



การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ
โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

วิทยานิพนธ์

ของ

จินตนา นันตะบุตร

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
ปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์

กรกฎาคม 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ
โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

วิทยานิพนธ์
ของ
จินตนา นันตะบุตร

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
กรกฎาคม 2567
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

DEVELOPMENT OF SCIENCE PROCESS SKILLS AND LEARNING ACHIEVEMENT
OF MATHAYOMSUKSA 4 STUDENTS ON THE UNIT OF ATOMS AND
PROPERTIES OF ELEMENTS USING STEM EDUCATION

BY

JINTANA NANTABHUT

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
The Master of Education Degree in Education Program in Science Teaching
at Sakon Nakhon Rajabhat University

July 2024

All Rights Reserved by Sakon Nakhon Rajabhat University



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ
โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
ชื่อผู้ทำวิทยานิพนธ์ จินตนา นันทะบุตร

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบ กรรมการสอบและ
(รองศาสตราจารย์อนันต์ ปานศุภวัชร) (ดร.กุลวดี สุวรรณไตรย์) ประธานที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์

..... กรรมการสอบ กรรมการสอบและ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรุณรัตน์ คำแหงพล) แต่งตั้งเพิ่มเติม (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หรรษกร วรรณะสาร) กรรมการที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์

..... กรรมการสอบ
(ดร.สกลรัตน์ สวัสดิ์มูล) ผู้ทรงคุณวุฒิ

คณะกรรมการบริหารหลักสูตรรับรองแล้ว

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรุณรัตน์ คำแหงพล)
ประธานหลักสูตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุศักดิ์ แสนทวีสุข)
ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

เมื่อวันที่ 17 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2567
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดี ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก ดร.กุลวดี สุวรรณไตรย์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หรรษกร วรรณะสาร กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาแนะนำ เสนอแนะ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ตลอดมา ตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จเรียบร้อย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย รสชาติ อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรุณรัตน์ คำแหงพล อาจารย์ประจำสาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร และนายสุวิทย์ สีดา ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบ้านตุมหวาน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามุกดาหาร ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบ และแก้ไขเครื่องมือในการวิจัย ตลอดจนให้คำแนะนำแนวทางต่าง ๆ และข้อคิดที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย

ขอขอบคุณ ท่านผู้อำนวยการ นายวัชรวิทย์ สุตาวงศ์ และคณะครูโรงเรียนเหล่าประชาอุทิศ อำเภอคำชะอี จังหวัดมุกดาหาร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามุกดาหาร ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดลองใช้เครื่องมือและเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณทุกท่านในหมวดวิทยาศาสตร์ ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ดูแล และขอบคุณนักเรียนทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

คุณค่าและประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่บิดา มารดาของผู้วิจัย และบูรพาจารย์ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนจนผู้วิจัยสามารถดำรงตนและบรรลุผลสำเร็จในปัจจุบัน

จินตนา นันตะบุตร

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
ผู้วิจัย	จินตนา นันตะบุตร
กรรมการที่ปรึกษา	ดร.กุลวดี สุวรรณไตรย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หรรษกร วรธนะสาร
ปริญญา	ค.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์)
สถาบัน	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
ปีที่พิมพ์	2567

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อ 1) พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 2) เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน และ 4) ศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 17 คน โรงเรียนเหล่าประชาอุทิศ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาอุดรธานี เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าที่แบบกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for Dependent Samples)

ผลการวิจัย พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.87/82.45 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.85, S.D. = 0.38)

คำสำคัญ: ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สะเต็มศึกษา

TITLE	Development of Science Process Skills and Learning Achievement of Mathayomsuksa 4 Students on the Unit of Atoms and Properties of Elements Using STEM Education
AUTHOR	Jintana Nantabhut
ADVISORS	Dr.Kulwadee Suwannatrai Asst. Prof. Dr.Hassakorn Wattanasarn
DEGREE	M.Ed. (Science Teaching)
INSTITUTION	Sakon Nakhon Rajabhat University
YEAR	2024

ABSTRACT

This research aimed to 1) develop lesson plans based on STEM education on the unit of atoms and properties of elements to achieve an efficiency rate of 80/80, 2) compare students' science process skills at the pre-and post-interventions, 3) explore students' learning achievement before and after the intervention, and 4) examine students' satisfaction with the STEM education learning management. The sample consisted of 17 Mathayomsuksa 4 students from Laopacha-Utid School within the Secondary Educational Service Area Office Mukdahan, during the second semester of the academic year 2023. The instruments for data collection included lesson plans based on STEM education on the unit of atoms and properties of elements, a science process skills test, a learning achievement test, and a satisfaction questionnaire. Statistics used in data analysis were percentage, mean, standard deviation, and t-test for Dependent Samples.

The research results revealed that the lesson plans based on STEM education on the unit of atoms and the properties of elements achieved an efficiency rate of 83.87/82.45, surpassing the minimum efficiency rate requirement of 80/80. The students' science process skills and learning achievement in the post-intervention were higher than those at the pre-intervention at the .01 level of significance.

The students expressed the highest level of satisfaction with the STEM education learning management ($\bar{x} = 4.85$, S.D. = 0.38)

Keywords: Science Process Skills, Learning Achievement, STEM Education

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
คำถามของการวิจัย	3
ความมุ่งหมายของการวิจัย	4
สมมติฐานของการวิจัย	4
ความสำคัญของการวิจัย	5
ขอบเขตของการวิจัย	5
กรอบแนวคิดของการวิจัย	6
นิยามศัพท์เฉพาะ	8
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	13
การจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)	15
ความสำคัญของวิทยาศาสตร์	15
เป้าหมายของวิทยาศาสตร์	16
สาระสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม	17
สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม	17
คุณภาพผู้เรียน	20
ผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม รายวิชาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	20
คำอธิบายรายวิชา	29

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	32
ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	32
แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	34
การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	36
จุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	39
ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	40
บทบาทของครูผู้สอนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	41
การวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	42
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	44
ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	44
ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	45
ลักษณะที่แสดงว่าเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	47
การวัดและประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	52
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	54
ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	55
ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	55
ลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ดี	57
การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	61
ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้	62
ความหมายของประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้	62
การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ	64
ความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้	66
ความหมายของความพึงพอใจ	66
การวัดความพึงพอใจ	67

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	67
งานวิจัยในประเทศ	68
งานวิจัยต่างประเทศ	70
3 วิธีการดำเนินการวิจัย	73
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	73
แบบแผนการวิจัย	74
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	74
การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ	75
การเก็บรวบรวมข้อมูล	94
การวิเคราะห์ข้อมูล	95
สถิติที่ใช้ในการวิจัย	96
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	101
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	101
การวิเคราะห์ข้อมูล	102
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	103
5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	121
ความมุ่งหมายของการวิจัย	121
สมมติฐานของการวิจัย	122
การดำเนินการวิจัย	122
การวิเคราะห์ข้อมูล	125
สรุปผลการวิจัย	126
อภิปรายผล	127
ข้อเสนอแนะ	131

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
บรรณานุกรม	133
ภาคผนวก	143
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ	145
ภาคผนวก ข ผลการประเมินและวิเคราะห์เครื่องมือ	153
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	167
ภาคผนวก ง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	177
ประวัติย่อของผู้วิจัย	291

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติม สาระเคมี	21
2 กำหนดหน่วยการเรียนรู้สาระเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	31
3 แบบแผนของการวิจัย แบบกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการทดลอง	74
4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้จุดประสงค์การเรียนรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สมรรถนะที่สำคัญ กิจกรรม กระบวนการเรียนรู้ ภาระงาน/ชิ้นงาน เครื่องมือวัดผล เรื่อง อะตอมและ สมบัติของธาตุกลุ่มสารการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	77
5 เวลาที่ใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	80
6 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนรู้และทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ	85
7 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนรู้กับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ในแต่ละด้านหน่วยอะตอมและสมบัติของธาตุ	91
8 ผลการวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของกระบวนการของการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอม และสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	103
9 ผลการวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E ₂) ของการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติ ของธาตุของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	104
10 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบ สะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามเกณฑ์ 80/80	105
11 เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบจัดเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติ ของธาตุ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	107

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
12 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	108
13 ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ	109
14 ผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ	155
15 ผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	158
16 ผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	160
17 ผลการวิเคราะห์ระดับค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความ เชื่อมั่น ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	162
18 ผลการวิเคราะห์ระดับค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความ เชื่อมั่น ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	163
19 ผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินความพึงพอใจ ของนักเรียน ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	164
20 วิเคราะห์คะแนนประสิทธิภาพกระบวนการ (E_1) ของการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	169
21 วิเคราะห์คะแนนประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E_2) ของการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบจัดเต็มศึกษา	171
22 คะแนนแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียน และหลังเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	172
23 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียน และหลังเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	173

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
24 ผลการวิเคราะห์คะแนนความพึงพอใจของนักเรียน ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ แบบสะเต็มศึกษา	174

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดของการวิจัย	7
2 ตัวอย่างผลงาน/ชิ้นงานการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	106
3 กิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนทำความเข้าใจปัญหา เพื่อระบุปัญหา	112
4 กิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	113
5 กิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ออกแบบวิธีการ วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาการสร้างชิ้นงาน	113
6 กิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาการสร้างชิ้นงาน	114
7 กิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำกิจกรรม	114
8 การใช้เทคโนโลยีแอปพลิเคชันช่วยในการจัดการเรียนรู้	116
9 นักเรียนสืบค้นข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยี สมาร์ทโฟน	116
10 นักเรียนทำใบงาน	117
11 นักเรียนศึกษาใบความรู้	117
12 นักเรียนศึกษาค้นคว้าและทำใบกิจกรรม	118
13 ผู้เรียนมีความสนใจในการเรียนรู้	119
14 ผู้เรียนมีความสุขในการเรียนรู้	119

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ปัจจุบันโลกได้มีการเปลี่ยนแปลงด้านเศรษฐกิจและสังคมอย่างรวดเร็ว ทำให้มนุษย์มีการปรับตัวให้สอดคล้องกับบริบทและสังคม รวมถึงการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ให้มีความเจริญก้าวหน้าในอนาคต การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม จัดทำขึ้นสำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่จำเป็นต้องเรียนเนื้อหาในสาระชีววิทยา เคมีฟิสิกส์ และโลก ดาราศาสตร์และอวกาศ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญและเพียงพอสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้าน วิทยาศาสตร์ เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน เช่น แพทย์ ทันตแพทย์ สัตวแพทย์ เทคโนโลยีชีวภาพ เทคนิคการแพทย์วิศวกรรม สถาปัตยกรรม ฯลฯ โดยมีผล การเรียนรู้ ที่ครอบคลุมด้านเนื้อหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่ง ศตวรรษที่ 21 รวมทั้งจิตวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องมีวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมนี้ได้มีการ ปรับปรุงเพื่อให้มีเนื้อหา ที่ทัดเทียมกับนานาชาติเน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์และการ แก้ปัญหา รวมทั้งเชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 127)

วิชาเคมี เป็นสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ที่มีการจัดการเรียนการสอนที่ เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง เข้าใจหลักการและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานของ วิทยาศาสตร์ โดยเน้นให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาวิธีการคิดและทำให้มีทักษะที่จำเป็น ในการตัดสินใจและแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนเป็น ศูนย์กลางและการให้ผลการเรียนรู้เกิดขึ้นกับผู้เรียนมากที่สุด (สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558, หน้า 6)

ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินี้ขั้นพื้นฐาน (Ordinary National Education Test: O-NET) ตามมาตรฐานการเรียนรู้ พบว่า รายวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2565 นักเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าร้อยละ 50 จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นถึงสภาพปัญหาและผลการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเหล่าประชานุทิศ ที่มีค่าคะแนนผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินี้ขั้นพื้นฐาน เฉลี่ยต่ำกว่าระดับประเทศ (กลุ่มบริหารวิชาการ โรงเรียนเหล่าประชานุทิศ) ซึ่งเป็นสิ่งที่บ่งชี้ถึงปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่ต่ำ จากลักษณะการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบันยังเน้นการบรรยายและการท่องจำเป็นสำคัญ (ธีรพงษ์ รัตมณีพัฒน์, หรรษกร วรธนสาร และอรุณรัตน์ คำแห่งพล 2565, หน้า 260)

การศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้ พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา สามารถช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดทักษะและสมรรถนะที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนไปของสภาพสังคมปัจจุบัน ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เป็นแนวคิดหนึ่งของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการความรู้ในศาสตร์ต่าง ๆ 4 สาขา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) (พรทิพย์ ศิริภักตราชัย, 2556, หน้า 49-56) จากงานวิจัยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) มีความสำคัญต่อผู้เรียน คือ ส่งผลให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มขึ้น (รสสุคนธ์ อินทฤาฑูร สวัสดิ์วงศ์ชัย, ถาดทอง ปานศุภวัชร และนิติธาร ชูทรัพย์, 2562, หน้า 85) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ (วชรกมล พนิตอนงกริต, มารศรี กลางประพันธ์ และสมเกียรติ พละจิตต์, 2562, หน้า 106) ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์สร้างนวัตกรรมเข้าใจสาระ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการพัฒนาทักษะที่จำเป็นในการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 (อุปการ จีระพันธุ์, 2556, หน้า 32-37) ทำให้ผู้เรียนเกิดการถ่ายโอนความรู้ สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความคิดรวบยอดในศาสตร์ต่าง ๆ ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายต่อผู้เรียน ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์และคุณค่าของสิ่งที่เรียนสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนเข้ากับชีวิตจริง (วิชัย วงษ์ใหญ่, 2554, หน้า 136-137; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558, หน้า 6; ธีระชัย ปุณณโชติ, 2547, หน้า 14-19; สิริพัชร เจษฎาวิโรจน์, 2549, หน้า 218-224)

จากความเป็นมาและความสำคัญดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนให้มีทักษะที่เพิ่มขึ้น นำไปสู่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่สูงขึ้น (สิรินทร กิ่งชา, 2561, หน้า 62) และเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลาย อีกทั้งยังกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจผ่านการลงมือฝึกปฏิบัติจริง และการจัดกิจกรรมสะเต็มเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะและเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สามารถทำให้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นหน่วยที่ง่ายและสนุก ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ไปพร้อม ๆ กันผ่านการทำกิจกรรมกลุ่ม มีการวัดผลและประเมินผลของผู้เรียนที่มีความยืดหยุ่นและหลากหลาย มีการเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม สามารถจัดลำดับขั้นตอนในการศึกษาอย่างเป็นระบบผู้เรียนสามารถออกแบบชิ้นงานและสร้างชิ้นงานในหน่วยต่าง ๆ ออกมาได้ และเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ที่สามารถทำให้ผู้เรียนมีทักษะในศตวรรษที่ 21 ได้

คำถามของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดคำถามของการวิจัย ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 หรือไม่
2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุโดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน หรือไม่
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนหรือไม่
4. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ อยู่ในระดับใด

ความมุ่งหมายของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดความมุ่งหมายของการวิจัย ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน
4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ

สมมติฐานของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานของการวิจัย ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุโดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
4. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ อยู่ในระดับมาก

ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดความสำคัญของการวิจัย ดังนี้

1. ได้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาให้มีประสิทธิภาพที่สามารถส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. ครูผู้สอนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์หรือปรับใช้กับนักเรียนที่มีสภาพปัญหาที่คล้ายคลึงกันหรือใกล้เคียงกับการวิจัยครั้งนี้
3. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอน และผู้ที่สนใจการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ และสามารถนำความรู้ที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ไปใช้ประโยชน์และประยุกต์ใช้ในวิชาอื่น ๆ ต่อไปได้

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตของการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาในการวิจัยครั้งนี้ คือ เนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สารเคมี หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) โดยมีเนื้อหา ดังนี้

- 1.1 แบบจำลองอะตอม
- 1.2 อนุภาคในอะตอมและไอโซโทป
- 1.3 การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม
- 1.4 ตารางธาตุและสมบัติของธาตุหมู่หลัก
- 1.5 ธาตุแตรอนซัน
- 1.6 ธาตุกัมมันตรังสี
- 1.7 การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สหวิทยาเขตคำชะอีหนองสูง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามุกดาหาร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 8 โรงเรียน รวมจำนวนนักเรียนทั้งหมด 444 คน

