Delta t$ หน่วย

ถ้าปริมาณความร้อนที่ใช้แทนด้วย Q จะได้ดังสมการ

$$Q = ms \Delta t \dots\dots\dots (2)$$

จาก (1) และ (2) จะได้

$$C = ms$$

$$\text{ดังนั้น} \quad Q = c \Delta t \dots\dots\dots (3)$$

วัตถุใด ๆ เมื่อได้รับความร้อนจะทำให้วัตถุมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น วัตถุต่างชนิดกันเมื่อได้รับความร้อนปริมาณเท่ากัน จะทำให้วัตถุมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นไม่จำเป็นต้องเท่ากัน ขึ้นอยู่กับว่าวัตถุชนิดใดมีค่าความจุความร้อนจำเพาะมากหรือน้อย สาเหตุที่ทำให้สารแต่ละชนิดมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นแตกต่างกัน เกิดจากพลังงานความร้อนที่ได้รับเข้าไปนั้นไปทำให้พลังงานจลน์ของโมเลกุลของสารเปลี่ยนแปลง สารแต่ละชนิดมีโครงสร้างโมเลกุลและการยึดเหนี่ยวที่ต่างกัน พลังงานบางส่วนจะเข้าไปเพิ่มพลังงานในการเคลื่อนที่แบบสุ่ม (Random) ให้กับโมเลกุลของสารทำให้อุณหภูมิของสารแตกต่างกัน วัตถุที่มีมวลเท่ากัน แต่มีค่าความจุความร้อนจำเพาะน้อยจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นมากกว่าวัตถุที่มีค่าความจุความร้อนจำเพาะมาก หรือถ้าทำให้วัตถุมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่ากัน วัตถุที่มีค่าความจุความร้อนจำเพาะมากต้องได้รับปริมาณความร้อนไว้ได้มากกว่าวัตถุที่มีค่าความจุความร้อนน้อย เช่น ถ้านำลูกเหล็ก ทองแดง และเงินแช่ในน้ำร้อนทิ้งไว้สักครู่ จนทำให้วัตถุทั้งสามมีอุณหภูมิเท่ากันแล้วนำมาวางบนแผ่นพาราฟิน จะทำให้พาราฟินละลายจนทำให้วัตถุจมลงไปในพาราฟินแต่จะจมไม่เท่ากัน เนื่องจากวัตถุแต่ละชนิดรับปริมาณความร้อนไว้ได้ไม่เท่ากันจึงถ่ายเทความร้อนออกมาเป็นปริมาณไม่เท่ากัน ถึงแม้วัตถุจะเย็นลงจนมีอุณหภูมิเท่ากันแล้วก็ตาม กรณีนี้ลูกเหล็กจะจมลงไปมากที่สุดเพราะเหล็กถ่ายเทความร้อนออกได้มาก เนื่องจากเหล็กมีความจุความร้อนจำเพาะมากกว่า

วิธีการวัดค่าความจุความร้อนจำเพาะ

วิธีการวัดค่าความจุความร้อนจำเพาะของของแข็งและของเหลว กระทำได้โดยใช้วัตถุที่ต้องการวัดค่าความร้อนจำเพาะลงในน้ำที่ทราบมวลและอุณหภูมิซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของวัตถุ จากนั้นทิ้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิปรับตัวจนสมดุลจึงวัดค่าอุณหภูมิอีกครั้ง ทั้งนี้จะคิดวปริมาณของงานเชิงกลไม่เกิดขึ้นในขบวนการและจากหลักของการอนุรักษ์พลังงาน จะได้ว่าปริมาณความร้อนของวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงต้องถ่ายเทไปเท่ากับปริมาณ ความร้อนที่น้ำได้รับเพิ่มขึ้น ดังนั้นถ้า m_x เป็นมวลของสารที่ต้องการวัดค่าความร้อนจำเพาะ ซึ่งสมมติให้เป็น s_x และ t_x เป็นอุณหภูมิเริ่มต้นของสาร ในทำนองเดียวกัน ถ้าให้ m_w , s_w และ t_w เป็นมวล ความร้อนจำเพาะและอุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำ ตามลำดับ ถ้า t เป็นอุณหภูมิเมื่อระบบอยู่ในสมดุลความร้อนจาก สมการ $s = Q / m \Delta t$ พบว่าความร้อนที่น้ำได้รับ คือ $m_w s_w (t - t_w)$ และ ความร้อนที่

สารสูญเสียไปคือ $m_x s_x (t_x - t)$ สมมติว่าระบบไม่มีการสูญเสียความร้อนเลย จากหลักการอนุรักษ์พลังงานจะได้

ปริมาณความร้อนลด = ปริมาณความร้อนเพิ่ม

$$m_x s_x (t_x - t) = m_w s_w (t - t_w)$$

$$\text{ดังนั้น} \quad s_x = \frac{m_w s_w (t - t_w)}{m_x (t_x - t)}$$

ตัวอย่าง โลหะมวล 50 กรัม ทำให้อุ่นจนมีอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ใส่ลงในน้ำมวล 400 กรัม ซึ่งมีอุณหภูมิเริ่มต้น 20 องศาเซลเซียส ปรากฏว่าเมื่อระบบอยู่ในสมดุลความร้อน วัตถุอุณหภูมิได้เท่ากับ 22.4 องศาเซลเซียส จงหาความร้อนจำเพาะของโลหะชิ้นนี้

วิธีทำ จากหลักการอนุรักษ์พลังงาน จะได้

ปริมาณความร้อนลด = ปริมาณความร้อนเพิ่ม

$$m_x s_x (t_x - t) = m_w s_w (t - t_w)$$

$$(50 \text{ g}) s_x (200 - 22.4^\circ \text{C}) = (400 \text{ g})(1 \text{ cal/g}^\circ \text{C})(22.4 - 20^\circ \text{C})$$

$$s_x = \frac{(400 \text{ g})(1 \text{ cal/g}^\circ \text{C})(22.4 - 20^\circ \text{C})}{(50 \text{ g})(200 - 22.4^\circ \text{C})}$$

$$s_x = 0.108 \text{ cal/g}^\circ \text{C}$$

ดังนั้น ความร้อนจำเพาะของโลหะชนิดนี้เท่ากับ $0.108 \text{ cal/g}^\circ \text{C}$

ความจุความร้อนจำเพาะ (s) มีหน่วยเป็น จูล / กิโลกรัมเคลวิน หรือ จูล / กิโลกรัม – องศาเซลเซียส หรือ แคลอรี / กรัม – องศาเซลเซียส หรือ กิโลแคลอรี / กิโลกรัม – องศาเซลเซียส ค่าความจุความร้อนจำเพาะของสารบางชนิดที่อุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้องแสดงให้เห็นในตาราง

ตารางแสดง ความจุความร้อนจำเพาะของสารบางชนิดที่อุณหภูมิห้อง

สาร	ความจุความร้อนจำเพาะ (s)	
	Cal / g. °C , kcal / kg. °C	J / kg. °C
เอริลแอลกอฮอล์	0.58	2,394
อะลูมิเนียม	0.22	876
ทองแดง	0.093	386
ทองเหลือง	0.092	380
แก้ว	0.20	669
ทอง	0.030	132
น้ำแข็ง	0.5	2,100
เหล็ก	0.11	448
ตะกั่ว	0.030	128
ปรอท	0.033	139
เงิน	0.056	234
เทอร์เพนไทน์	0.42	1,720
น้ำ	1.00	4,186
	0.40	1,700
	0.0925	384

ที่มา : วิชิต กฤษณภูมิ. (2536) ฟิสิกส์เบื้องต้นและพื้นฐาน : 175

จากตาราง ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ 1 กิโลแคลอรี / กิโลกรัม – องศาเซลเซียส หรือ 4,186 จูล / กิโลกรัม – องศาเซลเซียส แสดงว่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำมีค่าสูงมาก เมื่อเทียบกับสารชนิดอื่น ซึ่งทำให้เกิดผลดีต่อมวลมนุษย์และสัตว์ที่อาศัยใกล้ทะเลสาบและแหล่งน้ำใหญ่ๆ กล่าวคือ ภูมิอากาศแถบบริเวณดังกล่าวนี้จะไม่ร้อนจัดเกินไปในฤดูร้อนและไม่หนาวจัดเกินไปใน ฤดูหนาว เมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณที่อยู่บนเส้นรุ้งและเส้นแวงเดียวกันแต่ไม่ได้อยู่ใกล้แหล่งน้ำใหญ่ ปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้สามารถอธิบายได้ดังนี้ เนื่องจากความจุความร้อนจำเพาะของน้ำมีค่าสูงกว่าพื้นดินและอากาศ ผลก็คือในฤดูร้อนทุกองศาที่อุณหภูมิสูงขึ้นนั้นน้ำในทะเลสาบหรือแหล่งน้ำใหญ่ ๆ จะรับความร้อนไว้ได้มากกว่าพื้นดินและอากาศสำหรับปริมาณมวลที่เท่ากัน จึงทำให้บริเวณนั้นอุณหภูมิเพิ่มไม่มากนัก ในฤดูหนาวเมื่ออากาศเย็นลงทะเลสาบและแหล่งน้ำใหญ่ๆ ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นแหล่งสะสมความร้อนเอาไว้ก็จะคายความร้อนออกทำให้บริเวณนั้นอุณหภูมิไม่ลดลงมากนัก ด้วยเหตุนี้เกาะและแหลมต่างๆ ซึ่งมีน้ำล้อมรอบหรือเกือบรอบ จึงมีอุณหภูมิของอากาศไม่ร้อนจัดหรือหนาวจัดจนเกินไปเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของอากาศตามบริเวณที่อยู่ตอนในๆเข้าไปในแผ่นดิน

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1

เรื่อง ความจุความร้อนจำเพาะ

หลักการ

ความจุความร้อนของวัตถุมวล 1 หน่วย ซึ่งเป็นสมบัติของวัตถุมวล 1 หน่วยที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงระดับอุณหภูมิเมื่อได้รับความร้อนหรือถ่ายเทความร้อน ซึ่งสามารถหาได้จากปริมาณความร้อนที่ทำให้วัตถุมวล 1 หน่วย มีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 องศา ใช้สัญลักษณ์ s แทน ความจุความร้อนจำเพาะของวัตถุ หรืออาจกล่าวได้ว่า

วัตถุมวล 1 หน่วย มีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 องศา ต้องใช้ความร้อน s หน่วย

วัตถุมวล m หน่วย มีอุณหภูมิเปลี่ยนไป Δt องศา ต้องใช้ความร้อน $ms\Delta t$ หน่วย

ถ้าปริมาณความร้อนที่ใช้ทั้งหมดแทนด้วย Q จะได้สมการ

$$Q = ms\Delta t$$

หรือ
$$s = \frac{Q}{m\Delta t}$$

สำหรับวัตถุต่างชนิดกันเมื่อได้รับความร้อนปริมาณเท่ากัน วัตถุจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับว่าวัตถุนั้นใดมีค่าความจุความร้อนจำเพาะมากหรือน้อย ถ้าทำให้วัตถุต่างชนิดกันมีมวลเท่ากัน มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่า ๆ กัน วัตถุที่มีความจุความร้อนจำเพาะมากจะรับปริมาณความร้อนไว้ได้มากกว่าวัตถุที่มีความจุความร้อนจำเพาะน้อยกว่า และจะถ่ายเทความร้อนออกมาเป็นปริมาณไม่เท่ากัน เมื่อวัตถุเย็นลงจนมีอุณหภูมิเท่ากัน

วิธีการหาค่าความจุความร้อนจำเพาะ

วิธีการหาค่าความจุความร้อนจำเพาะของโลหะกระทำได้ เมื่อทราบค่าความจุความร้อนของแคลอรีมิเตอร์ โดยนำโลหะที่ต้องการวัดค่าความจุความร้อนจำเพาะมวล m มีค่าความจุความร้อนจำเพาะ s ใส่ลงในน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ t_2 จะทำให้วัตถุมีอุณหภูมิ t_2 ด้วย หลังจากนั้นให้นำโลหะไปใส่ในแคลอรีมิเตอร์ที่บรรจุน้ำเย็นอุณหภูมิ t_1 ทั้งไว้จนกระทั่งอุณหภูมิปรับตัวจนสมดุลจึงวัดค่าอุณหภูมิผสม t จากหลักการอนุรักษ์พลังงานจะได้ว่าความร้อนของโลหะที่มีอุณหภูมิสูงต้องถ่ายเทไปเท่ากับความร้อนที่น้ำเย็น และแคลอรีมิเตอร์ได้รับเพิ่มขึ้น

ดังนั้น ถ้า s_c แทนความจุความร้อนจำเพาะของแคลอรีมิเตอร์ ($s_c = 0.28 \text{ cal/g. } ^\circ\text{C}$)

m_c แทนมวลของแคลอรีมิเตอร์

m แทนมวลของโลหะ (ทองแดง)

s แทนความจุความร้อนจำเพาะของโลหะ (ทองแดง)

m_w แทนมวลของน้ำ

s_w แทนความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ ($s_w = 1 \text{ cal/g. } ^\circ\text{C}$)

t_1 แทนอุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำเย็น

t_2 แทนอุณหภูมิสุดท้ายของน้ำร้อนหลังแช่โลหะ 10 นาที

t แทนอุณหภูมิผสม

จากสมการ $Q = ms\Delta t$ พบว่าปริมาณความร้อนของโลหะที่ลดลงเท่ากับ $ms(t_2 - t)$ และปริมาณความร้อนของแคลอรีมิเตอร์ และน้ำเย็นที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ $m_c s_c (t - t_1) + m_w s_w (t - t_1)$

จากกฎการอนุรักษ์พลังงานตามสมการ ดังนี้

ปริมาณความร้อนของโลหะที่ลดลง = ปริมาณความร้อนของแคลอรีมิเตอร์และน้ำเย็นที่เพิ่มขึ้น

$$ms(t_2 - t) = m_c s_c (t - t_1) + m_w s_w (t - t_1)$$

$$s = \{m_c s_c (t - t_1) + m_w s_w (t - t_1)\} / m(t_2 - t)$$

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อเรียนจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับวิธีการหาค่าความจุความร้อนจำเพาะของโลหะได้
2. ทดลองและเปรียบเทียบความจุความร้อนจำเพาะของโลหะต่างชนิดได้
3. นำหลักการของความจุความร้อนจำเพาะไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

เวลาที่ใช้ 100 นาที

ตอนที่ 1 ความจุความร้อนจำเพาะของโลหะ (ทองแดง)

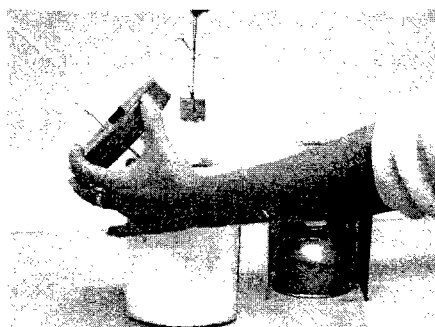
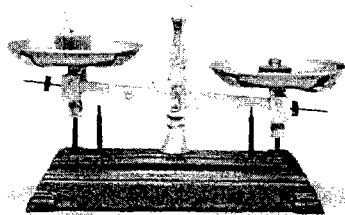
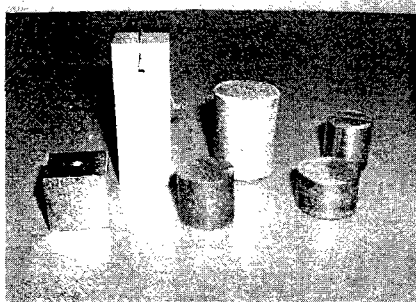
อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน / กลุ่ม)

1. ทองแดง	1	แท่ง
2. แคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คน	1	ชุด
3. ปีกเกอร์ขนาด 250 ml	1	ใบ
4. เทอร์มอมิเตอร์	2	อัน
5. เครื่องชั่ง	1	เครื่อง
6. ตะเกียงแอลกอฮอล์, ตะแกรงลวดและที่กั้นลม	1	ชุด
7. ขาดั่งพร้อมไม้หนีบ	1	ชุด
8. นาฬิกาจับเวลา	1	เรือน
9. เม็ดกรวด	1	ขวด

10. ไมค์ดไฟ	1	กล่อง
11. ผ้าเช็ดมือ	1	ผืน
12. เชือกด้าย	1	ม้วน

วิธีการทดลอง

1. ชั่งกระป๋องชั้นในของแคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คนซึ่งเป็นแคลอรีมิเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมีค่าความจุความร้อนจำเพาะ ($s_c = 0.28 \text{ cal/g. } ^\circ\text{C}$) บันทึกผล (m_c)
 2. เติมน้ำ 200 cm^3 ซึ่งมีค่าความจุความร้อนจำเพาะ $s_w = 1 \text{ cal/g. } ^\circ\text{C}$ ลงในกระป๋องแคลอรีมิเตอร์
 3. ชั่งกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คนและน้ำ บันทึกผล (m_w)
 4. วัดอุณหภูมิของน้ำในกระป๋องแคลอรีมิเตอร์ บันทึกผล (t_1)
 5. ชั่งทองแดงมวล (m) ที่ต้องการหาค่าความจุความร้อนจำเพาะ (s)
 6. ใส่ น้ำ 150 cm^3 ลงในบีกเกอร์ขนาด 250 ml
 7. ใส่เม็ดยกน้ำหนักในบีกเกอร์เกลี่ยให้ทั่ว แล้วนำบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำไปตั้งไฟให้น้ำเดือด
 8. นำแท่งทองแดงที่จะหาค่าความจุความร้อนจำเพาะผูกเชือก แล้วหย่อนลงในน้ำเดือดทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที วัดอุณหภูมิของน้ำเดือด (t_2)
 9. นำแท่งทองแดงออกจากน้ำร้อนมาใส่ลงในกระป๋องแคลอรีมิเตอร์ที่บรรจุน้ำ แล้วปิดฝาของแคลอรีมิเตอร์ทันที
 10. ใช้ที่คนคนน้ำสังเกตอุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิของน้ำคงที่ให้บันทึกผลอุณหภูมิผสม (t)
 11. นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณค่าความจุความร้อนจำเพาะของทองแดงจากหลักการอนุรักษ์พลังงานตามสมการดังนี้
ปริมาณความร้อนของทองแดงที่ลดลง = ปริมาณความร้อนของแคลอรีมิเตอร์และน้ำเย็นที่เพิ่มขึ้น
- $$ms(t_2 - t) = m_c s_c (t - t_1) + m_w s_w (t - t_1)$$
- $$s = \frac{m_c s_c (t - t_1) + m_w s_w (t - t_1)}{m(t_2 - t)}$$
12. เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องควรทำการทดลอง 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย



ภาพแสดงขั้นตอนการทดลองหาความจุความร้อนจำเพาะของโลหะ

รายงานผลการทดลอง
บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง ความจุความร้อนจำเพาะ

ตอนที่ 1 ความจุความร้อนจำเพาะของโลหะ (ทองแดง)

วัน / เดือน / ปี	กลุ่มที่.....	ชั้น
ชื่อผู้ทดลอง 1.....	เลขที่	หน้าที่
2	เลขที่	หน้าที่
3	เลขที่	หน้าที่
4	เลขที่	หน้าที่
5	เลขที่	หน้าที่

ประเด็นปัญหา

.....

.....

จุดประสงค์การทดลอง

1.
2.
3.

สมมติฐานการทดลอง ตอนที่ 1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง ตอนที่ 1

รายการที่ต้องบันทึก	ผลการทดลอง		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1. มวลกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คน (g)			
2. มวลกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คนและน้ำ (g)			
3. มวลน้ำ (g)			
4. อุณหภูมิของน้ำ ($^{\circ}\text{C}$)			
5. มวลของทองแดง (g)			
6. อุณหภูมิน้ำเดือดหลังแช่ทองแดงนาน 10 นาที ($^{\circ}\text{C}$)			
7. อุณหภูมิผสม ($^{\circ}\text{C}$)			
ค่าความจุความร้อนจำเพาะของทองแดง ($\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$)			
ค่าความจุความร้อนจำเพาะของทองแดงเฉลี่ย ($\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$)			

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

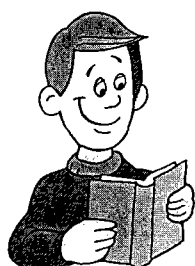
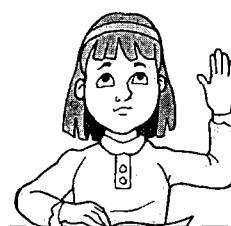
.....

ตอนที่ 2 ความจุความร้อนจำเพาะของโลหะต่างชนิด



การทดลองตอนที่ 1 เป็นการหาค่าความจุความร้อนจำเพาะของทองแดง ซึ่งครูนำมาเป็นตัวอย่าง แต่ถ้าเป็นโลหะชนิดอื่น ๆ ละ นักเรียนคิดว่าค่าความจุความร้อนจำเพาะของโลหะจะมีค่าเท่ากันหรือไม่

อ้อ ... โลหะชนิดอื่น ๆ เช่น ทองเหลือง เหล็ก และอะลูมิเนียม ใช่มั้ยคะ



ผมอยากหาค่าความจุความร้อนจำเพาะของเหล็กครับ พวกเราต้องออกแบบการทดลองเองโดยศึกษาจากการทดลองตอนที่ 1 ใช่มั้ยครับ



ใช่แล้วค่ะ....โดยให้นักเรียนแบ่งกันหาค่าความจุความร้อนจำเพาะของโลหะกลุ่มละ 1 ชนิด แล้วก็นำผลการทดลองของแต่ละกลุ่มมาอภิปรายร่วมกัน

ตอนที่ 2 ความจุความร้อนจำเพาะของโลหะต่างชนิด

วัน / เดือน / ปี กลุ่มที่ ชั้น

ชื่อผู้ทดลอง 1 เลขที่ หน้าที่

2 เลขที่ หน้าที่

3 เลขที่ หน้าที่

4 เลขที่ หน้าที่

5 เลขที่ หน้าที่

ประเด็นปัญหา

.....

.....

จุดประสงค์การทดลอง

1.
2.
3.

สมมติฐานการทดลอง ตอนที่ 2 (ให้นักเรียนทุกกลุ่มตั้งสมมติฐานร่วมกัน แล้วแบ่งกันศึกษา)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง ตอนที่ 2

รายการที่ต้องบันทึก	ผลการทดลอง								
	เหล็ก			ทองเหลือง			อะลูมิเนียม		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1. มวลกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์ พร้อมที่คน (g)									
2. มวลกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คน และน้ำ (g)									
3. มวลน้ำ (g)									
4. อุณหภูมิของน้ำ ($^{\circ}\text{C}$)									
5. มวลของโลหะ (g)									
6. อุณหภูมิน้ำเดือดหลังแช่โลหะนาน 10 นาที ($^{\circ}\text{C}$)									
7. อุณหภูมิผสม ($^{\circ}\text{C}$)									
ค่าความจุความร้อนจำเพาะของโลหะ (cal/g. $^{\circ}\text{C}$)									
ค่าความจุความร้อนจำเพาะของโลหะเฉลี่ย (cal/g. $^{\circ}\text{C}$)									

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ถ้าต้องการหาค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัตถุ A จะมีวิธีการทดลองอย่างไร จงอธิบาย

2. เมื่อนำวัตถุที่แช่ในน้ำร้อนนาน 10 นาทีมาใส่ลงในแคลอรีมิเตอร์ซึ่งบรรจุน้ำที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิของน้ำและวัตถุเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร จงอธิบาย

3. ถ้าวัตถุ A และ B เป็นของแข็งมีอุณหภูมิเท่ากับ 90°C และ 98°C ตามลำดับ เมื่อนำวัตถุแต่ละชนิดใส่ลงในน้ำที่อยู่ในแคลอรีมิเตอร์อื่นที่ 1 และอื่นที่ 2 ตามลำดับแล้ววัดอุณหภูมิผสมผลที่ได้จะแตกต่างกันอย่างไร จงอธิบาย

4. บริเวณชายหาด ทั้งพื้นดินและพื้นน้ำได้รับปริมาณความร้อนจากแสงอาทิตย์เท่ากัน เพราะเหตุใด จึงพบว่าพื้นทรายร้อนกว่าพื้นน้ำทะเลเสมอ จงอธิบาย

2. ถ้านำลูกเหล็กและเงินที่มีมวลเท่ากัน อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากันไปแช่ในน้ำร้อนทิ้งไว้สักครู่จนทำให้วัตถุทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากัน แล้วนำลูกเหล็กใส่ในบีกเกอร์ A และนำเงินใส่ในบีกเกอร์ B ตามลำดับซึ่ง ในบีกเกอร์มีน้ำอุณหภูมิ 25°C อยู่เท่ากันอุณหภูมิของน้ำจะเพิ่มขึ้นและ เมื่อน้ำในบีกเกอร์มีอุณหภูมิคงที่ใช้เทอร์มอมิเตอร์วัดอุณหภูมิของน้ำในบีกเกอร์ A ได้ 28°C น้ำในบีกเกอร์ B ได้ 30°C อุณหภูมิของน้ำที่วัดได้แตกต่างกัน เพราะอะไร

เรื่องที่ 2 ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะ ใบความรู้ประกอบการเรียนบทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว

สาระสำคัญ

สถานะ (State) หมายถึง สภาวะหรือภาวะของสารในขณะหนึ่ง สารสามารถอยู่ได้ 3 สถานะด้วยกัน ดังนี้

1) สถานะของแข็ง (Solid state) ของแข็งมีรูปร่างและปริมาตรคงที่แน่นอนเปลี่ยนแปลงได้ยาก อนุภาคของของแข็งจะอยู่กันอย่างเบียดชิดและยึดกันอยู่อย่างเหนียวแน่น เช่น หิน แก้ว

2) สถานะของเหลว (Liquid state) รูปร่างของของเหลวขึ้นอยู่กับภาชนะที่บรรจุ ส่วนปริมาตรจะคงที่ไม่ว่าจะเปลี่ยนรูปร่างของภาชนะที่บรรจุไปอย่างไร อนุภาคของของเหลวจะเคลื่อนไหวไปมาและอยู่ชิดกันแต่น้อยกว่าของแข็ง เช่น น้ำ ปรอท

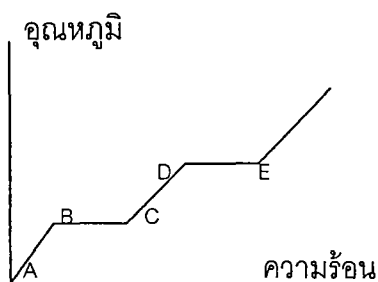
3) สถานะก๊าซ (Gas state) รูปร่างและปริมาตรเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับภาชนะที่บรรจุ อนุภาคของก๊าซจะอยู่กันอย่างอิสระและอยู่ห่างจากกัน เช่น อากาศ

สารอาจจะเปลี่ยนจากสถานะหนึ่งไปเป็นอีกสถานะหนึ่งได้ เมื่อมีการรับพลังงานความร้อนหรือคายพลังงานความร้อนออกมาจำนวนหนึ่ง ดังนั้นการเปลี่ยนสถานะของวัตถุหรือสารจึงแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

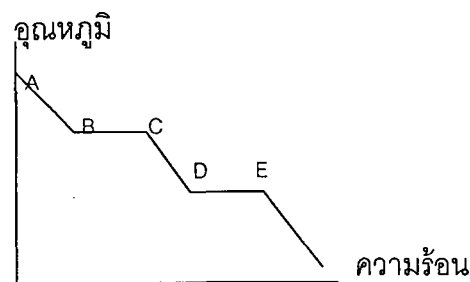
(1) เมื่อมีการรับความร้อน เกิดการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นของเหลว หรือของเหลวกลายเป็นไอ

(2) เมื่อมีการคายความร้อน เกิดการเปลี่ยนสถานะจากไอกลายเป็นของเหลวหรือของเหลวกลายเป็นของแข็ง

การเปลี่ยนสถานะทั้ง 2 ลักษณะสามารถอธิบายได้จากกราฟการเปลี่ยนสถานะเมื่อปริมาณความร้อนเปลี่ยน ดังต่อไปนี้



ภาพ ก เมื่อมีการรับความร้อน



ภาพ ข เมื่อมีการคายความร้อน

ภาพประกอบ แสดงกราฟการเปลี่ยนอุณหภูมิเมื่อปริมาณความร้อนเปลี่ยน

จากภาพประกอบ ก ของแข็งเมื่อมีการรับความร้อนอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้น โมเลกุลของของแข็งมีพลังงานจลน์เพิ่มขึ้นในช่วง AB ทำให้โมเลกุลสั่นมากจนในที่สุดเมื่อได้รับความร้อนเพียงพอถึงจุด B โมเลกุลจะหลุดออกจากโครงผลึก นั่นคือของแข็งเกิดการหลอมเหลว อุณหภูมิ ณ จุด B เรียกว่า **จุดหลอมเหลว** ระหว่างที่ของแข็งหลอมเหลวในช่วง BC อุณหภูมิคงที่ เพราะความร้อนส่วนที่เพิ่มเข้าไปอีก ถูกใช้ในการทำลายแรงยึดระหว่างโมเลกุล จนของแข็งหลอมเหลวหมดที่จุด C ปริมาณความร้อนในช่วง BC จึงเป็นความร้อนแฝงของการหลอมเหลวและถ้าให้ความร้อนต่อไปจนถึงจุด D ของเหลวเริ่มเดือดเรียกอุณหภูมิที่จุด D ว่า **จุดเดือด** ในระหว่างของเหลวเดือดในช่วง DE อุณหภูมิ คงที่จนของเหลวกลายเป็นไอน้ำที่จุด E ปริมาณความร้อนในช่วง DE คือ **ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ** และถ้าเพิ่มความร้อนต่อไปอุณหภูมิของไอน้ำจะเพิ่มขึ้นกราฟที่ได้ เรียกว่า กราฟการเพิ่มความร้อน (Heating curve) ในทางตรงกันข้ามดังภาพประกอบ ข ถ้าขเมื่อมีการคายความร้อนอุณหภูมิจะลดลงในช่วง AB พลังงานจลน์ของโมเลกุลจะลดลงจนถึงจุด B เท่ากับจุดเดือด ระหว่างก๊าซควบแน่นในช่วง BC อุณหภูมิคงที่จนถึงจุด C ซึ่งก๊าซควบแน่นเป็นของเหลวหมด ความร้อนในช่วง BC ที่ถูกดึงออกไป จึงเท่ากับความร้อนของการกลายเป็นไอแต่จะตรงข้ามกับในกรณีภาพ ก และเมื่อมีการถ่ายเทความร้อนต่อไปจนถึงจุด D ของเหลวจะเริ่มตกผลึก เรียกว่า **จุดเยือกแข็ง** ซึ่งเป็นอุณหภูมิต่ำกว่ากับจุดหลอมเหลว ปริมาณความร้อนในช่วง DE คือ **ความร้อนแฝงของการเยือกแข็ง**แต่จะตรงข้ามกับในกรณีภาพ ก ถ้าให้ของแข็งคายความร้อนต่อไปอีกอุณหภูมิจะลดลงต่อไป กราฟที่ได้เรียกว่า กราฟการเย็นตัว (Cooling)

สำหรับปริมาณความร้อนที่วัตถุรับเข้าไปหรือถ่ายเทออกมา เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะโดยไม่ทำให้อุณหภูมิของวัตถุเปลี่ยนแปลง เรียกว่า **ความร้อนแฝง (Latent heat)**