2.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเหล่าประชาอุทิศ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามุกดาหาร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 1 ห้องเรียน นักเรียนทั้งหมด 17 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling Technique) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

3. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

3.2 ตัวแปรตาม

3.2.1 ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

3.2.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3.2.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

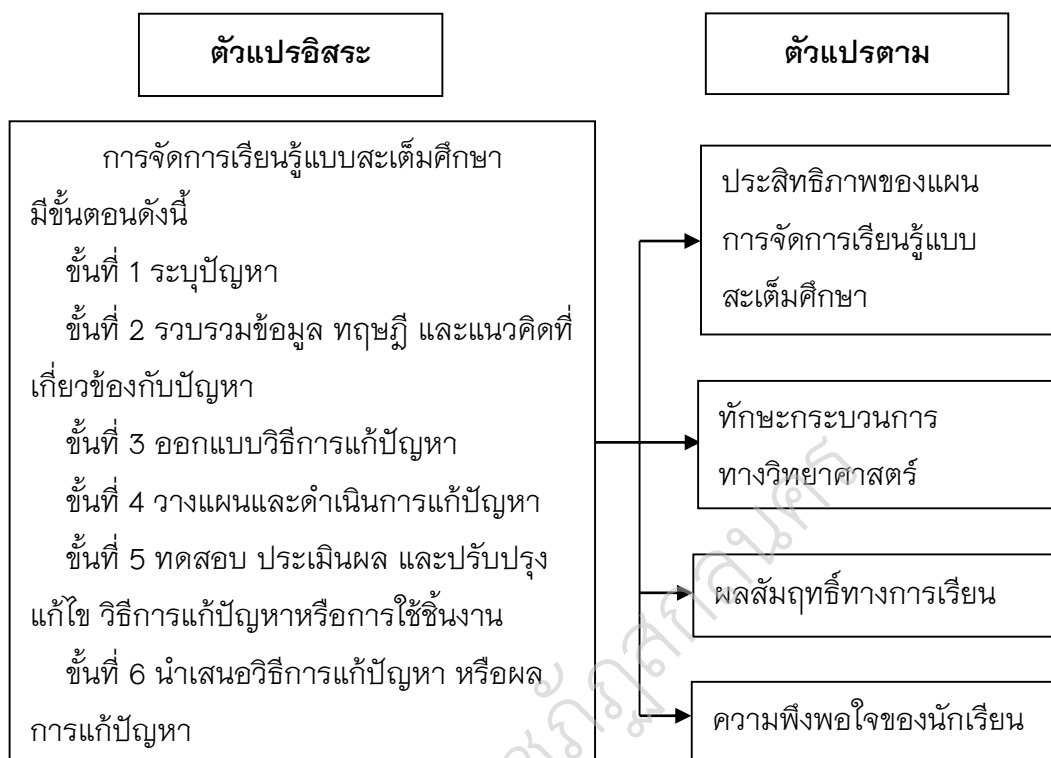
3.2.4 ความพึงพอใจของนักเรียน

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 ที่โรงเรียนเหล่าประชาอุทิศ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามุกดาหาร จำนวน 20 ชั่วโมง ไม่รวมกับการทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 2 ชั่วโมง

กรอบแนวคิดการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดนิยามศัพท์เฉพาะ ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้โดยการบูรณาการ 4 วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เข้าด้วยกันในการจัดการเรียนรู้ หน่วย อะตอมและสมบัตร์ของธาตุ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยเน้นการนำความรู้ไปแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ในกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 นักเรียนระบุปัญหา ทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์สถานการณ์ ปัญหา เพื่อใช้ในการระบุปัญหา มีการกำหนดขอบเขตของปัญหา และวิธีการในการ แก้ปัญหาหรือเกิดการสร้างชิ้นงานขึ้น

ขั้นที่ 2 นักเรียนรวบรวมข้อมูล ทฤษฎี และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาจากแหล่งข้อมูลอื่น ๆ ที่เชื่อถือได้ เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้

ขั้นที่ 3 นักเรียนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เป็นการบูรณาการความรู้การวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) และแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ตามข้อจำกัดและเงื่อนไขสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นที่ 4 นักเรียนวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา มีการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงาน แล้วลงมือปฏิบัติตามขั้นตอนที่ได้กำหนดหรือวางแผนไว้

ขั้นที่ 5 นักเรียน ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข วิธีการแก้ปัญหาหรือการนำชิ้นงานไปใช้ เป็นการประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการการดำเนินงาน โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุง และพัฒนาชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ขั้นที่ 6 นักเรียนนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหาเป็นการนำเสนอแนวคิด และขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการที่นำไปสู่การพัฒนาอย่างมีประสิทธิภาพ ให้ผู้อื่นเข้าใจ และนำข้อเสนอแนะจากการดำเนินงานไปใช้เพื่อการพัฒนาชิ้นงานหรือสร้างชิ้นงานต่อไป

2. ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ หมายถึง คุณภาพด้านกระบวนการและผลลัพธ์ของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

80 ตัวแรก คือ ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการจัดการการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา การทำแบบทดสอบระหว่างเรียนของนักเรียนทุกคน คิดเป็นร้อยละของคะแนนเต็ม

80 ตัวหลัง คือ ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนทุกแผนการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนทุกคน คิดเป็นร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและการฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบ ซึ่งก่อให้เกิดการพัฒนาทางด้านสติปัญญา

การแก้ปัญหาและการค้นคว้าหาความรู้ใหม่อย่างมีประสิทธิภาพและเชื่อถือได้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 14 ทักษะ ดังนี้

3.1 ทักษะขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะ ได้แก่

3.1.1 ทักษะการสังเกต (Observing) หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัส ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล คุณลักษณะหรือรายละเอียดของสิ่งของหรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง ทั้งที่เป็นปริมาณ และคุณภาพ

3.1.2 ทักษะการวัด (Measuring) หมายถึง การเลือกและการใช้เครื่องมือทำการวัดปริมาณสิ่งของต่าง ๆ ออกเป็นตัวเลขที่แน่นอน ได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง โดยมีหน่วยกำกับเสมอ

3.1.3 ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying) หมายถึง การจัดแบ่งหรือเรียงลำดับวัตถุ สิ่งของที่อยู่ในประสบการณ์ออกเป็นประเภทต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์หรือมีเกณฑ์ในการจำแนก สามารถแยกตามลักษณะที่เหมือนกัน แตกต่างกัน หรือสัมพันธ์กันอย่างใดอย่างหนึ่ง สามารถกำหนดเกณฑ์ขึ้นเอง หรือมีผู้อื่นกำหนดให้

3.1.4 ทักษะการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา (Space/Space Relationship and Space/Time Relationship) สเปสของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองอยู่ ซึ่งอาจมีรูปร่างเหมือนกันหรือแตกต่างกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปแบ่งเป็น 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว และความสูง ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติกับ 2 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับวัตถุหนึ่ง ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุกับเวลา ได้แก่ ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุกับช่วงเวลา หรือความสัมพันธ์ของสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับช่วงเวลา

3.1.5 ทักษะการคำนวณ (Using Number) หมายถึง การนับจำนวน การนำตัวเลขที่ได้จากนับ และตัวเลขจากการวัดค่ามาคำนวณด้วยสูตรทางคณิตศาสตร์ เช่น การบวก ลบ คูณ และหาร การเกิดทักษะการคำนวณสามารถดูได้จากการนับที่ถูกต้อง ส่วนการคำนวณดูได้จากการเลือกใช้สูตรทางคณิตศาสตร์ การแสดงวิธีคำนวณ และการคำนวณที่ถูกต้องแม่นยำ

3.1.6 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Organizing Data and Communication) หมายถึง การนำข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้รับจากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำใหม่ เพื่อให้เข้าใจความหมายของข้อมูลชุด

นั้นได้ดีขึ้น สามารถทำได้โดยการหาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่ ในรูปแบบการนำเสนอของตาราง กราฟ สมการ แผนภาพ แผนภูมิ หรือการเขียนบรรยาย

3.1.7 ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring) หมายถึง การเพิ่มความคิดเห็นของตนต่อข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยมีพื้นฐานความรู้หรือประสบการณ์

3.1.8 ทักษะการพยากรณ์ (Predicting) หมายถึง การทำนายหรือการคาดคะเนคำตอบโดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหรือการทำซ้ำผ่านกระบวนการแปลความหมายของข้อมูลจากสัมพันธ์ภายใต้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

3.2 ทักษะขั้นสูงหรือทักษะขั้นผสม 6 ทักษะ ได้แก่

3.2.1 ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypothesis) หมายถึง การคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลองหรือการปฏิบัติจริง โดยอาศัยการสังเกตความรู้และประสบการณ์เดิม

3.2.2 ทักษะการควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables) หมายถึง การกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมติฐานนั้น ๆ

3.2.3 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operation) หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่าง ๆ ตามสมมติฐานที่ต้องทดลองให้เกิดความเข้าใจความหมายตรงกันในการทดลองหรือการปฏิบัตินั้น และสามารถสังเกตหรือวัดได้

3.2.4 ทักษะการทดลอง (Experiment) หมายถึง กระบวนการปฏิบัติเป็นขั้นตอน รวมถึงการทำซ้ำในขั้นตอนต่าง ๆ เพื่อหาคำตอบจากสมมติฐาน แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน คือ

- 1) การออกแบบการทดลอง คือ การวางแผน ก่อนการทดลองปฏิบัติจริง
- 2) การปฏิบัติการทดลอง คือ การปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอน
- 3) การบันทึกผลการทดลอง คือ การบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองหรือการลงมือปฏิบัติ

3.2.5 ทักษะการตีความและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Making) หมายถึง การแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะข้อมูลที่มีอยู่ โดยอาศัยใช้ทักษะอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ เป็นต้น

3.2.6 ทักษะการสร้างแบบจำลอง (Modeling Construction) หมายถึง การสร้างและใช้วัสดุเพื่อทำขึ้นมาเลียนแบบ หรือจำลองสถานการณ์ที่ต้องการศึกษาหรือสนใจ เพื่อให้ผู้เรียนมองเห็นภาพและเข้าใจความหมายที่แฝงอยู่ในแบบจำลองนั้น

การวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ วัดโดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 14 ทักษะ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง พฤติกรรม 5 ด้าน คือ ด้านความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การวิเคราะห์ การประเมินค่า และการนำไปใช้ หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยใช้เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบปรนัย 4 ตัวเลือก ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 30 ข้อ

5. ความพึงพอใจของนักเรียน หมายถึง ความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ วัดโดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ใช้วัด 5 ด้าน คือ ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้ ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ และด้านประโยชน์ที่ได้รับ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้
แบบสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
ซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน
พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

- 1.1 ความสำคัญของวิทยาศาสตร์
- 1.2 เป้าหมายของวิทยาศาสตร์
- 1.3 สาระสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม
- 1.4 สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม
- 1.5 คุณภาพผู้เรียน
- 1.6 ผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม รายวิชาเคมี

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

- 1.7 คำอธิบายรายวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

- 2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
- 2.2 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
- 2.3 การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
- 2.4 จุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
- 2.5 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
- 2.6 บทบาทของครูผู้สอนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
- 2.7 การวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 - 3.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 - 3.2 ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 - 3.3 ลักษณะที่แสดงว่าเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 - 3.4 การวัดและประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 4.2 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 4.3 ลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี
 - 4.4 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
5. ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้
 - 5.1 ความหมายของประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้
 - 5.2 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ
6. ความพึงพอใจของนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้
 - 6.1 ความหมายของความพึงพอใจของนักเรียน
 - 6.2 การวัดความพึงพอใจของนักเรียน
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 7.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 7.2 งานวิจัยต่างประเทศ

การจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

จากการศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
สรุปสาระสำคัญได้ ดังนี้

1. ความสำคัญของวิทยาศาสตร์

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดสาระการเรียนรู้ออกเป็น 4 สาระ คือ สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ และสาระที่ 4 เทคโนโลยี โดยมีสาระเพิ่มเติม 4 สาระ ได้แก่ สาระชีววิทยา สาระเคมี สาระฟิสิกส์ สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ องค์ประกอบของหลักสูตรทั้งในด้านของเนื้อหา การจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้นั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งในการวางรากฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในแต่ละระดับชั้น ให้มีความต่อเนื่องเชื่อมโยงกัน ตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จนถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้กำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องเรียนเป็นพื้นฐาน เพื่อให้สามารถนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตหรือศึกษาต่อในวิชาชีพที่ต้องใช้วิทยาศาสตร์ได้ โดยจัดเรียงลำดับความยากง่ายของเนื้อหาแต่ละสาระในแต่ละระดับชั้นให้มีการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการเรียนรู้ และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญทั้งทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21 ในการค้นคว้า และสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูลหลากหลาย และประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มุ่งหวังให้เกิดผลสัมฤทธิ์ต่อผู้เรียนมากที่สุด จึงได้จัดทำตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา
ขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ขึ้น เพื่อให้สถานศึกษา ครูผู้สอน ตลอดจนหน่วยงานต่าง ๆ
ได้ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาหนังสือเรียน คู่มือครู สื่อประกอบการเรียนการสอน
ตลอดจนการวัดและประเมินผล โดยตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระ
การเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลาง
การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่จัดทำขึ้นนี้ ได้ปรับปรุง เพื่อให้มีความสอดคล้อง
และเชื่อมโยงกันภายในสาระการเรียนรู้เดียวกันและระหว่างสาระการเรียนรู้ในกลุ่มสาระ
การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตลอดจนการเชื่อมโยงเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์
กับคณิตศาสตร์นอกจากนี้ยังได้ปรับปรุงเนื้อหาเพื่อให้มีความทันต่อการเปลี่ยนแปลง
และความเจริญก้าวหน้าของวิทยาการต่าง ๆ เพื่อทัดเทียมกับนานาประเทศ
(กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 1-2)

2. เป้าหมายของวิทยาศาสตร์

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้
ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งทักษะกระบวนการ และความรู้ จากวิธีการสังเกต
การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และ
องค์ความรู้ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ (กระทรวงศึกษาธิการ,
2560, หน้า 3) ดังนี้

- 2.1 เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐาน
ในวิชาวิทยาศาสตร์
- 2.2 เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์
และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์
- 2.3 เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้น
ทางเทคโนโลยี
- 2.4 เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อม ในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
- 2.5 เพื่อนำความรู้ ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีไป
ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต
- 2.6 เพื่อพัฒนากระบวนการคิด และจินตนาการ ความสามารถ
ในการแก้ปัญหา และการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ

2.7 เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และ
ค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

3. สาระสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ผู้เรียนจะได้เรียนรู้สาระสำคัญ
(กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 128-129) ดังนี้

ชีววิทยา เรียนรู้เกี่ยวกับการศึกษาชีววิทยา สารที่เป็นองค์ประกอบ
ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ของสิ่งมีชีวิต พันธุกรรมและการถ่ายทอด วิวัฒนาการ ความหลากหลาย
ทางชีวภาพ โครงสร้างและการทำงานของส่วนต่าง ๆ ในพืชดอก ระบบและการทำงานใน
อวัยวะต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

เคมี เรียนรู้เกี่ยวกับปริมาณสาร องค์ประกอบและสมบัติของสาร
การเปลี่ยนแปลงของสาร ทักษะและการแก้ปัญหาทางเคมี

ฟิสิกส์ เรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติและการค้นพบทางฟิสิกส์
แรงและการเคลื่อนที่ และพลังงาน

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับโลกและกระบวนการ
เปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา ข้อมูลทางธรณีวิทยาและการนำไปใช้ประโยชน์การถ่ายโอน
พลังงานความร้อนของโลกการเปลี่ยนแปลงลักษณะลมฟ้าอากาศกับการดำรงชีวิต
ของมนุษย์ โลกในเอกภพ และดาราศาสตร์กับมนุษย์

4. สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ผู้เรียนจะได้เรียนรู้ทั้งหมด 4 สาระ
(กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 129-131) ดังนี้

สาระชีววิทยา

1) เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการ
ทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต
กลไกจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์
การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

2) เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีน
บนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ
หลักฐานข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลของ ฮาร์ดี้-ไวน์
เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต
ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3) เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊ส และคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอก และการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4) เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ รวมทั้งการหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต สหสัมพันธ์กับการรักษาคุณภาพ และพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

5) เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ประชากร และรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหา และผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ และแนวทางการแก้ไขปัญหา

สาระเคมี

1) เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์ และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2) เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติ และปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์ และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3) เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยการคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน และการแก้ปัญหาทางเคมี

สาระฟิสิกส์

1) เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทาน สมดุลกลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้งรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

2) เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่นเสียง และการได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสงรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

3) เข้าใจแรงไฟฟ้า และกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็ก ที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำ แม่เหล็กไฟฟ้า และกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4) เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิ และสถานะของสสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุและมอดุลัสของยัง ความดันในของไหล แรงพยาง และหลักของอาร์คิมิดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติ และสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติและพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค กัมมันตภาพรังสี แรงแวนเดอร์วาลส์ ปฏิกริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

1) เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก ธรณีพิบัติภัย ผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม การศึกษาลำดับชั้นหิน ทรัพยากรธรณี แผนที่ และการนำไปใช้ประโยชน์

2) เข้าใจสมดุลพลังงานของโลก การหมุนเวียนของอากาศบนโลก การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร การเกิดเมฆ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพยากรณ์อากาศ

3) เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ ความสัมพันธ์ของดาราศาสตร์กับมนุษย์ จากการศึกษาตำแหน่งดาวบนทรงกลมฟ้าและปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

5. คุณภาพผู้เรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ได้กำหนดคุณภาพของผู้เรียนที่เรียนจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สำหรับผู้เรียนวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมสาระเคมี (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 132) ดังนี้

5.1 เข้าใจการศึกษาโครงสร้างอะตอมของนักวิทยาศาสตร์

การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม สมบัติบางประการของธาตุและการจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ พันธะเคมี สมบัติของสารที่มีความสัมพันธ์กับพันธะเคมี กฎต่าง ๆ ของแก๊ส และสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์ ประเภทและสมบัติของพอลิเมอร์

5.2 เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี การคำนวณปริมาณสาร

ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่อสมดุลเคมี ทฤษฎีกรด-เบส สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส สารละลายบัฟเฟอร์ ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า

5.3 เข้าใจข้อปฏิบัติเบื้องต้นเกี่ยวกับความปลอดภัยในการท

ปฏิบัติการเคมี การเลือกใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการทำปฏิบัติการ หน่วยวัด และการเปลี่ยนหน่วยวัดด้วยการใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย การคำนวณเกี่ยวกับมวลอะตอม มวลโมเลกุลและมวลสูตร ความสัมพันธ์ของโมล จำนวนอนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊สที่ STP การคำนวณสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลของสารความเข้มข้นของสารละลาย การเตรียมสารละลายและการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

6. ผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม รายวิชาเคมี

ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

รายวิชาเคมีเป็นรายวิชาเพิ่มเติมที่สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้

ข้อที่ 1, 2 และ 3 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 167-189)

โดยผู้วิจัยเลือกในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 จะสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ข้อที่ 1 ดังนี้

สาระเคมี

1. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุพื้นระเคมี และสมบัติของสาร แก๊ส และสมบัติของแก๊ส ประเภท และสมบัติของสารประกอบอินทรีย์ และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ รายละเอียดดังตาราง 1

ตาราง 1 ผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติม สาระเคมี

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.4	1. สืบค้นข้อมูลสมมติฐานการทดลอง หรือผลการทดลองที่เป็นประจักษ์พยานในการเสนอแบบจำลองอะตอมของนักวิทยาศาสตร์ และอธิบายวิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอม	• นักวิทยาศาสตร์ศึกษาโครงสร้างของอะตอม และเสนอแบบจำลองอะตอมแบบต่าง ๆ - จากการศึกษาข้อมูล การสังเกต การตั้งสมมติฐานและ ผลการทดลอง • แบบจำลองอะตอมมีวิวัฒนาการ โดยเริ่มจากดอลตันเสนอว่าธาตุประกอบด้วยอะตอมซึ่งเป็นอนุภาคขนาดเล็กไม่สามารถแบ่งแยกได้ต่อมาทอมสันเสนอว่าอะตอมประกอบด้วยอนุภาคที่มีประจุลบ เรียกว่า อิเล็กตรอน และอนุภาคประจุบวก รัทเทอร์ฟอร์ด เสนอว่าประจุบวกที่เรียกว่า โปรตอน รวมตัวกันอยู่ตรงกึ่งกลางอะตอม เรียกว่า นิวเคลียส ซึ่งมีขนาดเล็กมาก และมีอิเล็กตรอนอยู่รอบนิวเคลียส โบร์ เสนอว่าอิเล็กตรอนเคลื่อนที่เป็นวงรอบนิวเคลียส โดยแต่ละวงมีระดับพลังงานเฉพาะตัว - ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ยอมรับว่าอิเล็กตรอนมีการเคลื่อนที่รวดเร็วรอบนิวเคลียส และไม่สามารถระบุตำแหน่งที่แน่นอนได้จึงเสนอแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก ซึ่งแสดงโอกาสการพบอิเล็กตรอนรอบนิวเคลียส

ตาราง 1 (ต่อ)

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.4 (ต่อ)	2. เขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุและระบุจำนวนโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนของอะตอมจากสัญลักษณ์นิวเคลียร์ รวมทั้งบอกความหมายของไอโซโทป	สัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ ประกอบด้วยสัญลักษณ์ธาตุ เลขอะตอมซึ่งแสดงจำนวนโปรตอน และเลขมวลซึ่งแสดงผลรวมของจำนวนโปรตอนกับนิวตรอน อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันที่มีจำนวนโปรตอนเท่ากัน แต่มีจำนวนนิวตรอนต่างกัน เรียกว่า ไอโซโทป
	3. อธิบาย และเขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลักและระดับพลังงานย่อยเมื่อทราบเลขอะตอมของธาตุ	การศึกษาสเปกตรัมการเปล่งแสงของอะตอมแก๊ส ทำให้ทราบว่า อิเล็กตรอนจัดเรียงอยู่รอบ ๆ นิวเคลียสในระดับพลังงานหลักต่าง ๆ และแต่ละระดับพลังงานหลักยังแบ่งเป็นระดับพลังงานย่อยซึ่งมีบริเวณที่จะพบอิเล็กตรอน เรียกว่า ออร์บิทัล ได้แตกต่างกันและอิเล็กตรอนจะจัดเรียงในออร์บิทัลให้มีระดับพลังงานต่ำที่สุดสำหรับอะตอมในสถานะพื้น
	4. ระบุหมู่คาบ ความเป็นโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะของธาตุเรฟรีเซนเททีฟ และธาตุแทรนซิชันในตารางธาตุ	- ตารางธาตุในปัจจุบันจัดเรียงธาตุตามเลขอะตอมและสมบัติที่คล้ายคลึงกันเป็นหมู่และคาบโดยอาจแบ่งธาตุในตารางธาตุเป็นกลุ่มธาตุโลหะ กึ่งโลหะ และอโลหะ นอกจากนี้อาจแบ่งเป็นกลุ่มธาตุเรฟรีเซนเททีฟ และกลุ่มธาตุแทรนซิชัน - ตารางธาตุในปัจจุบันจัดเรียงธาตุตามเลขอะตอมและสมบัติที่คล้ายคลึงกันเป็นหมู่และคาบโดยอาจแบ่งธาตุในตารางธาตุเป็นกลุ่มธาตุโลหะกึ่งโลหะ และอโลหะ นอกจากนี้อาจแบ่งเป็นกลุ่มธาตุเรฟรีเซนเททีฟและกลุ่มธาตุแทรนซิชัน

ตาราง 1 (ต่อ)

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.4 (ต่อ)	5. วิเคราะห์และบอก แนวโน้มสมบัติของธาตุ เรฟรีเซนเททีฟตามหมู่ และตามคาบ	• ธาตุเรฟรีเซนเททีฟในหมู่เดียวกันมีจำนวน เวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากัน และธาตุที่อยู่ในคาบ เดียวกันมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลัก เดียวกันธาตุเรฟรีเซนเททีฟมีสมบัติทางเคมี คล้ายคลึงกันตามหมู่และมีแนวโน้มสมบัติ บางประการเป็นไปตามหมู่และตามคาบ เช่น ขนาดอะตอม รัศมีไอออนพลังงานไอออไนเซชัน อิเล็กโทรเนกาติวิตีสัมพรรคภาพอิเล็กตรอน
	6. บอกสมบัติของธาตุโลหะ ทรานซิชัน และเปรียบเทียบ สมบัติกับธาตุโลหะในกลุ่ม ธาตุเรฟรีเซนเททีฟ	• ธาตุทรานซิชันเป็นโลหะที่ส่วนใหญ่ มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 2 มีขนาดอะตอม ใกล้เคียงกันมีจุดเดือด จุดหลอมเหลว และความหนาแน่นสูงเกิดปฏิกิริยากับน้ำ ได้ช้ากว่าธาตุโลหะในกลุ่มธาตุเรฟรีเซนเททีฟ เมื่อเกิดเป็นสารประกอบส่วนใหญ่จะมีสี
	7. อธิบายสมบัติและ คำนวณครึ่งชีวิตของ ไอโซโทปกัมมันตรังสี	• ธาตุแต่ละชนิดมีไอโซโทป ซึ่งในธรรมชาติ บางธาตุมีไอโซโทปที่แผ่รังสีได้ เนื่องจากนิวเคลียส ไม่เสถียร เรียกว่า ไอโซโทปกัมมันตรังสีสำหรับธาตุ กัมมันตรังสีเป็นธาตุที่ทุกไอโซโทปสามารถแผ่รังสีได้ รังสีที่เกิดขึ้น เช่น รังสีแอลฟา รังสีบีตารังสีแกมมา โดยครึ่งชีวิตของไอโซโทปกัมมันตรังสีเป็นระยะเวลา ที่ไอโซโทปกัมมันตรังสีสลายตัวจนเหลือครึ่งหนึ่ง ของปริมาณเดิม ซึ่งเป็นค่าคงที่เฉพาะของแต่ละ ไอโซโทปกัมมันตรังสี

ตาราง 1 (ต่อ)

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.4 (ต่อ)	8. สืบค้นข้อมูล และยกตัวอย่างการนำธาตุมาใช้ประโยชน์รวมทั้งผลกระทบต่องานมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม	สมบัติบางประการของธาตุแต่ละชนิด ทำให้สามารถนำธาตุไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย ทั้งนี้การนำธาตุไปใช้ต้องตระหนักถึงผลกระทบที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะสารกัมมันตรังสี ซึ่งต้องมีการจัดการอย่างเหมาะสม
	9. อธิบายการเกิดไอออนและการเกิดพันธะไอออนิกโดยใช้แผนภาพหรือสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส	- สารเคมีเกิดจากการยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะเคมีซึ่งเกี่ยวข้องกับเวเลนซ์อิเล็กตรอนที่แสดงได้ด้วยสัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิส โดยการเกิดพันธะเคมีส่วนใหญ่เป็นไปตามกฎออกเตต - พันธะไอออนิกเกิดจากการยึดเหนี่ยวระหว่างประจุไฟฟ้าของไอออนบวกกับไอออนลบส่วนใหญ่ไอออนบวกเกิดจากโลหะเสียอิเล็กตรอนและไอออนลบเกิดจากอโลหะรับอิเล็กตรอนสารประกอบที่เกิดจากพันธะไอออนิก เรียกว่าสารประกอบไอออนิก สารประกอบไอออนิกไม่อยู่ในรูปโมเลกุล แต่เป็นโครงผลึกที่ประกอบด้วยไอออนบวกและไอออนลบจัดเรียงตัวต่อเนื่องกันไปทั้งสามมิติ
	10. เขียนสูตร และเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก	- สารประกอบไอออนิกเขียนแสดงสูตรเคมีโดยให้สัญลักษณ์ธาตุที่เป็นไอออนบวกไว้ข้างหน้าตามด้วยสัญลักษณ์ธาตุที่เป็นไอออนลบ โดยมีตัวเลขแสดงอัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนไอออนที่เป็นองค์ประกอบ - การเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก ทำได้โดยเรียกชื่อไอออนบวกแล้วตามด้วยชื่อไอออนลบสำหรับสารประกอบไอออนิกที่เกิดจากโลหะที่มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า ต้องระบุเลขออกซิเดชันของโลหะด้วย

ตาราง 1 (ต่อ)

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.4 (ต่อ)	11. คำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิกจากวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์	ปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิกจากธาตุที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน มีทั้งที่เป็นปฏิกิริยาคูดพลังงานและคายพลังงานซึ่งแสดงได้ด้วยวัฏจักรบอร์น-ฮาเบอร์และพลังงานของปฏิกิริยาการเกิดสารประกอบไอออนิกเป็นผลรวมของพลังงานทุกขั้นตอน
	12. อธิบายสมบัติของสารประกอบไอออนิก	- สารประกอบไอออนิกส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นผลึกของแข็ง เปราะ มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง ละลายน้ำแล้วแตกตัวเป็นไอออนเรียกว่าสารละลายอิเล็กโทรไลต์เมื่อเป็นของแข็งไม่นำไฟฟ้า แต่ถ้าทำให้หลอมเหลวหรือละลายในน้ำจะนำไฟฟ้า - สารละลายของสารประกอบไอออนิกแสดงสมบัติความเป็นกรด-เบส ต่างกันสารละลายของสารประกอบคลอไรด์มีสมบัติเป็นกลาง และสารละลายของสารประกอบออกไซด์มีสมบัติเป็นเบส
	13. เขียนสมการไอออนิกและสมการไอออนิกสุทธิของปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก	ปฏิกิริยาของสารประกอบไอออนิก สามารถเขียนแสดงด้วยสมการไอออนิกหรือสมการไอออนิกสุทธิโดยที่สมการไอออนิกแสดงสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ทุกชนิดที่แตกตัวได้ในรูปของไอออน ส่วนสมการไอออนิกสุทธิแสดงเฉพาะไอออนที่ทำปฏิกิริยากันและผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น

ตาราง 1 (ต่อ)

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.4 (ต่อ)	14. อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์แบบพันธะเดี่ยวพันธะคู่และพันธะสามด้วยโครงสร้างลิวอิส	พันธะโคเวเลนต์เป็นการยึดเหนี่ยวที่เกิดขึ้นภายในโมเลกุลจากการใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันของธาตุซึ่งส่วนใหญ่เป็นธาตุอโลหะ โดยทั่วไปจะเป็นไปตามกฎออกเตต สารที่ยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะโคเวเลนต์ เรียกว่า สารโคเวเลนต์พันธะโคเวเลนต์เกิดได้ทั้งพันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม ซึ่งสามารถเขียนแสดงได้ด้วยโครงสร้างลิวอิส โดยแสดงอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะด้วยจุดหรือเส้น และแสดงอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของแต่ละอะตอมด้วยจุด
	15. เขียนสูตร และเรียกชื่อสารโคเวเลนต์	- สูตรโมเลกุลของสารโคเวเลนต์ โดยทั่วไปเขียนแสดงด้วยสัญลักษณ์ของธาตุเรียงลำดับตามค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตีจากน้อยไปมากโดยมีตัวเลขแสดงจำนวนอะตอมของธาตุที่มีมากกว่า 1 อะตอมในโมเลกุล - การเรียกชื่อสารโคเวเลนต์ทำได้โดยเรียกชื่อธาตุที่อยู่หน้าก่อน แล้วตามด้วยชื่อธาตุที่อยู่ถัดมา โดยมีคำนำหน้าระบุจำนวนอะตอมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ

ตาราง 1 (ต่อ)