ความร้อนแฝง (Latent heat) หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของวัตถุที่มีมวลหนึ่งหน่วยจากสถานะหนึ่งเป็นอีกสถานะหนึ่งโดยอุณหภูมิของวัตถุคงที่ ใช้สัญลักษณ์ L เช่น ความร้อนแฝงของน้ำแข็งมีค่า 80 แคลอรีต่อกรัม หมายความว่า ถ้าน้ำแข็งมวล 1 กรัม ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส หลอมเหลวกลายเป็นน้ำทั้งหมด ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง) ต้องใช้ความร้อนในการหลอมเหลวปริมาณ 80 แคลอรี ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวโดยที่อุณหภูมิคงที่ เรียกว่า **ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว** และปริมาณความร้อนที่ของเหลวถ่ายเทออกมาเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็งโดยที่อุณหภูมิคงที่ เรียกว่า **ความร้อนแฝงของการเยือกแข็ง**

ค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของวัสดุชนิดต่างๆ พบว่า วัสดุต่างชนิดกันเมื่อทำให้เกิดการหลอมเหลวจะใช้ปริมาณความร้อนต่างกัน วัสดุใดที่ต้องใช้ปริมาณความร้อนมากในการเปลี่ยนสถานะ วัสดุนั้นจะมีค่าความร้อนแฝงสูง ดังแสดงในตาราง

ตารางแสดงค่าความร้อนแฝงของสารต่างชนิด

สาร	จุดหลอมเหลว ($^{\circ}\text{C}$)	ความร้อนแฝงของ การหลอมเหลว cal/g , kcal/kg	จุดเดือด ($^{\circ}\text{C}$)	ความร้อนแฝงของการ กลายเป็นไอ cal/g , kcal/kg
ออกซิเจน	-218.8	3.3	-183	51
เอธิลแอลกอฮอล์	-114	25	78	204
แอมโมเนีย	-75	108	-33	327
ปรอท	-39	2.8	357	70
น้ำ	0	80	100	540
ตะกั่ว	327	5.9	1,750	208
อะลูมิเนียม	660	90	2,450	2,720
เงิน	960	21	2,193	558
ทองแดง	1,083	32	2,300	1,211
ยูเรเนียม	1,133	20	3,900	454
ทังสเตน	3,410	44	5,900	1,150

ที่มา : วิชิต กฤษณภูมิ. (2536) ฟิสิกส์เบื้องต้นและพื้นฐาน : 178

การคำนวณค่าความร้อนแฝง สามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ดังที่กล่าวมาแล้ว
ซึ่งเมื่อกำหนดแทนด้วยสัญลักษณ์ต่าง ๆ ดังนี้

สสารมวล 1 หน่วย เมื่อเปลี่ยนสถานะทั้งก่อนต้องใช้ความร้อน L หน่วย

สสารมวล m หน่วย เมื่อเปลี่ยนสถานะทั้งก่อนต้องใช้ความร้อน mL หน่วย

สามารถเขียนแทนด้วยสมการได้ดังนี้

$$Q = mL$$

$$\text{หรือ } L = \frac{Q}{m}$$

เมื่อ Q เป็นปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของสาร

m เป็นมวลของสาร

L เป็นความร้อนแฝง

หน่วยของความร้อนแฝง คือ แคลอรีต่อกรัม (cal/g) หรือ กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (kcal/kg)

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2

เรื่อง ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว

หลักการ

สสารอาจจะเปลี่ยนจากสถานะหนึ่งไปเป็นอีกสถานะหนึ่งได้ เมื่อมีการรับพลังงานความร้อนหรือคายพลังงานความร้อนออกมาจำนวนหนึ่ง ดังนั้นการเปลี่ยนสถานะของวัตถุหรือสสารจึงแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

(1) เมื่อมีการรับพลังงานความร้อน เกิดการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นของเหลวและจากของเหลวกลายเป็นไอ

(2) เมื่อมีการคายพลังงานความร้อน เกิดการเปลี่ยนสถานะจากไอควบแน่นกลายเป็นของเหลวและจากของเหลวกลายเป็นของแข็ง

สำหรับปริมาณความร้อนที่วัตถุรับเข้าไปหรือถ่ายเทออกมา เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนสถานะโดยไม่ทำให้อุณหภูมิของวัตถุเปลี่ยนแปลง เรียกว่า ความร้อนแฝง (Latent heat)

ความร้อนแฝง (Latent heat) หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของวัตถุที่มีมวลหนึ่งหน่วยจากสถานะหนึ่งเป็นอีกสถานะหนึ่งโดยอุณหภูมิของวัตถุคงที่ ใช้สัญลักษณ์ L เช่น ความร้อนแฝงของน้ำแข็งมีค่า 80 แคลอรีต่อกรัม หมายความว่า ถ้าน้ำแข็งมวล 1 กรัม ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส หลอมเหลวกลายเป็นน้ำทั้งหมด ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง) ต้องใช้ความร้อนในการหลอมเหลวปริมาณ 80 แคลอรี ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวโดยที่อุณหภูมิคงที่ เรียกว่า ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว และปริมาณความร้อนที่ของเหลวถ่ายเทออกมาเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็งโดยที่อุณหภูมิคงที่ เรียกว่า ความร้อนแฝงของการเยือกแข็ง

ค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของวัตถุนิตต่างๆ พบว่า วัตถุต่างชนิดกันเมื่อทำให้เกิดการหลอมเหลวจะใช้ปริมาณความร้อนต่างกัน วัตถุใดที่ต้องใช้ปริมาณความร้อนมากในการเปลี่ยนสถานะ วัตถุนั้นจะมีค่าความร้อนแฝงสูง

การคำนวณหาความร้อนแฝงสำหรับการเปลี่ยนสถานะแทนด้วยสัญลักษณ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

ถ้า Q เป็นปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของสาร
 m เป็นมวลของสาร
 L เป็นความร้อนแฝงสำหรับการเปลี่ยนสถานะ

จากนิยามของความร้อนแฝงจะได้ว่า

สสารมวล 1 หน่วย เมื่อเปลี่ยนสถานะทั้งก่อนต้องใช้ความร้อน L หน่วย
 สสารมวล m หน่วย เมื่อเปลี่ยนสถานะทั้งก่อนต้องใช้ความร้อน mL หน่วย
 สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Q = mL$$

หรือ

$$L = \frac{Q}{m}$$

หน่วยของความร้อนแฝง คือ แคลอรีต่อกรัม (cal/g) หรือ กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (kcal/kg)

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อเรียนจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับวิธีการหาค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งได้
2. ทดลองและเปรียบเทียบความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งมวลต่าง ๆ กันได้

เวลาที่ใช้ 100 นาที

ตอนที่ 1 ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน / กลุ่ม)

1. น้ำแข็งก้อน	1	ยูนิต
2. แคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คน	1	ชุด
3. เทอร์มอมิเตอร์	2	อัน
4. เครื่องชั่ง	1	เครื่อง
5. ตะเกียงแอลกอฮอล์, ตะแกรงลวดและที่กั้นลม	1	ชุด
6. ขาดังพร้อมไม้หนีบ	1	ชุด
7. ไม้ขีดไฟ	1	กล่อง
8. ผ้าเช็ดมือ	1	ผืน
9. กระดาษสำหรับซับน้ำแข็ง	1	ม้วน

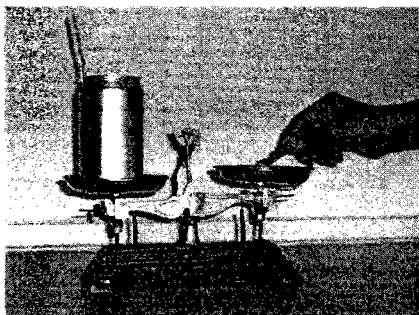
วิธีการทดลอง

- 1) นำกระป๋องชั้นในของแคลอรีมิเตอร์และที่คนซึ่งพัฒนาขึ้น มีค่าความจุความร้อนจำเพาะ ($s_c = 0.28 \text{ cal/g. } ^\circ\text{C}$) เช็ดให้แห้งแล้วชั่งบันทึกค่ามวล (m_c)
- 2) เติมน้ำที่มีอุณหภูมิของสูงกว่าอุณหภูมิห้องประมาณ $4-5 ^\circ\text{C}$ มีค่าความจุความร้อนจำเพาะ ($s_w = 1 \text{ cal/g. } ^\circ\text{C}$) ปริมาตร 200 cm^3 ลงในกระป๋องแคลอรีมิเตอร์ เนื่องจากระบบมีการสูญเสียความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมมาก จึงต้องมีการชดเชยการสูญเสียความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อม
- 3) ชั่งกระป๋องชั้นในของแคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คนและน้ำ บันทึกผล (m_w) ใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิของน้ำ (t_1) ในกระป๋องแคลอรีมิเตอร์ บันทึกผล
- 4) นำก้อนน้ำแข็งแช่ด้วยกระดาษแล้วใส่ลงในแคลอรีมิเตอร์ คนด้วยที่คนจนน้ำแข็งละลายหมด (สังเกตจากอุณหภูมิของน้ำไม่ลดลงไปอีก) บันทึกค่าอุณหภูมิ (t_2)
- 5) นำกระป๋องแคลอรีมิเตอร์ชั้นในพร้อมที่คนไปชั่ง เพื่อหาค่ามวลของน้ำแข็งที่ละลาย (m)
- 6) นำค่าต่างๆที่บันทึกได้ไปคำนวณหาค่า L จากหลักการอนุรักษ์พลังงาน ได้แก่ ปริมาณความร้อนของแคลอรีมิเตอร์และน้ำเย็นที่ลดลง = ปริมาณความร้อนของน้ำแข็งที่เพิ่มขึ้น

$$m_c s_c (t_2 - t_1) + m_w s_w (t_2 - t_1) = mL + m s_i (t_2 - 0)$$

$$L = \frac{(m_w s_w + m_c s_c)(t_2 - t_1) - m s_i (t_2 - 0)}{m}$$

- 7) เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องควรทำการทดลอง 3 ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย



ภาพแสดงขั้นตอนการทดลองหาความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง

รายงานผลการทดลอง
บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว

ตอนที่ 1 ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง

วัน / เดือน / ปี กลุ่มที่ ชั้น

ชื่อผู้ทดลอง 1 เลขที่ หน้าที่

2 เลขที่ หน้าที่

3 เลขที่ หน้าที่

4 เลขที่ หน้าที่

5 เลขที่ หน้าที่

ประเด็นปัญหา

.....

.....

จุดประสงค์การทดลอง

1.
2.
3.

สมมติฐานการทดลอง ตอนที่ 1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง ตอนที่ 1

รายการที่ต้องบันทึก	ผลการทดลอง		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1. มวลกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คน (g)			
2. มวลกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คนและน้ำ (g)			
3. มวลน้ำ (g)			
4. อุณหภูมิของน้ำ ($^{\circ}\text{C}$)			
5. มวลแคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คนและน้ำแข็งที่ละลาย (g)			
6. มวลของน้ำแข็งที่ละลาย (g)			
7. อุณหภูมิผสม ($^{\circ}\text{C}$)			
ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง (cal/g)			
ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งเฉลี่ย (cal/g)			

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

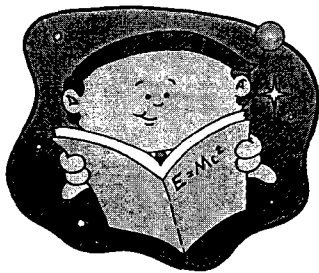
.....

.....

.....

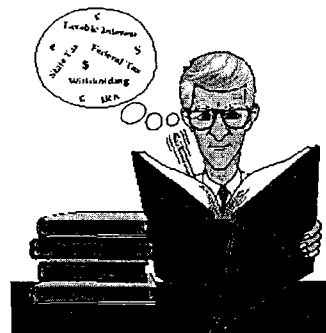
ตอนที่ 2 ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งที่มีมวลต่างกัน

การทดลองตอนที่ 1 เป็นวิธีการหาค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง แต่ถ้าน้ำแข็งมีมวลต่างกัน นักเรียนคิดว่าผลการทดลองจะเหมือนกับตอนที่ 1 หรือไม่



เอ ! น้ำแข็งที่มีขนาดต่างกันจะมีค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลวเป็นอย่างไรนะ

เพราะฉะนั้น... ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันวางแผนในการทดลอง แล้วนำผลการทดลองมาอภิปรายร่วมกัน



ได้ครับ ถ้าอย่างนั้นกลุ่มผมพร้อมทดลองหาความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งที่มีมวลต่างกันแล้วครับ

ตอนที่ 2 ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งที่มีมวลต่างกัน

วัน / เดือน / ปี กลุ่มที่ ชั้น

ชื่อผู้ทดลอง 1.....เลขที่ หน้าที่

2.....เลขที่ หน้าที่

3.....เลขที่ หน้าที่

4.....เลขที่ หน้าที่

5.....เลขที่ หน้าที่

ประเด็นปัญหา

.....

.....

จุดประสงค์การทดลอง

1.
2.
3.

สมมติฐานการทดลอง ตอนที่ 2

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง ตอนที่ 2

รายการที่ต้องบันทึก	ผลการทดลอง								
	น้ำแข็งมวล m_1			น้ำแข็งมวล m_2			น้ำแข็งมวล m_3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1. มวลกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์ พร้อมที่คน (g)									
2. มวลกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์ พร้อมที่คนและน้ำ (g)									
3. มวลน้ำ (g)									
4. อุณหภูมิของน้ำ ($^{\circ}\text{C}$)									
5. มวลแคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คนและ น้ำแข็งที่ละลาย (g)									
6. มวลของน้ำแข็งที่ละลาย (g)									
7. อุณหภูมิผสม ($^{\circ}\text{C}$)									
ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว ของน้ำแข็ง (cal/g)									
ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว ของน้ำแข็งเฉลี่ย (cal/g)									

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. จากวิธีการทดลองหาความร้อนแฝงของการหลอมเหลวตอนที่ 1 เพราะเหตุใดต้องเติมน้ำที่มีอุณหภูมิของสูงกว่าอุณหภูมิห้องประมาณ 4 - 5 องศาเซลเซียสในกระป๋องแคลอรี จงอธิบาย
.....
.....
.....
2. ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งที่ได้จากการทดลองมีค่าเท่าใด และถูกต้องตามทฤษฎีหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องนักเรียนคิดว่ามีสาเหตุมาจากอะไร จงอธิบาย
.....
.....
.....
.....
3. จากการทดลองสิ่งใดบ้างมีปริมาณความร้อนลดลงและสิ่งใดบ้างปริมาณความร้อนเพิ่มขึ้น จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ
.....
.....
.....
.....
4. ถ้าต้องการหาค่าความร้อนแฝงของการน้ำแข็งที่มีขนาดต่าง ๆ กันนักเรียนคิดว่าสามารถทดลองตามวิธีการตอนที่ 1 ได้หรือไม่ จงอธิบาย
.....
.....
.....
.....
5. ระหว่างน้ำแข็งที่มีขนาดต่าง ๆ กันใช้ความร้อนในการเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวโดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงต่างกันหรือไม่ จงอธิบาย
.....
.....
.....
.....

ใบความรู้ประกอบการเรียนบทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง อิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือด

สาระสำคัญ

การเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอเกิดได้ 2 กรณี คือ ถ้าของเหลวกลายเป็นไอเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ และเกิดขึ้นที่เฉพาะผิวหน้าที่อุณหภูมิใดๆ เรียกว่า การระเหย แต่ถ้าของเหลวกลายเป็นไออย่างรวดเร็วและเกิดขึ้นเกือบพร้อมกันทุกส่วน เนื่องจากเมื่อของเหลวได้รับความร้อน อุณหภูมิก็จะเริ่มสูงขึ้นเพราะฉะนั้นความดันไออิ่มตัว ก็จะเพิ่มขึ้นด้วยจนในที่สุดความดันไออิ่มตัวจะเท่ากับ ความดันบรรยากาศภายนอก เมื่อถึงขั้นนี้แล้วความร้อนที่เพิ่มเข้าไปอีกจะทำให้เกิดฟองของไภายในเนื้อของเหลวและลอยขึ้นมาสู่ผิวของเหลว ขบวนการนี้เรียกว่า การเดือด (Boiling) และอุณหภูมิของของเหลวเกิดการเดือดหรือมีความดันไอเท่ากับความดันบรรยากาศภายนอก เรียกว่า จุดเดือด (Boiling point) โดยในขณะที่ของเหลวเดือดกลายเป็นไอนี้ อุณหภูมิจะคงที่จนกว่าของเหลวจะกลายเป็นไอทั้งหมด ของเหลวแต่ละชนิดจะมีจุดเดือดไม่เท่ากัน ที่ความดันของอากาศเท่ากัน เช่น ที่ความกดดัน 1 บรรยากาศ (760 mm of Hg) น้ำเดือดที่ 100°C ในขณะที่เบนซินเดือดที่ 80°C เนื่องจากความดันบรรยากาศไม่คงที่เท่าเดิมตลอดเวลา จุดเดือดของน้ำและ สารอื่นๆ จึงเปลี่ยนไปตามความดัน ดังจะเห็นได้จากตาราง

ตารางแสดงจุดเดือดของน้ำ ณ ความดันต่างๆ

จุดเดือด ($^{\circ}\text{C}$)	ความดันไอ (mm Hg)	จุดเดือด ($^{\circ}\text{C}$)	ความดันไอ (mm Hg)
0	4.58	100	760
5	6.51	120	1,490
10	8.94	140	2,710
15	12.67	160	4,630
20	17.5	180	7,510
40	55.1	200	11,650
60	149	220	17,390
80	355		

ที่มา : ก่องกัญจน์ ภัทรกาญจน์ ธนกาญจน์ ภัทรกาญจน์และสิริวัฒน์ ภัทรกาญจน์. (2525)

ฟิลิกส์ระดับต้น : 231

จากตารางแสดงให้เห็นว่า ถ้าความกดดันของอากาศลดลงจะทำให้จุดเดือดของน้ำลดลง แต่ถ้าความดันของอากาศเพิ่มขึ้นจุดเดือดของน้ำจะเพิ่มขึ้น โดยจุดเดือดของน้ำจะเปลี่ยนไป 1 องศาเซลเซียส ถ้าความดันของอากาศเปลี่ยนไป 27 มิลลิเมตรของปรอท ดังนั้นถ้าต้มน้ำในหม้อที่ปิดมิดชิดไม่ให้ไอน้ำออกหรือออกได้เพียงบางส่วน ความดันภายในหม้อจะทำให้ น้ำเดือดได้ยากหรือมีจุดเดือดสูงขึ้น จึงได้นำหลักการในข้อนี้ไปทำเป็นหม้อตุ๋นอาหารหรือหม้อต้มความดัน เมื่ออุณหภูมิของน้ำเดือดขึ้นอยู่กับความดันที่มีอยู่บนผิวน้ำ ดังนั้นถ้าเพิ่มความดันน้ำจะเดือดที่อุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งอาหารจะได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงมากจนสุกและเปื่อยเร็วขึ้น เช่นเดียวกับที่ยอดเขาเอเวอเรสต์ซึ่งเป็นยอดเขาที่สูงที่สุดในโลก (8,890 เมตร) มีความดันเพียง 1 ใน 3 ของความดันบรรยากาศมาตรฐาน (760 mm of Hg) ที่ยอดเขานี้ น้ำเดือดจะมีอุณหภูมิ 27°C จึงเห็นได้ว่า อาหารที่หุงต้มบนยอดเขาด้วยหม้อธรรมดาจะสุกช้ากว่าปกติหรืออาจไม่สุกเลยก็ได้หม้อต้มด้วยความดันจึงช่วยนัก ไต่เขาในเรื่องการหุงต้มอาหารได้เป็นอย่างดี

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3 เรื่อง อิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือด

หลักการ

จุดเดือด (Boiling point) หมายถึง อุณหภูมิของของเหลวเกิดการเดือดหรือมีความดันไอเท่ากับความดันบรรยากาศภายนอก โดยในขณะที่ของเหลวเดือดกลายเป็นไอนี้ อุณหภูมิจะคงที่จนกว่าของเหลวจะกลายเป็นไอทั้งหมด ของเหลวแต่ละชนิดจะมีจุดเดือดไม่เท่ากัน ที่ความดันของอากาศเท่ากัน เช่น ที่ความกดดัน 1 บรรยากาศ (760 mm of Hg) น้ำเดือดที่ 100°C ในขณะที่เบนซิน เดือดที่ 80°C และเนื่องจากความดันบรรยากาศไม่คงที่เท่าเดิมตลอดเวลา จุดเดือดของน้ำและสารอื่นๆ จึงเปลี่ยนไปตามความดัน ถ้าความดันของอากาศลดลงจะทำให้จุดเดือดของน้ำลดลงไปจากเดิม แต่ถ้าความดันของอากาศเพิ่มขึ้น จุดเดือดของน้ำจะเพิ่มขึ้นด้วย โดยจุดเดือดของน้ำจะเปลี่ยนไป 1 องศาเซลเซียส ถ้าความดันของอากาศเปลี่ยนไป 27 มิลลิเมตรของปรอท ดังนั้นถ้าต้มน้ำในหม้อที่ปิดมิดชิดไม่ให้ไอน้ำออกหรือออกได้เพียงบางส่วน ความดันภายในหม้อจะทำให้ น้ำเดือดได้ยากหรือมีจุดเดือดสูงขึ้น จึงได้นำหลักการในข้อนี้ไปทำเป็นหม้อตุ๋นอาหารหรือหม้อต้มความดัน

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อเรียนจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทดสอบและอธิบายอิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือดได้
2. ออกแบบการทดลองได้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนไปได้
3. ทดสอบและอธิบายปัจจัยอื่นนอกจากความดันที่มีผลต่อจุดเดือดได้

เวลาที่ใช้ 100 นาที

ตอนที่ 1 อิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือด

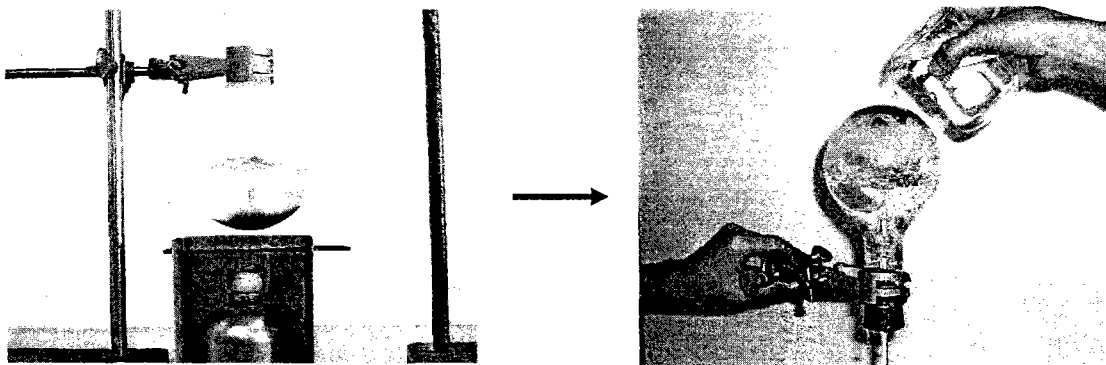
อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน / กลุ่ม)

1. ขวดแก้วกันกลมขนาด 500 ml	1	ใบ
2. เทอร์โมมิเตอร์	2	อัน
3. ปีกเกอร์ขนาด 250 ml	1	ใบ
4. จุกยาง 1 รูขนาดเบอร์ 14	1	อัน
5. ตะเกียงแอลกอฮอล์, ที่กั้นลม	1	ชุด
6. ขาดั่ง 3 ขา	1	อัน
7. ขาดั่งพร้อมไม้หนีบ	1	ชุด

8. ไม้ขีดไฟ	1	กล่อง
9. ผ้าเช็ดมือ	1	ผืน
10. กะละมังพลาสติก	1	ใบ

วิธีการทดลอง

1. ใส่น้ำประมาณ 1/2 ของขวดก้นกลม แล้วนำไปต้มน้ำในขวดแก้วก้นกลมเดือด อ่านอุณหภูมิที่เทอร์โมมิเตอร์ บันทึกผล
2. นำขวดแก้วก้นกลมออกจากแหล่งให้ความร้อน
3. ใช้จุกยางที่มีเทอร์โมมิเตอร์เสียบอยู่ปิดปากขวดให้แน่นคว่ำขวดลงบนขาตั้ง 3 ขา หรือใช้คีมหนีบแล้วถือ ซึ่งมีกะละมังพลาสติกรองรับน้ำอยู่
4. นำน้ำอุณหภูมิห้องใส่ลงในปิกรเกอร์จำนวน 150 cm^3 แล้วราดบนก้นขวดครึ่งละ 50 cm^3 ดังรูป
5. สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไอน้ำที่เกาะอยู่ที่ผิวด้านในขวดแก้ว และน้ำในขวดแล้ว อ่านอุณหภูมิหลังราดน้ำแต่ละครั้ง บันทึกผล
6. ทำการทดลองซ้ำจนครบ 3 ครั้ง



แผนภาพแสดงวิธีการทดลองอิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือด

รายงานผลการทดลอง
บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่อง อิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือด

ตอนที่ 1 อิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือด

วัน / เดือน / ปี กลุ่มที่ ชั้น

ชื่อผู้ทดลอง 1.....เลขที่ หน้าที่

2.....เลขที่ หน้าที่

3.....เลขที่ หน้าที่

4.....เลขที่ หน้าที่

5.....เลขที่ หน้าที่

ประเด็นปัญหา

.....

.....

จุดประสงค์การทดลอง

1.
2.
3.

สมมติฐานการทดลอง ตอนที่ 1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง ตอนที่ 1

การทดลอง ครั้งที่	อุณหภูมิของจุดเดือด (⁰ c)				การเปลี่ยนแปลงหลังให้ ความร้อนแล้วรดน้ำ
	ขณะให้ความร้อน	หลังให้ความร้อนแล้ว รดน้ำ			
		50 cm ³	50 cm ³	50 cm ³	
1					
2					
3					
เฉลี่ย					

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อจุดเดือด



การทดลองตอนที่ 1 เป็นการศึกษาอิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือด นักเรียนคิดว่า นอกจากความดันแล้วจะมีปัจจัยอื่นได้อีกบ้างที่มีผลต่อจุดเดือด

อาจารย์ครับ ถ้าเติมโซเดียมคลอไรด์ลงในน้ำก่อนให้ความร้อน ผลการทดลองจะเหมือนตอนที่ 1 หรือเปล่าครับ



ถ้าเช่นนั้น พวกเราช่วยกันออกแบบการทดลอง แล้วทำการทดลองกันเลยดีกว่าไหม



ดีมากค่ะ... แต่อย่าลืมนำเสนอผลการทดลองตามองค์ประกอบที่กำหนดในการทดลองตอนที่ 1

ตอนที่ 2 ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อจุดเดือด

วัน / เดือน / ปี กลุ่มที่ ชั้น

ชื่อผู้ทดลอง 1.....เลขที่ หน้าที่

2.....เลขที่ หน้าที่

3.....เลขที่ หน้าที่

4.....เลขที่ หน้าที่

5.....เลขที่ หน้าที่

ประเด็นปัญหา

.....

.....

จุดประสงค์การทดลอง

1.
2.
3.

สมมติฐานการทดลอง ตอนที่ 2

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการทดลอง ตอนที่ 2

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. จากผลการทดลองตอนที่ 1 ความดันมีผลต่อจุดเดือดอย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

2. นอกจากความดันมีผลต่อจุดเดือดแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นใดบ้างที่มีผลต่อจุดเดือด จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

3. ถ้าเด็กชายโกโบรต้องการจะต้มน้ำให้เดือดที่อุณหภูมิ 100°C บนยอดเขาหิมาลัย เขาจะต้องทำอย่างไร

.....

.....

.....

.....

4. เด็กชายอามและเด็กหญิงมุกต้องการต้มน้ำให้เดือด ในขณะที่เด็กชายอามอยู่กรุงเทพแต่เด็กหญิงมุกอยู่เชียงใหม่ อยากทราบว่าจุดเดือดของน้ำทั้งสองที่แตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

.....

.....

.....

.....

5. จงยกตัวอย่างการนำหลักการ เรื่องความดันที่มีผลต่อจุดเดือดไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

.....

.....

.....

.....