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.4 (ต่อ)	16. วิเคราะห์ และเปรียบเทียบ ความยาวพันธะ และพลังงานพันธะ ในสารโคเวเลนต์ รวมทั้ง คำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้อง กับปฏิกิริยาของ สารโคเวเลนต์จากพลังงาน พันธะ	• ความยาวพันธะและพลังงานพันธะในสารโคเวเลนต์ ขึ้นกับชนิดของอะตอมคู่ร่วมพันธะและชนิดของพันธะ โดยพันธะเดี่ยว พันธะคู่และพันธะสาม มีความยาว พันธะและพลังงานพันธะแตกต่างกัน นอกจากนี้โมเลกุล โคเวเลนต์บางชนิดมีค่าความยาวพันธะและพลังงาน พันธะแตกต่างจากของพันธะเดี่ยว พันธะคู่และพันธะ สามซึ่งสารเหล่านี้สามารถเขียนโครงสร้างลิวอิสที่ เหมาะสมได้มากกว่า 1 โครงสร้างที่เรียกว่าโครงสร้างเร โซแนนซ์ • พลังงานพันธะนำมาใช้ในการคำนวณพลังงาน ของปฏิกิริยา ซึ่งได้จากผลต่างของพลังงานพันธะรวม ของสารตั้งต้นกับผลิตภัณฑ์
	17. คาดคะเนรูปร่างโมเลกุล โคเวเลนต์ โดยใช้ทฤษฎี การผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอน ในวงเวเลนซ์ และระบุสภาพขั้ว ของโมเลกุลโคเวเลนต์	• รูปร่างของโมเลกุลโคเวเลนต์อาจพิจารณาโดยใช้ ทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนในวงเวเลนซ์ (VSEPR) ซึ่งขึ้นอยู่กับการจัดเรียงพันธะและจำนวน อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวรอบอะตอมกลางโมเลกุล โคเวเลนต์มีทั้งโมเลกุลมีขั้วและไม่มีขั้วสภาพขั้ว ของโมเลกุลโคเวเลนต์เป็นผลรวมปริมาณเวกเตอร์ สภาพขั้วของแต่ละพันธะตามรูปร่างโมเลกุล
	18. ระบุนิคมของแรงยึด เหนี่ยวระหว่างโมเลกุล โคเวเลนต์และเปรียบเทียบจุด หลอมเหลวจุดเดือด และการละลายน้ำของ สารโคเวเลนต์	• แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลซึ่งอาจเป็นแรง แผ่กระจายลอนดอน แรงระหว่างขั้วและพันธะ ไฮโดรเจน มีผลต่อจุดหลอมเหลวจุดเดือด และการละลายน้ำของสาร นอกจากนี้สารโคเวเลนต์ ส่วนใหญ่ยังมีจุดหลอมเหลว และจุดเดือดต่ำ กว่าสารประกอบไอออนิกเนื่องจากแรงยึดเหนี่ยว ระหว่างโมเลกุลมีค่าน้อยกว่าพันธะไอออนิก

ตาราง 1 (ต่อ)

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.4 (ต่อ)	18. ระบุชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์และเปรียบเทียบจุดหลอมเหลวจุดเดือดและการละลายน้ำของสารโคเวเลนต์	• สารโคเวเลนต์ส่วนใหญ่มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดต่ำ และไม่ละลายในน้ำ สำหรับสารโคเวเลนต์ที่ละลายน้ำมีทั้งแตกตัวและไม่แตกตัวเป็นไอออน สารละลายที่ได้จากสารที่ไม่แตกตัวเป็นไอออนจะไม่นำไฟฟ้า เรียกว่า สารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์ ส่วนสารละลายที่ได้จากสารที่แตกตัวเป็นไอออนจะนำไฟฟ้า เรียกว่า สารละลายอิเล็กโทรไลต์ สารละลายของสารประกอบคลอไรด์และออกไซด์จะมีสมบัติเป็นกรด
	19. สืบค้นข้อมูลและอธิบายสมบัติของสารโคเวเลนต์ โครงร่างตาข่ายชนิดต่าง ๆ	• สารโคเวเลนต์บางชนิดที่มีโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่และมีพันธะโคเวเลนต์ต่อเนื่องเป็นโครงร่างตาข่าย จะมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง สารโคเวเลนต์โครงร่างตาข่ายที่มีธาตุองค์ประกอบเหมือนกัน แต่มีอัญรูปต่างกัน จะมีสมบัติต่างกัน เช่น เพชร แกรไฟต์
	20. อธิบายการเกิดพันธะโลหะ และสมบัติของโลหะ	• พันธะโลหะเกิดจากเวเลนซ์อิเล็กตรอนของทุกอะตอมของโลหะเคลื่อนที่อย่างอิสระไปทั่วทั้งโลหะ และเกิดแรงยึดเหนี่ยวกับโปรตอนในนิวเคลียสทุกทิศทาง • โลหะส่วนใหญ่เป็นของแข็ง มีผิวมันวาว สามารถตีเป็นแผ่นหรือดัดเป็นเส้นได้นำความร้อนและนำไฟฟ้าได้ดี มีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดสูง

ตาราง 1 (ต่อ)

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
ม.4 (ต่อ)	21. เปรียบเทียบสมบัติบางประการของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะ สืบค้นข้อมูล และนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์ของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะ ได้อย่างเหมาะสม	• สารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะมีสมบัติเฉพาะตัวบางประการที่แตกต่างกัน เช่น จุดเดือด จุดหลอมเหลว การละลายน้ำ การนำไฟฟ้า จึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้ตามความเหมาะสม

7. คำอธิบายรายวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ศึกษาวิเคราะห์เปรียบเทียบแบบจำลองอะตอมของดอลตัน ทอมสัน รัทเทอร์ฟอร์ด โบร์ และแบบกลุ่มหมอก เขียนและแปลความหมายสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ ศึกษาอนุภาคมูลฐานของอะตอมเลขอะตอม เลขมวล ไอโซโทป ทดลองเกี่ยวกับสีของเปลวไฟจากสารประกอบและเส้นสเปกตรัมของธาตุบางชนิด ศึกษาและเขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม ศึกษาความหมายของระดับพลังงานของอิเล็กตรอน ออร์บิทัล เวเลนซ์อิเล็กตรอน รวมถึงวิเคราะห์การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุของนักวิทยาศาสตร์ แนวโน้มสมบัติบางประการของธาตุในตารางธาตุตามหมู่ และตามคาบ คำนวณและเปรียบเทียบเลขออกซิเดชันของธาตุในสารประกอบและไอออน

ศึกษาวิเคราะห์แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคหรือพันธะเคมีของสาร กฎออกเตต การเกิดพันธะและชนิดของพันธะโคเวเลนต์ สูตร การเรียกชื่อ และโครงสร้างสารประกอบโคเวเลนต์ ความยาวพันธะ พลังงานพันธะ การคำนวณหาพลังงานพันธะ และพลังงานที่เปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยา แนวคิดเกี่ยวกับเรโซแนนซ์ รูปร่างของโมเลกุล และสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ สารโคเวเลนต์ ร่างตาข่าย สมบัติบางประการของสารโคเวเลนต์ การเกิดพันธะไอออนิก โครงสร้างของสารประกอบไอออนิก สูตรและการเรียกชื่อสารประกอบไอออนิก ศึกษาการเปลี่ยนแปลงพลังงานในการเกิดสารประกอบไอออนิก ทดลองเพื่อศึกษาสมบัติ

บางประการของสารประกอบไอออนิก ปฏิบัติของสารประกอบไอออนิก ศึกษาเกี่ยวกับ พันธะโลหะ

ศึกษาวิเคราะห์ เปรียบเทียบสมบัติของสารประกอบของธาตุตามหมู่ และตามคาบเกี่ยวกับจุดหลอมเหลวจุดเดือด ความเป็นกรด-เบสของสารประกอบคลอไรด์ และออกไซด์ การละลายน้ำและเลขออกซิเดชัน ศึกษาและทดลองเกี่ยวกับปฏิกิริยาของธาตุ และการละลายน้ำของสารประกอบบางชนิดของธาตุหมู่ IA และ IIA ศึกษาตำแหน่งของธาตุไฮโดรเจนในตารางธาตุ ทดลองเพื่อศึกษาสมบัติของธาตุแทรนซิชัน และฝึกคำนวณหาเลขออกซิเดชัน ทดลองเตรียมสารประกอบเชิงซ้อนของธาตุแทรนซิชัน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนสีของสารประกอบเชิงซ้อนของธาตุแทรนซิชัน ศึกษาสมบัติของ ธาตุกึ่งโลหะธาตุกัมมันตรังสี การเกิดกัมมันตภาพรังสี การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี ศึกษาและคำนวณครึ่งชีวิตของธาตุกัมมันตรังสี ศึกษาปฏิกิริยานิวเคลียร์ การตรวจสอบ สารกัมมันตรังสี และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารกัมมันตรังสี ธาตุและสารประกอบ บางชนิดในสิ่งมีชีวิตสิ่งแวดล้อม

เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติและความสัมพันธ์ระหว่าง สมบัติของธาตุและสารประกอบ และพันธะเคมี โดยการเรียนรู้ด้วยกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูล และการอภิปราย เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจ เห็นคุณค่าของการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ในชีวิตประจำวัน มีความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น และมีเจตคติที่ดี ต่อวิชาวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และมีค่านิยมที่พึงประสงค์รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์ อยู่อย่างพอเพียง ซื่อสัตย์ มีวินัย ใฝ่เรียนรู้ มุ่งมั่นในการทำงาน รักความเป็นไทย และมีจิตสาธารณะ ดังตาราง 2

ตาราง 2 กำหนดหน่วยการเรียนรู้สาระเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
(กระทรวงศึกษาธิการ, 2562, หน้า 1-219) ดังนี้

ที่	หน่วยการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
1	ความปลอดภัยและทักษะในปฏิบัติการเคมี 1.1 ความปลอดภัยในการทำงานกับสารเคมี 1.2 อุบัติเหตุจากสารเคมี 1.3 การวัดปริมาณสาร 1.4 หน่วยวัด 1.5 วิธีการทางวิทยาศาสตร์	18
2	อะตอมและสมบัติของธาตุ 2.1 แบบจำลองอะตอม 2.2 อนุภาคในอะตอมและไอโซโทป 2.3 การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม 2.4 ตารางธาตุและสมบัติของธาตุหมู่หลัก 2.5 ธาตุแทรนซิชัน 2.6 ธาตุกัมมันตรังสี 2.7 การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต	20
3	พันธะเคมี 3.1 สัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิสและกฎออกเตต 3.2 พันธะไอออนิก 3.3 พันธะโคเวเลนต์ 3.4 พันธะโลหะ 3.5 การใช้ประโยชน์ของสารประกอบไอออนิก สารโคเวเลนต์ และโลหะ	22
4	สอบกลางภาคเรียน	1
5	สอบปลายภาคเรียน	1
6	รวม	60

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

1. ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

พรทิพย์ ศิริภักทธาชัย (2556, หน้า 49-56) คำว่า “สะเต็ม” หรือ “STEM” เป็นคำย่อจากภาษาอังกฤษของศาสตร์ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) หมายถึง องค์ความรู้ที่เป็นวิชาการของศาสตร์ทั้ง 4 สาขาวิชาที่มีความเชื่อมโยงกันในโลกของความเป็นจริงและอาศัยองค์ความรู้ต่าง ๆ มาบูรณาการเข้าด้วยกันในการดำเนินชีวิต การทำงานและการแก้ไขปัญหา คำว่า STEM ถูกใช้ครั้งแรกโดยสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (The National Science Foundation: NSF) ซึ่งใช้คำนี้เพื่ออ้างถึงโครงการหรือโปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตามสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกาไม่ได้ให้นิยามที่ชัดเจนของคำว่า STEM มีผลให้มีการใช้และให้ความหมายของคำนี้แตกต่างกันไป เช่น มีการใช้คำว่า STEM ในการอ้างถึงถึงกลุ่มอาชีพที่มีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยที่การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจะต้องมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเข้ากัน การเรียนรู้เนื้อหา ด้วยพฤติกรรมเหล่านี้ รวมถึงการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือ ดังนั้น จะพบว่าสะเต็มศึกษา ไม่ใช่เรื่องใหม่ เพียงแต่เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้เกิดการบูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ ทั้งนี้เพื่อมุ่งเน้นให้สามารถนำความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ จากการเรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพในอนาคต จุดเริ่มต้นของแนวคิดสะเต็มศึกษา เนื่องจากว่าประเทศสหรัฐอเมริกาได้ประสบปัญหา เรื่อง ผลการทดสอบ PISA (Program for International Student Assessment) ของสหรัฐอเมริกา ที่ต่ำกว่าหลายประเทศ และส่งผลต่อขีดความสามารถด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ ดังนั้น รัฐบาลจึงมีนโยบาย ส่งเสริมการศึกษาโดยพัฒนาสะเต็มศึกษาขึ้นมา เพื่อหวังว่าจะช่วย

ยกระดับผลการทดสอบ PISA และการทดสอบด้านคณิตวิทยาศาสตร์ระดับสากล TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) ให้สูงขึ้น และจะเป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 (21st Century Skills) เช่น ด้านปัญญา ผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาได้ง่าย ด้านทักษะการคิด ผู้เรียนสามารถพัฒนาทักษะการคิด โดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ ด้านคุณลักษณะ ผู้เรียนมีทักษะการทำงานกลุ่มทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ

ชลธิป สมาหิโต (2556, หน้า 102) รูปแบบการจัดการศึกษาที่เน้นการบูรณาการกลุ่มสาระ และทักษะกระบวนการของทั้ง 4 สาระ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยนำลักษณะธรรมชาติของแต่ละสาระวิชา และกระบวนการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนมาผสมผสานกันเพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้และพัฒนาทักษะที่สำคัญ และจำเป็น อีกทั้งยังตอบสนองต่อการดำรงชีวิตอยู่ในยุคปัจจุบันและอนาคต โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการ หรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการทำงานจะช่วยให้นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สหวิทยาการ กับชีวิตจริง การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จึงเป็นการจัดการเรียนรู้ ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำ ทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎี หรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด การตั้งคำถาม การแก้ปัญหาและการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้

มนตรี จุฬาวัฒนทล (2556, หน้า 30-31) สะเต็มศึกษา หมายถึง วิธีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่ อนุบาล ประถมศึกษา มัธยมศึกษา ไปจนถึงอาชีวศึกษาและอุดมศึกษา โดยไม่เน้นการท่องจำสูตรเพียงอย่างเดียว แต่สะเต็มศึกษาจะฝึกให้ผู้เรียนรู้จักการคิด การตั้งคำถาม การแก้ปัญหา การสร้างทักษะการหาข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ สาขาต่าง ๆ มาบูรณาการกัน เพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิตจริง

ศานิกานต์ เสนิงค์ (2556, หน้า 30) แนวการจัดการศึกษาที่เน้นการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ วิชาเทคโนโลยี วิชาวิศวกรรมศาสตร์ และวิชาคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและอาชีพ

จากความหมายของสะเต็มศึกษา (STEM Education) สามารถสรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยผ่านกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ และพัฒนาทักษะที่สำคัญ โดยการนำความรู้ ทักษะประสบการณ์ ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง และนำไปผลิตผลงาน หรือชิ้นงานต่อไป

2. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

วาร์เนิ หนองห้าง (2553, หน้า 35) ทฤษฎีการเรียนรู้ของบรูเนอร์ (Bruner) บรูเนอร์ เชื่อว่ามนุษย์เลือกจะรับรู้สิ่งที่ตนเองสนใจ และการเรียนรู้เกิดจากกระบวนการค้นพบด้วยตนเอง ซึ่งกรอบแนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้ของบรูเนอร์ ได้แก่

- 1) ผู้สอน ควรจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนค้นพบการเรียนรู้ด้วยตนเอง
- 2) ก่อนสอนผู้สอนต้องมีการวิเคราะห์และจัดโครงสร้างเนื้อหาสาระให้เหมาะสมกับการเรียนรู้ของผู้เรียน
- 3) ผู้สอนควรจัดความคิดรวบยอด เนื้อหาสาระ วิธีการสอน และกระบวนการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับขั้นพัฒนาการสติปัญญาของผู้เรียน
- 4) ผู้สอนควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดแบบสะเต็มศึกษา
- 5) ผู้สอนสร้างแรงจูงใจภายในให้แก่ผู้เรียน
- 6) ผู้สอนควรสอนแบบแนะนำวิธีการความคิดให้เกิดความคิดรวบยอดให้แก่ผู้เรียน

กมลฉัตร กล่อมอิม (2556, หน้า 129-139) ทฤษฎีที่สนับสนุนแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา คือ ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) เป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับตัวผู้เรียน เชื่อว่าผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเองจากการมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่นและสิ่งแวดล้อมอย่างกระตือรือร้น กรอบแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) ประกอบด้วย

- 1) นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง และนักเรียนแต่ละคนสร้างความรู้ด้วยวิธีการที่แตกต่างกันรวมทั้งอาจแตกต่างกับแนวทางของผู้สอน
- 2) ประสบการณ์เดิมของนักเรียนเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการสร้างความรู้ใหม่และนักเรียนแต่ละคนมีความรู้และประสบการณ์เดิมที่แตกต่างกัน
- 3) การมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมการมีประสบการณ์ตรงและการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันของผู้เรียนมีส่วนช่วยในการสร้างความรู้ใหม่

4) ครูมีบทบาทในการจัดบริหารการเรียนรู้ ตั้งคำถามที่ท้าทายความสามารถกระตุ้นสนับสนุนให้นักเรียนเกิดการสร้างความรู้ และให้ความช่วยเหลือนักเรียนในทุก ๆ ด้าน

จำรัส อินทลาภาพร มารุต พัฒผล วิชัย วงษ์ใหญ่ และศรีสมร พุ่มสะอาด (2558, หน้า 64) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผู้สอนควรจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ได้แก่

1) การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหา และท้าทายการคิดของผู้เรียน เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเองเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากผู้สอนไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเสริมสร้างให้ผู้เรียนเกิดการใฝ่เรียนรู้

2) การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกทำโครงงานที่ตนเองสนใจ โดยร่วมกันสำรวจ สังเกต และกำหนดเรื่องที่ตนเองสนใจ มีการวางแผนในการทำโครงงานร่วมกัน โดยศึกษาหาข้อมูลความรู้ที่จำเป็น และลงมือปฏิบัติตามแผนที่กำหนดจนได้ข้อค้นพบหรือองค์ความรู้ใหม่ แล้วเขียนรายงาน นำเสนอต่อสาธารณชน และนำผลงานประสบการณ์ทั้งหมดมาอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และสรุปผลการเรียนรู้ที่ได้รับจากประสบการณ์ที่ได้รับทั้งหมด

3) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน

จากแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง หากผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานได้ โดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสมจะทำให้เห็นความคิดนั้นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจนขึ้น และมีทักษะกระบวนการในการทำงานเป็นกลุ่ม เป็นบรรยากาศที่มีความเป็นมิตร เป็นกันเองที่ทำให้ผู้เรียนรู้สึกอบอุ่น ปลอดภัย สบายใจ จะเอื้อให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีความสุข และสอดคล้องกับชีวิตจริงของนักเรียน

3. การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

อภิสิทธิ์ ชงไชย (2556, หน้า 15-18) กล่าวว่า วิศวกรรมศาสตร์ในสะเต็มศึกษา หมายถึง การออกแบบ (Design) การวางแผน (Planning) การแก้ปัญหา (Problem Solving) การใช้องค์ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ มาสร้างสรรค์ผลงานภายใต้ข้อจำกัดหรือ เงื่อนไข (Constraints and Criteria) ที่กำหนด กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) เป็นการนำเอาองค์ความรู้ โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี มาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างสรรค์ผลงาน และเชื่อมโยงกับโลกความเป็นจริง ทั้งนี้สะเต็มศึกษา เป็นการจัดการศึกษาที่มีแนวคิดและลักษณะดังนี้

1) เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา นั่นคือ เป็นการบูรณาการระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ทั้งนี้ได้นำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว กล่าวคือ

วิทยาศาสตร์ เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ โดยนักการศึกษาชี้แนะให้อาจารย์ ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry Based Science Teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-Based Activities) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เหมาะสมกับผู้เรียนระดับประถมศึกษา แต่ไม่เหมาะสมกับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษา หรือมหาวิทยาลัย เพราะทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่ายและไม่สนใจ แต่การสอนวิทยาศาสตร์ในสะเต็มศึกษาจะทำให้ให้นักเรียนสนใจ มีความกระตือรือร้น รู้สึกท้าทาย และเกิดความมั่นใจในการเรียนส่งผลให้ผู้เรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้น และประสบความสำเร็จในการเรียน

เทคโนโลยี เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนา สิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยี ที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ ดังนั้นเทคโนโลยีจึงไม่ได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรือ ICT ตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจ

วิศวกรรมศาสตร์ เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์ พัฒนา นวัตกรรมต่าง ๆ ให้กับนิสิตนักศึกษาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์

และเทคโนโลยี ซึ่งคนส่วนใหญ่มักเข้าใจว่าเป็นวิชาที่สามารถเรียนได้ แต่จากการศึกษาวิจัยพบว่าเด็กอนุบาลสามารถเรียนได้ดีเช่นกัน

คณิตศาสตร์ เป็นวิชาที่ไม่ได้หมายถึงการนับจำนวนเท่านั้น แต่เกี่ยวกับองค์ประกอบอื่นที่สำคัญ ประการแรกคือกระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ซึ่งได้แก่ การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่ม การจัดแบบรูป และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ ประการที่สองภาษาคณิตศาสตร์ เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้ โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า ฯลฯ ประการต่อมา คือ การส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher-Level Math Thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

2) เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่ชั้นอนุบาลถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยพบว่าในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นนโยบายทางการศึกษาให้แต่ละรัฐนำสะสมเต็มมาใช้ ผลจากการศึกษาพบว่าครูผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบ Project-Based Learning, Problem-Based Learning, Design-Based Learning ทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์พัฒนาชิ้นงานได้ดี และถ้าครูผู้สอนสามารถใช้สะสมเต็มศึกษาในการสอนได้เร็วเท่าใดก็จะยิ่งเพิ่มความสามารถ และศักยภาพผู้เรียนได้มากขึ้นเท่านั้น ซึ่งในขณะนี้ในบางรัฐของประเทศสหรัฐอเมริกามีการนำสะสมเต็มศึกษาไปสอนตั้งแต่ระดับวัยก่อนเรียนด้วย

3) เป็นการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วน และสอดคล้องกับแนวการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น

3.1) ด้านปัญญา ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา

3.2) ด้านทักษะการคิด ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิด โดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ ฯลฯ

3.3) ด้านคุณลักษณะผู้เรียนมีทักษะการทำงานกลุ่มทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การเป็นผู้นำตลอดจนการยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น

จากแนวคิดข้างต้นนักการศึกษาก็ยังได้มีบูรณาการศาสตร์อื่นประกอบ เพื่อให้การจัดการศึกษาแบบสะสมเต็มศึกษานั้นครอบคลุมและพัฒนาผู้เรียนได้อย่างแท้จริงแบบรอบด้าน ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสถ่ายทอดหรือประยุกต์ใช้แนวคิดสำคัญด้วย ผู้เรียนสามารถสื่อสารความคิดของตนเองในรูปแบบ ของดนตรีและการเคลื่อนไหว การสื่อสาร

ด้วยภาษา ท่าทางหรือการวาดภาพ หรือการสร้างโมเดลจำลอง ทำให้ชิ้นงานนั้น ๆ มีองค์ประกอบที่มีความสมบูรณ์ทั้งการใช้งาน และมีความสวยงามเพิ่มขึ้น

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ (2557, หน้า 16-17) กล่าวว่า การจัด การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา คือ การผนวกกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีของผู้เรียน เพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยให้ผู้เรียนได้นำความรู้มาใช้ในการออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อแก้ปัญหา เพื่อให้ได้เทคโนโลยี ซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจ ปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของ ปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

2) ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดี และข้อจำกัด

3) ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการ ประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการ แก้ปัญหาโดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

4) ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงาน หรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

5) ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมิน การใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้เอานำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนา ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

6) ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหา (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนา วิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ (2558, หน้า 5) การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่มุ่งเน้นที่จะแก้ไขปัญหาในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ นำไปสู่การสร้างนวัตกรรม ผู้เรียนที่มีประสบการณ์ ในการทำกิจกรรมหรือโครงการสะเต็มศึกษาจะมีความพร้อมที่จะไปปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้ และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในภาคการผลิต และการบริการที่สำคัญต่ออนาคตของประเทศซึ่งประโยชน์ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษามีดังนี้

- 1) ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์ และสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่ใช้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการทางวิศวกรรมเป็นฐาน
- 2) ผู้เรียนเข้าใจและสนใจด้านสะเต็มศึกษาเพิ่มมากขึ้น
- 3) ผู้เรียนเข้าใจสาระวิชา กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้น
- 4) หน่วยงานภาครัฐและเอกชนมีส่วนร่วมสนับสนุนการจัดกิจกรรมของครูและบุคลากรทางการศึกษา
- 5) ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้และเชื่อมโยงระหว่าง 8 กลุ่มสาระวิชา
- 6) สร้างกำลังคนด้านสะเต็มศึกษาของประเทศไทย เพื่อเพิ่มศักยภาพทางเศรษฐกิจ

จากแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาข้างต้น สรุปได้ว่าแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา 4 วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ มีรูปแบบการสอนแบบสะเต็มศึกษา ประกอบด้วยองค์ประกอบ 6 ขั้นตอน คือ ขั้นระบุปัญหา ขั้นรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง และขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือผลการพัฒนานวัตกรรม โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้นทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วน และสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21

4. จุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557, หน้า 4)

- 4.1 ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ แก้ปัญหา
ในชีวิตจริง และสร้างนวัตกรรมที่ใช้สะสมเป็นพื้นฐาน
- 4.2 ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีความสุขและมองเห็นเส้นทางการประกอบอาชีพ
ในอนาคต
- 4.3 ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี
สูงขึ้น
- 4.4 ครูสามารถออกแบบและจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
อย่างมั่นใจ
- 4.5 สสวท. ได้รูปแบบการจัดการศึกษาสะเต็มศึกษาที่เชื่อมโยงกับ
กลุ่มสาระอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเพิ่มพูนโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์
และเทคโนโลยีในบริบทที่หลากหลาย มีความหมายและเชื่อมโยงกับชีวิตจริง
- 4.6 ประเทศไทยมีกำลังคนด้านสะเต็ม (STEM Workforce) ที่จะช่วย
ยกระดับรายได้ของชาติให้สูงกว่าระดับรายได้ปานกลางในอนาคต

จากจุดมุ่งหมายการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา สรุปได้ว่า การจัดการ
เรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เป็นการบูรณาการ 4 วิทยาศาสตร์สาขา คือ วิทยาศาสตร์ (Science)
เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics)
เพื่อตอบสนองความต้องการของการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีความสามารถด้าน
วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะทางด้านความรู้ควบคู่ไปกับ
ทักษะในการดำรงชีวิต และการทำงานในอนาคตต่อไป

5. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีจุดเด่น คือ การผนวกการจัดการ
เรียนรู้ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์
และเทคโนโลยี ที่สอดคล้องกัน ดังนี้

Morgan, Moon, and Barroso. (2013, pp. 29–39) ได้นำเสนอ
กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ดังนี้

- 1) การระบุปัญหาและข้อจำกัด (Identify Problem and Constraints)
คือ ขั้นตอนการระบุปัญหา ที่ต้องการแก้ไขรวมถึงต้องพิจารณาเงื่อนไขหรือข้อจำกัด
ภายใต้สถานการณ์ที่ถูกกำหนดไว้

2) การศึกษาค้นคว้า (Research) คือ ขั้นตอนการสืบค้นข้อมูล หรือการค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพื่อนำไปสู่การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

3) การคิดออกแบบ (Ideate) คือ ขั้นตอนการใช้แนวคิดที่ผ่านการค้นหาหรือผ่านการสืบเสาะความรู้มาออกแบบวิธีการได้อย่างหลากหลายหลายเพื่อเป็นตัวเลือกในการนำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาหรือสร้างผลผลิต

4) การวิเคราะห์ความคิด (Analyze Ideas) คือ ขั้นตอนการระดมความคิดวิเคราะห์วิธีการแก้ปัญหาที่ออกแบบไว้ และกลั่นกรองออกมาเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด

5) การสร้าง (Build) คือ ขั้นตอนการลงมือสร้างวิธีการแก้ปัญหาหรือผลงานที่เป็นสิ่งประดิษฐ์ ซึ่งเรียกว่าแบบจำลองต้นแบบ

6) การทดสอบและปรับปรุง (Test and Refine) คือ ขั้นตอนการนำแบบจำลองต้นแบบไปทดสอบและประเมินผลว่าเป็นไปตามเงื่อนไข และตอบโจทย์ปัญหาที่ตั้งไว้หรือไม่ หากยังเห็นถึงข้อบกพร่องจึงทำการปรับปรุงให้ได้เป็นผลงานชิ้นใหม่ที่ดียิ่งขึ้น จนกว่าจะตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

7) การสื่อสารและสะท้อนผล (Communicate and Reflect) คือ ขั้นตอนการนำเสนอหลักการ และความคิดของการออกแบบวิธีการสร้าง และสร้างสรรค์ชิ้นงาน ตลอดจนผลลัพธ์ที่ได้จากการดำเนินงาน จากนั้นอภิปรายร่วมกัน เพื่อสะท้อนผลลัพธ์ และกระบวนการ ซึ่งจะช่วยให้พัฒนากระบวนการออกแบบได้ดีขึ้น

6. บทบาทของครูผู้สอนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

จำรัส อินทลภาพร มารุต พัฒนา วิชัย วงษ์ใหญ่ และศรีสมร พุ่มสะอาด (2558, หน้า 64-65) ได้กล่าวถึงบทบาท ของผู้สอนของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ดังนี้

1) การจัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่ตื่นเต้น น่าสนใจ สนุกสนาน มีชีวิตชีวา เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนากระบวนการคิดและการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง

2) การออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ท้าทาย ความรู้ ความสามารถ กระบวนการคิด และการแก้ปัญหาของผู้เรียน โดยใช้สถานการณ์ปัญหาในโลกปัจจุบัน

3) การจัดกิจกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ

4) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการใน 3 สาระ ได้แก่
 สาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยสอดแทรกกระบวนการออกแบบ
 ทางวิศวกรรม

5) เป็นโค้ช (Coach)

6) เป็นพี่เลี้ยงทางวิชาการ

7) ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิด

8) ประเมินกระบวนการทำงาน และผลงานของผู้เรียนโดยใช้วิธีการ
 ที่หลากหลาย และให้ข้อมูลย้อนกลับระหว่างและหลังปฏิบัติการทดลอง โดยใช้การสื่อสาร
 เชิงบวก

7. การวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

การวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ตามสภาพจริง
 ของผู้เรียนที่แสดงออกขณะทำกิจกรรมการเรียนรู้ การสะท้อนถึงความรู้ ความคิด
 เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน ซึ่งแนวทางการวัดและ
 ประเมินผลการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอน
 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558, หน้า 18-19)

1) การประเมินจากสภาพจริง (Authentic Assessment) หมายถึง
 การประเมินความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน จากการแสดงออก การกระทำหรือผลงาน
 เพื่อสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ในขณะที่ผู้เรียนแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรม
 หรือสร้างชิ้นงาน ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิด กระบวนการทำงาน
 และความสามารถในการแก้ปัญหาหรือการแสวงหาความรู้ การประเมินจากสภาพจริง
 มีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อมีการประเมินหลาย ๆ ด้าน โดยใช้วิธีประเมินหลากหลายวิธี
 ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงและต้องประเมินอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้
 ข้อมูลที่มากพอที่จะสะท้อนถึงการพัฒนา และความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน

2) การวัดและประเมินผลด้านความสามารถ (Performance Assessment)
 ความสามารถของผู้เรียน ประเมินได้จากการแสดงออกโดยตรง จากการทำงานต่าง ๆ
 จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งเป็นสถานการณ์จริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริงเปิดโอกาส
 ให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาจากสถานการณ์จริงหรือปฏิบัติจริง โดยประเมินจากกระบวนการ
 ทำงาน กระบวนการคิด โดยเฉพาะความคิดขั้นสูงและผลงานที่ได้ลักษณะสำคัญของการ
 ประเมินความสามารถ คือ กำหนดวัตถุประสงค์ของงาน วิธีการทำงานผลสำเร็จของงาน

มีคำสั่งควบคุมสถานการณ์ในการปฏิบัติงาน และมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน การประเมินความสามารถที่แสดงออกของผู้เรียนสามารถทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม สถานการณ์ และความสนใจของผู้เรียน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

2.1) การมอบหมายงานให้นักเรียน ต้องมีความสัมพันธ์กับหลักสูตร เนื้อหาวิชา และชีวิตจริงของผู้เรียน ผู้เรียนต้องใช้ความรู้หลายด้านในการปฏิบัติงานที่สามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการทำงาน และกระบวนการความคิด