เรื่องที่ 4 ความร้อนกับการขยายตัว
ใบความรู้ประกอบการเรียนบทปฏิบัติการที่ 4
เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัว

สาระสำคัญ

สสารทั้งของแข็ง ของเหลวและแก๊สเมื่อได้รับความร้อน จะทำให้เกิดการขยายตัว ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

การขยายตัวของของแข็ง

การขยายตัวของของแข็งเกิดขึ้นเมื่อของแข็งได้รับความร้อน แต่จะขยายตัวได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุ สำหรับวัตถุเมื่อทำให้มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น การขยายตัวของของแข็งจะขยายออกไปทุก ๆ ด้าน แต่ถ้าพิจารณาการเปลี่ยนแปลงเฉพาะด้านใดด้านหนึ่งในหนึ่งมิติ เรียกว่า การขยายตัวตามเส้น ถ้าพิจารณาด้านกว้างด้านยาวหรือเป็นสองมิติ เรียกว่า การขยายตัวตามพื้นที่ และถ้าพิจารณาการเปลี่ยนแปลงในทุกๆด้าน หรือเป็นสามมิติ เรียกว่า การขยายตัวตามปริมาตร

เมื่อพิจารณาถึงการขยายตัวตามเส้นของวัตถุ เพื่อจะเปรียบเทียบว่า วัตถุใดมีการขยายตัวได้มากหรือน้อยกว่ากันนั้น จะเปรียบเทียบเมื่อวัตถุเดิมมีความยาวเริ่มต้นเท่ากับ L_0 ที่อุณหภูมิ t_0 แล้วทำให้มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น t วัตถุมีความยาว L ดังนั้นความยาวที่เพิ่มขึ้น $\Delta L = L - L_0$ หน่วย และอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น $\Delta t = t - t_0$ ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถเขียนแทนด้วยสมการได้ดังนี้

$$\frac{\Delta L}{L_0} \propto \Delta t$$

$$\text{ดังนั้น} \quad \frac{\Delta L}{L_0} = \alpha \Delta t$$

$$\text{หรือ} \quad \Delta L = \alpha L_0 \Delta t$$

ในเมื่อ α เป็นค่าคงที่ เรียกว่า สัมประสิทธิ์การขยายตัวตามเส้น (Coefficient of linear expansion) มีหน่วยเป็นต่อองศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) เช่น ทองเหลืองมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามเส้น $= 18 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$ หมายความว่า เดิมทองเหลืองยาว 1 เมตร เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1°C แท่งทองเหลืองจะยาวเพิ่มขึ้น 18×10^{-6} เมตร หรือถ้าเดิมยาว 3 เมตร ก็ยาวเพิ่มขึ้น $3 \times 18 \times 10^{-6}$ เมตร ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามเส้น สำหรับสารบางชนิดแสดงไว้ในตาราง ดังนี้

ตารางแสดงสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นและสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตรของสาร

สาร	สัมประสิทธิ์การขยายตัว เชิงเส้น α (1°C)	สาร	สัมประสิทธิ์การขยายตัว เชิงปริมาตร β (1°C)
อะลูมิเนียม	22×10^{-6}	อะลูมิเนียม	75×10^{-6}
ทองเหลือง	18×10^{-6}	เหล็กกล้า	35×10^{-6}
ทองแดง	16×10^{-6}	ทองแดง	51×10^{-6}
แก้ว (ไพเรก)	3.2×10^{-6}	ตะกั่ว	87×10^{-6}
อินวาร์	0.7×10^{-6}	ยางสน	90×10^{-6}
ตะกั่ว	28×10^{-6}	เอทิลแอลกอฮอล์	112×10^{-6}
พลาสติก	9×10^{-6}	เบนซิน	124×10^{-6}
เหล็กกล้า	11×10^{-6}	อะซีโตน	15×10^{-6}
ทังสเตน	4.4×10^{-6}	ปรอท	180×10^{-6}
สังกะสี	35×10^{-6}	ก๊าซไฮลีน	950×10^{-6}

ที่มา : สมพงษ์ ใจดี. (2543) ฟิสิกส์มหาวิทยาลัย 2 : 196

จากความจริงที่ว่าของแข็งมีการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนนี้ ทำให้นำเอาไปใช้ให้เป็นประโยชน์ได้หลายประการ เช่น

- (1) ทันตแพทย์จะเลือกสารที่มีอัตราการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนได้เท่าเทียมกันกับฟันเพื่อนำสารนั้นมาใช้ในการอุดฟัน
- (2) ลูกสูบอะลูมิเนียมของเครื่องยนต์จะต้องทำให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่ากระบอกสูบมากพอที่จะไม่ขยายตัวจนคับกระบอกสูบและเครื่องยนต์หยุดทำงาน
- (3) วิศวกรจะใช้เหล็กที่มีอัตราการขยายตัวได้เท่ากับคอนกรีตเพื่อใช้ในการก่อสร้าง
- (4) รางรถไฟต้องเว้นช่องว่างที่หัวรางเอาไว้ เพื่อเมื่อรางมีการขยายตัวแล้วจะไม่ชนกันจนโค้งงอจะอาจทำให้เกิดรถไฟตกรางได้
- (5) การนำทังสเตนมาทำเป็นไส้หลอดไฟฟ้าจะทำให้หลอดใช้งานได้ทนกว่าทำด้วยโลหะชนิดอื่น ทั้งนี้เพราะทังสเตนมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามเส้นเท่ากับแก้วที่ใช้ทำหลอดไฟ ดังนั้น ขณะที่แก้วและทังสเตนได้รับความร้อนจะขยายตัวออกได้เท่าเทียมกัน หลอดไฟจึงไม่แตก

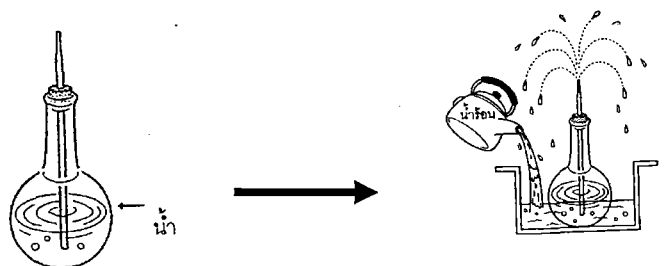
(6) ในการทำความสะอาดหลอดและเข็มฉีดยาโดยการต้มหรือหนึ่งจะต้องถอดเข็มฉีดยาออกจากหลอด ฉีดเสียก่อน เพราะหลอดฉีดยามักทำด้วยแก้วส่วนเข็มฉีดยาทำด้วยโลหะ เมื่อต้มหรือหนึ่งแล้วปล่อยให้เย็นลงเข็มฉีดยาจะคายความร้อนและหดตัวได้เร็วกว่าก็จะบีบหลอดฉีดยาให้แตกได้

(7) เครื่องมือเครื่องใช้ส่วนมากในห้องปฏิบัติการต่างๆ มักทำด้วยแก้วไพเรกซึ่งมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวตามเส้น (α) ต่ำ คือประมาณ $3.2 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ ดังนั้นแก้วไพเรก จึงทนความร้อนได้ดีกว่าแก้วธรรมดา เมื่อเทน้ำร้อนลงไปในแก้วหนาๆ แก้วจะแตกหรือร้าวได้เพราะเมื่อด้านในของแก้วได้รับความร้อนก็จะขยายตัวออก แก้วมีการนำความร้อนได้ไม่ดีนักจึงทำให้ผิวด้านนอก ยังคงเย็นกว่าด้านใน ดังนั้นการใช้แก้วบางกับของร้อนๆ จะดีกว่าแก้วหนา เพราะทั้ง 2 ด้านของแก้ว จะมีการขยายตัวได้ด้วยอัตราที่สมดุลกัน

(8) การใช้แผ่นโลหะสองชนิดที่มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวต่างกัน เช่น ใช้แผ่นอะลูมิเนียม และแผ่นเหล็กมาเชื่อมติดกันไว้ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นโลหะทั้งสองแผ่นนี้จะขยายตัวออกไม่เท่ากัน ทำให้โลหะทั้งคู่โค้งงอ แผ่นโลหะคู่ที่มีสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวตามเส้นแตกต่างกัน เหล่านี้มักจะถูกนำไปใช้ในเทอร์มอสตาร์ทและเครื่องมือที่มีการควบคุมอุณหภูมิอื่นๆ เช่น ในการควบคุมอุณหภูมิของเตารีด หม้อต้มน้ำ เครื่องทำความร้อน เทอร์มอมิเตอร์แบบขึ้นโลหะประกบคู่

การขยายตัวของของเหลว

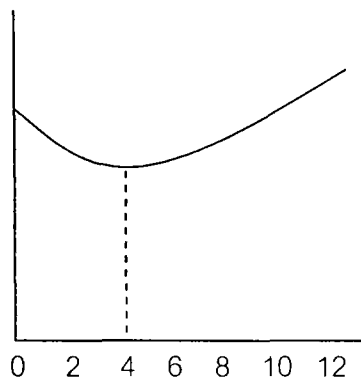
โดยทั่วไปปริมาตรของของเหลวจะขยายตัวเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เช่น เห็นได้จากเทอร์มอมิเตอร์ปรอทและเทอร์มอมิเตอร์ที่บรรจุของเหลวอื่น การขยายตัวของของเหลวอาจทดลอง ให้เห็นจริงได้โดยใช้ขวดแก้วรูปชมพู่พร้อมด้วยจุกยางที่มีรูสำหรับเสียบหลอดแก้ว ใส่น้ำหรือของเหลวอื่นให้เต็มขวดปิดจุกยางที่มีหลอดแก้วเสียบอยู่โดยให้ระดับของของเหลวขึ้นมา ในหลอดเหนือจุกยางเล็กน้อย เมื่อนำขวดแก้วนี้จุ่มลงในอ่างน้ำอุ่น จะสังเกตเห็นว่าตอนแรกระดับของของเหลวในขวดลดลงเล็กน้อย แล้วจึงเริ่มสูงขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ระดับของเหลวที่ลดลงในตอนแรกมีสาเหตุมาจากการขยายตัวของแก้วซึ่งร้อนขึ้นและขยายตัวก่อนที่ความร้อนจะมีเวลาถูกนำผ่านแก้วเข้าไปยังของเหลว และของเหลวต่างๆ มีการขยายตัวไม่เท่ากัน



แผนภาพแสดงวิธีการทดลองความร้อนกับการขยายตัวของของเหลว

สารบางชนิดไม่ขยายตัวเสมอไปเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นในอุณหภูมิบางช่วงจะหดตัวลง ยกตัวอย่างเช่นน้ำ น้ำเป็นของเหลวที่ไม่เป็นไปตามที่กล่าวมาข้างต้น ถ้าพิจารณาจากกราฟระหว่างความหนาแน่นและอุณหภูมิของน้ำ พบว่าความหนาแน่นของน้ำจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลงและมีค่ามากที่สุดที่ 4°C เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 4°C ความหนาแน่นของน้ำจะลดลง

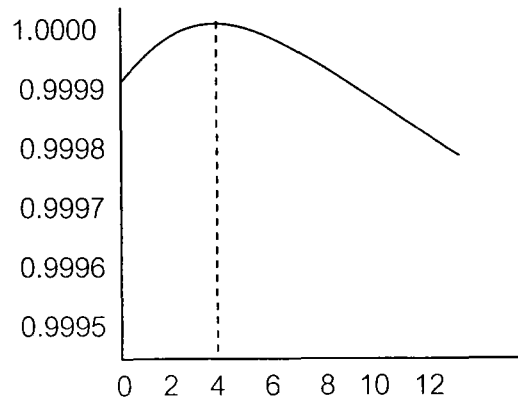
ปริมาตร (cm^3)



อุณหภูมิ $^{\circ}\text{C}$

(ก)

ความหนาแน่น ρ (g/cm^3)



อุณหภูมิ $^{\circ}$

(ข)

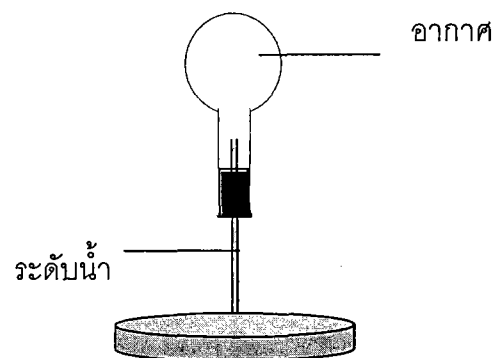
ภาพประกอบ (ก) แสดงการแปรผันของปริมาตรน้ำกับอุณหภูมิ (ข) แสดงการแปรผันของความหนาแน่นกับอุณหภูมิของน้ำที่ความดันบรรยากาศ

การขยายตัวของน้ำมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต คือการขยายตัวของน้ำนี้ช่วยรักษาชีวิตสัตว์น้ำในแถบหนาวให้มีชีวิตอยู่รอดได้ ในขณะที่อุณหภูมิของน้ำในสระหรือทะเลสาบลดต่ำลงระยะห่างระหว่างโมเลกุลของน้ำจะหดตัวพร้อมกับเพิ่มความหนาแน่นและน้ำที่อยู่ด้านบนจมลงสู่ด้านล่าง และถ้าผิวน้ำมีอุณหภูมิลดลงจนถึงอุณหภูมิต่ำหนึ่ง ที่จุดนี้น้ำจะมีความหนาแน่นมากที่สุด แต่ถ้าน้ำมีอุณหภูมิลดลงต่อไปอีกจะทำให้เกิดน้ำเกิดการขยายตัวมีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ จึงไหลวนขึ้นสู่ด้านบน ดังนั้นจึงเกิดการไหลหมุนเวียนขึ้น ด้วยเหตุนี้ น้ำจะแข็งตัวที่ผิวน้ำและหลังจากนั้นน้ำชั้นล่างจะขึ้นมาแทนที่เมื่ออุณหภูมิ 4°C และสามารถเสียความร้อนได้โดยการนำ น้ำจะแข็งตัวเพียงในส่วนบริเวณผิวน้ำและลึกลงไปไม่มากนัก ในส่วนที่ลึกกว่าลงไปจะมีน้ำอยู่ได้น้ำแข็งเสมอ ปลาและสิ่งมีชีวิตอื่นสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้

การขยายตัวของแก๊ส

กาลิเลโอ เป็นคนแรกที่นำเอาการขยายตัวของอากาศมาใช้ประโยชน์ เมื่อปี ค.ศ. 1592 โดยใช้วิธีอย่างง่าย สำหรับการบอกการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ เทอร์มอมิเตอร์อากาศของกาลิเลโอประกอบด้วยกระเปาะ มีหลอดแก้วบางๆ และยาวต่อจากกระเปาะลงไปจุ่มอยู่ในน้ำที่ใส่ภาชนะไว้

แบบจำลองของเทอร์มอมิเตอร์แบบนี้อาจทำอย่างง่ายๆโดยใช้ขวดแก้วกันกลมพร้อมด้วยจุกยางที่มีรูสำหรับใส่หลอดแก้วได้ ติดตั้งไว้ในแนวตั้งโดยให้ปลายหลอดจุ่มติดอยู่ใต้ผิวน้ำในภาชนะ เมื่อนำน้ำร้อนที่กันขวดแก้ว ความร้อนจากน้ำร้อนจะทำให้อากาศข้างขวดร้อนและขยายตัว แล้วดันน้ำในหลอดแก้วต่ำลง ต่อมาเมื่อหยุดรดน้ำ อากาศในขวดแก้วจะหดตัวและน้ำสูงขึ้นมาในหลอด การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะทำให้น้ำสูงขึ้นหรือต่ำลงในหลอดแก้วได้



ภาพประกอบ แสดงแบบจำลองเทอร์มอมิเตอร์ของกาลิเลโอ

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4

เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัว

หลักการ

สสารทั้งของแข็ง ของเหลวและก๊าซเมื่อได้รับความร้อนจะทำให้เกิดการขยายตัว ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

การขยายตัวของของแข็ง

การขยายตัวของของแข็งเกิดขึ้นเมื่อของแข็งได้รับความร้อน แต่จะขยายตัวได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุโดยที่มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่าๆกัน สำหรับวัตถุชนิดเดียวกัน ถ้ามีความยาวเดิมเท่ากันเมื่อทำให้มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่าๆกัน การขยายตัวของของแข็งจะขยายออกไปทุก ๆ ด้าน แต่ถ้าพิจารณาการเปลี่ยนแปลงเฉพาะด้านใดด้านหนึ่งในหนึ่งมิติ เรียกว่า **การขยายตัวตามเส้น** ถ้าพิจารณาด้านกว้างด้านยาวหรือเป็นสองมิติ เรียกว่า **การขยายตัวตามพื้นที่** และถ้าพิจารณาการเปลี่ยนแปลงในทุกๆด้าน หรือเป็นสามมิติ เรียกว่า **การขยายตัวตามปริมาตร**

การขยายตัวของของเหลว

โดยทั่วไปปริมาตรของของเหลวจะขยายตัวเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เช่นเห็นได้จากเทอร์มอมิเตอร์ โปรทและเทอร์มอมิเตอร์ที่บรรจุของเหลวอื่น การขยายตัวของของเหลวอาจทดลองได้โดยใช้ขวดแก้วกันกลมพร้อมด้วยจุกยางที่มีรูสำหรับใส่หลอดแก้ว ใส่ น้ำหรือของเหลวอื่นให้เต็ม ขวดปิดจุกยางที่มีหลอดแก้วเสียบอยู่โดยให้ระดับของของเหลวขึ้นมา ในหลอดเหนือจุกยางเล็กน้อย เมื่อนำขวดแก้วนี้จุ่มลงในอ่างน้ำอุ่น จะสังเกตเห็นว่าตอนแรกระดับของของเหลวในขวดลดลงเล็กน้อย แล้วจึงเริ่มสูงขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ระดับของเหลวที่ลดลงในตอนแรกมีสาเหตุมาจากการขยายตัวของแก้วซึ่งร้อนขึ้นและขยายตัวก่อนที่ความร้อนจะมีเวลาถูกนำผ่านแก้วเข้าไปยังของเหลว และของเหลวต่างๆ มีการขยายตัวไม่เท่ากัน สารบางชนิดไม่ขยายตัวเสมอไปเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นในอุณหภูมิบางช่วงจะหดตัวลง ยกตัวอย่างเช่น น้ำ

การขยายตัวของของก๊าซ

ก๊าซเมื่อได้รับความร้อน โมเลกุลของแก๊สจะเกิดการสั่นเร็วขึ้นจนขยายตัว ซึ่งสามารถทดสอบได้โดยใช้ขวดแก้วกันกลมพร้อมด้วยจุกยางที่มีรูสำหรับใส่หลอดแก้วได้ ติดตั้งไว้ในแนวตั้งโดยให้ปลายหลอดจมติดอยู่ใต้ผิวน้ำในภาชนะ เมื่อนำวางไว้ที่กันขวดแก้ว ความร้อนจากมือจะทำให้อากาศข้างขวดร้อนและขยายตัว แล้วดันน้ำในหลอดแก้วต่ำลง ต่อมาเอามือออกจากภาชนะในขวดแก้วจะหดตัวและน้ำสูงขึ้นมาในหลอด การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะทำให้ น้ำสูงขึ้นหรือต่ำลงในหลอดแก้ว

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อเรียนจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทดสอบและอธิบายความร้อนกับการขยายตัวของของแข็งต่างชนิดได้
2. ออกแบบการทดลองความร้อนกับการขยายตัวของของเหลวได้
3. ทดสอบและอธิบายความร้อนกับการขยายตัวของของเหลวได้

เวลาที่ใช้ 100 นาที

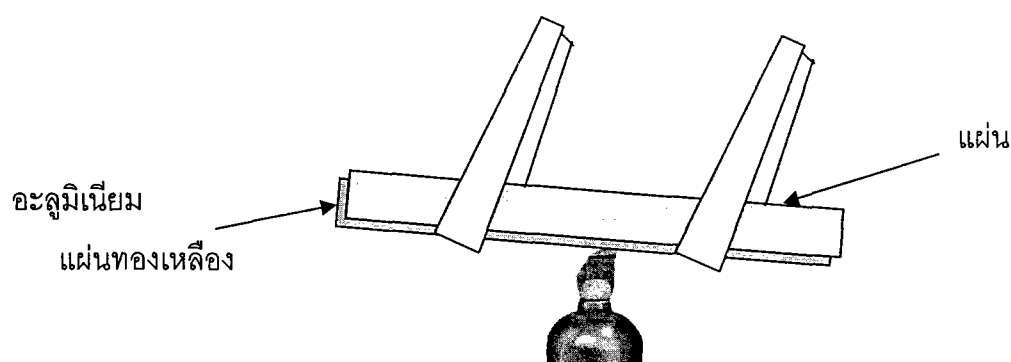
ตอนที่ 1 ความร้อนกับการขยายตัวของของแข็ง

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน / กลุ่ม)

1. แผ่นของแข็งต่างชนิดขนาด 3 × 12 cm. (อะลูมิเนียม , ทองแดง , สังกะสี , ทองเหลือง)	1	ชุด
2. ตะเกียงแอลกอฮอล์และแมงกานีส	1	ชุด
3. ไม้หนีบ	2	อัน
4. ไม้ขีดไฟ	1	กล่อง

วิธีการทดลอง

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกแผ่นของแข็ง 2 ชนิดมาประกบคู่กัน
2. ใช้ไม้หนีบหนีบแผ่นของแข็งที่ประกบคู่ให้แน่น
3. ให้ความร้อนกับแผ่นของแข็งที่ประกบคู่กัน โดยให้ความร้อนตรงตำแหน่งที่แผ่นของแข็งจะได้รับความร้อนเท่ากันตลอดทั้งสองชนิด
4. สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น บันทึกผล
5. เปลี่ยนแผ่นของแข็ง 2 ชนิดมาประกบคู่ โดยไม่ซ้ำกันจนครบทุกชนิด



ภาพแสดงวิธีการทดลองการขยายตัวของของแข็ง

รายงานผลการทดลอง
บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัว

ตอนที่ 1 ความร้อนกับการขยายตัวของของแข็ง

วัน / เดือน / ปี กลุ่มที่.....ชั้น

ชื่อผู้ทดลอง 1.....เลขที่.....หน้าที่

2.....เลขที่.....หน้าที่

3.....เลขที่.....หน้าที่

4.....เลขที่.....หน้าที่

5.....เลขที่.....หน้าที่

ประเด็นปัญหา

.....

.....

จุดประสงค์การทดลอง

1.
2.
3.

สมมติฐานการทดลอง ตอนที่ 1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 ความร้อนกับการขยายตัวของของเหลว

ตอนที่ 1 เป็นการทดลองความร้อนกับการขยายตัวของของแข็ง แต่การขยายตัวของของเหลวละ นักเรียนจะออกแบบวิธีการทดลองอย่างไรดี ดังนั้นให้แต่ละกลุ่มเลือกออกแบบและทำการทดลอง



อาจารย์คะ อาจารย์กำหนดอุปกรณ์การทดลองให้ด้วยหรือเปล่าคะ

กำหนดครับ ... อุปกรณ์ที่กำหนดให้ ได้แก่ ขวดแก้วกันกลมพร้อม จุกยางที่มีหลอดแก้วใส่ ตะเกียงแอลกอฮอล์ ที่กันลมพร้อมตะแกรงลวด กะละมัง ขาดั่ง พร้อมไม้หนีบ และปิเปตเตอร์



ได้ครับ... ถ้าอย่างนั้นกลุ่มผมจะเริ่มออกแบบวิธีการทดลองความร้อนกับการขยายตัวของของเหลวทันทีครับ

ตอนที่ 2 ความร้อนกับการขยายตัวของของเหลว

วัน / เดือน / ปี กลุ่มที่ ชั้น

ชื่อผู้ทดลอง 1 เลขที่ หน้าที่

2 เลขที่ หน้าที่

3 เลขที่ หน้าที่

4 เลขที่ หน้าที่

5 เลขที่ หน้าที่

ประเด็นปัญหา

.....

.....

จุดประสงค์การทดลอง

1.
2.
3.

สมมติฐานการทดลอง ตอนที่ 2

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

วิธีการทดลอง ตอนที่ 2

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการทดลอง ตอนที่ 2

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ถ้าต้องการทราบวาระหว่างทองแดงกับทองเหลืองเมื่อได้รับความร้อนเท่ากันที่ตำแหน่งเดียวกัน วัตถุใดขยายตัวมากกว่ากัน และมีวิธีการทดลองอย่างไร

.....

.....

.....

.....

2. จงอธิบายหลักการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าซึ่งใช้หลักการที่ได้จากความร้อนกับขยายตัวมา 2 ชนิด

.....

.....

.....

.....

.....

3. ถ้าต้องการทดลองวาระหว่างน้ำ กับน้ำมันเมื่อได้รับความร้อนเท่ากันสิ่งใดจะเกิดการขยายตัวมากกว่ากัน นักเรียนจะมีวิธีการทดลองอย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

4. การสร้างรางรถไฟมีความจำเป็นต้องเว้นช่องว่างที่หัวรางเอาไว้ เพราะเหตุใด จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

5. จงยกตัวอย่างการขยายตัวของแก๊สเมื่อได้รับความร้อน ที่สามารถเห็นได้ในชีวิตประจำวัน

.....

.....

.....

.....

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน

คำแนะนำ

การใช้คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน มีข้อควรปฏิบัติและทำความเข้าใจ ดังนี้

1. คู่มือครูฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอน ในการใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สำหรับการเรียนการสอน

2. ควรใช้คู่กับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เพื่อทำความเข้าใจในรายละเอียดของบทปฏิบัติการแต่ละบทปฏิบัติการและเป็นแนวทางในการเตรียมตัวล่วงหน้าในการทดลอง

3. คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แต่ละบทประกอบด้วยหัวข้อต่างๆ ดังนี้

- ชื่อเรื่อง
- จุดประสงค์การเรียนรู้
- จุดประสงค์การทดลอง
- เวลาที่ใช้
- อุปกรณ์และสารเคมี
- การเตรียมล่วงหน้า
- อภิปรายก่อนการทดลอง
- แนวการตั้งปัญหา
- ตัวอย่างผลการทดลอง
- อภิปรายหลังการทดลอง
- แนวการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
- คำแนะนำเพิ่มเติม

4. ครูผู้สอนควรสำรวจวัสดุอุปกรณ์ที่หาง่ายในท้องถิ่นเพื่อใช้ทดแทนวัสดุอุปกรณ์ที่กำหนดในบทปฏิบัติการได้ เพื่อให้เหมาะสมตามสภาพของสถานศึกษาและเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งและอยู่ใกล้ตัวมากที่สุด

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องที่ 1 ความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

ประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 1 บทปฏิบัติการ ดังนี้

บทปฏิบัติการที่ 1 เรื่อง ความจุความร้อนจำเพาะ

ตอนที่ 1 ความจุความร้อนจำเพาะของโลหะ (ทองแดง)

ตอนที่ 2 ความจุความร้อนจำเพาะของโลหะต่างชนิด

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับผลจากความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้
2. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความร้อนกับความจุความร้อนจำเพาะได้
3. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับความจุความร้อนจำเพาะของโลหะต่างชนิด และนำหลักการไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

คู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 เรื่อง ความจุความร้อนจำเพาะของโลหะ

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความร้อนกับความจุความร้อนจำเพาะของโลหะได้
2. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับวิธีการหาค่าความจุความร้อนจำเพาะของโลหะได้
3. นำหลักการของความจุความร้อนจำเพาะไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

ตอนที่ 1 ความจุความร้อนจำเพาะของโลหะ (ทองแดง)

เวลาที่ใช้ 2 คาบ (100 นาที)

อธิบายก่อนการทดลอง	20	นาที
ทดลอง	50	นาที
อธิบายหลังการทดลอง	30	นาที

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน / กลุ่ม)

1. ทองแดง	1	แท่ง
2. แคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คน	1	ชุด
3. ปีกเกอร์ขนาด 250 ml	1	ใบ
4. เทอร์มอมิเตอร์	2	อัน
5. เครื่องชั่ง	1	เครื่อง
6. ตะเกียงแอลกอฮอล์, ตะแกรงลวดและที่กั้นลม	1	ชุด
7. ขาดังพร้อมไม้หนีบ	1	ชุด
8. นาฬิกาจับเวลา	1	เรือน
9. เม็ดกรวด	1	ขวด
10. ไม้ขีดไฟ	1	กลัก
11. ผ้าเช็ดมือ	1	ผืน

การเตรียมล่วงหน้า

ครูตรวจสอบอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เช่น เครื่องชั่ง แคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คน และ ตะเกียงแอลกอฮอล์ให้อยู่ในสภาพที่สามารถใช้งานได้ดี และเตรียมต้มน้ำให้ร้อนไว้ก่อนเพื่อเป็นการประหยัด เวลาในการทดลอง

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. ในขั้นตอนการชั่งมวลของทองแดง นักเรียนควรอ่านค่าอย่างละเอียดโดยรอให้เครื่องชั่ง อยู่ในแนวราบก่อนอ่านค่ามวล
2. การอ่านอุณหภูมิควรอ่านอย่างละเอียดและถูกต้อง อยู่ในระดับสายตา

แนวการตั้งปัญหา

1. เมื่อให้ความร้อนกับทองแดงมีผลทำให้อุณหภูมิของทองแดงเปลี่ยนแปลงอย่างไร
2. มีวิธีการอย่างไรในการคำนวณค่าความจุความร้อนจำเพาะของทองแดง

แนวการตั้งสมมติฐาน

1. เมื่อให้ความร้อนกับทองแดงมีผลทำให้ทองแดงมีอุณหภูมิเพิ่มมากขึ้น
2. ความจุความร้อนจำเพาะของทองแดงหาได้จากหลักการอนุรักษ์พลังงาน

ตัวอย่างผลการทดลองตอนที่ 1

รายการที่ต้องบันทึก	ผลการทดลอง		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1. มวลกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คน (g)	16.5	16.4	16.5
2. มวลกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คนและน้ำ (g)	161.5	160.9	161.2
3. มวลน้ำ (g)	145	144.5	144.8
4. อุณหภูมิของน้ำ ($^{\circ}\text{C}$)	27.5	27.5	27.5
5. มวลของทองแดง (g)	60	60	60
6. อุณหภูมิน้ำเดือดหลังแช่ทองแดงนาน 10 นาที ($^{\circ}\text{C}$)	97	97	97
7. อุณหภูมิผสม ($^{\circ}\text{C}$)	30	30	30
ค่าความจุความร้อนจำเพาะของทองแดง ($\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$)	0.0930	0.0927	0.0929
ค่าความจุความร้อนจำเพาะของทองแดงเฉลี่ย ($\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$)	0.0928		

อภิปรายหลังการทดลอง

1. เมื่อนำทองแดงไปแช่ในน้ำร้อน จะทำให้ทองแดงมีอุณหภูมิเท่าน้ำร้อน เพราะมีการถ่ายเทความร้อนให้แก่กันจนถึงจุดสมดุล

2. จากนั้นนำทองแดงไปแช่ในกระป๋องแคลอรีมิเตอร์ซึ่งภายในบรรจุน้ำอยู่ จึงทำให้ทองแดงถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำที่อยู่ภายในกระป๋องแคลอรีมิเตอร์ หากไม่มีการสูญเสียความร้อนจะทำให้ทราบอุณหภูมิของทองแดง โดยดูจากอุณหภูมิของน้ำ

2. จากสมการ $Q = ms\Delta t$ พบว่าปริมาณความร้อนของโลหะที่ลดลงเท่ากับ $m_s(t_2 - t)$ และปริมาณความร้อนของแคลอรีมิเตอร์ และน้ำเย็นที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ $m_c s_c (t - t_1) + m_w s_w (t - t_1)$ จากกฎการอนุรักษ์พลังงานตามสมการ ดังนี้

ปริมาณความร้อนของโลหะที่ลดลง = ปริมาณความร้อนของแคลอรีมิเตอร์และน้ำเย็นที่เพิ่มขึ้น

$$\begin{aligned} Q_{\text{ลด}} &= Q_{\text{เพิ่ม}} \\ m_s(t_2 - t) &= m_c s_c (t - t_1) + m_w s_w (t - t_1) \\ s &= \{m_c s_c (t - t_1) + m_w s_w (t - t_1)\} / m(t_2 - t) \end{aligned}$$

3. เมื่อนำค่าต่าง ๆ ที่บันทึกไว้มาแทนค่าในสมการการอนุรักษ์พลังงานงานจะสามารถหาค่าความจุความร้อนจำเพาะของทองแดงได้

คำแนะนำเพิ่มเติม

1. ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนทำการทดลองตอนที่ 2 เพื่อหาค่าความจุความร้อนจำเพาะของโลหะชนิดอื่น ๆ

2. ครูควรแนะนำให้นักเรียนรู้ถึงการนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร

ตอนที่ 2 ความจุความร้อนจำเพาะของโลหะต่างชนิด

เวลาที่ใช้ 2 คาบ (100 นาที)

อภิปรายก่อนการทดลอง	20	นาที
ทดลอง	50	นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	30	นาที

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน / กลุ่ม)

1. ทองแดง ,ทองเหลือง ,อะลูมิเนียม	1	แท่ง
2. แคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คน	1	ชุด
3. บีกเกอร์ขนาด 250 ml	1	ใบ
4. เทอร์มอมิเตอร์	2	อัน
5. เครื่องชั่ง	1	เครื่อง
6. ตะเกียงแอลกอฮอล์ , ตะแกรงลวดและที่กั้นลม	1	ชุด
7. ขาดังพร้อมไม้หนีบ	1	ชุด
8. นาฬิกาจับเวลา	1	เรือน
9. เม็ดกรวด	1	ขวด
10. ไม้ขีดไฟ	1	กลัก
11. ผ้าเช็ดมือ	1	ผืน

การเตรียมล่วงหน้า

ครูตรวจสอบอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เช่น โลหะชนิดต่าง ๆที่จะนำมาให้นักเรียนทดลอง เครื่องชั่ง แคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คน และตะเกียงแอลกอฮอล์ให้อยู่ในสภาพที่สามารถใช้งานได้ดี และเตรียมต้มน้ำให้ร้อนไว้ก่อนเพื่อเป็นการประหยัด เวลาในการทดลอง

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. ครูแนะนำให้นักเรียนแบ่งกันทดลองหาค่าความจุความร้อนจำเพาะกลุ่มละ 1 ชนิด เพื่อเป็นการประหยัดเวลา
2. ในขั้นตอนการชั่งมวลของทองแดง นักเรียนควรอ่านค่าอย่างละเอียดโดยรอให้เครื่องชั่งอยู่ในแนวราบก่อนอ่านค่ามวล
3. การอ่านอุณหภูมิควรอ่านอย่างละเอียดและถูกต้อง

แนวการตั้งปัญหา

1. เมื่อให้ความร้อนกับโลหะมีผลทำให้อุณหภูมิของโลหะเปลี่ยนแปลงอย่างไร
2. มีวิธีการอย่างไรในการคำนวณค่าความจุความร้อนจำเพาะของโลหะ
3. โลหะต่างชนิดกันมีค่าความจุความร้อนจำเพาะต่างกันหรือไม่