2.2) การกำหนดชิ้นงาน หรืออุปกรณ์ หรือสิ่งประดิษฐ์ ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์องค์ประกอบและกระบวนการทำงาน และเสนอแนวทางเพื่อพัฒนาให้มีประสิทธิภาพ การประเมินผลด้านความสามารถ ประเมินได้ทั้งการแสดงผลผ่านกระบวนการทำงาน และการทำชิ้นงาน ผู้ประเมินจะให้ความสำคัญต่อกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด คุณภาพของงานมากกว่าผลสำเร็จของงานการมอบหมายชิ้นงานให้ผู้เรียนควรจะต้องประชุมปรึกษาหารือและทำความเข้าใจร่วมกันระหว่างครูและผู้เรียนในการวางแผนการปฏิบัติงาน เพื่อสะดวกในการดำเนินกิจกรรมของผู้เรียน และการติดตามความก้าวหน้าของครู

2.2.1) การกำหนดตัวอย่างงานให้และให้ผู้เรียนศึกษางาน แล้วปฏิบัติตามขั้นตอนให้เหมือนหรือดีกว่า เช่น การทำสไลด์ถาวรศึกษาเนื้อเยื่อพืช การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เป็นต้น

2.2.2) การสร้างสถานการณ์จำลองที่สัมพันธ์กับชีวิตจริงของผู้เรียน เมื่อกำหนดสถานการณ์แล้วให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ แก้ปัญหาหรือใช้ความคิดระดับสูงในการแก้ปัญหา

2.2.3) การทดสอบโดยใช้แบบทดสอบข้อเขียน การประเมินตามสภาพจริงจะลดความสำคัญของการทดสอบเนื่องจากจะมีการใช้แบบทดสอบลดลงแต่อย่างไรก็ตามข้อสอบข้อเขียนก็ยังมีความจำเป็น เนื่องจากใช้ความสามารถทางด้านความรู้ความเข้าใจในหลักการต่าง ๆ ได้ ดังนั้น ในการประเมินการประเมิน จึงยังคงใช้แบบทดสอบข้อเขียนร่วมด้วยโดยจะลดบทบาทของแบบทดสอบที่วัดพฤติกรรมด้านความรู้ ความจำ แต่จะมุ่งเน้นประเมินด้านความเข้าใจ การนำไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการคิดระดับสูงแบบทดสอบในลักษณะนี้จะต้องสร้างสถานการณ์ให้ผู้เรียนตอบและสถานการณ์ที่นำมาใช้ควรสัมพันธ์กับชีวิตจริงของผู้เรียน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะการคิดของนักวิทยาศาสตร์ ที่นำมาใช้ในการศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้ และการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ซึ่งทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้า ดังนี้

1. ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

บุญร่วม ทุมจีน (2545, หน้า 22) ได้ให้ความหมายของทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ทักษะทางสติปัญญา รวมถึงยุทธวิธีในการแก้ปัญหาโดยใช้หลักฐานเชิงตรรกะและความสมเหตุสมผลเชิงตรรกะในการตัดสินใจ ความชัดเจนในค่านิยม และความปลอดภัย

วรภรณ์ สีดำนิล (2550, หน้า 38) ได้ให้ความหมายของทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่ใช้ในการแสวงหาความรู้ ทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถที่ใช้ในกระบวนการคิด เพื่อศึกษาค้นคว้าหาความรู้ และแก้ปัญหายอย่างคล่องแคล่วว่องไว

ชติยา จันสังสา (2555, หน้า 58) ได้ให้ความหมายของทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง เป็นพฤติกรรมในการกระทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่เป็นผลมาจากการพัฒนาความสามารถของแต่ละคนทำให้สามารถทำได้ถูกต้อง คล่องแคล่วราบรื่นและมีประสิทธิภาพ

จรรยา เจริญรัตน์ (2549, หน้า 66) ได้ให้ความหมายของทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง เป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและการฝึกฝน จนเป็นระบบ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้และนำไปใช้ แก้ปัญหา

อาร์ักษ์ ไชยหลาก (2556, หน้า 45) ได้สรุปความหมายของทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่าเป็นกระบวนการแสวงหาความรู้ที่มีระเบียบ แบบแผน มีขั้นตอนและมีการฝึกฝนในการปฏิบัติอย่างมีระบบจนเกิดความชำนาญ กล่าวโดยสรุปความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรม หรือความสามารถของบุคคลในการสืบเสาะหาความรู้ไปใช้แก้ปัญหาโดยใช้วิธีการ ทางวิทยาศาสตร์อย่างถูกต้องคล่องแคล่ว

2. ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550, หน้า 1-16)

ได้กล่าวถึงทักษะทางวิทยาศาสตร์ว่ามี 14 ทักษะดังต่อไปนี้

2.1 ทักษะขั้นพื้นฐาน 8 ทักษะ

2.1.1 ทักษะสังเกต (Observing) หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัส อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ซึ่งได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนังเข้าไปสัมผัส โดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์โดยมีจุดประสงค์ที่จะหาข้อมูล คุณลักษณะหรือรายละเอียด ของสิ่งนั้นโดยไม่ใส่ความคิดเห็นลงไป

2.1.2 ทักษะการวัด (Measuring) หมายถึง การใช้เครื่องมือ ทำการวัดปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง โดยมีหน่วยกำกับเสมอ

2.1.3 ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying) หมายถึง การแบ่งพวกหรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งของที่อยู่ในปรากฏการณ์โดยมีเกณฑ์ดังกล่าว อาจใช้ความเหมือนหรือความแตกต่างหรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้

2.1.4 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปส กับเวลา (Space/Space Relationship and Space/Time Relationship) หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองอยู่จะมีรูปร่างเช่นเดียวกันกับวัตถุนั้นโดยทั่วไปแล้วสเปสของวัตถุ จะมี 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว และความสูง

1) ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับอีกวัตถุหนึ่ง

2) ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุกับเวลา ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่กับเวลา หรือความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของ วัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา

2.1.5 ทักษะการคำนวณ (Using Number) หมายถึง การจำนวน ของวัตถุและการนับตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้มาคิดคำนวณโดยการ บวก ลบ คูณ หาร หรือหาค่าเฉลี่ย

2.1.6 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล (Organizing Data and Communication) หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำใหม่โดยการหาความถี่ เรียงลำดับ

จัดแยกประเภท และคำนวณหาค่าใหม่เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้น โดยอาจเสนอใน รูปแบบตาราง แผนภูมิ แผนภาพไดอะแกรม กราฟ

2.1.7 ทักษะการลงความเห็นข้อมูล (Inferring) หมายถึง การเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้ และประสบการณ์เดิมมาช่วย

2.1.8 ทักษะการพยากรณ์ (Predicting) หมายถึง การคาดคะเน คำตอบล่วงหน้าก่อนจะทดลองโดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ หลักการ กฎ ทฤษฎี ที่มีอยู่แล้วมาช่วยในการสรุปพยากรณ์ข้อมูลเกี่ยวกับตัวเลข ได้แก่ ข้อมูลที่เป็นตารางกราฟ ทำได้ 2 แบบ คือ การพยากรณ์ภายในขอบเขตข้อมูลที่มีอยู่กับการพยากรณ์ภายนอก ขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่

2.2 ทักษะขั้นบูรณาการ 6 ทักษะ

2.2.1 ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypothesis) หมายถึง การคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกตความรู้และประสบการณ์ เดิมมาเป็นพื้นฐานคำตอบที่คิดล่วงหน้าที่ยังไม่ทราบหรือยังไม่เป็นหลักการกฎหรือทฤษฎี มาก่อน สมมติฐานหรือคำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้านี้มักกล่าวไว้เป็นข้อความที่บอก ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตามสมมติฐานที่ตั้งไว้อาจถูกหรือผิดก็ได้ ซึ่งจะทราบได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้

2.2.2 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operation) หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่าง ๆ ที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องทดลอง ให้เกิดความเข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้

2.2.3 ทักษะการกำหนดและการควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables) หมายถึง การบ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม ในการตั้งสมมติฐานหนึ่ง ๆ

2.2.4 ทักษะการทดลอง (Experiment) หมายถึง การระบวนการลง มือ ปฏิบัติงานเพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ในทดลองจะประกอบด้วย กิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

1) การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนทดลอง ก่อนลงมือทดลองเพื่อกำหนดวิธีการทดลอง อุปกรณ์ และสารเคมีที่จะใช้ในการทดลอง

2) การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติ

การทดลอง

3) การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองซึ่งอาจเป็นผลจากการสังเกต การวัด และอื่น ๆ

2.2.5 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Making) หมายถึง การแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะข้อมูลที่มีอยู่ การตีความหมายของข้อมูลในบางครั้งอาจต้องใช้ทักษะอื่น ๆ เช่น การสังเกต การคำนวณ เป็นต้น

3.2.2.6 ทักษะการสร้างแบบจำลอง (Modeling Construction) หมายถึง การสร้างและใช้สิ่งที่ทำขึ้นมาเพื่อเลียนแบบ หรือ อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา หรือสนใจ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นภาพและเข้าใจในโมเดลที่แฝงอยู่ในแบบจำลองนั้น

3. ลักษณะที่แสดงว่าเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ลักษณะที่แสดงว่าเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นลักษณะที่แสดงออกถึงความรู้ความสามารถที่สามารถระบุได้ ดังนี้

3.1 ทักษะการสังเกต (Observing) หมายถึง การใช้วัยวะรับสัมผัสต่าง ๆ อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และกายสัมผัส โดยการมองเห็น ได้ยิน ตมกลิ่น รับรส และสัมผัสหรือวัตถุหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ เพื่อเก็บข้อมูลรายละเอียดของสิ่งนั้น ๆ โดยไม่ใส่ความรู้สึกนึกคิดหรือประสบการณ์เดิมของผู้สังเกตลงไปบนข้อมูลที่ได้จากการสังเกตจำแนกลักษณะของข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ 3 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลลักษณะเชิงคุณภาพ ข้อมูลเชิงปริมาณ (โดยการกะประมาณ) และข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งที่ศึกษาว่าเกิดทักษะแล้ว

3.1.1 ชี้บ่งและบรรยายลักษณะเชิงคุณภาพโดยใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน

3.1.2 บรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุโดยการกะประมาณได้

3.1.3 บรรยายการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้

3.2 ทักษะการวัด (Measuring) หมายถึง การเลือกและใช้เครื่องมือวัดเพื่อหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง โดยมีหน่วยกำกับเสมอแสดงว่าเกิดทักษะแล้ว

3.2.1 เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด

3.2.2 บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้

3.2.3 บอกวิธีวัดและใช้เครื่องมือวัดได้อย่างถูกต้อง

3.2.4 วัดปริมาณต่าง ๆ เช่น ความกว้าง ความยาว ความสูง

อุณหภูมิ ปริมาตร น้ำหนัก ได้อย่างถูกต้อง

3.2.5 ระบุหน่วยของตัวเลขจากการวัดได้

3.3 ทักษะการจำแนก (Classifying) หมายถึง การแบ่งพวก

หรือเรียงลำดับวัตถุหรือเหตุการณ์ออกเป็นประเภทต่าง ๆ โดยใช้ข้อมูลพื้นฐานจากสมบัติของสิ่งที่ศึกษานั้นเป็นเกณฑ์ ซึ่งอาจเป็นความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่กำลังศึกษาแสดงว่าเกิดทักษะแล้ว

3.3.1 เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่น

กำหนดให้ได้

3.3.2 เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์ของตนเองได้

3.3.3 บอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นใช้เรียงลำดับหรือแบ่งพวกได้

3.4 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปส

กับเวลา (Space/Space Relationship and Space/Time Relationship) สเปสของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครอบครองอยู่ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้นโดยทั่วไปสเปสของวัตถุมีลักษณะเป็นสามมิติ คือ ความกว้าง ความยาว และความสูงความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุ คือ ความสัมพันธ์ระหว่างรูป 2 มิติ และรูปทรง 3 มิติ และความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา ได้แก่ การแสดงทิศทางหรือตำแหน่งของวัตถุในเวลาต่าง ๆ กันแสดงว่าเกิดทักษะแล้ว

3.4.1 ชี้บ่งรูป 2 มิติและวัตถุ 3 มิติที่กำหนดให้ได้

3.4.2 วาดรูป 2 มิติจากวัตถุหรือรูป 3 มิติ

3.4.3 บอกชื่อของรูปและรูปทรงเรขาคณิตได้

3.4.4 บอกความสัมพันธ์ ระหว่าง 2 มิติกับ 3 มิติได้ ดังนี้

1) ระบुरुปทรง 3 มิติที่เห็นจากการหมุนรูป 2 มิติ

2) เมื่อเห็นเงารูป 2 มิติ สามารถบอกรูปทรง 3 มิติ

ของวัตถุต้นกำเนิดของเงาได้

3) เมื่อเห็นวัตถุรูปทรง 3 มิติ สามารถบอกเงา 2 มิติ
ที่จะเกิดขึ้นได้

4) บอกรูปรอยตัด 2 มิติที่เกิดขึ้นจากตัดวัตถุรูปทรง 3 มิติ
ออกเป็น 2 ส่วนได้

3.4.5 บอกตำแหน่งหรือทิศทางของวัตถุใด ๆ ได้

3.4.6 บอกทิศทางที่สัมพันธ์ระหว่างวัตถุหนึ่งกับวัตถุอื่นได้

3.4.7 บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจก

และภาพที่ปรากฏในกระจกว่าเป็นซ้ายหรือขวาของกันและกันได้

1) บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่
ของวัตถุกับเวลาได้

2) บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงขนาด
หรือปริมาณของสิ่งต่าง ๆ กับเวลาได้

3.5 ทักษะการใช้ตัวเลขหรือการคำนวณ (Using Numbers) หมายถึง
การนับจำนวนของวัตถุหรือเหตุการณ์ และการนำตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้มาคิด
คำนวณ โดยการบวก การลบ การคูณ การหาร การหาค่าเฉลี่ย หรือวิธีการคำนวณ
อื่น ๆ แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว

3.5.1 สามารถนับจำนวนสิ่งของหรือเหตุการณ์ได้อย่างถูกต้อง
และใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้

3.5.2 บอกวิธีคำนวณคิดคำนวณได้อย่างถูกต้องและแสดงวิธี
คำนวณได้

3.6 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Organizing Data
and Communication) หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และ
จากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำใหม่ เช่น การหาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภท
หรือคำนวณหาค่าใหม่ ที่สามารถแสดงให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นได้ดีขึ้น
โดยอาจแสดงในรูปแบบของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ แผนผัง วงจร กราฟ สมการ
การเขียน และการบรรยายแสดงว่าเกิดทักษะแล้ว

3.6.1 เลือกรูปแบบการนำเสนอข้อมูลได้อย่างเหมาะสม

3.6.2 บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบนำเสนอข้อมูลได้

3.6.3 ออกแบบการนำเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกได้

3.6.4 เปลี่ยนแปลงข้อมูลในรูปแบบใหม่ที่เข้าใจได้ง่ายขึ้น

3.6.5 บรรยายลักษณะของสิ่งใด ๆ ด้วยข้อความที่เหมาะสม
กะทัดรัดจนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

3.6.6 บรรยายหรือวาดแผนผังแสดงตำแหน่งของสถานที่จนสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

3.7 ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Inferring) หมายถึง การเพิ่มเติมความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยพื้นฐานความรู้เดิม หรือประสบการณ์เดิมช่วยในการแสดงความคิดเห็นนั้น ๆ แสดงว่าเกิดทักษะแล้วอธิบายหรือสรุปโดยเพิ่มเติมความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกต โดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิม

3.8 ทักษะการทำนายหรือการพยากรณ์ (Predicting) การสรุปผลลัพธ์หรือคำตอบล่วงหน้าก่อนทดลอง โดยอาศัยหลักฐานจากข้อมูล ข้อเท็จจริง หรือประสบการณ์ที่เกิดขึ้น ๆ กัน หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่แล้ว การพยากรณ์ข้อมูลเชิงปริมาณหรือข้อมูลที่สามารถแสดงเป็นตารางหรือกราฟได้ ทำได้ 2 แบบ คือ การพยากรณ์ภายในขอบเขตของข้อมูลที่ศึกษา และการพยากรณ์ภายนอกของข้อมูลที่ศึกษา แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว

3.8.1 การพยากรณ์ทั่วไปทำนายผลที่จะเกิดขึ้นจากข้อมูล
ที่เป็นหลักการกฎหรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้

3.8.2 ทำนายผลที่จะเกิดภายในขอบเขตข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้