แนวการตั้งสมมติฐาน

1. เมื่อให้ความร้อนกับทองแดงมีผลทำให้โลหะมีอุณหภูมิเพิ่มมากขึ้น
2. ความจุความร้อนจำเพาะของโลหะหาได้จากหลักการอนุรักษ์พลังงาน
3. โลหะต่างชนิดกันมีค่าความจุความร้อนจำเพาะต่างกัน

ตัวอย่างผลการทดลอง ตอนที่ 2

รายการที่ต้องบันทึก	ผลการทดลอง								
	เหล็ก			ทองเหลือง			อะลูมิเนียม		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1. มวลกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์ พร้อมที่คน(g)	16.5	16.5	16.4	16.5	16.4	16.5	16.5	16.4	16.4
2. มวลกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์ พร้อมที่คนและน้ำ (g)	161.2	161	161	161.5	161.9	161.3	161.2	161	161.2
3. มวลน้ำ (g)	144.7	144.5	144.6	144.5	145	144.2	144.2	144.7	144.2
4. อุณหภูมิของน้ำ ($^{\circ}\text{C}$)	27	27	27	27	27	27	27	27	27
5. มวลของโลหะ (g)	60	60	60	60	60	60	60	60	60
6. อุณหภูมิน้ำเดือดหลังแช่โลหะ นาน 10 นาที ($^{\circ}\text{C}$)	97	97	97	97	97	98	97	97	97
7. อุณหภูมิผสม ($^{\circ}\text{C}$)	30	30	30	29.5	29	30	32	32	32
ค่าความจุความร้อนจำเพาะ ของโลหะ ($\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$)	0.111	0.118	0.111	0.092	0.070	0.104	0.204	0.222	0.216
ค่าความจุความร้อนจำเพาะ ของโลหะเฉลี่ย ($\text{cal/g}^{\circ}\text{C}$)	0.11			0.092			0.22		

อภิปรายหลังการทดลอง

1. เมื่อให้ความร้อนกับโลหะต่างชนิดกันโลหะแต่ละชนิดจะรับความร้อนไว้ได้แตกต่างกัน สังเกตได้จากเมื่อนำโลหะแต่ละชนิดไปใส่ลงในน้ำซึ่งอยู่ภายในกระป๋องแคลอรีมิเตอร์ อุณหภูมิของน้ำจะเปลี่ยนไปแตกต่างกัน

2. เมื่อมีการถ่ายเทความร้อนกันภายในระบบ ซึ่งเป็นไปตามหลักการอนุรักษ์พลังงานก็สามารถนำค่าจากข้อมูลที่เก็บมาคำนวณหาค่าความจุความร้อนจำเพาะได้

3. จากกฎการอนุรักษ์พลังงานตามสมการ คำนวณหาค่าความจุความร้อนจำเพาะได้ดังนี้

ปริมาณความร้อนของโลหะที่ลดลง = ปริมาณความร้อนของแคลอรีมิเตอร์และน้ำเย็นที่เพิ่มขึ้น

$$\begin{aligned} Q_{\text{ลด}} &= Q_{\text{เพิ่ม}} \\ m_s (t_2 - t) &= m_c s_c (t - t_1) + m_w s_w (t - t_1) \\ s &= \{m_c s_c (t - t_1) + m_w s_w (t - t_1)\} / m (t_2 - t) \end{aligned}$$

คำแนะนำเพิ่มเติม

1. ครูแนะนำให้นักเรียนเก็บอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองให้เรียบร้อย
2. ครูแนะนำให้นักเรียนทำคำถามท้ายการทดลองเพื่อความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

แนวการตอบคำถามท้ายการทดลอง

1. ถ้าต้องการหาค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัตถุ A จะมีวิธีการทดลองอย่างไร จงอธิบาย
 ตอบ โดยใส่วัตถุที่ต้องการวัดค่าความร้อนจำเพาะลงในน้ำที่ทราบมวลและอุณหภูมิซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของวัตถุ และจากหลักของการอนุรักษ์พลังงาน จะได้ว่าปริมาณความร้อนของวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงต้องถ่ายเทไปเท่ากับปริมาณความร้อนที่น้ำได้รับเพิ่มขึ้น จากหลักการอนุรักษ์พลังงานจะได้ ปริมาณความร้อนลด = ปริมาณความร้อนเพิ่ม

2. เมื่อนำวัตถุที่แช่ในน้ำร้อนนาน 10 นาทีมาใส่ลงในแคลอรีมิเตอร์ซึ่งบรรจุน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของน้ำและวัตถุเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร จงอธิบาย
 ตอบ น้ำจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ในขณะที่วัตถุจะมีอุณหภูมิลดลง

3. ถ้าวัตถุ A และ B เป็นของแข็งมีอุณหภูมิเท่ากับ 90°C และ 98°C ตามลำดับ เมื่อนำวัตถุแต่ละชนิดใส่ลงในน้ำที่อยู่ในแคลอรีมิเตอร์อันที่ 1 และอันที่ 2 ตามลำดับแล้ววัดอุณหภูมิผสม ผลที่ได้จะแตกต่างกันอย่างไร จงอธิบาย

ตอบ น้ำที่อยู่ในแคลอรีมิเตอร์อันที่ 1 ซึ่งใส่วัตถุ A จะมีอุณหภูมิผสมน้อยกว่า น้ำที่อยู่ในแคลอรีมิเตอร์อันที่ 2 ซึ่งใส่วัตถุ B เพราะวัตถุ A มีความจุความร้อนจำเพาะน้อยจึงมีการถ่ายเทความร้อนได้น้อยกว่าวัตถุ B

4. บริเวณชายหาด ทั้งพื้นดินและพื้นน้ำได้รับปริมาณความร้อนจากแสงอาทิตย์เท่ากัน เพราะเหตุใดจึงพบว่าพื้นดินร้อนกว่าพื้นน้ำทะเลเสมอ จงอธิบาย

ตอบ เป็นเพราะพื้นดินมีความจุความร้อนจำเพาะมากกว่าพื้นน้ำจึงรับความร้อนไว้ได้มากกว่าอุณหภูมิจึงสูงกว่า

5. ถ้านำลูกเหล็กและเงินที่มีมวลเท่ากัน อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากันไปแช่ในน้ำร้อนทิ้งไว้สักครู่จนทำให้วัตถุทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากัน แล้วนำลูกเหล็กใส่ในบีกเกอร์ A และนำเงินใส่ในบีกเกอร์ B ตามลำดับซึ่ง ในบีกเกอร์มีน้ำอุณหภูมิ 25°C อยู่เท่ากันอุณหภูมิของน้ำจะเพิ่มขึ้นและ เมื่อนำในบีกเกอร์มีอุณหภูมิต่ำกว่าใช้เทอร์มอมิเตอร์วัดอุณหภูมิของน้ำในบีกเกอร์ A ได้ 28°C น้ำในบีกเกอร์ B ได้ 30°C อุณหภูมิของน้ำที่วัดได้แตกต่างกัน เพราะอะไร

ตอบ เพราะลูกเหล็กมีค่าความจุความร้อนจำเพาะน้อยกว่าเงิน ดังนั้นจึงรับความร้อนไว้ได้น้อยกว่าและเมื่อนำไปใส่ในน้ำจึงทำให้อุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้นน้อยกว่าเงินซึ่งมีค่าความจุความร้อนจำเพาะมาก

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่องที่ 2 ความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะ

ประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 2 บทปฏิบัติการ ดังนี้

บทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว

ตอนที่ 1 ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง

ตอนที่ 2 ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งที่มีมวลต่างกัน

บทปฏิบัติการที่ 3 เรื่องอิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือด

ตอนที่ 1 อิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือด

ตอนที่ 2 ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อจุดเดือด

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับผลจากความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะได้
2. ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะได้
3. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับการหาค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งได้
4. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับการหาค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งที่มีมวลต่างกันได้
5. ทดลองและอธิบายผลของอุณหภูมิที่ต่อจุดเดือดได้
6. ทดลองและอธิบายถึงปัจจัยอื่นที่ต่อจุดเดือดได้

คู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2 เรื่อง ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อเรียนจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับวิธีการหาค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลวได้
2. ทดลองและเปรียบเทียบความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของของน้ำแข็งที่มีมวลต่างกันได้
3. สามารถออกแบบวิธีการทดลองให้เหมาะสมกับสารที่ต้องการหาค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลวได้

ตอนที่ 1 ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง

เวลาที่ใช้	2	คาบ (100 นาที)
อภิปรายก่อนการทดลอง	20	นาที
ทดลอง	50	นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	30	นาที

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน / กลุ่ม)

1. น้ำแข็งก้อน	1	กระติก
2. แคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คน	1	ชุด
3. เทอร์มอมิเตอร์	2	อัน
4. เครื่องชั่ง	1	เครื่อง
5. ตะเกียงแอลกอฮอล์ , ตะแกรงลวดและที่กั้นลม	1	ชุด
6. ขาดั่งพร้อมไม้หนีบ	1	ชุด
7. ไม้ขีดไฟ	1	กลั๊ก
8. ผ้าเช็ดมือ	1	ผืน
9. กระจกสำหรับจับน้ำแข็ง	1	ม้วน

การเตรียมตัวล่วงหน้า

1. ครูเตรียมน้ำแข็งที่มีขนาดก้อนเท่า ๆ กันให้กับนักเรียน
2. ครูเตือนให้นักเรียนทำการทดลองด้วยความละเอียดรอบคอบ

การอภิปรายก่อนการทดลอง

1. ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะโดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งเรียกว่า ความร้อนแฝง และในการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นของเหลว จะเกิดขึ้นได้เมื่อมีการรับ ความร้อน และความร้อนที่ได้รับนี้จะใช้ในการเปลี่ยนสถานะโดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง
2. ครูเตือนให้นักเรียนให้ความร้อนกับน้ำก่อนเพื่อเป็นการชดเชยการสูญเสียความร้อนที่จะเกิดขึ้น

แนวการตั้งปัญหา

1. ความร้อนมีผลอย่างไรกับการเปลี่ยนสถานะ
2. มีวิธีการอย่างไรในการหาค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง

แนวการตั้งสมมติฐาน

1. เมื่อวัตถุได้รับความร้อนจะมีผลทำให้วัตถุเกิดการเปลี่ยนสถานะ
2. ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวหาได้จากหลักการอนุรักษ์พลังงาน

ตัวอย่างผลการทดลอง ตอนที่ 1

รายการที่ต้องบันทึก	ผลการทดลอง		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1. มวลกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คน (g)	17	16.5	16.5
2. มวลกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คนและน้ำ (g)	216.5	216	216.5
3. มวลน้ำ (g)	199.5	199.5	200
4. อุณหภูมิของน้ำ ($^{\circ}\text{C}$)	34	34.5	34.5
5. มวลแคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คนและน้ำแข็งที่ละลาย (g)	241	241	241
6. มวลของน้ำแข็งที่ละลาย (g)	24.5	24	24.5
7. อุณหภูมิผสม ($^{\circ}\text{C}$)	23	23.5	24
ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง (cal/g)	80.20	81.80	78.27
ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งเฉลี่ย (cal/g)	80.09		

อภิปรายหลังการทดลอง

นักเรียนแต่ละกลุ่มจะครูร่วมกันอภิปรายผลเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป ดังนี้

1. เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแข็ง พบว่าน้ำแข็งหลอมเหลวกลายเป็นของเหลวโดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง
2. ความร้อนแฝงคือ ความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะ โดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง
3. เมื่อมีการถ่ายเทความร้อนจะเป็นไปตามหลักการอนุรักษ์พลังงาน
4. ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง หาได้จากหลักการอนุรักษ์พลังงาน

คำแนะนำเพิ่มเติม

1. ครูกระตุ้นให้นักเรียนทำการทดลองตอนที่ 2
2. ครูเตือนให้นักเรียนร่วมมือกันทำงาน

ตอนที่ 2 ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งที่มีมวลต่างกัน

เวลาที่ใช้ 2 คาบ (100 นาที)

อภิปรายก่อนการทดลอง	20	นาที
ทดลอง	50	นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	30	นาที

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน / กลุ่ม)

1. น้ำแข็งก้อนที่มีมวลต่างกัน	1	กระติก
2. แคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คน	1	ชุด
3. เทอร์มอมิเตอร์	2	อัน
4. เครื่องชั่ง	1	เครื่อง
5. ตะเกียงแอลกอฮอล์ , ตะแกรงลวดและที่กั้นลม	1	ชุด
6. ขาดั่งพร้อมไม้หนีบ	1	ชุด
7. ไม้ขีดไฟ	1	กลัก
8. ผ้าเช็ดมือ	1	ผืน
9. กระดาษสำหรับซับน้ำแข็ง	1	ม้วน

การเตรียมตัวล่วงหน้า

1. ครูเตรียมน้ำแข็งที่มีขนาดก้อนแตกต่างกันให้กับนักเรียน
2. ครูเตือนให้นักเรียนทำการทดลองด้วยความละเอียดรอบคอบ

การอภิปรายก่อนการทดลอง

1. ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะโดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งเรียกว่า ความร้อนแฝง และในการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นของเหลว จะเกิดขึ้นได้เมื่อมีการรับ ความร้อน และความร้อนที่ได้รับนี้จะใช้ในการเปลี่ยนสถานะโดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยน
2. ครูเตือนให้นักเรียนให้ความร้อนกับน้ำก่อนเพื่อเป็นการชดเชยการสูญเสียความร้อนที่จะเกิดขึ้น

แนวการตั้งปัญหา

1. ความร้อนมีผลอย่างไรกับการเปลี่ยนสถานะ
2. มีวิธีการอย่างไรในการหาค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง
3. น้ำแข็งที่มีมวลต่างกันมีค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลวต่างกันหรือไม่

แนวการตั้งสมมติฐาน

1. เมื่อวัตถุได้รับความร้อนจะมีผลทำให้วัตถุเกิดการเปลี่ยนสถานะ
2. ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวได้จากหลักการอนุรักษ์พลังงาน
3. น้ำแข็งที่มีมวลต่างกันมีค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลวไม่แตกต่างกัน

ตัวอย่างผลการทดลอง ตอนที่ 2

รายการที่ต้องบันทึก	ผลการทดลอง								
	น้ำแข็งมวล m_1			น้ำแข็งมวล m_2			น้ำแข็งมวล m_3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1. มวลกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คน (g)	16.5	17.0	17.0	16.5	17.0	16.5	16.5	17.0	16.5
2. มวลกระป๋องในแคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คนและน้ำ (g)	216.5	216.5	216.0	217.0	216.5	216.5	216.5	217.0	217.0
3. มวลน้ำ (g)	200.0	199.5	199.0	200.5	199.5	200.0	200.0	200.0	200.5
4. อุณหภูมิของน้ำ ($^{\circ}\text{C}$)	34.5	34.0	35.0	34.5	35.0	34.5	34.5	34.0	34.0
5. มวลแคลอรีมิเตอร์พร้อมที่คนและน้ำแข็งที่ละลาย (g)	235.5	236	235.5	245.0	243.5	244.5	249.5	249.5	249.5
6. มวลของน้ำแข็งที่ละลาย (g)	19.0	19.5	19.5	28.0	27.0	28.0	33.0	32.0	32.5
7. อุณหภูมิผสม ($^{\circ}\text{C}$)	26.0	25.5	26.0	22.0	23.0	22.0	20.0	19.5	19.5
ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง (L)	78.54	81.77	81.04	80.54	79.28	80.34	79.90	81.60	79.70
ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งเฉลี่ย (L)	80.44			80.06			80.40		

อภิปรายหลังการทดลอง

1. ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะโดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งเรียกว่า ความร้อนแฝง และในการเปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นของเหลว จะเกิดขึ้นได้เมื่อมีการรับ ความร้อน และความร้อนที่ได้รับนี้จะใช้ในการเปลี่ยนสถานะโดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยน
2. การเพิ่มความร้อนกับน้ำก่อนเพื่อเป็นการชดเชยการสูญเสียความร้อนที่จะเกิดขึ้น
3. น้ำแข็งที่มีมวลต่าง กันต้องใช้ปริมาณความร้อนต่างกันในการทำให้เปลี่ยนสถานะ
4. จากหลักการอนุรักษ์พลังงานสามารถนำมาใช้ในการคำนวณหาค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งได้

คำแนะนำเพิ่มเติม

1. ครูแนะนำให้ให้นักเรียนทำคำถามท้ายการทดลอง เพื่อความเข้าใจมากยิ่งขึ้น
2. ครูชี้ให้เห็นถึงการเปลี่ยนสถานะที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน

แนวการตอบคำถามท้ายการทดลอง

1. จากวิธีการทดลองหาความร้อนแฝงของการหลอมเหลวตอนที่ 1 เพราะเหตุใดต้องเติมน้ำที่มีอุณหภูมิของสูงกว่าอุณหภูมิห้องประมาณ 4 - 5 องศาเซลเซียส จงอธิบาย

ตอบ เพื่อชดเชยการสูญเสียความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อม

2. ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งที่ได้จากการทดลองมีค่าเท่าใด และถูกต้องตามทฤษฎีหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องนักเรียนคิดว่ามีสาเหตุมาจากอะไร จงอธิบาย

ตอบ ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งที่ได้จากการทดลองมีค่าเท่ากับ 80 cal/g และถูกต้องตาม ทฤษฎี

3. จากการทดลองสิ่งใดบ้างมีปริมาณความร้อนลดลงและสิ่งใดบ้างปริมาณความร้อนเพิ่มขึ้น จงอธิบาย พร้อมให้เหตุผลประกอบ

ตอบ น้ำแข็งมีปริมาณความร้อนเพิ่มขึ้น ในขณะที่น้ำมีอุณหภูมิลดลง เพราะมีการถ่ายเทความร้อนให้แก่กันภายในระบบ

4. ถ้าต้องการหาค่าความร้อนแฝงของการน้ำแข็งที่มีขนาดต่าง ๆ กันนักเรียนคิดว่าสามารถทดลองตามวิธีการตอนที่ 1 ได้หรือไม่ จงอธิบาย

ตอบ ได้ เพราะเป็นการหาค่าความร้อนแฝงเช่นกัน

5. ระหว่างน้ำแข็งที่มีขนาดต่าง ๆ กันใช้ความร้อนในการเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวโดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงต่างกันหรือไม่ จงอธิบาย

ตอบ ต่างกัน คือ ถ้าน้ำแข็งขนาดใหญ่ (มวลมาก) ใช้ความร้อนในการเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวมาก ตามขนาดของมวล

คู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3
เรื่อง อิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือด

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อเรียนจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทดสอบอิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือดได้
2. ออกแบบการทดลองที่เหมาะสมกับตัวแปรที่เปลี่ยนไปได้
3. ทดสอบปัจจัยอื่นนอกจากความดันที่มีผลต่อจุดเดือดได้

ตอนที่ 1 อิทธิพลของความดันที่มีผลต่อจุดเดือด

เวลาที่ใช้ 2 คาบ (100 นาที)

อธิบายก่อนการทดลอง	20	นาที
ทดลอง	50	นาที
อธิบายหลังการทดลอง	30	นาที

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน / กลุ่ม)

1. ขวดแก้วกันกลมขนาด 500 ml	1	ใบ
2. เทอร์โมมิเตอร์	2	อัน
3. บีเกอร์ขนาด 250 ml	1	ใบ
4. จุกยาง 1 รูขนาดเบอร์ 14	1	อัน
5. ตะเกียงแอลกอฮอล์ , ที่กั้นลม	1	ชุด
6. ขาดั่ง 3 ขา	1	อัน
7. ขาดั่งพร้อมไม้หนีบ	1	ชุด
8. ไม้ขีดไฟ	1	กลั๊ก
9. ผ้าเช็ดมือ	1	ผืน
10. กระดาษพลาสติก	1	ใบ

การเตรียมตัวล่วงหน้า

1. ครูเตรียมต้มน้ำไว้ล่วงหน้าเพื่อประหยัดเวลา
2. ครูเตือนให้ระวังขณะการทดลองที่ต้องคว้าขวดแก้วซึ่งภายในบรรจุน้ำร้อน

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. เมื่อความดันระดับน้ำทะเลน้ำจะเดือดที่ 100°C
2. เมื่อความสูงเพิ่มมากขึ้นซึ่งความดันลดลง จุดเดือดจะลดลงทำให้น้ำเดือดเร็วขึ้น

แนวการตั้งปัญหา

1. ความดันมีผลต่อจุดเดือดอย่างไร
2. จะมีวิธีการทดลองอย่างไรเพื่อทดสอบว่าความดันมีผลต่อจุดเดือด

แนวการตั้งสมมติฐาน

1. เมื่อความดันลดลงจุดเดือดจะลดลง ทำให้น้ำเดือดเร็วขึ้น
2. เมื่อความสูงเพิ่มขึ้นความดันจะลดลง

ตัวอย่างผลการทดลอง ตอนที่ 1

การทดลอง ครั้งที่	อุณหภูมิของจุดเดือด ($^{\circ}\text{C}$)				การเปลี่ยนแปลงหลังให้ ความร้อนแล้วรูดน้ำ
	ขณะให้ความร้อน	หลังให้ความร้อนแล้วรูดน้ำ			
		50 cm ³	50 cm ³	50 cm ³	
1	98.5	95	92	90	- มีไอน้ำเกาะภายในขวด - น้ำภายในขวดเดือด
2	99	96	93	89	- มีไอน้ำเกาะภายในขวด - น้ำภายในขวดเดือด
3	99	97	93	88	- มีไอน้ำเกาะภายในขวด - น้ำภายในขวดเดือด
เฉลี่ย	98.83	96	92.67	89	
		92.56			

อภิปรายหลังการทดลอง

1. การลดความดันทำได้โดยการทำให้ความดันไอบนผิวหนังในภาชนะปิดสัมผัสกับน้ำเย็นซึ่งไอน้ำเกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ
2. เมื่อความดันลดลงจุดเดือดก็จะต่ำลง สังเกตได้จากน้ำเดือดเร็วขึ้น

คำแนะนำเพิ่มเติม

1. ครูแนะนำและกระตุ้นให้นักเรียนทำการทดลองตอนที่ 2
2. ครูชี้ให้เห็นประโยชน์จากการนำความรู้เรื่องดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

ตอนที่ 2 ปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อจุดเดือด

เวลาที่ใช้ 2 คาบ (100 นาที)

อธิบายก่อนการทดลอง	20	นาที
ทดลอง	50	นาที
อธิบายหลังการทดลอง	30	นาที

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน / กลุ่ม)

1. เทอร์มอมิเตอร์ที่มีอุณหภูมิมากกว่า 100 °C	1	อัน
2. ปีกเกอร์ขนาด 250 ml	1	ใบ
4. โซเดียมคลอไรด์	500	กรัม
5. ตะเกียงแอลกอฮอล์, ที่กั้นลม	1	ชุด
6. แท่งแก้วคนสาร	1	อัน
8. ไม้ขีดไฟ	1	ก๊อ
9. ผ้าเช็ดมือ	1	ผืน
10. กระดาษพลาสติก	1	ใบ

การเตรียมตัวล่วงหน้า

1. ครูเตรียมอุปกรณ์ที่จะให้นักเรียนใช้ในการทดลอง
2. ครูแนะนำให้นักเรียนช่วยกันออกแบบการทดลอง

อธิบายก่อนการทดลอง

1. เมื่อใส่สารละลายลงในน้ำบริสุทธิ์มีผลทำให้จุดเดือดของน้ำเพิ่มมากขึ้น
2. โซเดียมคลอไรด์เป็นสารละลายชนิดหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการทดลองเรื่องนี้ได้

แนวการตั้งปัญหา

1. จุดเดือดของน้ำจะเพิ่มขึ้นได้ด้วยวิธีการใดบ้าง
2. การใส่สารละลายลงในน้ำบริสุทธิ์มีผลทำให้จุดเดือดของน้ำเพิ่มมากขึ้นหรือไม่

แนวการตั้งสมมติฐาน

1. จุดเดือดของน้ำเปลี่ยนไปเมื่อใส่สารละลายโซเดียมคลอไรด์
2. การใส่สารละลายโซเดียมคลอไรด์ลงในน้ำบริสุทธิ์มีผลทำให้จุดเดือดของน้ำเพิ่มมากขึ้น

ตัวอย่างผลการทดลอง ตอนที่ 2

การทดลอง	อุณหภูมิของน้ำเดือด (°C)
1. น้ำบริสุทธิ์	98
2. เติมน้ำเกลือ 20 กรัม	99.5
3. เติมน้ำเกลือ 50 กรัม	102
4. เติมน้ำเกลือ 100 กรัม	107

อภิปรายหลังการทดลอง

1. การเติมน้ำเกลือลงในน้ำบริสุทธิ์ทำให้จุดเดือดของน้ำเพิ่มขึ้น
2. เมื่อเติมน้ำเกลือลงในน้ำบริสุทธิ์เพิ่มมากขึ้นการเดือดกลายเป็นไอน้ำจะเป็นไปได้ยากขึ้น
3. การเติมน้ำเกลือลงในน้ำบริสุทธิ์ทำให้โมเลกุลของน้ำสั่นได้ยากขึ้นเมื่อได้รับความร้อน

คำแนะนำเพิ่มเติม

1. ครูแนะนำและกระตุ้นให้นักเรียนทำคำถามท้ายการทดลองเพื่อเพิ่มความเข้าใจมากยิ่งขึ้น
2. ครูแนะนำให้นักเรียนค้นคว้าเพิ่มเติมและชี้ให้เห็นถึงการนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

แนวการตอบคำถามท้ายการทดลอง

1. จากผลการทดลองตอนที่ 1 ความดันมีผลต่อจุดเดือดอย่างไร จงอธิบาย

ตอบ เมื่อลดความดันมีผลทำให้จุดเดือดลดลง

2. นอกจากความดันมีผลต่อจุดเดือดแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นใดบ้างที่มีผลต่อจุดเดือด จงอธิบาย

ตอบ นอกจากความดันมีผลต่อจุดเดือดแล้ว ความสูงก็มีผลต่อจุดเดือด และการเติมสารละลายลงในน้ำบริสุทธิ์ก็มีผลต่อจุดเดือด

3. ถ้าเด็กชายโกโบริต้องการจะต้มน้ำให้เดือดที่อุณหภูมิ 100°C บนยอดเขาหิมาลัย เขาจะต้องทำอย่างไร

ตอบ จะต้องต้มในหม้อต้มแบบความดัน

4. เด็กชายอามและเด็กหญิงมุกต้องการต้มน้ำให้เดือด ในขณะที่เด็กชายอามอยู่กรุงเทพแต่เด็กหญิงมุกอยู่เชียงใหม่ อยากทราบว่าจุดเดือดของน้ำทั้งสองที่แตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

ตอบ จุดเดือดแตกต่างกัน โดยที่จุดเดือดของน้ำที่เชียงใหม่มีค่าต่ำกว่าเนื่องจากเชียงใหม่อยู่บนที่สูงซึ่งมีความดันต่ำ

5. จงยกตัวอย่างการนำหลักการ เรื่องความดันที่มีผลต่อจุดเดือดไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

ตอบ นำไปสร้างเป็นหม้อตุ๋นความดัน หรือการปิดฝาหม้อเพื่อให้น้ำเดือดที่อุณหภูมิสูง ๆ

คู่มือครูประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
เรื่องที่ 3 ความร้อนกับการขยายตัว

ประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ 1 บทปฏิบัติการ ดังนี้

บทปฏิบัติการที่ 4 เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัว

ตอนที่ 1 ความร้อนกับการขยายตัวของของแข็ง

ตอนที่ 2 ความร้อนกับการขยายตัวของของเหลว

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับความร้อนกับการขยายตัวของของแข็งต่างชนิดได้
2. สามารถออกแบบวิธีการทดลองความร้อนกับการขยายตัวของของเหลวได้
3. สามารถอธิบายการนำหลักการเกี่ยวกับความร้อนกับการขยายตัวไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

คู่มือประกอบการสอนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4 เรื่อง ความร้อนกับการขยายตัว

จุดประสงค์การทดลอง เมื่อเรียนจบบทปฏิบัติการนี้แล้วนักเรียนสามารถ

1. ทดสอบความร้อนกับการขยายตัวของของแข็งต่างชนิดได้
2. ออกแบบการทดลองความร้อนกับการขยายตัวของของเหลวได้
3. ทดสอบความร้อนกับการขยายตัวของของเหลวได้

ตอนที่ 1 ความร้อนกับการขยายตัวของของแข็ง

เวลาที่ใช้ 2 คาบ (100 นาที)

อภิปรายก่อนการทดลอง	20	นาที
ทดลอง	50	นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	30	นาที

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน / กลุ่ม)

1. แผ่นของแข็งต่างชนิดขนาด 3 × 12 cm. (อะลูมิเนียม , ทองแดง , สังกะสี , ไม้ , พลาสติก)	1	ชุด
2. ตะเกียงแอลกอฮอล์และแผงกั้นลม	1	ชุด
3. ไม้หนีบ	2	อัน
4. ไม้ขีดไฟ	1	ก๊อ

การเตรียมล่วงหน้า

1. ครูเตรียมแผ่นของแข็งต่างชนิดที่ประกบกันแต่ละคู่
2. ครูแนะนำให้นักเรียนใช้ทักษะการสังเกตอย่างละเอียด เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลง

ขณะทำการทดลอง

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. เมื่อให้ความร้อนกับโลหะ โมเลกุลของโลหะจะเกิดการสั่นและขยายตัว
2. โลหะต่างชนิดกันเมื่อได้รับความร้อนเท่ากันการขยายตัวจะแตกต่างกัน

แนวการตั้งปัญหา

1. ความร้อนมีผลต่อการขยายตัวของโลหะอย่างไร
2. โลหะต่างชนิดกันเมื่อได้รับความร้อนเท่ากันจะเกิดการขยายตัวต่างกันหรือไม่

แนวการตั้งสมมติฐาน

1. ความร้อนมีผลทำให้โลหะเกิดการขยายตัว
2. โลหะต่างชนิดกันเมื่อได้รับความร้อนเท่ากันจะเกิดการขยายตัวต่างกัน

ตัวอย่างผลการทดลอง ตอนที่ 1

แผ่นของแข็งที่นำมาประกอบคู่	ผลการเปลี่ยนแปลง
1. อะลูมิเนียม + ทองแดง	แผ่นอะลูมิเนียมโก่งมากกว่าทองแดง
2. อะลูมิเนียม + สังกะสี	แผ่นสังกะสีโก่งมากกว่าอะลูมิเนียม
3. อะลูมิเนียม + ทองเหลือง	แผ่นอะลูมิเนียมโก่งมากกว่าทองเหลือง
4. ทองแดง + สังกะสี	แผ่นสังกะสีโก่งมากกว่าทองแดง
5. ทองแดง + ทองเหลือง	แผ่นทองเหลืองโก่งมากกว่าทองแดง
6. สังกะสี + ทองเหลือง	แผ่นสังกะสีโก่งมากกว่าทองเหลือง

อภิปรายหลังการทดลอง

1. เมื่อโลหะได้รับความร้อนจะเกิดการขยายตัว
2. โลหะต่างชนิดเมื่อได้รับความร้อนเท่ากันการขยายตัวจะแตกต่างกัน

คำแนะนำเพิ่มเติม

1. ครูแนะนำและกระตุ้นให้นักเรียนทำการทดลองตอนที่ 2
2. ครูแนะนำให้นักเรียนช่วยกันค้นคว้าเพิ่มเติม

ตอนที่ 2 ความร้อนกับการขยายตัวของของเหลว

เวลาที่ใช้ 2 คาบ (100 นาที)

อภิปรายก่อนการทดลอง	20	นาที
ทดลอง	50	นาที
อภิปรายหลังการทดลอง	30	นาที

อุปกรณ์และสารเคมี (จำนวน / กลุ่ม)

1. ขวดแก้วกันกลม	1	ใบ
2. หลอดน้ำก๊าซขนาดยาว พร้อมจุกยาง	1	อัน
3. สีผสมอาหาร	1	ซอง
4. ตะเกียงแอลกอฮอล์ พร้อมที่กันลม	1	ชุด
5. กะละมัง	1	ใบ
6. ปีกเกอร์หรือกาต้มน้ำ	1	ใบ

การเตรียมล่วงหน้า

1. ครูเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง และเตรียมต้มน้ำไว้ให้นักเรียนก่อน
2. ครูแนะนำให้ให้นักเรียนช่วยกันออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานที่นักเรียนตั้ง

อภิปรายก่อนการทดลอง

1. เมื่อของเหลวได้รับความร้อนโมเลกุลของของเหลวจะเกิดการสั่น
2. การสั่นของโมเลกุลของของเหลวทำให้ของเหลวเกิดการขยายตัว
3. ควรใส่น้ำให้เต็มขวดเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย
4. ควรใช้น้ำที่ร้อนมากเพื่อให้สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ชัดเจน

แนวการตั้งปัญหา

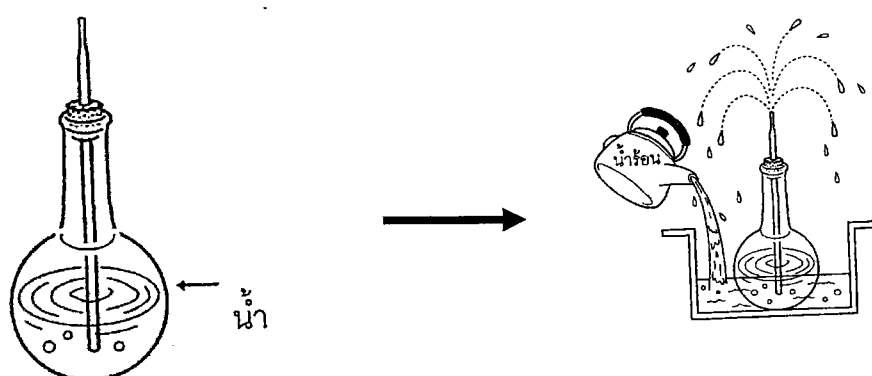
1. ความร้อนมีผลต่อการขยายตัวของของเหลวหรือไม่
2. เมื่อของเหลวได้รับความร้อนจะเกิดการขยายตัวอย่างไร

แนวการตั้งสมมติฐาน

1. ความร้อนมีผลต่อการขยายตัวของของเหลว
2. เมื่อของเหลวได้รับความร้อนจะเกิดการขยายตัว

ตัวอย่างผลการทดลอง ตอนที่ 2

การขยายตัวของของเหลวอาจทดลอง ให้เห็นจริงได้โดยใช้ขวดแก้วก้นกลมพร้อมด้วย จุกยางที่มีรูสำหรับเสียบหลอดแก้ว ใส่ น้ำ หรือของเหลวอื่นให้เต็มขวดปิดจุกยางที่มีหลอดแก้ว เสียบอยู่โดยให้ระดับของของเหลวขึ้นมา ในหลอดเหนือจุกยางเล็กน้อย เมื่อนำขวดแก้วนี้จุ่มลงในอ่างน้ำอุ่น หรือนำน้ำร้อนมาราดข้างขวด จะสังเกตเห็นว่าตอนแรกระดับของของเหลวในขวด ลดลงเล็กน้อย แล้วจึงเริ่มสูงขึ้นอย่างสม่ำเสมอ จากรูป



อภิปรายหลังการทดลอง

นักเรียนแต่ละกลุ่มจะควรร่วมกันอภิปรายผลเพื่อนำไปสู่ข้อสรุป ดังนี้

1. เมื่อของเหลวได้รับความร้อนจะเกิดการขยายตัว
2. การขยายตัวของของเหลวเกิดขึ้นเมื่อมีพลังงานมากขึ้นทำให้โมเลกุลของของเหลวสั่นและชนกัน

คำแนะนำเพิ่มเติม

1. ครูกระตุ้นและแนะนำให้นักเรียนทำคำถามท้ายการทดลองเพื่อเพิ่มความเข้าใจมากยิ่งขึ้น
2. ครูแนะนำให้นักเรียนค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้อื่นๆ

แนวการตอบคำถามท้ายการทดลอง

1. ถ้าต้องการทราบว่าระหว่างทองแดงกับทองเหลืองเมื่อได้รับความร้อนเท่ากันที่ตำแหน่งเดียวกัน วัตถุใดขยายตัวมากกว่ากัน และมีวิธีการทดลองอย่างไร

ตอบ นำทองแดงกับทองเหลืองมาประกบกันให้สนิทจากนั้นให้ความร้อน และสังเกตการโก่งงอ ถ้าโลหะชนิดใดโก่งงอมากแสดงว่ามีการขยายตัวมาก

2. จงอธิบายหลักการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าซึ่งใช้หลักการที่ได้จากความร้อนกับขยายตัวมา

2 ชนิด

ตอบ เตารีดไฟฟ้า และหม้อหุงข้าว

3. ถ้าต้องการทดลองว่าระหว่างน้ำ กับน้ำมันเมื่อได้รับความร้อนเท่ากันสิ่งใดจะเกิดการขยายตัวมากกว่ากัน นักเรียนจะมีวิธีการทดลองอย่างไร จงอธิบาย

ตอบ ใส่ น้ำและน้ำมันลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก แล้วนำไปแช่น้ำร้อน

4. การสร้างรางรถไฟมีความจำเป็นต้องเว้นช่องว่างที่หัวรางเอาไว้ เพราะเหตุใด จงอธิบาย

ตอบ เพื่อลดอุบัติเหตุ เพราะเมื่อรางรถไฟร้อนจะเกิดการขยายตัวถ้าไม่เว้นช่องว่างรางรถไฟจะโก่งงอรถไฟอาจตกรางได้

5. จงยกตัวอย่างการขยายตัวของแก๊สเมื่อได้รับความร้อน ที่สามารถเห็นได้ในชีวิตประจำวัน

ตอบ อากาศที่อยู่รอบ ๆ ตัวเรา เช่น ขณะที่เราไปยืนข้างกองไฟจะรู้สึกร้อน

ภาคผนวก ค

1. ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
2. ตารางสรุปการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
3. ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ทั่วไป (แบบทดสอบแบบปรนัย)
4. ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความ (แบบทดสอบแบบอัตนัย)
5. ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุป (แผนที่ความคิด)
6. ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
7. ตารางแสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ตาราง 23 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
บทปฏิบัติการที่ 1								
<u>ส่วนที่ 1</u>								
1.1 ความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหาในใบความรู้	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
1.2 ภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
<u>ส่วนที่ 2</u>								
2.1 หลักการ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
2.2 จุดประสงค์การทดลอง	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	ผ่าน
2.3 อุปกรณ์และสารเคมี	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
2.4 วิธีการทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
<u>ส่วนที่ 3</u>								
3.1 รูปแบบเอกสารรายงานผลการทดลอง	-1	+1	+1	+1	+1	3	0.6	ผ่าน
3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
- สอดคล้องกับการทดลองในบทปฏิบัติการ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- สอดคล้องกับจุดประสงค์การทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- สอดคล้องกับกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- ส่งเสริมการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน

ตาราง 23 (ต่อ)

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
บทปฏิบัติการที่ 2								
<u>ส่วนที่ 1</u>								
1.1 ความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหาในใบความรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
1.2 ภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	0	0	+1	+1	+1	3	0.6	ผ่าน
<u>ส่วนที่ 2</u>								
2.1 หลักการ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
2.2 จุดประสงค์การทดลอง	-1	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
2.3 อุปกรณ์และสารเคมี	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
2.4 วิธีการทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
<u>ส่วนที่ 3</u>								
3.1 รูปแบบเอกสารรายงานผลการทดลอง	-1	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
- สอดคล้องกับการทดลองในบทปฏิบัติการ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- สอดคล้องกับจุดประสงค์การทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- สอดคล้องกับกระบวนการเสาะแสวง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
- ส่งเสริมการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	ผ่าน

ตาราง 23 (ต่อ)

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
บทปฏิบัติการที่ 3								
ส่วนที่ 1								
1.1 ความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหาในใบความรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
1.2 ภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	-1	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
ส่วนที่ 2								
2.1 หลักการ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
2.2 จุดประสงค์การทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
2.3 อุปกรณ์และสารเคมี	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
2.4 วิธีการทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
ส่วนที่ 3								
3.1 รูปแบบเอกสารรายงานผลการทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
- สอดคล้องกับการทดลองในบทปฏิบัติการ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- สอดคล้องกับจุดประสงค์การทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- สอดคล้องกับกระบวนการเสาะแสวง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
- ส่งเสริมการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	ผ่าน

ตาราง 23 (ต่อ)

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
บทปฏิบัติการที่ 4								
<u>ส่วนที่ 1</u>								
1.1 ความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหาในใบความรู้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
1.2 ภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	0	0	+1	+1	+1	3	0.6	ผ่าน
<u>ส่วนที่ 2</u>								
2.1 หลักการ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
2.2 จุดประสงค์การทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
2.3 อุปกรณ์และสารเคมี	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
2.4 วิธีการทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
<u>ส่วนที่ 3</u>								
3.1 รูปแบบเอกสารรายงานผลการทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
- สอดคล้องกับการทดลองในบทปฏิบัติการ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- สอดคล้องกับจุดประสงค์การทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- สอดคล้องกับกระบวนการเสาะแสวง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- ส่งเสริมการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน

ตาราง 24 สรุปผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
1	0.90
2	0.80
3	0.94
4	0.96
ภาพรวม	0.90

สรุปข้อเสนอแนะ

1. ใช้คำที่เป็นทางการ เช่น เย็นลง เปลี่ยนเป็นอุณหภูมิลดลง น้ำร้อน เปลี่ยนเป็นฤดูร้อน
2. ปรับแก้ตัวอย่างที่เป็นการแทนสูตร ให้รู้ที่มาเป็นขั้นตอน
3. คำถามท้ายการทดลองปรับแก้ให้มีความชัดเจนและมีความสมบูรณ์ของคำถาม
4. ปรับเพิ่มหรือลดข้อความบางส่วนให้มีความหมายชัดเจนมากขึ้น
5. ย้ายข้อความให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม และเน้นข้อความที่สำคัญด้วยการทำตัวเข้ม
6. ปรับแก้การทดลองตอนที่ 2 จากการศึกษาความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง (ทำจากน้ำไม่บริสุทธิ์) เป็นการศึกษาความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็งที่มีขนาดต่างกัน เนื่องจากควบคุมและจัดเตรียมน้ำไม่บริสุทธิ์ได้ยาก
7. เพิ่มความชัดเจนของข้อความท้ายการทดลองบางส่วนที่ไม่สมบูรณ์
8. ปรับแก้คำผิด การเว้นวรรคตามความเหมาะสม ตัดข้อความที่ฟุ่มเฟือยออก

ตาราง 25 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ทั่วไป
(แบบทดสอบแบบปรนัย)

แบบทดสอบข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
1	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
3	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
5	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
7	0	+1	0	+1	+1	3	0.6	ผ่าน
8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
11	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
12	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
13	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
14	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
15	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
16	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
17	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
18	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
19	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
20	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
21	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
22	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
23	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
24	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
25	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน

ตาราง 25 (ต่อ)

แบบทดสอบข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
26	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
27	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
28	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
29	+1	+1	0	+1	0	3	0.6	ผ่าน
30	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
31	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
32	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
33	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
34	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
35	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
36	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
37	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
38	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
39	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
40	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
41	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
42	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
43	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
44	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
45	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
46	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
47	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
48	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
49	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
50	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
51	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
52	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน

ตาราง 25 (ต่อ)

แบบทดสอบข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
53	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
54	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
55	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
56	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
57	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
58	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
59	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
60	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
61	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
62	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
63	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
64	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
65	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
66	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
67	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
68	+1	+1	0	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
69	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
70	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
71	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
72	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
73	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
74	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
75	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
76	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
77	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
78	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
79	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
80	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน

สรุปข้อเสนอแนะ

1. ปรับคำถามให้มีความสมบูรณ์และชัดเจน
2. ปรับแก้คำผิด การเว้นวรรคตามความเหมาะสม ตัดข้อความที่ฟุ่มเฟือยออก
3. ปรับเปลี่ยนข้อที่มีคำตอบถูกมากกว่า 1 คำตอบ

ตาราง 26 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้
ด้านการอธิบายความ (แบบทดสอบแบบอัตนัย)

แบบทดสอบข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
1	-1	+1	+1	+1	+1	3	0.6	ผ่าน
2	0	0	+1	+1	+1	3	0.6	ผ่าน
3	+1	+1	-1	+1	+1	3	0.6	ผ่าน
4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
5	0	+1	+1	0	+1	3	0.6	ผ่าน
6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
7	-1	+1	+1	+1	+1	3	0.6	ผ่าน
8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
9	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน

สรุปข้อเสนอแนะ

1. ปรับคำถามให้มีความสมบูรณ์และชัดเจน
2. ปรับแก้คำผิด การเว้นวรรคตามความเหมาะสม ตัดข้อความที่ฟุ่มเฟือยออก

ตาราง 27 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้าน
ความรู้เชิงสรุป (แผนที่ความคิด)

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
ประเด็นการประเมิน								
1) แผนผังความคิดที่สร้างขึ้นถูกต้องตรงตามเนื้อหา	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
2) มีการจัดเรียงหัวข้อในทัศน์อย่างต่อเนื่อง	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
3) มีการลากเส้นเชื่อมโยงมโนทัศน์และแสดงความสัมพันธ์ได้อย่างสมเหตุสมผล	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
4) มีการจัดเรียงรูปแบบมโนทัศน์เหมาะสม	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
5) ระบุแหล่งเรียนรู้จากการค้นคว้าเพิ่มเติมอย่างหลากหลายและชัดเจน	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน

สรุปข้อเสนอแนะ

1. ปรับคำถามให้มีความสมบูรณ์และชัดเจน
2. ปรับแก้คำผิด การเว้นวรรคตามความเหมาะสม ตัดข้อความที่ฟุ่มเฟือยออก
3. ปรับเกณฑ์ในการให้คะแนนให้ครอบคลุมพฤติกรรมที่ต้องการวัด
4. ในขณะที่นักเรียนทำครูควรแนะนำให้นักเรียนค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้อื่น ๆ เพิ่มเติม

ตาราง 28 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินผลการเรียนรู้ด้าน
ทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
1. ด้านการวางแผนการทดลอง								
<u>ประเด็นการประเมิน</u>								
- มีการปรึกษาหารือ (กับผู้ที่เกี่ยวข้อง) เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้ผู้ร่วมการทดลองอย่างเหมาะสมชัดเจน	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	ผ่าน
- มีความสามารถในการปรับปรุงแนวทางการทดลองอย่างเหมาะสม	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	ผ่าน
2. ด้านการปฏิบัติการทดลอง								
2.1 ด้านเทคนิคการทดลอง								
<u>ประเด็นการประเมิน</u>								
- ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธีเป็นขั้นตอนไม่สับสน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- ใช้อุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- อ่านค่าและตรวจสอบได้อย่างถูกต้อง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- ทำการทดลองอย่างระมัดระวังและปลอดภัย	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน

ตาราง 28 (ต่อ)

รายการที่ประเมิน	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	แปลผล
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5			
2.2 ด้านความคล่องแคล่วในการทดลอง <u>ประเด็นการประเมิน</u>	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่ว	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- ปฏิบัติการทดลองอย่างถูกต้องสมบูรณ์	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	ผ่าน
- มีความเชื่อมั่นในขณะปฏิบัติการทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
2.3 ด้านความสะอาดและความเป็นระเบียบ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
<u>ประเด็นการประเมิน</u>								
- จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสมและเพียงพอ	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ได้สะดวกขณะทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- จัดเก็บอุปกรณ์เครื่องใช้หลังการทดลองได้ถูกวิธี	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่างสะอาดและเรียบร้อย	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
3. ด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง <u>ประเด็นการประเมิน</u>								
- จุดประสงค์การทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- สมมติฐาน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- ผลการทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- สรุปผลการทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
- คำถามท้ายบทปฏิบัติการทดลอง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน

ตาราง 29 แสดงการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

แบบสอบถามข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
1	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
2	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
3	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
4	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
5	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	ผ่าน
6	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
7	0	+1	+1	0	+1	3	0.6	ผ่าน
8	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
9	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	ผ่าน
10	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
11	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	ผ่าน
12	0	+1	+1	0	+1	3	0.6	ผ่าน
13	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
14	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
15	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	ผ่าน
16	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	ผ่าน
17	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
18	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
19	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
20	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
21	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	ผ่าน
22	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
23	+1	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
24	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	ผ่าน
25	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	ผ่าน

ตาราง 29(ต่อ)

แบบสอบถามข้อที่	ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม	IOC	แปลผล
	1	2	3	4	5			
26	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
27	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
28	0	+1	+1	+1	+1	4	0.8	ผ่าน
29	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน
30	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	ผ่าน

ภาคผนวก ง

1. ตารางแสดงค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ทั่วไป (แบบทดสอบแบบปรนัย)
2. ตารางแสดงค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความ (แบบทดสอบแบบอัตนัย)
3. ตารางแสดงการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 1 โดยผู้เชี่ยวชาญ
4. ตารางแสดงการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2 โดยผู้เชี่ยวชาญ
5. ตารางแสดงการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3 โดยผู้เชี่ยวชาญ
6. ตารางแสดงการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4 โดยผู้เชี่ยวชาญ
7. ตารางแสดงคะแนนเฉลี่ยคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน
8. ตารางแสดงค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
9. ตารางแสดงค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

ตาราง 30 แสดงค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
วัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูกกลุ่มสูง	จำนวนผู้ตอบถูกกลุ่มต่ำ	p	r	ข้อที่เลือก
*1	27	17	0.44	0.20	✓
*2	23	12	0.35	0.22	✓
*3	29	17	0.46	0.24	✓
*4	19	5	0.24	0.28	✓
5	37	41	0.78	-0.08	-
*6	36	24	0.60	0.24	✓
*7	29	16	0.45	0.26	✓
8	32	34	0.66	-0.04	-
9	33	28	0.61	0.10	-
*10	18	4	0.22	0.28	✓
11	32	26	0.59	0.12	-
*12	40	5	0.30	0.42	✓
13	27	47	0.88	-0.12	-
*14	32	21	0.53	0.22	✓
15	22	46	0.86	-0.12	-
*16	32	6	0.33	0.42	✓
*17	31	7	0.29	0.30	✓
18	26	23	0.55	0.18	-
*19	31	19	0.50	0.24	✓
*20	26	12	0.38	0.28	✓
*21	38	28	0.66	0.20	✓
22	15	6	0.21	0.18	
*23	20	2	0.22	0.36	✓
*24	24	9	0.33	0.30	✓
25	16	3	0.19	0.26	-
*26	22	10	0.32	0.24	✓

ตาราง 30 (ต่อ)

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูกกลุ่มสูง	จำนวนผู้ตอบถูกกลุ่มต่ำ	p	r	ข้อที่เลือก
27	21	15	0.36	0.12	-
28	35	34	0.69	0.02	-
*29	31	10	0.41	0.42	✓
*30	27	10	0.37	0.34	✓
*31	34	13	0.47	0.42	✓
*32	36	22	0.58	0.28	✓
33	32	23	0.55	0.18	
34	38	36	0.74	0.04	-
35	34	36	0.70	-0.04	-
36	37	31	0.68	0.12	-
*37	21	7	0.28	0.28	✓
*38	28	17	0.45	0.22	✓
39	19	16	0.35	0.06	-
*40	34	10	0.44	0.48	✓
41	40	47	0.56	-0.14	-
*42	29	21	0.25	0.20	✓
43	30	29	0.36	0.20	-
*44	20	3	0.21	0.34	✓
*45	34	24	0.37	0.20	✓
46	37	39	0.47	-0.04	-
47	28	31	0.37	-0.06	-
*48	35	0	0.29	0.70	✓
*49	22	1	0.21	0.42	✓
50	30	33	0.47	-0.06	-
51	27	33	0.39	-0.12	-
*52	37	24	0.38	0.26	✓
*53	25	4	0.23	0.42	✓

ตาราง 30 (ต่อ)

ข้อที่	จำนวนผู้ตอบถูกกลุ่มสูง	จำนวนผู้ตอบถูกกลุ่มต่ำ	p	r	ข้อที่เลือก
*54	26	5	0.23	0.42	√
55	32	31	0.43	0.02	-
56	32	38	0.46	-0.12	-
*57	17	5	0.20	0.24	-
58	34	49	0.53	-0.30	-
*59	39	31	0.34	0.22	√
60	22	15	0.23	0.14	-
61	26	17	0.43	0.18	-
*62	21	2	0.23	0.38	√
63	38	37	0.75	0.02	-
64	25	20	0.45	0.10	-
65	30	22	0.52	0.16	
*66	22	8	0.30	0.28	√
67	17	36	0.53	-0.38	-
68	36	41	0.77	-0.10	-
*69	23	8	0.31	0.30	√
*70	23	12	0.35	0.22	√
71	14	2	0.16	0.24	-
72	34	32	0.66	0.04	-
73	38	44	0.82	-0.12	-
*74	24	11	0.35	0.26	√
*75	22	4	0.26	0.36	√
*76	22	3	0.25	0.38	√
77	26	33	0.59	-0.14	-
78	25	23	0.48	0.04	-
*79	18	5	0.23	0.26	√
80	26	23	0.49	0.06	-

หมายเหตุ

* หมายถึงแบบทดสอบที่ผ่านเกณฑ์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) โดยได้คัดเลือกไว้ 40 ข้อ แล้วนำไปคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ดังนี้

$$\text{ผลรวมของความแปรปรวนข้อย่อย (p x q) = 8.80}$$

$$\text{ความแปรปรวน (คะแนนรวม) = 49.95}$$

$$\text{ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ = 0.84}$$

ตาราง 31 แสดงค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความ
(แบบทดสอบแบบอัตนัย)

นักเรียน (คนที่)	ข้อ										คะแนนรวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	4	3	3	2	3	3	2	3	3	4	30
2	2	3	3	3	3	2	2	3	3	3	27
3	3	2	2	4	4	3	3	2	2	4	29
4	3	2	3	3	4	3	1	3	3	3	28
5	3	3	2	3	3	3	3	3	2	4	29
6	4	2	2	2	3	1	3	3	3	2	26
7	4	3	2	3	3	3	3	3	3	4	31
8	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2	26
9	3	3	1	4	2	2	1	2	2	3	23
10	3	2	2	3	3	3	2	2	2	3	25
11	3	4	4	3	4	3	3	5	4	3	36
12	4	1	3	3	3	2	3	4	3	4	30
13	3	2	4	4	3	3	3	3	3	2	30
14	2	3	2	3	2	2	2	2	2	3	23
15	2	3	4	3	3	3	1	2	2	3	26
16	3	3	3	4	3	3	3	3	2	2	29
17	3	3	1	3	2	3	2	4	3	4	28
18	3	2	2	4	3	2	3	3	3	2	27
19	3	4	2	3	3	3	3	3	3	3	30
20	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	30
21	4	2	2	3	4	4	3	4	3	2	31
22	4	3	3	4	4	3	3	3	2	3	32
23	4	2	2	4	2	3	3	3	3	4	30
24	4	3	3	3	3	2	3	3	2	2	28
25	4	2	3	4	4	3	3	3	3	3	32

ตาราง 31 (ต่อ)

นักเรียน (คนที่)	ข้อ										คะแนนรวม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
26	3	3	2	4	2	2	2	3	3	3	27
27	3	2	2	3	3	3	2	2	2	3	25
28	4	2	2	2	3	3	3	3	3	2	27
29	4	2	3	3	2	1	2	3	3	3	26
30	4	3	3	3	4	3	3	3	2	3	31
31	4	3	3	3	4	3	3	4	2	4	33
32	3	3	2	4	3	2	3	3	3	4	30
33	3	4	3	4	4	3	3	3	3	2	32
34	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	25
35	4	4	3	4	4	3	3	3	2	4	34
36	4	3	3	4	3	2	3	3	3	2	30
37	2.5	2	2	3	2	3	2	3	3	3	25.5
38	4	3	2	4	3	2	3	3	4	3	31
39	3	2	3	2	2	3	3	3	3	2	26
40	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	28
41	4	3	3	2	3	3	2	2	2	1	25
42	3	2	2	3	4	1	3	3	3	3	27
43	4	4	3	2	3	2	1	2	1	4	26
44	3	3	2	4	3	3	3	3	3	3	30
45	3	3	3	3	4	2	2	3	3	2	28
46	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	32
47	3	2	3	3	2	2	2	3	2	3	25
48	3	3	2	4	3	3	3	3	3	3	30
49	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	29
50	4	2	3	4	3	3	3	3	3	2	30

ตาราง 31 (ต่อ)

นักเรียน (คนที่)	ข้อ										คะแนน
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	รวม
51	4	3	2	3	3	3	3	2	3	4	30
52	3	2	3	4	3	2	3	3	3	2	28
53	3	1	3	3	4	3	3	2	3	3	28
54	4	3	2	3	3	2	1	3	4	2	27
55	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	31
56	3	2	2	4	3	3	3	2	3	2	27
57	3	3	3	3	3	2	1	3	1	3	25
58	3	2	3	4	3	2	3	2	1	2	25
59	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	28
60	2	2	1	3	3	1	2	2	1	1	18
61	3	3	3	3	1	2	1	1	1	2	20
62	2	2	2	1	2	1	2	2	2	1	17
63	1	1	3	3	1	2	2	2	1	1	17
64	2	3	3	3	3	1	1	1	1	2	20
65	3	3	3	3	3	4	3	4	3	5	34
รวม	208.5	171	167	207	192	164	164	182	167	181	1803.5
ความ แปรปรวน รายข้อ	0.49	0.49	0.47	0.47	0.51	0.47	0.50	0.48	0.56	0.77	5.21
ความ แปรปรวน ของคะแนน รวม											14.66

ผลรวมของค่าความแปรปรวนรายข้อเท่ากับ 5.21 และค่าความแปรปรวนของคะแนนรวมเท่ากับ 14.66 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านอธิบายความ (แบบทดสอบแบบอัตนัย) โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนนาค มีความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.72

ตาราง 32 แสดงการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ที่ 1 โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่						S.D	ระดับ การ ประเมิน
	1	2	3	4	5	$\bar{X}$		
ส่วนที่ 1 ใ้ความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
1.1 ความถูกต้องและเหมาะสมของเนื้อหาในใ้ความรู้	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	3	4	5	4	4	4.00	0.71	
1.4 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	4	5	4	5	4.60	0.55	
1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	5	4	5	4	5	4.60	0.55	
1.6 ภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4	4	5	4	4	4.20	0.45	
1.7 ภาษาเข้าใจง่าย ชวนอ่าน	4	4	4	4	4	4.00	0.00	
รวม	31	28	34	28	30	4.31	2.49	ดีมาก
ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
2.1 หลักการ								
2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	5	5	5	4	5	4.80	0.45	
2.1.2 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
2.2 จุดประสงค์การทดลอง								
2.2.1 มีความชัดเจน	4	5	5	4	4	4.40	0.55	
2.2.2 ประเมินผลได้	4	5	5	4	4	4.40	0.55	
2.3 อุปกรณ์และสารเคมี								
2.3.1 เหมาะสมกับระดับนักเรียน	5	5	5	4	5	4.80	0.45	
2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่ทำการทดลอง	5	5	5	4	5	4.80	0.45	
2.4 วิธีการทดลอง								
2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	3	4	5	4	5	4.20	0.84	
2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม	4	4	5	4	4	4.20	0.45	
2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ	5	5	5	4	4	4.60	0.55	
2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	4	4	5	4	4	4.20	0.45	
2.4.5 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น	5	4	5	4	5	4.60	0.55	
2.4.6 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	5	5	4	5	4.80	0.45	
2.4.7 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะปฏิบัติการทดลอง	5	4	5	4	5	4.60	0.55	
รวม	59	59	65	52	59	4.52	4.60	ดีมาก

ตาราง 32 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่						S.D	ระดับการ ประเมิน
	1	2	3	4	5	$\bar{X}$		
ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถาม ท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
3.1 รูปแบบเอกสารรายงานผลการทดลองเหมาะสม	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
3.2.1 คำถามสอดคล้องกับการทดลอง	5	4	5	4	5	4.60	0.55	
3.2.2 คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
3.2.3 จำนวนข้อของคำถามเหมาะสม	4	4	5	4	4	4.20	0.45	
3.2.4 ความสั้นยาวของคำถามเหมาะสม	4	4	5	3	4	4.00	0.71	
3.2.5 ส่งเสริมกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ ทางวิทยาศาสตร์	5	4	5	5	5	4.80	0.45	
3.2.6 ส่งเสริมการนำความรู้และกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ไปใช้	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
รวม	33	28	35	28	30	4.40	3.11	ดีมาก

ตาราง 33 แสดงการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 2 โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่						S.D	ระดับการ ประเมิน
	1	2	3	4	5	$\bar{X}$		
ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
1.1 ความถูกต้องและเหมาะสมของเนื้อหาในใบความรู้	5	4	5	4	5	4.60	0.55	
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	5	4	5	4	5	4.60	0.55	
1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	3	4	5	4	4	4.00	0.71	
1.4 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	4	5	4	5	4.60	0.55	
1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหามีความเหมาะสม	5	4	5	4	5	4.60	0.55	
1.6 ภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	4	5	4	5	4.60	0.55	
1.7 ภาษาเข้าใจง่าย ชวนอ่าน	5	4	4	4	4	4.20	0.45	
รวม	33	28	34	28	33	4.46	2.95	ดีมาก
ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
2.1 หลักการ								
2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
2.1.2 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน	5	4	5	4	5	4.60	0.55	
2.2 จุดประสงค์การทดลอง								
2.2.1 มีความชัดเจน	5	4	4	4	4	4.20	0.45	
2.2.2 ประเมินผลได้	5	4	4	3	4	4.00	0.71	
2.3 อุปกรณ์และสารเคมี								
2.3.1 เหมาะสมกับระดับนักเรียน	5	5	5	4	5	4.80	0.45	
2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่ทำการทดลอง	5	5	5	4	4	4.60	0.55	
2.4 วิธีการทดลอง								
2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	3	4	5	3	5	4.00	1.00	
2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	5	4	4	4	5	4.40	0.55	
2.4.5 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น	5	4	5	4	5	4.60	0.55	
2.4.6 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
2.4.7 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะปฏิบัติการทดลอง	1	2	3	4	5	3.00	1.58	
รวม	59	52	60	50	58	4.29	4.49	ดีมาก

ตาราง 33 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่						S.D	ระดับการ ประเมิน
	1	2	3	4	5	$\bar{X}$		
ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถาม ท้าย								
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
3.1 รูปแบบเอกสารรายงานผลการทดลองเหมาะสม	5	4	5	5	5	4.8	0.45	
3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
3.2.1 คำถามสอดคล้องกับการทดลอง	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
3.2.2 คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
3.2.3 จำนวนข้อของคำถามเหมาะสม	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
3.2.4 ความสั้นยาวของคำถามเหมาะสม	5	4	5	4	5	4.60	0.55	
3.2.5 ส่งเสริมกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ ทางวิทยาศาสตร์	5	4	5	5	5	4.80	0.45	
3.2.6 ส่งเสริมการนำความรู้และกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ไปใช้	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
รวม	35	28	35	30	31	4.54	3.11	ดีมาก