3.8.3 ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นนอกขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณ
ที่มีอยู่

3.9 ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypothesis) หมายถึง การคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ ประสบการณ์เดิม เป็นพื้นฐานคำตอบที่คิดล่วงหน้ายังไม่หลักการ กฎหรือทฤษฎีมาก่อนสมมติฐาน หรือคำตอบที่คิดล่วงหน้านั้นมักกล่าวไว้เป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น (ตัวแปรอิสระ) กับตัวแปรตามวิธีหนึ่งที่เราอาจจะใช้พิจารณาว่าข้อความเป็นสมมติฐานหรือไม่ โดยนำข้อความนั้นมาเขียนให้อยู่ในรูปของประโยค ถ้า...แล้วจะ...หรือเมื่อ....แล้วจะ... ถ้าเขียนได้ข้อความนั้นก็จะเป็นสมมติฐาน สมมติฐานที่ตั้งไว้อาจถูกหรือผิดก็ได้ซึ่งจะทราบได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบเพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้

3.10 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally)

หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่าง ๆ (ที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดลอง) ให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

3.10.1 บรรยายวิธีการทดสอบในนิยามให้เห็นชัดเจน

3.10.2 ระบุสิ่งที่สังเกตไว้ในนิยาม

3.11 การกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and Controlling Variables)

หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง ๆ ตัวแปรต้น คือสิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่าง ๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่ ตัวแปรตาม คือสิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้นเมื่อตัวแปรต้น หรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไป ตัวแปรตามจะเปลี่ยนตามไปด้วย ตัวแปรควบคุม คือ สิ่งอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่มีผลต่อ การทดลองด้วยซึ่งจะต้องควบคุมให้เหมือน ๆ กัน มิเช่นนั้นอาจทำให้ผลการทดลอง คลาดเคลื่อน แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะแล้ว คือชี้บ่งและกำหนด ตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุมได้

3.12 การทดลอง (Experimenting) หมายถึง กระบวนการปฏิบัติ

เพื่อหา คำตอบหรือทดลองสมมติฐานที่ตั้งไว้ใน การทดลองจะประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน ดังนี้

3.12.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผน

การทดลองก่อนลงมือทดลองจริง เพื่อกำหนด

- 1) วิธีทดลอง (ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร)
- 2) อุปกรณ์และหรือสารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลองจริง
- 3) การปฏิบัติการทดลองหมายถึงการลงมือปฏิบัติ

การทดลองจริง

3.12.2 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้

จากการทดลองซึ่งอาจเป็นผลจากการสังเกตและอื่น ๆ ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ ออกแบบทดลองโดย

- 1) กำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสม

โดยคำนึงถึงตัวแปรต้นตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุม

- 2) ระบุอุปกรณ์และสารเคมีซึ่งจะต้องใช้ในการทดลองได้
- 3) บันทึกผลการทดลองได้อย่างคล่องแคล่วถูกต้อง

3.13 การตีความหมายของข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting Data and Conclusion) หมายถึง การแปลความหมายหรือการบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่การตีความหมายข้อมูลในบางครั้งอาจต้องใช้ทักษะอื่น ๆ ด้วย เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ เป็นต้น การลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการทดลองหรือที่มีอยู่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว ดังนี้

3.13.1 แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้

3.13.2 บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้

3.14 ทักษะการสร้างแบบจำลอง (Modeling Construction) หมายถึง การสร้างและใช้สิ่งที่ทำขึ้นมาเพื่อเลียนแบบ หรือ อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาหรือสนใจ เพื่อช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นภาพและเข้าใจในโมเดลที่แฝงอยู่ในแบบจำลองนั้น

4. การวัดและประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

วรรณทิพา รอดแรงคำ (2544, หน้า 166) กล่าวถึงรูปแบบการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มี 2 แบบ คือการประเมินโดยใช้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ (Multiple Choice Paper and Pencil Tests) และการประเมินจากพฤติกรรมการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Performance Assessment) การประเมินโดยใช้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบเป็นวิธีเก่าแก่ดั้งเดิม ในขณะที่การประเมินพฤติกรรมเป็นแนวทางเลือกใหม่ในการประเมินทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเน้นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ที่เป็นวัตถุประสงค์สำคัญในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ระเบียบ อนันตพงศ์ (2550, หน้า 42-45) ได้เสนอลักษณะข้อทดสอบเพื่อวัดความสามารถในการดำเนินการตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นข้อทดสอบการสร้างสถานการณ์ ดังนี้

- 1) สถานการณ์ที่สร้างขึ้นจะเป็นสถานการณ์สมมติ หรือนำมาจากเอกสารอื่นใดก็ตามจะต้องมีความง่ายเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน
- 2) ใช้คำพูดที่เข้าใจง่าย ศัพท์เทคนิคต้องไม่นอกเหนือจากที่นักเรียนได้เรียนมาแล้ว
- 3) สถานการณ์ต้องไม่ใช่สถานการณ์ที่เป็นไปไม่ได้จะต้องเป็นจริงสมเหตุสมผล

4) ถ้าเป็นเรื่องที่มีหน่วยการวัดจะต้องระบุให้ชัดเจนว่าเป็นหน่วยใด

5) สถานการณ์ที่ยกมาต้องสั้น กระชับ อ่านเข้าใจง่าย

และแต่ละสถานการณ์ควรใช้คำถามได้มากกว่า 1 ข้อ เพื่อไม่ให้นักเรียนเสียเวลาอ่านมากเกินไปจนเกิดความจำเป็น

6) การสร้างคำถาม คำถามที่จะต้องตอบตามสถานการณ์ที่ยกมา

7) ถามในเรื่องที่ต้องใช้ความสามารถในด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไม่ถามเรื่องที่เป็นความรู้ความจำ

8) ถามถึงปัญหา หรือสมมติฐานที่เคยอภิปราย หรือสรุปกันมาแล้ว เพราะจะกลายเป็นความจำทั้ง ๆ ที่ดูคำถามเหมือนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จันทนา สอนกองแดง (2550, หน้า 30-31) ได้กล่าวถึงการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นั้นมีวิธีการต่าง ๆ หลายวิธีแต่ที่นิยมใช้กันมากมี 2 ลักษณะ คือ การประเมินด้วยแบบทดสอบและประเมินจากการลงมือปฏิบัติการ ประเมินโดยแบบทดสอบนั้นมีทั้งข้อสอบแบบอัตนัย และข้อสอบแบบปรนัย ในการประเมินแบบลงมือปฏิบัตินั้นจะให้นักเรียนลงมือกระทำจริง ๆ เช่น ให้ทดลองปฏิบัติในสถานการณ์ตรวจงานหรือแบบฝึกหัด เป็นต้น ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1) กำหนดความมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ซึ่งต้องแจ้งให้ชัดเจน โดยศึกษาจุดมุ่งหมายในแต่ละทักษะให้เข้าใจแล้วมาแจกแจงในจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม ทั้งส่วนที่เป็นสถานการณ์ และพฤติกรรมที่คาดหวัง และเกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดพฤติกรรมนั้น ๆ

2) การเลือกเนื้อหาที่จะวัด หมายถึง การเลือกความมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมกับเนื้อหาที่จำเป็นอย่างขาดไม่ได้ในบทหนึ่ง ๆ ควรจะกำหนดว่าในทักษะใดเนื้อหาใดเป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้ทักษะนั้นและเนื้อหานั้นจะปรากฏอยู่ในข้อสอบ

3) การสร้างตารางเพื่อกำหนดเนื้อหา และพฤติกรรมทักษะ ซึ่งมีความมุ่งหมายที่จะกำหนดว่าจะวัดทักษะหรือพฤติกรรมได้เท่าไร อย่างละกี่ข้อ จะได้ไม่บกพร่อง นอกจากนั้นผู้ออกข้อสอบยังจะทราบต่อไปว่าข้อสอบวัดพฤติกรรมใดสัดส่วนมากน้อยเพียงใด

4) การเลือกแนวทางออกข้อสอบ ควรจะถือหลักว่าจะใช้การสอบแบบใดจึงจะวัดพฤติกรรมนั้น ๆ ได้ตรงและถูกต้องเหมาะสมที่สุด ตลอดจนทั้งเหมาะสมกับวัยของเด็กประหยัดเวลา และง่ายต่อการปฏิบัติ

วิธีการประเมินโดยใช้แบบทดสอบหรือแบบสังเกตพฤติกรรมใช้ทักษะต่าง ๆ หรือวิธีการอื่นที่ปรับปรุงมาจากวิธีการทั้งสองดังกล่าวแล้ว วิธีการแต่ละวิธีมีทั้งข้อดีและข้อเสีย เช่น แบบทดสอบสามารถใช้ประเมินทักษะหลาย ๆ ทักษะในเวลาเดียวกันในช่วงเวลาที่จำกัดได้ การตรวจคำตอบอาจใช้คนหรือเครื่องจักรตรวจในช่วงใดก็ได้ซึ่งไม่ต้องใช้คนที่มีการสอบการตรวจคำตอบก็ได้ แบบทดสอบประเภทนี้ไม่ได้ให้นักเรียนค้นหาความชัดเจนของคำถามสิ่งที่เกี่ยวข้องเป็นเพียงแค่ตัวคำถามและตัวเลือก

ดังนั้น วิธีการประเมินแบบนี้จึงจำกัดความคิดของผู้ตอบการลงมือปฏิบัติกับวัตถุจริง ๆ ไม่ได้เน้นในการประเมินแบบนี้ นักเรียนเพียงแต่ใช้ทักษะการเขียน ถ้าแบบทดสอบต้องการให้นักเรียนเขียน หรือให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง ถ้าเป็นแบบทดสอบประเภทเลือกตอบในการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการใช้แบบวัดนั้นมักจะใช้คำถามในแต่ละทักษะแยกจากกันจึงอาจจะมีข้อจำกัดที่อาจจะมีผลคลาดเคลื่อนในการประเมิน เพราะมีหลายทักษะโดยเฉพาะทักษะขั้นบูรณาการจะต้องมีการประเมินร่วมกัน โดยใช้สถานการณ์ในการแก้ไขปัญหา แล้วตั้งคำถามได้หลายทักษะ ดังนั้นจึงควรนำวิธีการประเมินหลาย ๆ วิธีมาใช้

จากการศึกษาเอกสารดังกล่าว ผู้วิจัยสรุปได้ว่าการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ควรดำเนินการ คือ กำหนดจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมที่แสดงว่าเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้าน สร้างตารางเพื่อกำหนดเนื้อหา และพฤติกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อกำหนดว่าจะวัดทักษะหรือพฤติกรรมใดอย่างละกี่ข้อ สร้างสถานการณ์ และข้อคำถามที่ต้องการทักษะทางวิทยาศาสตร์ การตรวจสอบจะต้องมีความเป็นปรนัยในการให้คะแนน กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจนซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้ ใช้วิธีประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือการประเมินด้วยแบบทดสอบ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สิ่งที่มุ่งหวังหรือที่พึงประสงค์ที่สุดประการหนึ่งของการจัดการเรียนรู้ในโรงเรียน คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เนื่องจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญที่แสดงถึงประสิทธิภาพของการบริหารวิชาการในโรงเรียน ซึ่งผู้วิจัยขอเสนอหัวข้อเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามลำดับ ดังนี้

1. ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นสิ่งที่แสดงออกถึงความสามารถในการเรียนของผู้เรียนได้มีผู้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมากมาย ดังนี้

วิลาวณัย แวงดีสอน (2550, หน้า 64) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะ มวลประสบการณ์ หรือความสามารถของบุคคล อันเป็นผลมาจากการเรียนการสอนหรือการฝึกอบรม เป็นผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ของสมรรถภาพทางสมอง

ประภัสสรณ์ นครเขต (2551, หน้า 72) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะ ความรู้ความสามารถของผู้เรียนที่เกิดขึ้นภายหลังได้รับประสบการณ์ในการเรียนรู้ด้วยตนเองและทางอ้อมจากครูจนเป็นผลทำให้เกิดเป็นความรู้ใหม่

ศิริขวัญ สมนึก (2551, หน้า 42) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสำเร็จหรือความสามารถของบุคคลในการเรียนรู้อันเป็นผลมาจากการเรียนการสอนประสบการณ์การเรียนรู้ความพยายามในการเรียนส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ

สุขุมมาลย์ แสงกล้า (2551, หน้า 53) กล่าวว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลการเรียนรู้ที่ได้จากการทดสอบที่มุ่งให้ผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์ที่กำหนดไว้

จากความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดังกล่าวสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นผลความสำเร็จในการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ได้จากกระบวนการจัดการเรียนรู้ สามารถวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 6 ด้าน คือ ด้านความรู้ความจำความเข้าใจ นำไปใช้ คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินค่า และด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2. ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

หลักการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อที่จะนำไปใช้ในการทดสอบวัดความรู้ความสามารถและความเข้าใจของนักเรียนที่ซึ่งมีผู้ให้ความหมายแตกต่างกันออกไป ดังนี้

พิชิต ฤทธิ์จุญ (2545, หน้า 97-98) กล่าวว่า การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์มีขั้นตอนในการดำเนินการ ดังนี้

1) วิเคราะห์หลักสูตรและสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร

การสร้างแบบทดสอบควรเริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์หลักสูตรและสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตรเพื่อวิเคราะห์เนื้อหาสาระ และพฤติกรรมที่ต้องการจะวัด ตารางวิเคราะห์หลักสูตรจะใช้เป็นกรอบในการออกข้อสอบ ระบุจำนวนข้อสอบในแต่ละเรื่อง และพฤติกรรมที่ต้องการจะวัดไว้

2) กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้

เป็นพฤติกรรมที่เป็นผลการเรียนรู้ที่ผู้สอนมุ่งหวังจะให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนซึ่งผู้สอนจะต้องกำหนดไว้ล่วงหน้า สำหรับเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอน และการสร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3) กำหนดชนิดของข้อสอบ โดยการศึกษาตารางวิเคราะห์

หลักสูตรและจุดประสงค์การเรียนรู้ ผู้ออกข้อสอบต้องพิจารณาและตัดสินใจเลือกใช้ชนิดของข้อสอบที่จะใช้วัดว่าเป็นแบบใดโดยการเลือกให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน แล้วศึกษาวิธีเขียนข้อสอบชนิดนั้นให้มีความรู้ความเข้าใจในหลักและวิธีการเขียนข้อสอบ

4) เขียนข้อสอบ ผู้ออกข้อสอบลงมือเขียนข้อสอบ

ตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร และสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้โดยอาศัยหลักและวิธีการเขียนข้อสอบ

5) ตรวจสอบข้อสอบ เพื่อให้ข้อสอบที่เขียนไว้ มีความถูกต้อง

ตามหลักวิชา มีความสมบูรณ์ครบถ้วนตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร ผู้ออกข้อสอบต้องพิจารณาทบทวนตรวจสอบอีกครั้งก่อนที่จะจัดพิมพ์และนำไปใช้ต่อไป

6) จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง เมื่อพิจารณาตรวจสอบ

เสร็จแล้วให้พิมพ์ข้อสอบทั้งหมด จัดทำเป็นแบบทดสอบฉบับทดลองโดยมีคำชี้แจงหรือคำอธิบาย วิธีตอบแบบทดสอบ (Direction) และจัดวางรูปแบบการพิมพ์ให้เหมาะสม

7) ทดลองสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ การทดลองสอบ

และวิเคราะห์ข้อสอบเป็นวิธีการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบก่อนนำไปใช้จริง โดยนำแบบทดสอบไปทดลองสอบกับกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันกับกลุ่มที่ต้องการสอบจริงแล้วนำผลสอบวิเคราะห์และปรับปรุงข้อสอบให้มีคุณภาพโดยสภาพการปฏิบัติจริงของการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในโรงเรียนมักจะไม่ค่อยมีการทดลองสอบและวิเคราะห์

ข้อสอบส่วนใหญ่ทำแบบทดสอบแล้วจึงวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อปรับปรุงข้อสอบแล้วนำไปใช้ในครั้งต่อไป

8) จัดทำแบบทดสอบฉบับจริง จากผลการวิเคราะห์ข้อสอบ หากพบว่า ข้อสอบข้อใดไม่มีคุณภาพหรือมีคุณภาพไม่ดีพอ อาจจะต้องตัดทิ้งหรือปรับปรุง แล้วแก้ไขข้อสอบให้มีคุณภาพดีขึ้น แล้วจึงจัดทำเป็นข้อสอบฉบับจริงที่นำไปทดสอบกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