ตาราง 34 แสดงการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 3 โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของ						S.D	ระดับการประเมิน
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5	$\bar{X}$		
ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
1.1 ความถูกต้องและเหมาะสมของเนื้อหาในใบความรู้	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	5	4	5	4	5	4.60	0.55	
1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	3	4	5	4	5	4.20	0.84	
1.4 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหามีความเหมาะสม	5	4	5	4	5	4.60	0.55	
1.6 ภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
1.7 ภาษาเข้าใจง่าย ชวนอ่าน	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
รวม	33	28	35	28	31	4.43	3.08	ดีมาก
ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
2.1 หลักการ								
2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	5	4	5	4	5	4.60	0.55	
2.1.2 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
2.2 จุดประสงค์การทดลอง								
2.2.1 มีความชัดเจน	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
2.2.2 ประเมินผลได้	5	4	5	4	5	4.60	0.55	
2.3 อุปกรณ์และสารเคมี								
2.3.1เหมาะสมกับระดับนักเรียน	5	4	5	4	5	4.60	0.55	
2.3.2เหมาะสมกับเรื่องที่ทำทดลอง	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
2.4 วิธีการทดลอง								
2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	3	4	5	3	5	4.00	1.00	
2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ	5	4	5	4	5	4.60	0.55	
2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	5	4	5	4	5	4.60	0.55	
2.4.5 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น	5	4	5	5	4	4.60	0.55	
2.4.6 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	4	5	5	4	4.60	0.55	
2.4.7 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะปฏิบัติการทดลอง	5	4	5	5	4	4.60	0.55	
รวม	63	52	65	54	58	4.49	5.59	รวม

ตาราง 34 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของ						S.D	ระดับการประเมิน
	ผู้เชี่ยวชาญคนที่							
	1	2	3	4	5	$\bar{X}$		
ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถามท้าย								
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
3.1 รูปแบบเอกสารรายงานผลการทดลองเหมาะสม	5	4	5	3	4	4.20	0.84	
3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
3.2.1 คำถามสอดคล้องกับการทดลอง	5	4	5	4	5	4.60	0.55	
3.2.2 คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	4	5	4	5	4.60	0.55	
3.2.3 จำนวนข้อของคำถามเหมาะสม	5	4	5	3	4	4.20	0.84	
3.2.4 ความสั้นยาวของคำถามเหมาะสม	5	4	5	3	4	4.20	0.84	
3.2.5 ส่งเสริมกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์	5	4	5	5	5	4.80	0.45	
3.2.6 ส่งเสริมการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
รวม	35	28	35	26	31	4.43	4.06	ดีมาก

ตาราง 35 แสดงการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ 4 โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่						SD	ระดับการ ประเมิน
	1	2	3	4	5	$\bar{X}$		
ส่วนที่ 1 ใบความรู้ประกอบบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
1.1 ความถูกต้องและเหมาะสมของเนื้อหาในใบความรู้	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
1.2 เนื้อหามีความต่อเนื่อง	5	4	4	4	5	4.40	0.55	
1.3 เนื้อหามีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	3	4	5	4	5	4.20	0.84	
1.4 เนื้อหามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	4	5	4	5	4.60	0.55	
1.5 ความสั้นยาวของเนื้อหาเหมาะสม	5	4	4	4	4	4.20	0.45	
1.6 ภาษาเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	4	5	3	4	4.20	0.84	
1.7 ภาษาเข้าใจง่าย ชวนอ่าน	5	4	4	3	4	4.00	0.71	
รวม	33	28	32	26	31	4.29	2.92	ดีมาก
ส่วนที่ 2 บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
2.1 หลักการ								
2.1.1 สอดคล้องกับบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์	5	4	5	4	5	4.60	0.55	
2.1.2 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
2.2 จุดประสงค์การทดลอง								
2.2.1 มีความชัดเจน	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
2.2.2 ประเมินผลได้	5	4	5	3	5	4.40	0.89	
2.3 อุปกรณ์และสารเคมี								
2.3.1 เหมาะสมกับระดับนักเรียน	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
2.3.2 เหมาะสมกับเรื่องที่ทำการทดลอง	5	4	5	3	4	4.20	0.84	
2.4 วิธีการทดลอง								
2.4.1 เหมาะสมกับเวลาที่ใช้	3	4	5	3	5	4.00	1.00	
2.4.2 เรียงลำดับกิจกรรมเหมาะสม	5	4	5	3	4	4.20	0.84	
2.4.3 มีความยากง่ายพอเหมาะ	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
2.4.4 ภาษาที่ใช้ชัดเจน	5	4	4	3	4	4.00	0.71	
2.4.5 ส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น	5	4	5	5	4	4.60	0.55	
2.4.6 นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม	5	4	5	5	4	4.60	0.55	
2.4.7 ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะปฏิบัติการทดลอง	5	4	5	5	5	4.80	0.45	
รวม	63	52	64	50	56	4.38	6.32	ดีมาก

ตาราง 35 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญคนที่						S.D	ระดับการ ประเมิน
	1	2	3	4	5	$\bar{X}$		
ส่วนที่ 3 เอกสารรายงานผลการทดลองและคำถาม ท้าย								
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
3.1 รูปแบบเอกสารรายงานผลการทดลองเหมาะสม	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
3.2 คำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์								
3.2.1 คำถามสอดคล้องกับการทดลอง	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
3.2.2 คำถามสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	4	5	4	4	4.40	0.55	
3.2.3 จำนวนข้อของคำถามเหมาะสม	4	4	5	4	5	4.40	0.55	
3.2.4 ความสั้นยาวของคำถามเหมาะสม	5	4	5	3	5	4.40	0.89	
3.2.5 ส่งเสริมกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ ทางวิทยาศาสตร์	5	4	5	5	4	4.60	0.55	
3.2.6 ส่งเสริมการนำความรู้และกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ไปใช้	5	4	5	4	5	4.60	0.55	
รวม	34	28	35	28	31	4.46	3.27	ดีมาก

ตาราง 36 แสดงค่าเฉลี่ยผลการประเมินคุณภาพบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญ

บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์ที่	รายการประเมิน			$\bar{X}$	S_d	ระดับการ ประเมิน
	ในความรู้ประกอบ บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์	บทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์	เอกสารรายงานผลการ ทดลองและคำถามท้ายบท ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์			
1	4.31	4.52	4.40	4.41	0.11	ดีมาก
2	4.46	4.29	4.54	4.43	0.13	ดีมาก
3	4.43	4.49	4.43	4.45	0.03	ดีมาก
4	4.29	4.38	4.60	4.42	0.16	ดีมาก
ภาพรวม	4.37	4.42	4.49	4.43	0.06	ดีมาก

ตาราง 37 (ต่อ)

บทปฏิบัติการที่ ด้านที่ นักเรียนคนที่	3					4					คะแนน รวม
	1	2.1	2.2	2.3	3	1	2.1	2.2	2.3	3	
1	4	3	5	5	4	5	3	5	4	5	83.0
2	5	4	3	5	4	5	4	4.5	4	4	88.5
3	5	5	5	3	3	3	5	5	5	5	89.0
4	5	5	4	5	4	4	5	5	4	3	91.0
5	5	4	4	4	4	4.5	4	4	3	5	83.5
6	5	5	5	5	5	5	3	4	4	5	90.0
7	4	4	5	4	4	5	5	3	3	4	85.5
8	5	5	4	5	5	5	5	4	4	5	90.0
9	4	4	5	4	5	5	5	3.5	5	5	93.5
10	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	91.0
11	3	3.5	4	3	5	5	4.5	4	4	4	82.0
12	4	4	4.5	3	4	4	4	5	4	5	81.5
13	5	5	5	5	5	3.5	4	4	5	4	90.5
14	4.5	4	3	3	5	4	4	3.5	4	4	78.0
15	5	5	5	4	4	5	4	4	4	4.5	84.0
16	4	5	5	4	4.5	5	4.5	4	5	5	89.5
17	4	4	5	5	5	4	4	4.5	4	5	88.5
18	5	5	4	5	4	5	5	5	5	4.5	93.5
19	4	4.5	5	5	5	5	5	4	4	4	88.5
20	3	5	4	4	4.5	4	3.5	5	4	3	83.0
21	4	5	4	5	4	4	5	5	5	5	90.5
22	3	4	4	4.5	5	5	4	3.5	4	5	82.5
23	4	5	5	5	5	3.5	3.5	4	5	5	91.5
24	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	93.5
25	5	4	4	5	5	5	5	4	5	5	93.0
26	4	4	3	4	5	4	5	5	5	5	86.5
27	4	5	4	4	3.5	3.5	4	5	4	4	83.0
28	5	4	5	5	4	4	4	5	5	3.5	85.0
29	4	4	4.5	4	4	4	5	4	5	4	83.0
30	4	3	4	3.5	5	5	4.5	4	4	5	83.0
รวม	129.5	131.0	132.0	131.0	133.5	134.0	131.5	129.5	131.0	135.5	2615.5
ค่าเฉลี่ย	4.32	4.37	4.40	4.37	4.45	4.47	4.38	4.32	4.37	4.52	87.18
S.D.	0.65	0.63	0.84	0.73	0.57	0.63	0.64	0.59	0.61	0.63	12.99
s^2_i	0.42	0.4	0.44	0.53	0.33	0.4	0.41	0.35	0.38	0.4	8.32
$s^2_{\bar{x}}$											18.54

ผลรวมค่าความแปรปรวนรายข้อเท่ากับ 8.32 และค่าความแปรปรวนของคะแนนรวมเท่ากับ 18.54 ค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินทักษะปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนบาค มีความเชื่อมั่นเท่ากับ มีค่าเท่ากับ 0.63

ตาราง 38 (ต่อ)

ข้อที่ นักเรียน	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	รวม
1	4	5	4	4	4	5	5	5	4	5	3	4	4	5	4	129
2	5	5	5	5	4	4	4	5	4	5	4	5	5	5	5	142
3	3	5	4	4	3	4	4	5	5	5	5	5	3	5	4	131
4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	5	4	5	4	4	4	124
5	4	4	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	4	128
6	4	4	4	4	3	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	130
7	5	5	3	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	3	134
8	5	5	5	5	4	5	5	4	4	4	4	5	4	5	4	141
9	5	5	5	4	4	4	5	4	3	4	4	5	5	5	5	137
10	4	4	5	4	5	4	5	5	5	5	5	4	4	4	5	134
11	4	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5	3	5	5	5	135
12	5	5	4	4	5	5	5	4	4	5	5	5	5	4	5	136
13	5	5	4	4	4	4	5	4	4	4	5	5	4	4	4	134
14	5	5	5	3	4	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	141
15	4	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	3	140
16	3	4	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5	4	5	4	131
17	4	5	4	4	5	4	5	4	3	4	4	5	5	5	5	130
18	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4	4	5	137
19	3	5	4	4	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	135
20	4	4	4	4	4	5	4	4	5	5	5	3	5	5	5	137
21	4	4	4	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	139
22	4	4	4	4	5	4	4	5	4	4	5	5	4	4	4	129
23	5	3	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	138
24	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	3	140
25	5	5	4	4	4	5	5	4	4	4	4	5	4	5	4	132
26	4	5	4	3	4	4	5	4	3	4	4	5	5	5	5	133
27	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4	4	5	137
28	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	140
29	5	4	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	4	5	142
30	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	129
รวม	130	137	133	129	132	139	135	137	127	141	140	140	134	139	134	3916
เฉลี่ย	4.33	4.57	4.43	4.30	4.40	4.63	4.50	4.57	4.23	4.70	4.67	4.67	4.47	4.63	4.47	134.83
s.d	0.57	0.66	0.57	0.59	0.67	0.49	0.68	0.50	0.62	0.47	0.55	0.66	0.57	0.49	0.68	17.39
s_1^2	0.44	0.32	0.32	0.36	0.46	0.24	0.47	0.25	0.39	0.22	0.29	0.44	0.33	0.24	0.46	10.30
s_1^2																22.83

ผลรวมค่าความแปรปรวนรายข้อเท่ากับ 10.30 และค่าความแปรปรวนของคะแนนรวมเท่ากับ 22.83 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนบาค มีความเชื่อมั่นเท่ากับ มีค่าเท่ากับ 0.60

ภาคผนวก จ

1. แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ทั่วไป (แบบทดสอบแบบปรนัย)
2. แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความ (แบบทดสอบแบบอัตนัย)
3. แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุป (แผนที่ความคิด)
4. แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
5. แบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ทั่วไป
บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวนข้อสอบ 40 ข้อ เวลา 60 นาที

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัย (เลือกตอบ) มี 4 ตัวเลือกจำนวน 40 ข้อ ใช้เวลาทำ 60 นาที
2. ให้นักเรียนเขียนชื่อ ชั้น เลขที่ ลงในกระดาษคำตอบให้ครบถ้วนชัดเจน
3. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่เห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วเขียนเครื่องหมาย × ลงในช่องตัวเลือกในกระดาษคำตอบ
4. ห้ามขีด ทำเครื่องหมาย หรือเขียนข้อความใดๆ ลงในกระดาษคำตอบ
5. เมื่อเสร็จสิ้นการสอบให้นักเรียนส่งคืนแบบทดสอบและกระดาษคำตอบแก่กรรมการคุมสอบ
6. หากมีข้อสงสัยใดๆ ให้สอบถามกรรมการคุมสอบ

- จุดประสงค์ที่ 1 ทดลองและอธิบายผลของความร้อนกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และ
การถ่ายเทความร้อนได้
- จุดประสงค์ที่ 2 ทดลองและอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างการรับปริมาณความร้อนกับอุณหภูมิ
ความร้อนจำเพาะได้
- จุดประสงค์ที่ 3 ทดลองและอธิบายเกี่ยวกับความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุต่างชนิดและนำความรู้
ไปใช้ประโยชน์ได้
- จุดประสงค์ที่ 4 ทดลองและอธิบายผลของความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสารได้
- จุดประสงค์ที่ 5 ยกตัวอย่างและอธิบายการเปลี่ยนสถานะที่พบเห็นในชีวิตประจำวันได้
- จุดประสงค์ที่ 6 ทดลองและอธิบายผลของความดันและปัจจัยอื่นที่มีผลต่อจุดเดือดและนำไปใช้
ประโยชน์ได้
- จุดประสงค์ที่ 7 ยกตัวอย่างการนำความรู้ผลของความดันและปัจจัยอื่นที่มีผลต่อจุดเดือดไปใช้
ประโยชน์ได้
- จุดประสงค์ที่ 8 ทดลองและอธิบายผลของความร้อนกับการขยายตัวของสารได้
- จุดประสงค์ที่ 9 ยกตัวอย่างการนำความรู้ผลของความร้อนที่มีต่อการขยายตัวของสารไปใช้ประโยชน์ได้

9. การเลือกภาชนะที่นำมาใช้ประกอบอาหารต้องเลือกอย่างไร

- ก. เลือกภาชนะที่ทำจากวัสดุที่มีความจุความร้อนจำเพาะมาก
- ข. เลือกภาชนะที่ทำจากวัสดุที่มีความจุความร้อนจำเพาะน้อย
- ค. เลือกภาชนะที่ทำจากวัสดุที่นำความร้อนได้ดี
- ง. เลือกภาชนะที่ราคาถูก

10. โลหะ A และ B มีมวลเท่ากันอยู่ในตู้เย็นเดียวกัน นำโลหะทั้งสองออกจากตู้เย็นแล้ว หย่อนลงในน้ำปริมาณเท่ากัน อุณหภูมิเท่ากันและสูงกว่า 0°C พบว่าในที่สุดน้ำที่มีโลหะ A จมอยู่มีอุณหภูมิสูงกว่าที่มีโลหะ B จมอยู่ (ไม่คิดความจุความร้อนของภาชนะทั้งสองใบ) ข้อความใดถูกต้อง

- ก. A มีความจุความร้อนมากกว่า B
- ข. A มีความจุความร้อนน้อยกว่า B
- ค. A ถ่ายเทความร้อนให้แก่น้ำได้มากกว่า B
- ง. A และ B อาจมีความจุความร้อนเท่ากัน แต่ถ่ายเทความร้อนได้ไม่เท่ากัน

11. A, B, C เป็นของเหลว 3 ชนิด มีมวลเท่าๆกัน มีอุณหภูมิ 5, 15 และ 25 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ถ้านำ A มาผสมกับ B ได้อุณหภูมิผสม 10°C ถ้านำ B มาผสมกับ C ได้ อุณหภูมิผสม 19°C ถ้านำ A มาผสมกับ C อุณหภูมิผสมจะเป็นเท่าไร

ก. 10°C	ข. 13°C
ค. 15°C	ง. 20°C

12. ความร้อนแฝงจำเพาะของการเปลี่ยนสถานะจากน้ำแข็งเป็นน้ำมีค่าเท่าใด

ก. 1 แคลอรีต่อกรัม	ข. 80 แคลอรีต่อกรัม
ค. 180 แคลอรีต่อกรัม	ง. 540 แคลอรีต่อกรัม

13. ข้อใดคือความสำคัญของการขยายตัวของของเหลวเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงที่มีต่อสิ่งมีชีวิต

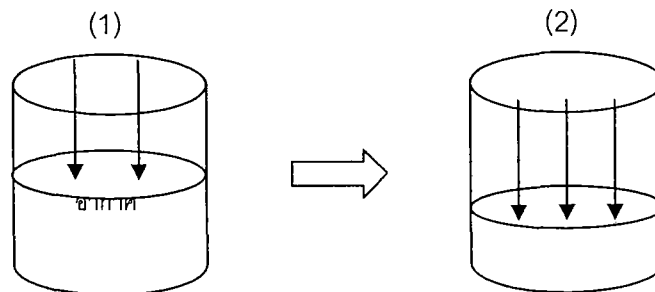
- ก. ช่วยในการสืบพันธุ์ของสัตว์น้ำ
- ข. ช่วยปรับอุณหภูมิภายในและภายนอกของสัตว์น้ำ
- ค. ช่วยรักษาชีวิตสัตว์น้ำในแถบหนาวให้มีชีวิตอยู่รอดได้
- ง. ช่วยรักษาชีวิตสัตว์น้ำในแถบร้อน ให้มีการคายน้ำอย่างสมดุล

19. ถ้าต้องการทดสอบว่าระหว่างโลหะชนิด A และ B โลหะชนิดใดขยายตัวมากกว่ากันเมื่อได้รับความร้อน จะมีวิธีการทดสอบอย่างไร
- นำแผ่นโลหะ A และ B มาประกบกันแล้วให้ความร้อนเท่ากัน สังเกตการโค้งงอ
 - ให้ความร้อนกับโลหะ A และ B โดยใช้เวลาเท่ากัน สังเกตการเปลี่ยนแปลง
 - นำโลหะ A และ B ไปแช่ในตู้เย็น สังเกตการหดตัว
 - นำโลหะ A และ B ไปเผาไฟ สังเกตการเปลี่ยนแปลง
20. ขณะที่น้ำแข็งกำลังหลอมเหลวเป็นน้ำมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร
- อุณหภูมิเพิ่มขึ้น
 - คายความร้อนแฝงออก
 - ดูดความร้อนแฝงเข้า
 - แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลเพิ่มขึ้น
21. น้ำแข็งมวล 25 กรัมอุณหภูมิ 0°C สองก้อนใส่ลงในน้ำ 200 กรัม 80°C อุณหภูมิของน้ำจะลดลงเหลือกี่องศาเซลเซียส
- 48°C
 - 62°C
 - 56°C
 - 64°C
22. ข้อใดเป็นจริงสำหรับจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของน้ำ เมื่อลดความดันของอากาศลง
- อุณหภูมิของจุดเดือดและจุดเยือกแข็งลดลง
 - อุณหภูมิของจุดเดือดและจุดเยือกแข็งสูงขึ้น
 - อุณหภูมิของจุดเดือดต่ำลง และจุดเยือกแข็งสูงขึ้น
 - อุณหภูมิของจุดเดือดสูงขึ้น และจุดเยือกแข็งต่ำลง
23. น้ำแข็ง 1.5 กิโลกรัม ได้รับความร้อน 80,000 แคลอรี จะเหลือน้ำแข็งที่ไม่ละลายกี่กรัม
- 200 กรัม
 - 300 กรัม
 - 400 กรัม
 - 500 กรัม
24. ข้อใดกล่าวถูกต้องเมื่อสสารได้รับความร้อน
- การขยายตัวของของเหลวและก๊าซแปรผกผันกับปริมาณความร้อนที่ได้รับ
 - ก๊าซต่างชนิดกันเมื่อได้รับความร้อนเท่ากันจะเกิดการขยายตัวต่างกัน
 - ของเหลวต่างชนิดกันเมื่อได้รับความร้อนเท่ากันจะมีการขยายตัวเท่ากัน
 - ของแข็งต่างชนิดกันเมื่อได้รับความร้อนเท่ากันจะมีการขยายตัวเท่ากัน

25. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

- ก. จุดเดือด คือ จุดที่อุณหภูมิของของเหลวเกิดการเดือด
- ข. จุดเดือด คือ จุดที่มีความดันไอเท่ากับความดันบรรยากาศภายนอก
- ค. ของเหลวแต่ละชนิดมีจุดเดือดไม่เท่ากัน ที่ความกดดันของอากาศเท่ากัน
- ง. ขณะที่ของเหลวเดือดกลายเป็นไออุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกว่าของเหลวจะกลายเป็นไอทั้งหมด

26. พิจารณารูปต่อไปนี้



ข้อความใดถูกต้อง

- ก. ถ้าเพิ่มความกดดัน ความหนาแน่นของอากาศจะลดลง
- ข. ถ้าลดความกดดัน ความหนาแน่นของอากาศจะเพิ่มขึ้น
- ค. ถ้าเพิ่มความกดดัน ปริมาตรของอากาศจะลดลง
- ง. ถ้าลดความกดดัน ปริมาตรของอากาศจะลดลง

27. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความดันไอน้ำกับจุดเดือดของน้ำ

- ก. เมื่อความดันลดลง จุดเดือดของน้ำเพิ่มขึ้น
- ข. เมื่อความดันลดลง จุดเดือดของน้ำลดลง
- ค. เมื่อความดันเพิ่มขึ้น จุดเดือดของน้ำลดลง
- ง. เมื่อความดันเพิ่มขึ้น จุดเดือดของน้ำปกติ

28. นักเรียนกลุ่มหนึ่งทำการทดลองหาค่าความร้อนที่ทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะเป็นไอได้ 600

แคลอรีต่อกรัมต่อองศาเซลเซียส ที่ถูกต้องควรเป็น 540 แคลอรีต่อกรัมต่อองศาเซลเซียส

แสดงว่านักเรียนกลุ่มนี้ทำการทดลองผิดในข้อใด

- ก. บันทึกอุณหภูมิขณะน้ำเดือดได้ 98°C
- ข. ใช้ตะเกียงแก๊สแทนตะเกียงแอลกอฮอล์
- ค. ปีกเกอร์ที่ใช้เป็ยกน้ำไม่เช็ดให้แห้งก่อนทำการทดลอง
- ง. มวลของน้ำที่มาใช้มากเกินไป จึงต้องการปริมาณความร้อนมาก

29. ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวหมายถึงข้อใด

- ก. พลังงานความร้อนที่ใช้เปลี่ยนสถานะจากของแข็งไปเป็นของเหลว แล้วทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น
- ข. พลังงานความร้อนที่ใช้เปลี่ยนสถานะจากของแข็งไปเป็นของเหลว แล้วทำให้อุณหภูมิลดลง
- ค. พลังงานความร้อนที่ใช้เปลี่ยนสถานะจากของแข็งไปเป็นของเหลว โดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง
- ง. พลังงานความร้อนที่ใช้เปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นก๊าซ โดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง

30. ประเทศที่มีอากาศร้อนและแสงแดดจัด ควรเลือกใช้ร่มที่ทำด้วยผ้าที่มีลักษณะอย่างไร

- ก. ทำด้วยผ้าหนา สีอ่อน
- ข. สีเข้ม เนื้อเบาบาง
- ค. สีอ่อน เนื้อแน่น
- ง. สีอ่อน เนื้อเบาบาง

31. ข้อใดใช้อธิบายการถ่ายเทความร้อนโดยการพาได้ดีที่สุด

- ก. ยีนตากแดดแล้วรู้สึกร้อน
- ข. นำมืออังพวยกาแล้วรู้สึกร้อน
- ค. เอามือจับหม้อที่กำลังต้มแกงจืดรู้สึกร้อน
- ง. ใช้คีมคีบถ่านแล้วร้อนมือ

32. เมื่อใช้ช้อนโลหะตักข้าวต้มที่ร้อนๆ จะรู้สึกร้อนมือ แต่เมื่อนำช้อนโลหะคันเดียวกันไปตัก

ไอศกรีมจะรู้สึกเย็นมือ นักเรียนสามารถสรุปได้ว่าอย่างไร

- ก. ความร้อนจากข้าวต้มถ่ายเทมาสู่มือซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า
- ข. ความร้อนจากมือถ่ายเทไปยังไอศกรีม
- ค. ความร้อนถ่ายเทจากที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่ที่มีอุณหภูมิต่ำ
- ง. ความร้อนถ่ายเทจากที่มีอุณหภูมิต่ำไปสู่ที่มีอุณหภูมิสูง

33. ลมบกและลมทะเลเกิดขึ้นโดยอาศัยหลักการและเหตุผลในข้อใดมากที่สุด

- ก. น้ำรับและถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าดิน
- ข. ดินรับและถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าน้ำ
- ค. อุณหภูมิของอากาศในเวลากลางวันและกลางคืนไม่เท่ากัน
- ง. ความดันของอากาศในเวลากลางวันและกลางคืนแตกต่างกัน

34. น้ำแข็ง 1 กรัมได้รับความร้อนเพียง 40 แคลอรี ถ้าความร้อนจำเพาะของการหลอมเหลวของน้ำแข็งมีค่า 80 cal/g น้ำแข็งจะเกิดการเปลี่ยนแปลงในข้อใด
- หลอมเหลวไปเพียงบางส่วน
 - บริเวณส่วนนอกของก้อนน้ำแข็งมีอุณหภูมิสูงขึ้น
 - เปลี่ยนรูปทรงไปประมาณครึ่งก้อน แต่อุณหภูมิคงเดิม
 - ยังไม่หลอมเหลว เพราะพลังงานยังไม่เพียงพอ

คำชี้แจง ให้ศึกษาข้อความข้างล่างนี้ แล้วตอบว่าเหตุการณ์ในข้อ 35 อธิบายได้ด้วยเหตุผลข้อใด

- จุดเดือดแปรตามชนิดของของเหลว
 - เวลาที่ใช้ทำให้ของเหลวเดือดแปรตามจุดเดือด
 - จุดเดือดของของเหลวแปรตามความดันของบรรยากาศ
 - เวลาที่ใช้ทำให้ของเหลวเดือดแปรตามปริมาณของของเหลว
35. น้ำมัน 1 ลิตรกับน้ำ 1 ลิตร ใส่หม้อชนิดเดียวกัน ขนาดเท่ากัน หม้อละอย่างปิดฝาสนิท ให้ความร้อนเท่ากันโดยสม่ำเสมอ ผลคือน้ำมันเดือดเร็วกว่าน้ำ
- ข้อ 1) และ ข้อ 2)
 - ข้อ 2) และ ข้อ 3)
 - ข้อ 3) และ ข้อ 4)
 - ข้อ 1) และ ข้อ 3)
36. กระบวนการต่อไปนี้ ข้อใดเป็นกระบวนการคายความร้อน
- ร่างกายเป็นไขตัวร้อน
 - กรดกำมะถันละลายน้ำ
 - น้ำกลายเป็นน้ำแข็ง
 - กรดทำปฏิกิริยากับด่าง
37. ข้อใดไม่เป็นการเปลี่ยนสถานะที่พบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน
- การระเหิดของลูกเหม็น
 - การละลายของน้ำแข็ง
 - การระเหยของน้ำในแก้ว
 - การทำอาหาร
38. น้ำแข็ง 2 กรัม 0°C ทำให้กลายเป็นน้ำที่ 0°C หมดพอดี ต้องใช้ปริมาณความร้อนเท่ากับ ข้อใด
- น้ำ 2 กรัม 0°C ต้มให้เดือด
 - น้ำ 4 กรัม 60°C ต้มให้เดือด
 - น้ำ 1 กรัม 100°C ทำให้กลายเป็นไอน้ำ
 - น้ำ 20 กรัม 0°C กลายเป็นน้ำที่ 100°C

39. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ ข้อใดถูกต้อง

- 1) หย่อนหลอดเหล็กที่เผาจนร้อนแดงลงในน้ำที่กำลังเดือด อุณหภูมิของน้ำจะสูงขึ้น
- 2) ทัฟฟี่ที่ด้ามเป็นไม้ ลดการแผ่รังสีความร้อน
- 3) ตอนกลางคืนขณะที่มีน้ำค้างตก อากาศจะมีความชื้นสัมพัทธ์สูงมาก
- 4) ลม คือ อากาศที่เคลื่อนที่ ลมจะพัดจากบริเวณที่มีความหนาแน่นสูงไปยังบริเวณที่มีความหนาแน่นต่ำกว่า

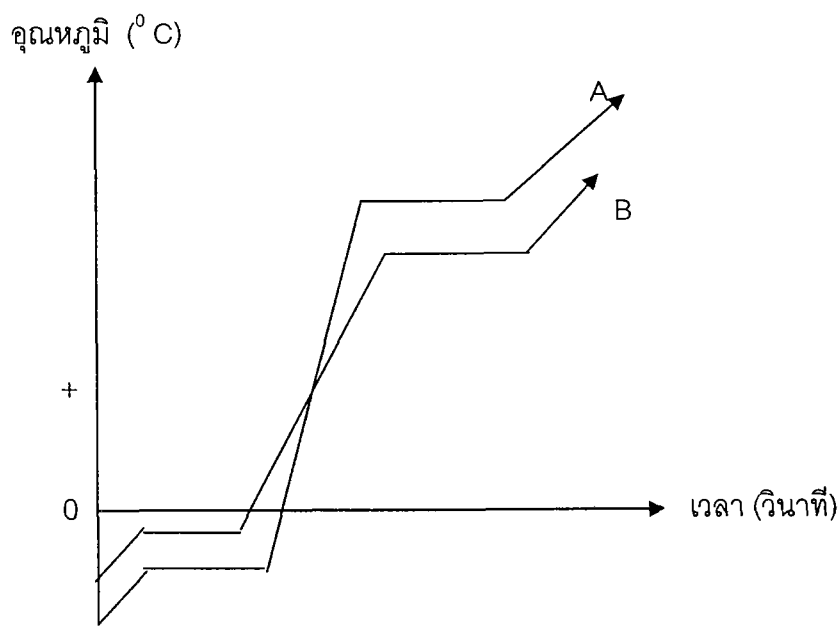
ก. ข้อ 1 และ 3

ข. ข้อ 3 และ 4

ค. ข้อ 4 เท่านั้น

ง. ข้อ 2 , 3 และ 4

40. จากกราฟ อุณหภูมิ – เวลา เมื่อให้ความร้อนแก่วัตถุของแข็ง 2 ชนิด A และ B ซึ่งมีมวลเท่ากัน



จากกราฟข้อใดอธิบายได้ถูกต้องที่สุด

- ก. A จุดหลอมเหลวต่ำกว่า B และจุดเดือดสูงกว่า A
- ข. A จุดหลอมเหลวต่ำกว่า B และจุดเดือดต่ำกว่า A
- ค. A จุดหลอมเหลวสูงกว่า B และจุดเดือดสูงกว่า A
- ง. A จุดหลอมเหลวต่ำกว่า B และจุดเดือดต่ำกว่า A

แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านการอธิบายความ (แบบทดสอบแบบอัตนัย)

1. เมื่อโมเลกุลของสารทั้งของแข็ง ของเหลวและก๊าซได้รับความร้อนจะเกิดผลอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. เหตุใดพื้นดินจึงร้อนเร็วกว่าทะเลในเวลากลางวัน แต่เวลากลางคืนพื้นดินกลับเย็นเร็วกว่าทะเล

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ทองแดงกับเงินมีมวลเท่ากัน ถ้าต้องการให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่ากัน โลหะชนิดใดต้องการ ความร้อนมากกว่า เพราะอะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. ให้นักเรียนยกตัวอย่างการนำความรู้เกี่ยวกับเรื่องความร้อนกับการขยายตัวไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันมา 3 ตัวอย่าง

.....

.....

.....

.....

5. ถ้าต้องการต้มน้ำให้เดือดเร็วขึ้นกว่าปกติจะมีวิธีการอย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

6. นักเรียนคิดว่าสามารถนำความรู้เรื่องความจุความร้อนไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้อย่างไร ยกตัวอย่างพร้อมอธิบาย 2 ตัวอย่าง

.....

.....

.....

.....

7. แท่งโลหะประกบคู่ติดกันระหว่างทองแดงและเหล็กมีลักษณะเป็นเส้นตรง ณ อุณหภูมิห้อง จงเขียนแผนภาพพร้อมคำอธิบายในรูป เพื่อแสดงให้เห็นผลที่เกิดขึ้นเมื่อโลหะทั้งสองได้รับความร้อนปริมาณเท่ากัน โดยให้ยกตัวอย่างอธิบายจากของที่ใช้โลหะประกบคู่นี้

.....

.....

.....

.....

8. จงเขียนแผนภาพพร้อมอธิบายเกี่ยวกับการทดลองที่แสดงว่าแอลกอฮอล์ขยายตัวมากกว่าน้ำที่มีปริมาตรเท่ากันและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเท่ากัน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

9. ถ้านักเรียนนำวัตถุ A และ B ซึ่งได้รับความร้อนเท่ากันวางบนแผ่นพาราฟิน โดยวัตถุ A มีความจุความร้อนจำเพาะมากกว่าวัตถุ B การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นบนแผ่นพาราฟินจะเป็นอย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

10. จงยกตัวอย่างพร้อมอธิบายการเปลี่ยนสถานะที่พบเห็นในชีวิตประจำวันอย่างน้อย 3 ตัวอย่าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบบันทึกการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ (แบบอัตรัดนัย)

บทปฏิบัติการที่.....เรื่อง.....

วันที่ เดือน พ.ศ. กลุ่มที่

คำชี้แจง ให้ผู้ประเมินทำเครื่องหมาย ☒ ลงในช่องการแสดงออกที่ตรงกับพฤติกรรมที่ประเมิน และรวมคะแนนในแต่ละด้านลงในช่องรวม

พฤติกรรมที่ประเมิน	การแสดงออก		หมายเหตุ
	มี	ไม่มี	
ด้านเนื้อหา ประเด็นการประเมินมีดังนี้			
1. ตอบถูกต้องตรงประเด็นคำถาม			
.....			
2. มีการยกตัวอย่างประกอบ และขยายรายละเอียด			
.....			
3. ใช้ภาษาได้ถูกต้องและเขียนได้สละสลวยสมบูรณ์ไม่สับสน สามารถอ่านแล้วทำความเข้าใจได้ง่าย			
.....			
4. มีความสะอาดและเรียบร้อย			
.....			
รวม			

บันทึกเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ (แผนที่ความคิด)

คำชี้แจง

ให้นักเรียนสรุปบทเรียน หรือศึกษาค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ เมื่อเรียนจบแต่ละบทปฏิบัติการ แล้วนำมาจัดทำเป็นแผนที่ความคิด

หมายเหตุ * แทนแหล่งเรียนรู้ที่ได้ค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม

แหล่งเรียนรู้

- * 1
- ** 2
- *** 3
- **** 4
- ***** 5

แบบบันทึกการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้เชิงสรุป
(แผนที่ความคิด)

บทปฏิบัติการที่.....เรื่อง.....

วันที่..... เดือน..... พ.ศ. กลุ่มที่

คำชี้แจง ให้ผู้ประเมินทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องการแสดงออกที่ตรงกับพฤติกรรมที่ประเมิน และรวมคะแนนในแต่ละด้านลงในช่องรวม

พฤติกรรมที่ประเมิน	การแสดงออก		หมายเหตุ
	มี	ไม่มี	
ด้านเนื้อหาและรูปแบบ ประเด็นการประเมินมีดังนี้			
1. แผนผังความคิดที่สร้างขึ้นถูกต้องตรงตามเนื้อหา			
.....			
2. มีการจัดเรียงหัวข้อในทัศน์อย่างต่อเนื่อง			
.....			
3. มีการลากเส้นเชื่อมโยงมโนทัศน์และแสดงความสัมพันธ์ได้อย่างสมเหตุสมผล			
.....			
4. มีการจัดเรียงรูปแบบมโนทัศน์เหมาะสม			
.....			
5. ระบุแหล่งเรียนรู้จากการค้นคว้าเพิ่มเติมอย่างหลากหลายและชัดเจน			
.....			
รวม			

บันทึกเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ (ผู้สังเกตและบันทึก)

การประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

ก. การประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์มีการประเมิน 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการวางแผนการทดลอง ด้านการปฏิบัติการทดลอง และด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง โดยแยกการประเมินเป็น 3 ด้าน ดังนี้

1. ด้านการวางแผนการทดลอง ประเด็นการประเมินมีดังนี้

- 1) มีการปรึกษาหารือ (กับผู้ที่เกี่ยวข้อง) เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง
- 2) มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม
- 3) มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้ผู้ร่วมการทดลองอย่างเหมาะสมชัดเจน
- 4) มีความสามารถในการปรับปรุงแนวทางการทดลองอย่างเหมาะสม
- 5) มีความมุ่งมั่นที่จะปฏิบัติการทดลองให้สำเร็จ และมีความสุข

2. ด้านการปฏิบัติการทดลอง แยกเป็น

2.1 วิธีการทดลอง ประเด็นการประเมินมีดังนี้

- 1) ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธี
- 2) ใช้อุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง
- 3) อ่านค่าและตรวจสอบได้อย่างถูกต้อง
- 4) ปฏิบัติการทดลองด้วยความระมัดระวังและรอบคอบ
- 5) มีความมุ่งมั่นที่จะปฏิบัติการทดลองให้สำเร็จ และมีความสุข

2.2 ความคล่องแคล่วในการทดลอง ประเด็นการประเมินมีดังนี้

- 1) ปฏิบัติการทดลองอย่างกระฉับกระเฉง
- 2) ปฏิบัติการทดลองด้วยความระมัดระวังและรอบคอบ
- 2) มีความมั่นใจในขณะที่ปฏิบัติการทดลอง
- 3) ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด
- 5) มีความมุ่งมั่นที่จะปฏิบัติการทดลองให้สำเร็จ และมีความสุข

2.3 ความสะอาดและความเป็นระเบียบ ประเด็นการประเมินมีดังนี้

- 1) จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสมและเพียงพอ
- 2) จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ใช้ได้สะดวกขณะทดลอง
- 3) จัดเก็บอุปกรณ์เครื่องใช้หลังทดลองได้ถูกวิธี
- 4) ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่างสะอาดและเรียบร้อย
- 5) มีความมุ่งมั่นที่จะปฏิบัติการทดลองให้สำเร็จ และมีความสุข

ข. เกณฑ์การให้คะแนนทั้ง 2 ด้าน

ระดับ 5 คะแนน	หมายถึงเมื่อปฏิบัติครบทุกข้อ	มีทักษะปฏิบัติระดับ ดีมาก
ระดับ 4 คะแนน	หมายถึงเมื่อปฏิบัติ 4 ข้อ	มีทักษะปฏิบัติระดับ ดี
ระดับ 3 คะแนน	หมายถึงเมื่อปฏิบัติ 3 ข้อ	มีทักษะปฏิบัติระดับ ปานกลาง
ระดับ 2 คะแนน	หมายถึงเมื่อปฏิบัติ 2 ข้อ	มีทักษะปฏิบัติระดับ พอใช้
ระดับ 1 คะแนน	หมายถึงเมื่อปฏิบัติ 1 ข้อ	มีทักษะปฏิบัติระดับ ปรับปรุง

ค. การบันทึกผลการประเมิน

1. ทำการประเมินโดยครูผู้สอนเป็นรายบุคคล ดำเนินการขณะเรียนแต่ละบทปฏิบัติการ
2. ให้ผู้ประเมินให้คะแนนตามสภาพความเป็นจริง
3. บันทึกผลการประเมินในแบบบันทึกผลการประเมิน

3. ด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง

ก. ประเมินด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง โดยประเมินองค์ประกอบของรายงาน ได้แก่

1. จุดประสงค์การทดลอง
2. สมมติฐานการทดลอง
3. ผลการทดลอง
4. สรุปผลการทดลอง
5. คำถามท้ายการทดลอง

ข. เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับ 5 คะแนน	หมายถึงเมื่อปฏิบัติครบทุกข้อ	มีทักษะปฏิบัติระดับ ดีมาก
ระดับ 4 คะแนน	หมายถึงเมื่อปฏิบัติ 4 ข้อ	มีทักษะปฏิบัติระดับ ดี
ระดับ 3 คะแนน	หมายถึงเมื่อปฏิบัติ 3 ข้อ	มีทักษะปฏิบัติระดับ ปานกลาง
ระดับ 2 คะแนน	หมายถึงเมื่อปฏิบัติ 2 ข้อ	มีทักษะปฏิบัติระดับ พอใช้
ระดับ 1 คะแนน	หมายถึงเมื่อปฏิบัติ 1 ข้อ	มีทักษะปฏิบัติระดับ ปรับปรุง

ค. การบันทึกผลการประเมิน

1. การประเมินโดยครูผู้สอนเป็นรายบุคคลภายหลังปฏิบัติการทดลองแต่ละบทปฏิบัติการ
2. เมื่อนักเรียนเรียนบทปฏิบัติการเสร็จสิ้นทุกบทปฏิบัติการจะนำคะแนนมารวมกับการประเมินในด้านที่ 1 และ 2 แล้วหาค่าเฉลี่ย
3. บันทึกผลการประเมินลงในแบบบันทึกผลการประเมิน

**แบบประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทดลอง
ด้วยการให้คะแนนแบบรูปิก**

พฤติกรรมที่ประเมิน	มาตร 5 ระดับ
1. ด้านการวางแผนการทดลอง ประเด็นการประเมินมีดังนี้ 1) มีการปรึกษาหารือ (กับผู้ที่เกี่ยวข้อง) เพื่อทำความเข้าใจขั้นตอนการทดลอง 2) มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม 3) มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้ผู้ร่วมการทดลองอย่างเหมาะสม ชัดเจน 4) มีความสามารถในการปรับปรุงแนวทางการทดลองอย่างเหมาะสม 5) มีความมุ่งมั่นที่จะปฏิบัติการทดลองให้สำเร็จ และมีความสุข	5 : ปฏิบัติครบทุกข้อ 4 : ปฏิบัติ 4 ข้อ 3 : ปฏิบัติ 3 ข้อ 2 : ปฏิบัติ 2 ข้อ 1 : ปฏิบัติ 1 ข้อ
2. ด้านการปฏิบัติการทดลอง 2.1 เทคนิคการทดลอง ประเด็นการประเมินมีดังนี้ 1) ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธี 2) ใช้อุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง 3) อ่านค่าและตรวจสอบได้อย่างถูกต้อง 4) ปฏิบัติการทดลองด้วยความระมัดระวังและรอบคอบ 5) มีความมุ่งมั่นที่จะปฏิบัติการทดลองให้สำเร็จ และมีความสุข 2.2 ความคล่องแคล่วในการทดลอง ประเด็นการประเมินมีดังนี้ 1) ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่ว 2) ปฏิบัติการทดลองอย่างถูกต้องสมบูรณ์ 3) มีความมั่นใจในขณะที่ปฏิบัติการทดลอง 4) ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด 5) มีความมุ่งมั่นที่จะปฏิบัติการทดลองให้สำเร็จ และมีความสุข 2.3 ความสะอาดและความเป็นระเบียบ ประเด็นการประเมินมีดังนี้ 1) จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสมและเพียงพอ 2) จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ใช้ได้สะดวกขณะทดลอง 3) จัดเก็บอุปกรณ์เครื่องใช้หลังทดลองได้ถูกวิธี 4) ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่างสะอาดและเรียบร้อย 5) มีความมุ่งมั่นที่จะปฏิบัติการทดลองให้สำเร็จ และมีความสุข	5 : ปฏิบัติครบทุกข้อ 4 : ปฏิบัติ 4 ข้อ 3 : ปฏิบัติ 3 ข้อ 2 : ปฏิบัติ 2 ข้อ 1 : ปฏิบัติ 1 ข้อ 5 : ปฏิบัติครบทุกข้อ 4 : ปฏิบัติ 4 ข้อ 3 : ปฏิบัติ 3 ข้อ 2 : ปฏิบัติ 2 ข้อ 1 : ปฏิบัติ 1 ข้อ 5 : ปฏิบัติครบทุกข้อ 4 : ปฏิบัติ 4 ข้อ 3 : ปฏิบัติ 3 ข้อ 2 : ปฏิบัติ 2 ข้อ 1 : ปฏิบัติ 1 ข้อ

ตาราง (ต่อ)

พฤติกรรมที่ประเมิน	มาตร 5 ระดับ
3. ด้านการจัดทำรายงานผลการทดลององค์ประกอบของรายงาน ได้แก่ 1) จุดประสงค์การทดลอง 2) สมมติฐานการทดลอง 3) ผลการทดลอง 4) สรุปผลการทดลอง 5) คำถามท้ายการทดลอง	5 : ปฏิบัติครบทุกข้อ 4 : ปฏิบัติ 4 ข้อ 3 : ปฏิบัติ 3 ข้อ 2 : ปฏิบัติ 2 ข้อ 1 : ปฏิบัติ 1 ข้อ
1) จุดประสงค์การทดลอง 2) สมมติฐานการทดลอง	5 : เขียนจุดประสงค์ได้ถูกต้อง เหมาะสมชัดเจนมาก และครอบคลุม 4 : เขียนจุดประสงค์ได้ส่วนมาก เหมาะสมชัดเจน และครอบคลุม 3 : เขียนจุดประสงค์ได้บางส่วน มีความถูกต้องและครอบคลุมบางส่วน 2 : เขียนจุดประสงค์ได้บางส่วน มีความถูกต้องอยู่บ้าง แต่ไม่ครอบคลุม 1 : เขียนจุดประสงค์ไม่ถูกต้องเป็นส่วนมากและไม่ครอบคลุม 5 : เขียนสมมติฐานได้ถูกต้อง เหมาะสมและชัดเจนมาก 4 : เขียนสมมติฐานได้ส่วนมาก และเหมาะสมชัดเจน 3 : เขียนสมมติฐานได้บางส่วน และมีความถูกต้อง 2 : เขียนสมมติฐานได้บางส่วน มีความถูกต้องอยู่บ้าง 1 : เขียนสมมติฐานได้บางส่วน และไม่ถูกต้องเป็นส่วนมาก

ตาราง (ต่อ)

พฤติกรรมที่ประเมิน	มาตร 5 ระดับ
3) ผลการทดลอง	5 : บันทึกผลการทดลองด้วยรูปแบบที่อ่านเข้าใจง่าย น่าสนใจ ข้อมูลถูกต้อง 4 : บันทึกผลการทดลองด้วยรูปแบบที่อ่านเข้าใจง่าย ข้อมูลถูกต้องเป็นส่วนมาก 3 : บันทึกผลการทดลองด้วยรูปแบบที่อ่านเข้าใจง่าย น่าสนใจ ข้อมูลถูกต้อง 2 : บันทึกผลการทดลองด้วยรูปแบบที่อ่านเข้าใจง่าย มีข้อมูลบางส่วนไม่ถูกต้อง 1 : บันทึกผลการทดลองด้วยรูปแบบที่อ่านเข้าใจง่าย มีข้อมูลส่วนมากไม่ถูกต้อง
4) สรุปผลการทดลอง	5 : เขียนสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง สอดคล้องกับ สมมติฐาน ข้อความครบถ้วนสมบูรณ์ 4 : เขียนสรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง สอดคล้องกับ สมมติฐาน แต่ข้อความบางส่วนไม่ครบถ้วน 3 : เขียนสรุปผลการทดลองได้ สอดคล้องกับ สมมติฐาน ข้อความบางส่วนไม่ชัดเจน 2 : เขียนสรุปผลการทดลองได้ สอดคล้องกับ สมมติฐาน ข้อความส่วนมากไม่ชัดเจน 1 : เขียนสรุปผลการทดลองได้บางส่วน แต่ไม่ สอดคล้องกับสมมติฐาน
5) คำถามท้ายการทดลอง	5 : ตอบคำถามได้ถูกต้อง ชัดเจนมาก 4 : ตอบคำถามได้ถูกต้อง แต่ไม่ชัดเจน 3 : ตอบคำถามได้ถูกต้องเป็นส่วนมาก 2 : ตอบคำถามได้ถูกต้องบางส่วน 1 : ตอบคำถามไม่ได้ถูกต้อง

แบบบันทึกการประเมินผลการเรียนรู้ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

บทปฏิบัติการที่.....เรื่อง.....

วันที่ เดือน..... พ.ศ. กลุ่มที่

คำชี้แจง ให้ผู้ประเมินทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องการแสดงออกที่ตรงกับพฤติกรรมที่ประเมิน และรวมคะแนนในแต่ละด้านลงในช่องรวม

พฤติกรรมที่ประเมิน	การแสดงออก		หมายเหตุ
	มี	ไม่มี	
ด้านการวางแผนการทดลอง ประเด็นการประเมินมีดังนี้ 1. มีการปรึกษาหารือ (กับผู้ที่เกี่ยวข้อง) เพื่อทำความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง 2. มีการวางแผนการทดลองได้อย่างเหมาะสม 3. มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบให้ผู้ร่วมการทดลองอย่างเหมาะสมชัดเจน 4. มีความสามารถในการปรับปรุงแนวทางการทดลองอย่างเหมาะสม 5. มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข			
รวม			
ด้านการปฏิบัติการทดลอง แยกเป็น 2.1 เทคนิคการทดลอง ประเด็นการประเมินมีดังนี้ 1. ดำเนินการทดลองอย่างถูกวิธี 2. ใช้อุปกรณ์ต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง 3. อ่านค่าและตรวจได้อย่างถูกต้อง 4. ทำการทดลองได้อย่างระมัดระวังและปลอดภัย 5. มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข			
รวม			

ตาราง (ต่อ)

พฤติกรรมที่ประเมิน	การแสดงออก		หมายเหตุ
	มี	ไม่มี	
2.2 ความคล่องแคล่วในการทดลอง ประเด็นการประเมินมีดังนี้			
1. ปฏิบัติการทดลองอย่างคล่องแคล่ว			
2. ปฏิบัติการทดลองอย่างถูกต้องสมบูรณ์			
3. มีความเชื่อมั่นในขณะปฏิบัติการทดลอง			
4. ทำการทดลองได้ทันเวลาที่กำหนด			
5. มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข			
รวม			
2.3 ความสะอาดและความเป็นระเบียบ ประเด็นการประเมินมีดังนี้			
1. จัดพื้นที่สำหรับการทดลองเรียบร้อยเหมาะสมและเพียงพอ			
2. จัดวางอุปกรณ์เครื่องใช้ให้ใช้ได้สะดวกขณะทดลอง			
3. จัดเก็บอุปกรณ์เครื่องใช้หลังทดลองได้ถูกวิธี			
4. ทำความสะอาดพื้นที่และอุปกรณ์ได้อย่างสะอาดและเรียบร้อย			
5. มีความตั้งใจและทำงานอย่างมีความสุข			
รวม			

บันทึกเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ(ผู้สังเกตและบันทึก)

แบบบันทึกการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
ด้านวางแผนการทดลองและด้านปฏิบัติการทดลอง

บทปฏิบัติการที่.....เรื่อง.....

วันที่ เดือน พ.ศ.

นักเรียน เลขที่	พฤติกรรมที่ประเมิน																				คะแนน รวม	ระดับ คะแนน	หมายเหตุ
	การวางแผน การทดลอง					การปฏิบัติการทดลอง																	
						เทคนิค การทดลอง					ความคล่องแคล่ว ในการทดลอง					ความสะอาดและ ความเป็นระเบียบ							
5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1				
1																							
2																							
3																							
4																							
5																							
6																							
7																							
8																							
9																							
10																							
11																							
12																							
13																							
14																							
15																							
16																							
17																							
18																							
19																							
20																							
21																							
22																							
23																							
24																							
25																							
26																							
27																							
28																							
29																							
30																							

บันทึกเพิ่มเติม

.....

ลงชื่อ (ผู้สังเกตและบันทึก)

แบบบันทึกการประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
ด้านการจัดทำรายงานผลการทดลอง

บทปฏิบัติการที่ เรื่อง

วันที่ เดือน พ.ศ.

เลขที่	รายการประเมิน																								
	จุดประสงค์					สมมติฐาน					ผลการทดลอง					สรุปผลการทดลอง					ตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการ				
	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
16																									
17																									
18																									
19																									
20																									
21																									
22																									
23																									
24																									
25																									
26																									
27																									
28																									
29																									
30																									

บันทึกเพิ่มเติม

.....

.....

ลงชื่อ (ผู้ประเมิน)

แบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน

คำชี้แจง การตอบแบบสอบถามวัดเจตคติ

1. แบบสอบถามเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ฉบับนี้เกี่ยวข้องกับความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน ความเห็นดังกล่าวของนักเรียนเป็นความเห็นเฉพาะบุคคลไม่มีถูกหรือผิด ฉะนั้นขอให้ตอบตรงกับความรู้สึกของนักเรียนมากที่สุดและครบทุกข้อ (ความเห็นของนักเรียนไม่มีผลต่อคะแนนผลการเรียนรู้และผลเสียหายใดๆ ต่อนักเรียน)

2. ในแต่ละข้อจะมีข้อความกำหนดให้ ขอให้นักเรียนอ่านข้อความให้เข้าใจแล้วแสดงความคิดเห็นที่มีต่อข้อความนั้นด้วยการกาเครื่องหมาย $\checkmark$ ลงในช่องตามลำดับความคิดเห็น ดังนี้

ระดับความคิดเห็น 5 หมายความว่า มีความคิดเห็นอยู่ในระดับ มากที่สุด

ระดับความคิดเห็น 4 หมายความว่า มีความคิดเห็นอยู่ในระดับ มาก

ระดับความคิดเห็น 3 หมายความว่า มีความคิดเห็นอยู่ในระดับ ปานกลาง

ระดับความคิดเห็น 2 หมายความว่า มีความคิดเห็นอยู่ในระดับ น้อย

ระดับความคิดเห็น 1 หมายความว่า มีความคิดเห็นอยู่ในระดับ น้อยที่สุด

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
0		$\checkmark$				

แบบวัดเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานความร้อน

คำชี้แจง

เมื่อนักเรียน เรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เรื่อง พลังงานความร้อน นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไร
ต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ (แสดงความคิดเห็นข้อความละ 1 ช่องเท่านั้น)

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1.	ด้านที่ 1 ความรู้สึกนึกคิดต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์					
2.	การทำการทดลองทำให้เกิดการเรียนรู้ความเข้าใจ					
3.	การฝึกทักษะปฏิบัติ ช่วยเหลือตัวเองในการทดลอง					
4.	สร้างนิสัยรักการค้นคว้า ทดลอง ตรวจสอบความจริง					
5.	ทำให้มีการใช้เครื่องมืออย่างระมัดระวัง และละเอียดรอบคอบ					
6.	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มีกิจกรรมการเรียนรู้ที่น่าสนใจ					
7.	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทำให้เกิดความกังวลใจในการทดลอง					
8.	บทปฏิบัติการแต่ละการทดลองใช้เวลาเหมาะสม					
9.	รู้สึกสนุกสนานและเพลิดเพลินกับการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการ					
10.	การให้นักเรียนอภิปรายผลหรือสรุปผลการทดลองทำให้เกิดความสับสน ล่าช้าและเสียเวลา					
	ด้านที่ 2 การแสดงออกต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ แบ่งเป็น 2 ด้าน ดังนี้					
	ด้านที่ 2.1 การแสดงออกต่อกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยบทปฏิบัติการ วิทยาศาสตร์					
11.	ทำให้มีความรู้สึกกระตือรือร้นและอยากเรียนด้วยกิจกรรมการทดลอง					
12.	กิจกรรมการทดลองเป็นเรื่องง่ายที่จะทำความเข้าใจ					
13.	การเรียนด้วยบทปฏิบัติการทำให้เกิดความคิดสร้างสรรค์					
14.	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไม่ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ความสามารถของตนเอง					
15.	การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ช่วยฝึกการทำงานร่วมกัน					
16.	ขณะเรียนบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทำให้รู้สึกง่วงนอนบ่อยครั้ง					
17.	การปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองทำให้เข้าใจเนื้อหามากขึ้น					
18.	การเรียนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เป็นการให้ประสบการณ์ตรงกับ นักเรียน					
19.	การเรียนด้วยบทปฏิบัติการเป็นเรื่องน่าเบื่อ เสียเวลาโดยเปล่าประโยชน์					
20.	การสอนด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์นี้ทำให้มีอิสระในการคิดและเรียนรู้					

ภาคผนวก จ

1. ตารางแสดงคะแนนการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนของนักเรียนกลุ่ม 9 คน
2. ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ทั่วไปหลังเรียน (แบบทดสอบแบบปรนัย) ของนักเรียนกลุ่ม 9 คน
3. ตารางแสดงคะแนนการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนของนักเรียนกลุ่ม 15 คน
4. ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ทั่วไปหลังเรียน (แบบทดสอบแบบปรนัย) ของนักเรียนกลุ่ม 15 คน
5. แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ความรู้ทั่วไปแต่ละด้านก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (แบบทดสอบปรนัย)
6. ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ทั่วไป (แบบทดสอบแบบปรนัย) ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
7. ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความจากพฤติกรรมที่วัด (แบบทดสอบแบบอัตนัย) ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
8. ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความ (แบบทดสอบแบบอัตนัย) ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
9. ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้เชิงสรุป (แผนที่ความคิด) หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
10. ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
11. ตารางแสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

ตาราง 39 แสดงคะแนนการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนของนักเรียน
กลุ่ม 9 คน

คนที่	คะแนนท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่				รวมคะแนน (40)	ร้อยละ ของคะแนน
	1(10)	2(10)	3(10)	4(10)		
1	7.0	6.5	7.5	8.0	29.00	72.50
2	7.5	6.0	8.0	8.5	30.00	75.00
3	8.5	8.0	8.5	8.5	33.50	83.75
4	6.5	7.0	7.5	7.5	28.50	71.25
5	7.0	7.5	8.5	8.0	31.00	77.50
6	8.0	8.0	8.5	8.5	33.00	82.50
7	7.0	6.5	5.5	6.5	25.50	63.75
8	8.0	7.0	7.5	8.0	30.50	76.25
9	8.5	8.0	8.5	8.5	33.50	83.75
รวม	68	64.5	70	72	274.5	$E_1 = 76.25$
ค่าเฉลี่ย	7.56	7.17	7.78	8.00	30.50	
ร้อยละ	75.6	71.7	77.8	80.0	76.25	

ตาราง 40 แสดงคะแนนการทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ทั่วไป (ปรนัย) หลังเรียนของนักเรียน
กลุ่ม 9 คน

คนที่	คะแนน (40)	ร้อยละของคะแนน
1	28	70.00
2	32	80.00
3	34	85.00
4	30	75.00
5	31	77.50
6	34	85.00
7	27	67.50
8	29	72.50
9	33	82.50
รวม	278	
คะแนนเฉลี่ย	30.89	$E_2 = 77.22$
ร้อยละ	77.22	

ตาราง 41 แสดงคะแนนการตอบคำถามท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนของนักเรียน
กลุ่ม 15 คน

คนที่	คะแนนท้ายบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่				รวมคะแนน (40)	ร้อยละ ของคะแนน
	1(10)	2(10)	3(10)	4(10)		
1	8.5	8.0	8.5	8.5	33.50	83.75
2	8.0	7.5	7.5	7.5	30.50	76.25
3	7.5	7.5	7.5	7.0	29.50	73.75
4	8.0	8.5	8.5	9.0	34.00	85.00
5	7.5	8.5	8.5	8.5	33.00	82.50
6	7.0	7.0	7.5	7.0	28.50	71.25
7	8.5	9.0	9.0	8.5	35.00	87.50
8	7.0	7.0	7.5	8.5	30.00	75.00
9	7.0	7.0	6.5	7.5	28.00	70.00
10	9.0	9.0	8.0	9.0	35.00	87.5
11	8.0	7.5	8.0	8.5	32.00	80.00
12	7.5	7.5	7.5	7.0	29.50	73.75
13	8.5	8.0	8.5	8.0	33.00	82.50
14	7.0	7.5	7.5	8.0	30.00	75.00
15	7.0	7.0	7.0	7.0	28.00	70.00
รวม	116	116.5	117.5	119.5	469.5	$E_1 = 78.25$
ค่าเฉลี่ย	7.73	7.77	7.83	7.97	31.30	
ร้อยละ	77.3	77.7	78.3	79.7	78.25	

ตาราง 42 แสดงคะแนนการทำแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ทั่วไป (ปรนัย) หลังเรียนของนักเรียน
กลุ่ม 15 คน

คนที่	คะแนน (40)	ร้อยละของคะแนน
1	28	75.00
2	30	87.50
3	31	90.00
4	31	85.00
5	32	85.00
6	34	90.00
7	31	80.00
8	32	80.00
9	36	95.00
10	29	75.00
11	29	75.00
12	34	90.00
13	33	85.00
14	33	87.50
15	34	87.50
รวม	477	
คะแนนเฉลี่ย	31.80	$E_2 = 79.50$
ร้อยละ	79.50	

ตาราง 43 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้ทั่วไปแต่ละด้านก่อนเรียนและหลังเรียนของ
นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (แบบทดสอบปรนัย)

นักเรียน คนที่	คะแนนผลการเรียนรู้ด้านความรู้แบบปรนัย									
	ความรู้-ความจำ		ความเข้าใจ		สืบเสาะหาความรู้		การนำไปใช้		รวมคะแนน	
	(8 คะแนน)		(9 คะแนน)		(14 คะแนน)		(9 คะแนน)		(40 คะแนน)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1	5	6	8	8	10	10	7	7	30	33
2	7	8	4	8	8	12	6	8	25	36
3	5	7	6	8	9	12	4	7	24	34
4	3	8	7	8	8	12	6	8	24	36
5	4	7	7	9	12	13	5	4	28	33
6	7	7	6	7	7	11	6	7	26	32
7	6	7	4	8	11	13	3	7	24	35
8	5	7	6	8	8	13	7	7	26	35
9	5	8	8	8	11	12	2	7	26	35
10	4	5	6	8	9	13	9	9	28	35
11	5	6	6	8	10	11	4	7	25	32
12	5	7	4	7	9	11	6	7	24	32
13	3	6	7	9	11	11	4	6	25	32
14	4	5	8	8	10	12	6	6	28	31
15	4	8	3	7	12	12	7	8	26	35
16	5	8	6	7	10	14	7	8	28	37
17	4	7	4	8	11	13	6	7	25	35
18	6	8	5	8	9	11	6	9	26	36
19	6	6	7	9	10	13	7	7	30	35
20	7	8	6	9	7	11	6	7	26	35
21	6	8	4	8	10	12	5	6	25	34
22	3	7	7	9	9	12	4	7	23	35
23	2	6	6	8	7	11	5	7	20	32
24	4	6	8	9	9	11	9	8	30	34
25	6	8	4	7	8	13	5	7	23	35
26	6	7	6	8	9	11	2	9	23	35
27	7	8	5	9	10	11	6	8	28	36
28	4	7	8	8	10	12	6	8	28	35
29	5	8	5	5	11	12	5	8	26	33
30	5	7	7	7	8	14	6	6	26	34
รวม	148	209	178	238	283	357	167	215	776	1019
เฉลี่ย	4.93	6.97	5.93	7.93	9.43	11.90	5.57	7.17	25.87	33.97
ร้อยละ	61.67	87.08	65.93	88.15	67.38	85.00	61.85	79.63	64.67	84.92

ตาราง 44 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้ทั่วไปก่อนเรียนและหลังเรียนของ
นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (แบบทดสอบปรนัย)

คนที่	คะแนนผลการเรียนรู้ทั่วไป (แบบทดสอบแบบปรนัย)			
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ผลต่าง(D)	ผลต่างกำลังสอง(D ²)
1	30	33	3	9
2	25	36	11	121
3	24	34	10	100
4	24	36	12	144
5	28	33	5	25
6	26	32	6	36
7	24	34	10	100
8	26	35	9	81
9	26	34	8	64
10	28	35	7	49
11	25	32	7	49
12	24	32	8	64
13	25	32	7	49
14	28	33	5	25
15	26	35	9	81
16	28	37	9	81
17	25	35	10	100
18	26	36	10	100
19	30	35	5	25
20	26	31	5	25
21	25	33	8	64
22	23	35	12	144
23	20	32	12	144
24	30	34	4	16
25	23	32	9	81
26	23	35	12	144
27	28	35	7	49
28	28	35	7	49
29	26	33	7	49
30	26	36	10	100
รวม	776	1020	$\sum D = 244$	$\sum D^2 = 2168$
ค่าเฉลี่ย	25.87	34.00	$t = 17.71$	
ร้อยละ	64.67	85.00	$t(.05 : df 29) = 1.699$	

ตาราง 45 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านการอธิบายความจากพฤติกรรมการวัด
ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (แบบทดสอบอัตนัย)

นักเรียน คนที่	คะแนนผลการเรียนรู้ด้านการอธิบายความ (แบบทดสอบอัตนัย)									
	ตอบถูกต้อง		ขยายรายละเอียด		ภาษาเข้าใจง่าย		เรียบร้อย		รวมคะแนน (40)	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
1	5	6	6	7	5	8	6	9	22	30
2	7	7	6	6	7	9	6	8	26	30
3	6	8	5	7	7	6	6	7	24	28
4	6	7	8	8	7	7	7	9	28	31
5	6	8	5	9	7	7	6	6	24	30
6	7	9	6	7	8	6	5	8	26	30
7	8	8	8	9	6	9	5	8	27	34
8	7	8	6	7	8	6	5	7	26	28
9	7	9	8	8	6	8	7	7	28	32
10	5	7	6	8	4	7	7	8	22	30
11	5	7	6	6	5	9	5	8	21	30
12	5	7	4	7	6	9	5	8	20	31
13	6	8	8	7	6	6	7	8	27	29
14	5	8	7	8	5	7	6	7	23	30
15	8	7	7	8	6	7	5	9	26	31
16	5	9	6	8	5	8	4	7	20	32
17	8	8	7	7	5	8	6	7	26	30
18	5	6	6	7	5	8	7	8	23	29
19	8	7	6	8	5	8	5	7	24	30
20	5	8	6	7	4	6	5	8	20	29
21	6	9	6	8	5	8	5	7	22	32
22	6	7	5	7	7	8	6	7	24	29
23	5	9	6	7	6	8	6	7	23	31
24	5	6	6	7	5	8	4	7	20	28
25	5	8	5	8	5	6	5	9	20	31
26	6	7	7	7	7	8	5	8	25	30
27	6	6	6	8	6	7	6	7	24	28
28	8	9	7	8	7	8	8	7	30	32
29	7	8	7	6	6	8	6	8	26	30
30	6	6	6	5	6	7	6	7	24	25
รวม	184	227	188	220	177	225	172	228	721	900
เฉลี่ย	6.133	7.567	6.267	7.333	5.9	7.5	5.733	7.6	24.03	30
ร้อยละ	61.33	75.67	62.67	73.33	59	75	57.33	76	60.08	75

ตาราง 46 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านการอธิบายความก่อนเรียนและหลังเรียน
ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (แบบทดสอบอัตนัย)

คนที่	คะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านการอธิบายความ (แบบทดสอบแบบอัตนัย)			
	ก่อนเรียน	หลังเรียน	ผลต่าง(D)	ผลต่างกำลังสอง(D ²)
1	22	30	8	64
2	26	30	4	16
3	24	28	4	16
4	26	31	5	25
5	24	30	6	36
6	26	30	4	16
7	27	34	7	49
8	26	28	2	4
9	28	32	4	16
10	22	30	8	64
11	21	30	9	81
12	20	31	11	121
13	27	29	2	4
14	23	30	7	49
15	26	31	5	25
16	20	32	12	144
17	26	32	6	36
18	23	29	6	36
19	24	30	6	36
20	20	28	8	64
21	22	32	10	100
22	24	29	5	25
23	23	31	8	64
24	20	28	8	64
25	20	31	11	121
26	25	30	5	25
27	24	28	4	16
28	30	32	2	4
29	26	30	4	16
30	24	25	1	1
รวม	719	901	$\sum D = 128$	$\sum D^2 = 1338$
ค่าเฉลี่ย	24.03	30.00	$t = 11.11$	
ร้อยละ	60.08	75.00	$t(.05 : df 29) = 1.699$	

ตาราง 47 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านความรู้เชิงสรุปหลังเรียนของนักเรียน
กลุ่มตัวอย่าง (แผนที่ความคิด)

นักเรียนคนที่	บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์				รวม (20)	เฉลี่ย	ร้อยละ
	1 (5)	2(5)	3(5)	4(5)			
1	4	4	5	5	18	4.50	90.00
2	5	5	4	5	19	4.75	95.00
3	3	5	4	5	17	4.25	85.00
4	4	4	4	4	16	4.00	80.00
5	5	4	4	3	16	4.00	80.00
6	4	5	3	5	17	4.25	85.00
7	4	4	5	3	16	4.00	80.00
8	3	5	3	5	16	4.00	80.00
9	5	5	5	4	19	4.75	95.00
10	3	4	4	4	15	3.75	75.00
11	4	4	3	5	16	4.00	80.00
12	4	3	4	5	16	4.00	80.00
13	5	4	5	3	17	4.25	85.00
14	4	3	5	5	17	4.25	85.00
15	3	4	5	4	16	4.00	80.00
16	5	3	4	4	16	4.00	80.00
17	4	4	4	4	16	4.00	80.00
18	3	3	4	5	15	3.75	75.00
19	4	3	3	4	14	3.50	70.00
20	3	5	4	4	16	4.00	80.00
21	5	4	5	4	18	4.50	90.00
22	4	4	3	5	16	4.00	80.00
23	4	3	4	5	16	4.00	80.00
24	3	4	5	4	16	4.00	80.00
25	3	5	4	5	17	4.25	85.00
26	5	3	5	4	17	4.25	85.00
27	4	4	5	3	16	4.00	80.00
28	4	3	5	4	16	4.00	80.00
29	3	4	4	5	16	4.00	80.00
30	5	5	5	5	20	5.00	100.00
รวม	119	120	127	130	496	124	2480
เฉลี่ย	3.97	4.00	4.23	4.33	16.53	4.13	82.67

ตาราง 48 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

นักเรียน คนที่	การวางแผนการทดลอง				เฉลี่ย	เทคนิคการทดลอง				เฉลี่ย	ความคล่องแคล่ว				เฉลี่ย
	1 (5)	2 (5)	3(5)	4(5)		1 (5)	2 (5)	3(5)	4(5)		1 (5)	2 (5)	3(5)	4(5)	
1	5	4	4	5	4.50	5	5	3	5	4.50	3	5	5	5	4.50
2	4	5	5	5	4.75	5	5	4	4	4.50	5	4	3	4.5	4.13
3	5	4	5	3	4.25	5	4	5	5	4.75	5	5	5	5	5.00
4	5	5	5	4	4.75	4	5	4	5	4.50	5	5	4	5	4.75
5	4	4	5	5	4.38	5	5	4	4	4.50	4	4	4	4	4.00
6	5	5	5	5	5.00	5	4	5	3	4.25	4	4	5	4	4.25
7	5	5	4	5	4.75	4	5	4	5	4.50	5	4.5	5	3	4.38
8	4	5	5	5	4.75	3	5	5	5	4.50	5	4	4	4	4.25
9	5	5	4	5	4.75	5	4	4	5	4.50	4	5	5	3.5	4.38
10	4	5	4	5	4.50	5	5	5	5	5.00	3	5	5	4	4.25
11	5	5	3	5	4.38	4	5	3.5	4.5	4.25	4	4	4	4	4.00
12	5	4	4	4	4.25	5	4.5	4	4	4.38	4	5	4.5	5	4.63
13	5	5	5	4	4.63	4.5	4	5	4.5	4.50	5	4	5	4	4.50
14	5	4	5	4	4.38	5	5	4	5	4.75	4	4	3	3.5	3.63
15	5	3	5	5	4.38	4	5	5	3.5	4.38	3	5	5	4	4.25
16	5	4	4	5	4.50	5	4	5	4.5	4.63	3	5	5	4	4.25
17	5	4	4	4	4.25	5	4.5	4	4	4.38	5	5	5	4.5	4.88
18	4	5	5	5	4.50	4	4	5	5	4.50	4	5	4	5	4.50
19	4	4	4	5	4.25	4	5	4.5	5	4.63	4	4	5	4	4.25
20	5	4	3	4	4.00	4.5	5	4	3.5	4.25	5	4.5	4	5	4.63
21	5	5	4	4	4.38	5	5	5	5	5.00	4	5	4	5	4.50
22	3	4	3	5	3.75	4	4	4	4	4.00	5	4.5	4	3.5	4.25
23	5	4	4	4	4.13	5	5	5	3.5	4.63	5	5	5	4	4.75
24	4	5	5	5	4.75	4	5	4	5	4.50	4	5	5	5	4.75
25	5	4	5	5	4.75	4.5	5	5	5	4.88	5	4.5	4	4	4.38
26	3	5	4	4	4.00	4	5	4	5	4.50	4.5	5	3	5	4.38
27	4	5	4	4	4.13	5	4	5	4	4.50	3	4	4	5	4.00
28	4	4	5	4	4.25	4	5	4	4	4.25	4	3.5	5	5	4.38
29	5	3	4	4	4.00	4	5	4	5	4.50	4	4	4.5	4	4.13
30	4	4	4	5	4.25	3	4	3	4.5	3.63	5	5	4	4	4.50
รวม	134.50	131.00	129.50	134.00	132.25	133.50	140.00	130.00	134.50	134.50	127.50	136.50	132.00	129.50	131.38
ค่าเฉลี่ย	4.48	4.37	4.32	4.47	4.41	4.45	4.67	4.33	4.48	4.48	4.25	4.55	4.40	4.32	4.38

ตาราง 48(ต่อ)

นักเรียน คนที่	สะดวกเป็นระเบียบ				เฉลี่ย	การจัดทำรายงาน				เฉลี่ย	เฉลี่ยรวม
	1 (5)	2 (5)	3(5)	4(5)		1 (5)	2 (5)	3(5)	4(5)		
1	5	4	5	5	4.75	5	5	4	5	4.75	4.60
2	5	5	5	4	4.75	5	4	4	4	4.25	4.48
3	5	5	3	5	4.50	3.5	5	4.5	5	4.50	4.60
4	5	5	5	4	4.75	5	5	5	3	4.50	4.65
5	4	4	4	5	4.25	4	4	4	5	4.25	4.28
6	5	5	5	4	4.75	3	5	5	5	4.50	4.55
7	4	4	4	3	3.75	4	4	4.5	4	4.13	4.30
8	5	5	5	4	4.75	5	3.5	5	5	4.63	4.58
9	5	5	4	5	4.75	5	5	5	5	5.00	4.68
10	5	3	5	5	4.50	4	4	4	5	4.25	4.50
11	3	4.5	3	4	3.63	3	5	5	4	4.25	4.10
12	4	4	3	5	4.00	3	5	4	5	4.25	4.30
13	5	4	5	4	4.50	5	4	5	4	4.50	4.53
14	5	5	3	5	4.50	4	5	5	4	4.50	4.35
15	5	4	4	5	4.50	3.5	4	4	4.5	4.00	4.30
16	5	3.5	4.5	5	4.50	4	5	4.5	5	4.63	4.50
17	4	4	5	4	4.25	4	4.5	5	5	4.63	4.48
18	5	4.5	4.5	5	4.75	5	5	4	4.5	4.63	4.58
19	5	5	5	4	4.75	5	5	5	4	4.75	4.53
20	4	5	4	4	4.25	4	5	4.5	5	4.63	4.35
21	5	3	5	5	4.50	5	5	4	5	4.75	4.63
22	5	4	4.5	4	4.38	4	3	5	5	4.25	4.13
23	4	5	4	5	4.50	4.5	4	5	4	4.38	4.48
24	5	3.5	5	5	4.63	5	3.5	4	5	4.38	4.60
25	5	5	5	4	4.75	4	4	5	5	4.50	4.65
26	4	4.5	4	5	4.38	3.5	4	5	5	4.38	4.33
27	5	4	4	4	4.25	3	5	3.5	4	3.88	4.15
28	4	4	5	5	4.50	4	4	4	3.5	3.88	4.25
29	4	4	4	5	4.25	4	3.5	4	4	3.88	4.15
30	5	4	3.5	4	4.13	3	4	5	5	4.25	4.15
รวม	134.00	126.50	131.00	131.00	133.38	123.00	124.50	133.50	135.50	132	130.78
ค่าเฉลี่ย	4.47	4.22	4.37	4.37	4.45	4.10	4.15	4.45	4.52	4.40	4.36

ตาราง 49 แสดงคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน
ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนคนที่	พฤติกรรมที่ประเมินทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์					เฉลี่ย
	วางแผน	เทคนิค	คล่องแคล่ว	มีระเบียบ	รายงาน	
1	4.50	3.00	4.50	4.25	4.50	4.15
2	4.75	4.50	4.13	4.50	4.25	4.43
3	4.25	4.75	5.00	4.50	3.75	4.45
4	4.75	4.50	4.75	4.75	4.00	4.55
5	4.38	4.50	4.00	3.75	4.25	4.18
6	5.00	4.00	4.25	4.75	4.50	4.50
7	4.75	4.50	4.38	3.75	4.00	4.28
8	4.75	4.50	4.25	4.25	4.75	4.50
9	4.75	4.50	4.38	4.75	5.00	4.68
10	4.50	5.00	4.25	4.50	4.50	4.55
11	4.38	4.25	4.00	3.63	4.25	4.10
12	4.25	3.75	4.63	3.50	4.25	4.08
13	4.63	4.25	4.50	4.75	4.50	4.53
14	4.38	4.00	3.63	3.75	3.75	3.90
15	4.38	4.50	4.25	4.00	3.88	4.20
16	4.50	4.63	4.25	4.38	4.63	4.48
17	4.25	4.13	4.88	4.25	4.63	4.43
18	4.50	4.75	4.50	5.00	4.63	4.68
19	4.25	4.13	4.25	4.75	4.75	4.43
20	4.00	4.25	4.63	4.00	3.88	4.15
21	4.38	5.00	4.50	4.25	4.50	4.53
22	3.75	4.00	4.25	4.38	4.25	4.13
23	4.13	4.63	4.75	4.75	4.63	4.58
24	4.75	4.50	4.75	5.00	4.38	4.68
25	4.75	4.63	4.38	5.00	4.50	4.65
26	4.00	4.50	4.38	4.38	4.38	4.33
27	4.13	4.50	4.00	4.25	3.88	4.15
28	4.25	4.25	4.38	4.50	3.88	4.25
29	4.00	4.50	4.13	4.25	3.88	4.15
30	4.25	3.63	4.50	4.13	4.25	4.15
รวม	132.25	130.50	131.38	130.63	129.13	130.78
เฉลี่ย	4.41	4.35	4.38	4.35	4.30	4.36

ตาราง 50 แสดงคะแนนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์หลังเรียน
ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

นักเรียน คนที่	ความรู้สึก				เฉลี่ย	การแสดงออก				เฉลี่ย	การเห็นประโยชน์				เฉลี่ย
	1 (5)	2(5)	3(5)	4(5)		1(5)	2(5)	3(5)	4(5)		1(5)	2 (5)	3 (5)	4 (5)	
1	3.8	4.3	4.4	4.4	4.23	4.3	4.5	4.2	4.2	4.30	4.0	4.2	4.4	4.4	4.25
2	3.8	4.0	4.4	4.7	4.23	3.7	4.0	4.3	4.9	4.23	4.2	4.0	4.6	4.6	4.35
3	4.8	4.6	4.5	4.6	4.63	4.4	4.5	4.2	4.0	4.28	3.9	4.5	4.5	4.5	4.35
4	4.0	4.7	4.2	4.1	4.25	4.2	4.7	4.5	4.0	4.35	3.8	4.4	4.4	4.3	4.23
5	4.2	3.9	4.6	3.9	4.15	3.9	4.2	4.8	4.2	4.28	4.4	4.4	4.6	4.7	4.53
6	4.5	4.5	4.7	4.2	4.48	4.5	4.6	4.0	4.0	4.28	4.1	4.1	3.8	4.8	4.20
7	3.8	4.1	4.1	4.3	4.08	3.7	4.1	4.3	4.5	4.15	3.9	4.0	4.4	4.6	4.23
8	4.5	4.0	4.6	4.8	4.48	4.4	4.4	4.9	4.9	4.65	4.6	4.3	4.8	4.4	4.53
9	4.3	4.4	4.1	4.8	4.40	4.4	4.2	4.1	4.5	4.30	4.1	4.5	4.2	4.4	4.30
10	4.4	4.2	4.2	4.5	4.33	4.3	4.7	4.3	4.3	4.40	4.2	4.3	4.1	4.6	4.30
11	4.4	4.1	4.3	4.3	4.28	4.4	4.2	4.3	4.6	4.38	4.4	4.4	4.0	4.6	4.35
12	3.7	3.9	4.2	4.5	4.08	4.2	4.4	4.1	4.4	4.28	3.6	4.6	4.7	4.7	4.40
13	4.0	4.3	4.4	4.6	4.33	4.0	4.4	4.4	4.5	4.33	4.1	4.5	4.2	4.3	4.28
14	4.1	3.7	4.5	4.6	4.23	3.9	4.2	3.9	4.7	4.18	3.8	4.4	4.8	4.8	4.45
15	4.7	3.7	4.7	4.9	3.33	4.0	4.4	4.2	4.5	4.28	4.5	4.6	4.4	4.6	4.53
16	4.2	4.0	4.2	4.3	4.18	4.0	4.8	4.5	4.4	4.43	4.2	3.8	4.6	4.4	4.25
17	4.2	4.7	4.3	4.0	4.30	3.8	4.0	4.3	4.6	4.18	3.9	4.4	4.5	4.4	4.30
18	4.1	4.5	4.3	4.4	4.33	4.3	4.4	4.3	4.7	4.43	4.5	4.8	4.4	4.6	4.58
19	3.9	4.2	4.6	4.4	4.28	4.3	4.8	4.1	4.4	4.40	4.2	4.2	4.4	4.7	4.38
20	4.5	4.3	4.8	4.8	4.60	4.0	4.4	4.3	4.3	4.25	4.1	4.1	4.6	4.6	4.35
21	4.5	4.0	3.9	4.7	4.28	4.4	4.7	4.0	4.4	4.38	4.3	4.0	4.5	4.8	4.40
22	4.5	4.5	4.3	4.3	4.40	4.4	4.0	4.5	4.3	4.30	4.0	4.7	4.4	4.3	4.35
23	4.8	4.4	4.9	4.4	4.63	4.0	4.1	4.8	4.6	4.38	3.8	4.5	4.6	4.8	4.43
24	4.2	4.3	4.2	4.6	4.33	4.0	4.5	4.5	4.8	4.45	4.0	4.4	3.8	4.6	4.20
25	4.2	4.5	4.1	4.4	4.30	4.0	4.6	4.2	4.4	4.30	3.9	4.0	4.4	4.4	4.18
26	4.4	4.6	4.0	4.7	4.43	4.4	4.4	4.8	4.2	4.45	4.5	4.5	4.8	4.4	4.55
27	3.8	4.3	4.5	4.5	4.28	4.1	4.2	4.3	4.6	4.30	4.4	4.6	4.2	4.6	4.45
28	4.3	4.3	4.4	4.6	4.40	4.0	4.1	4.4	4.6	4.28	3.9	4.3	4.1	4.8	4.28
29	4.4	4.6	4.5	4.7	4.55	4.4	4.7	4.6	4.8	4.63	4.1	4.7	4.0	4.7	4.38
30	4.5	4.2	4.2	4.3	4.30	4.5	4.1	3.5	4.4	4.13	4.2	4.4	4.7	4.2	4.38
รวม	128	128	126	134	129	125	131	130	134	130	124	131	132	137	131
เฉลี่ย	4.25	4.26	4.21	4.48	4.30	4.20	4.40	4.30	4.50	4.33	4.10	4.40	4.40	4.60	4.36

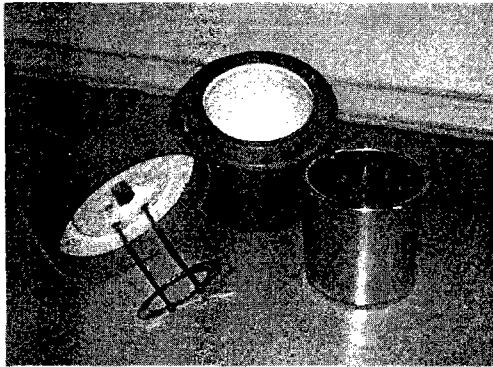
ตาราง 51 แสดงคะแนนเฉลี่ยผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้านเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนคนที่	พฤติกรรมกระประเมินเจตคติต่อบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์			เฉลี่ยรวม
	ความรู้สึก	การแสดงออก	การเห็นประโยชน์	
1	4.23	4.30	4.25	4.26
2	4.23	4.23	4.35	4.27
3	4.63	4.28	4.35	4.42
4	4.25	4.35	4.23	4.28
5	4.15	4.28	4.53	4.32
6	4.48	4.28	4.20	4.32
7	4.08	4.15	4.23	4.15
8	4.48	4.65	4.53	4.55
9	4.40	4.30	4.30	4.33
10	4.33	4.40	4.30	4.34
11	4.28	4.38	4.35	4.33
12	4.08	4.28	4.40	4.25
13	4.33	4.33	4.28	4.31
14	4.23	4.18	4.45	4.28
15	4.50	4.28	4.53	4.43
16	4.18	4.43	4.25	4.28
17	4.30	4.18	4.30	4.26
18	4.33	4.43	4.58	4.44
19	4.28	4.40	4.38	4.35
20	4.60	4.25	4.35	4.40
21	4.28	4.38	4.40	4.35
22	4.40	4.30	4.35	4.35
23	4.63	4.38	4.43	4.48
24	4.33	4.45	4.20	4.33
25	4.30	4.30	4.18	4.26
26	4.43	4.45	4.55	4.48
27	4.28	4.30	4.45	4.34
28	4.40	4.28	4.28	4.32
29	4.55	4.63	4.38	4.52
30	4.30	4.13	4.38	4.27
รวม	130.18	129.88	130.68	130.24
เฉลี่ย	4.34	4.33	4.36	4.34

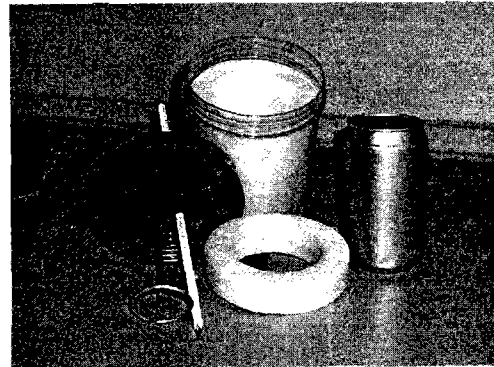
ภาคผนวก ช

ประมวลภาพประกอบการวิจัย

ประมวลภาพประกอบการวิจัย



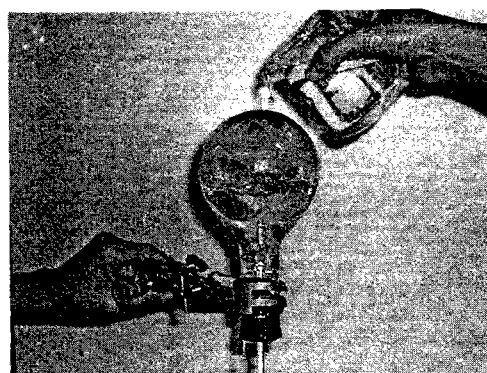
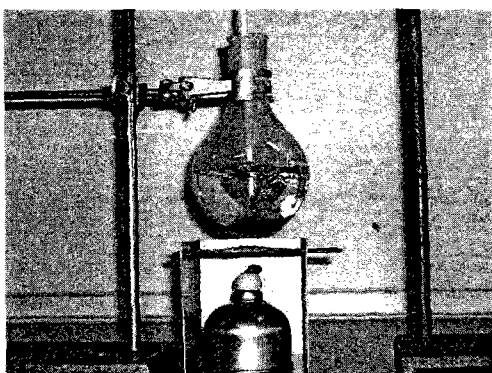
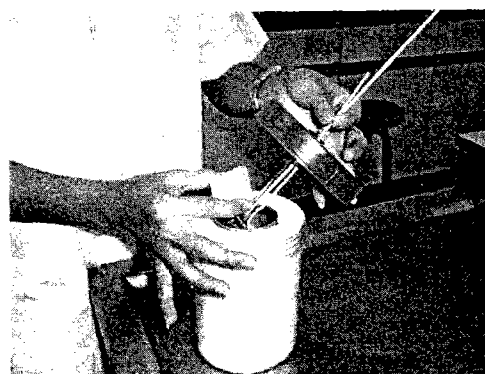
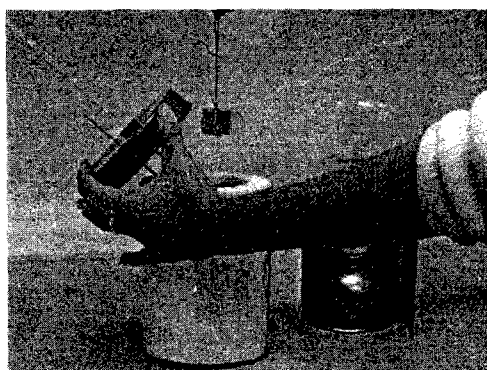
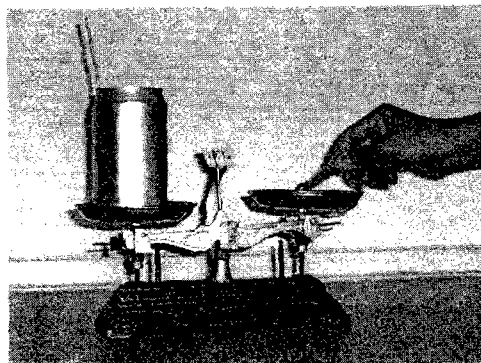
ภาพประกอบ 1 แคลอรีมิเตอร์ของเดิม



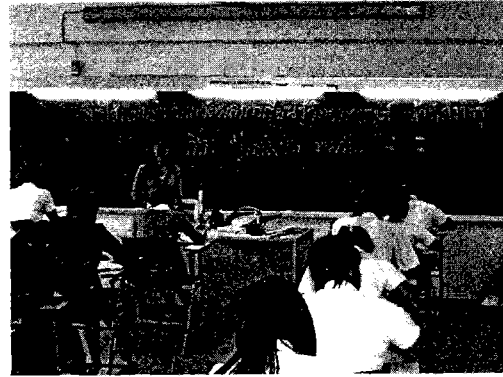
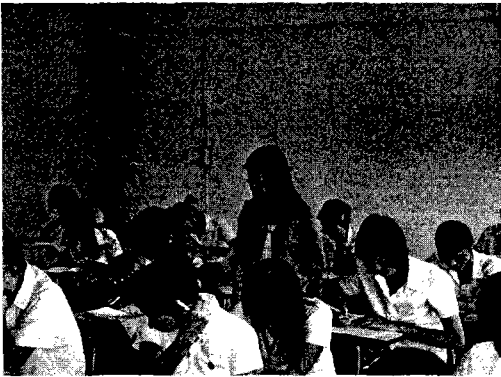
ภาพประกอบ 2 แคลอรีมิเตอร์ที่พัฒนาขึ้น



ภาพประกอบ 3 โลหะชนิดต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการทดลอง
เรื่องความจุความร้อนจำเพาะของโลหะ



ภาพประกอบ 4 ประมวลภาพการทดลองในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์



ภาพประกอบ 5 การทดลองใช้แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ด้านความรู้



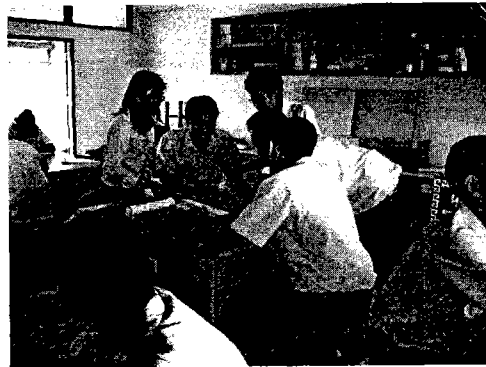
ภาพประกอบ 6 การทดลองใช้บทปฏิบัติการ
วิทยาศาสตร์กับนักเรียนกลุ่ม 3 คน



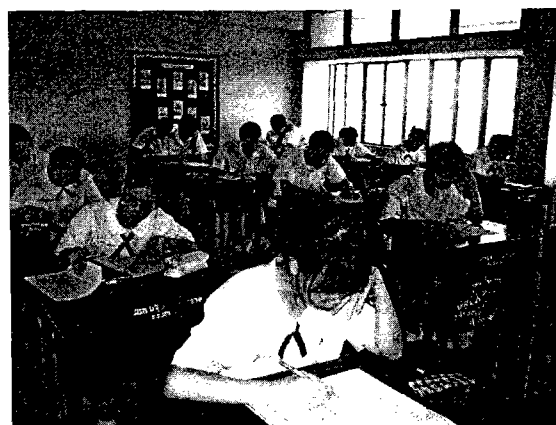
ภาพประกอบ 7 การทดลองใช้บทปฏิบัติการ
วิทยาศาสตร์ กับนักเรียนกลุ่ม 9 คน



ภาพประกอบ 8 การทดลองใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
กับนักเรียนกลุ่ม 15 คน



ภาพประกอบ 9 การทดลองใช้บทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง



ภาพประกอบ 10 การวัดผลการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ – ชื่อสกุล	นางสาวอัมพร กรุดวงษ์
วัน เดือน ปีเกิด	7 มกราคม 2521
สถานที่เกิด	อำเภอสามโก้ จังหวัดอ่างทอง
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	230 หมู่ 5 ตำบลลอบหม อำเภอสามโก้ จังหวัดอ่างทอง 14160
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	พนักงานอาจารย์โปรแกรมวิชาฟิสิกส์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2535	มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสามโก้วิทยาคม จังหวัดอ่างทอง
พ.ศ. 2539	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสงวนหญิง จังหวัดสุพรรณบุรี
พ.ศ. 2543	คป. วิชาเอกฟิสิกส์ (เกียรตินิยมอันดับ 2) มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม
พ.ศ. 2548	การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