เยาวดี วิบูลยศรี (2549, หน้า 178-179) ได้เสนอวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่าการสร้างแบบทดสอบจะต้องมีวิธีการเตรียมตัวการวางแผน เพื่อให้แบบทดสอบดังกล่าวมีกลุ่มตัวอย่างของพฤติกรรมที่ต้องการวัดได้อย่างเด่นชัดซึ่งต้องอาศัยกลวิธีในการสร้างแบบทดสอบสามารถแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดวัตถุประสงค์ทั่วไปของการสอบให้อยู่ในรูปของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมโดยระบุเป็นข้อ ๆ และให้วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเหล่านั้นสอดคล้องกับเนื้อหาสาระทั้งหมดที่จะทำการทดสอบด้วย

ขั้นที่ 2 กำหนดโครงเรื่องของเนื้อหาสาระที่จะทำการทดสอบให้ครบถ้วน

ขั้นที่ 3 เตรียมตารางเฉพาะหรือผังของแบบทดสอบเพื่อแสดงถึงน้ำหนักของเนื้อหาวิชาแต่ละส่วนและพฤติกรรมต่าง ๆ ที่ต้องการทดสอบให้เด่นชัด สั้นกะทัดรัดและมีความชัดเจน

ขั้นที่ 4 สร้างข้อกระทงทั้งหมดที่ต้องการจะทดสอบให้เป็นไปตามสัดส่วนของน้ำหนักที่ระบุไว้ในตารางเฉพาะ

จากเอกสารที่กล่าวมาสรุปได้ว่า การสร้างแบบทดสอบจะต้องมีวิธีการเตรียมตัวศึกษาค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้อง ตารางวิเคราะห์หลักสูตรและสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ การออกแบบทดสอบให้ครอบคลุม ตรวจทานข้อสอบ จัดพิมพ์แบบทดสอบ ทดลองสอบ และวิเคราะห์ข้อสอบ จัดทำแบบทดสอบฉบับจริงเพื่อใช้ต่อไป

3. ลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ดี

นักการศึกษาได้กล่าวถึงลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ดี ดังนี้

สมนึก ภัททิยธนี (2549, หน้า 67) ได้กล่าวถึงลักษณะของแบบทดสอบที่ดีแต่ละข้อมีรายละเอียดดังนี้

1) ความเที่ยงตรง (Validity) หมายถึง คุณภาพของแบบทดสอบที่สามารถวัดได้ตรงกับจุดมุ่งหมายที่ต้องการวัดหรือวัดในสิ่งที่ต้องการวัดได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ความเที่ยงตรงจึงเปรียบเสมือนหัวใจของการทดสอบ ลักษณะความเที่ยงตรงของแบบทดสอบแบ่งเป็น 4 ชนิด ดังนี้

1.1 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบที่วัดได้ตรงกับเนื้อหาที่กำหนดไว้ในหลักสูตร หรือตรงกับเนื้อหาได้ทำการสอน กล่าวคือ เมื่อทำการสอนเนื้อหาแล้วก็ทำการออกข้อสอบให้ตรงกับเนื้อหานั้นและที่เน้นเป็นสำคัญอยู่ที่ต้องเขียนคำถามให้สอดคล้องกับน้ำหนักความสำคัญของเนื้อหานั้นด้วย

1.2 ความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง (Construction Validity) หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบที่วัดได้ตรงกับจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ในหลักสูตร หรือวัดได้ตรงกับพฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดกับนักเรียน กล่าวคือเมื่อจะสอนเนื้อหาใดครูต้องกำหนดจุดมุ่งหมายไว้ล่วงหน้าว่าจะให้นักเรียนเกิดสมรรถภาพสมองค์ด้านใดแล้วจึงทำการสอนและเขียนข้อสอบให้ตรงกับพฤติกรรมที่ต้องการ

1.3 ความเที่ยงตรงตามสภาพ (Concurrent Validity) หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบที่วัดได้ตรงตามสภาพจริงในชีวิตประจำวันหรือปัจจุบันของนักเรียน กล่าวได้ว่าเป็นความสามารถของแบบทดสอบที่ช่วยให้ครูประมาณสภาพอันแท้จริงของนักเรียนในปัจจุบันได้ถูกต้อง

1.4 ความเที่ยงตรงตามการพยากรณ์ (Predictive Validity) หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบที่วัดได้ตรงกับสภาพความเป็นจริงของนักเรียนที่จะเกิดขึ้นในอนาคต กล่าวคือคะแนนผลการสอบที่เกิดจากแบบทดสอบชุดนั้นสอดคล้องกับผลการเรียนหรือความสำเร็จในอนาคตของนักเรียน

2) ความเชื่อมั่น (Reliability) หมายถึง ลักษณะของแบบทดสอบทั้งฉบับที่สามารถวัดได้คงที่คงจะไม่เปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะทำการสอบกี่ครั้งก็ตาม เช่น การสร้างแบบทดสอบชุดหนึ่งแล้วนำไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มหนึ่ง 2 ครั้ง โดยให้มีระยะเวลาห่างกันพอประมาณ (1-8 สัปดาห์) ถ้าพบว่านักเรียนแต่ละคนทำคะแนนได้เท่า ๆ เดิมทั้ง 2 ครั้ง แสดงว่าแบบทดสอบชุดนั้นมีความเชื่อมั่นสูง (ไม่ใช่นักเรียนที่เขาสอบมีความเชื่อมั่นสูง)

3) ความยุติธรรม (Fair) หมายถึง ลักษณะของแบบทดสอบที่ไม่เปิดโอกาสให้มีการได้เปรียบเสียเปรียบในกลุ่มผู้เขาสอบด้วยกันไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนทำข้อสอบได้โดยการเดาไม่ให้นักเรียนชี้แจงหรือไม่สนใจในการเรียนทำข้อสอบได้ดีผู้ที่ทำข้อสอบควรเป็นนักเรียนที่เก่งและขยันเท่านั้นวิธีการที่จะทำให้เกิดความยุติธรรมได้แก่ ออกข้อสอบให้ครอบคลุมหลักสูตรและมีจำนวนมาก แบบทดสอบที่ใช้สอบกับนักเรียนทุกคนต้องเป็นชุดเดียวกันและเป็นเรื่องที่นักเรียนเรียนแล้ว อนึ่งหากออกข้อสอบยากเกินไปจะทำให้นักเรียนเก่งเสียเปรียบเพราะทุกคนต้องทำข้อสอบโดยการเดา

4) ความลึกของคำถาม (Searching) หมายถึง ข้อสอบแต่ละข้อต้องไม่ถามผิวเผินหรือถามประเภทความรู้ความจำ แต่ต้องถามให้นักเรียนนำความรู้ความเข้าใจไปคิดดัดแปลงแก้ปัญหาแล้วจึงตอบได้ ได้แก่ ความรู้ความจำ เช่น ไม่ควรถามว่าโลกมีดวงจันทร์กี่ดวงแต่ควรถามว่า ถ้าโลกมีดวงจันทร์ 2 ดวง (หรือไม่มีเลย) จะเกิดเหตุการณ์อะไรขึ้นบนโลก

5) ความยั่วยุ (Exemplary) หมายถึง แบบทดสอบที่นักเรียนทำด้วยความสนุกเพลิดเพลินไม่ควรใช้คำถามซ้ำซากซึ่งน่าเบื่อหน่ายวิธีการที่จะให้แบบทดสอบมีความยั่วยุอยากตอบโดยเรียงจากข้อง่ายไปข้อยากใช้ข้อสอบรูปภาพ ข้อสอบปัญหา รูปแบบของข้อสอบน่าสนใจ ถ้าเป็นข้อสอบแบบอัตนัยให้บรรยายความยาวพอเหมาะและไม่ถามหลายประเด็นในข้อเดียวกัน

6) ความจำเพาะเจาะจง (Definition) หมายถึง ข้อสอบที่มีแนวทางหรือทิศทางการถามการตอบชัดเจน ไม่คลุมเครือ ไม่ลวงจนทำให้นักเรียนงง นักเรียนไม่ได้คะแนนเนื่องจากตอบไม่ถูกต้องกว่านักเรียนไม่เข้าใจคำถามและความไม่จำเพาะเจาะจงของข้อสอบนี้อาจเกิดขึ้นกับข้อสอบทุกชนิด กาถูก-กาผิด จับคู่ เติมคำตอบสั้น ๆ เลือกตอบและอัตนัย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้เขียนข้อสอบว่าสามารถออกข้อสอบรัดกุมและชัดเจน

7) ความเป็นปรนัย (Objective) ความเป็นปรนัยของแบบทดสอบไม่ได้หมายถึง ข้อสอบแบบกาถูก-กาผิด จับคู่ เติมคำตอบสั้น ๆ และเลือกตอบ เพราะแบบทดสอบชนิดต่าง ๆ นี้เป็นเพียงรูปแบบหรือโครงสร้างของคำถามที่นำไปสู่ความเป็นปรนัยเท่านั้นและความเป็นปรนัยนั้นเป็นคุณลักษณะของแบบทดสอบไม่ใช่ชนิดของแบบทดสอบ แบบทดสอบจะเป็นปรนัยหรือไม่จะต้องมีคุณสมบัติ 3 ประการ คือ

7.1 ตั้งคำถามให้ชัดเจนทำให้ผู้เขาสอบทุกคนเข้าใจความหมายตรงกัน

7.2 ตรวจให้คะแนนได้ตรงกันแม้ว่าจะตรวจได้หลายครั้ง

หรือตรวจหลายคนก็ตาม

7.3 แปลความหมายของคะแนนได้เหมือนกันจะเห็นว่าข้อสอบ

แบบอัตนัยหรือความเรียงอาจเป็นปรนัยก็ได้ถ้ามีคุณสมบัติครบทั้ง 3 ประการข้างต้น และในทางตรงกันข้ามข้อสอบแบบเลือกตอบกาถูก-กาผิดหรือจับคู่อาจจะไม่เป็นปรนัยก็ได้ถ้ามีคุณสมบัติไม่ครบทั้ง 3 ประการ

8) ประสิทธิภาพ (Efficiency) หมายถึง แบบทดสอบที่มีจำนวนข้อมากพอประมาณใช้เวลาสอบพอเหมาะ ประหยัดค่าใช้จ่าย จัดทำแบบทดสอบด้วยความประณีต ตรวจให้คะแนนได้รวดเร็วรวมถึงสถานการณ์ในการสอบที่ดี ได้แก่ สภาพห้องเรียนเรียบร้อยไม่มีสิ่งรบกวนผู้เข้าสอบ กรรมการคุมสอบรัดกุม เป็นต้น นอกจากนี้การสร้างแบบทดสอบไว้อย่างดีและสามารถนำไปใช้ได้หลาย ๆ ครั้งอย่างเหมาะสม โดยไม่เกิดความเสียหายใด ๆ ถือได้ว่าแบบทดสอบนั้นมีประสิทธิภาพ

9) อำนาจจำแนก (Discrimination) หมายถึง ความสามารถของข้อสอบในการจำแนกผู้สอบที่มีคุณลักษณะหรือความสามารถแตกต่างกันออกจากกันได้ ข้อสอบที่ดีจะต้องมีอำนาจจำแนกสูงตามทฤษฎีการวัดผลแบบอิงกลุ่ม (Non Referenced Measurement) อำนาจจำแนกของข้อสอบ หมายถึง ความสามารถของข้อสอบที่จำแนกผู้สอบออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเก่งกับกลุ่มอ่อน ถ้าข้อสอบมีอำนาจจำแนกสูงแสดงว่าคนกลุ่มเก่งทำข้อสอบข้อนั้นถูกคนกลุ่มอ่อนทำไม่ถูกทฤษฎีการวัดผลแบบอิงเกณฑ์ (Criterion Referenced Measurement) หมายถึง ความสามารถของข้อสอบนั้นในการจำแนกผู้สอบออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มรอบรู้กับกลุ่มไม่รอบรู้ถ้าข้อสอบมีอำนาจจำแนกสูงแสดงว่าคนกลุ่มรอบรู้ทำข้อสอบข้อนั้นถูกแต่คนกลุ่มไม่รอบรู้ทำไม่ถูก

10) ความยาก (Difficulty) หมายถึง จำนวนคนตอบข้อสอบได้ถูกมากน้อยเพียงใดหรืออัตราส่วนของจำนวนคนตอบถูกกับจำนวนคนทั้งหมดที่เขาสอบตามทฤษฎีการวัดผลแบบอิงกลุ่มข้อสอบที่ดีคือข้อสอบที่ไม่ยากไม่ง่ายจนเกินไปเรียกว่ามีความยากพอเหมาะเพราะคุณค่าของข้อสอบดังกล่าวจะช่วยจำแนกผู้สอบได้ว่าใครเก่งใครอ่อนข้อสอบข้อใดที่ไม่มีใครทำได้ถูกหรือข้อสอบที่ทุกคนทำถูกต่างก็ไม่สามารถจำแนกผู้เข้าสอบได้ว่าใครอ่อนจึงไม่มีคุณค่าในการจำแนกส่วนทฤษฎีการวัดผลแบบอิงเกณฑ์ถือว่าข้อสอบที่ดีคือสามารถวัดว่าผู้เรียนไม่บรรลุจุดประสงค์หรือไม่ การที่ทุกคนทำข้อสอบได้ถูกแสดงว่าเขาได้บรรลุตามจุดประสงค์ที่ต้องการได้จริงถ้าวัดได้จริงก็นับว่าเป็นข้อสอบ

ที่ดีแม้ว่าจะเป็นข้อสอบที่ง่ายก็ตามในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อวัดพฤติกรรมการวิเคราะห์ตามรูปแบบที่มีอัตราส่วนของจำนวนข้อสอบต่างกัน

จากความหมายของลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ดีสรุปได้ว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ดีต้องเป็นแบบทดสอบที่ต้องมีความเที่ยงตรงความเชื่อมั่น ความเป็นปรนัย ถามลึก มีความยากง่ายพอเหมาะมีอำนาจจำแนกและมีความยุติธรรม ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาและนำไปใช้ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อให้ได้ข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีคุณภาพ

4. การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบที่วัดความรู้ความสามารถและความเข้าใจของนักเรียนที่เป็นผลมาจากการได้รับความรู้ซึ่งมีผู้ให้ความหมายแตกต่างกันออกไป ดังนี้

ภพ เลหาไพบุลย์ (2542, หน้า 375) ได้กล่าวไว้ถึงแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสรุปได้ว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลการเรียนรู้โดยทำการวัดเฉพาะพฤติกรรมด้านความรู้ได้แก่ ความรู้ ความจำ

บุญชม ศรีสะอาด (2545, หน้า 53) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ (Achievement Test) หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ความสามารถของบุคคลในด้านวิชาการ ซึ่งเป็นผลมาจากการเรียนรู้ในเนื้อหาสาระและตามจุดประสงค์ของวิชาหรือเนื้อหาที่สอบนั้น จำแนกได้ 2 ประเภท

1) แบบทดสอบอิงเกณฑ์ (Criterion Referenced Test) หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมมีคะแนนจุดตัดหรือคะแนนเกณฑ์สำหรับใช้ตัดสินว่าผู้สอบมีคะแนนตามเกณฑ์ที่ตัดสินไว้หรือไม่ การวัดตรงจุดประสงค์เป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบในแบบทดสอบประเภทนี้

2) แบบทดสอบอิงกลุ่ม (Norm-Referenced Test) หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งสร้างเพื่อวัดให้ครอบคลุมหลักสูตรจึงสร้างตามตารางวิเคราะห์หลักสูตรความสามารถในการจำแนกผู้สอบตามความเก่งอ่อนได้ดีเป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบในแบบทดสอบประเภทนี้ การรายงานผลการสอบอาศัยคะแนนมาตรฐานซึ่งเป็นคะแนน

ที่สามารถให้ความหมายแสดงถึงสถานภาพความสามารถของบุคคลนั้น เมื่อเทียบกับบุคคลอื่น ๆ ที่ใช้เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ

สมนึก ภัททิยานี (2562, หน้า 73) กล่าวว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบที่วัดสมรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ผ่านมาแล้ว

สุขุมมาลย์ แสงกลา (2551, หน้า 54) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถของผู้เรียนจากสิ่งที่เรียนรู้ในวิชาต่าง ๆ เพื่อให้ทราบถึงความสามารถที่ผู้เรียนได้เรียนแล้ว

สมทัด วังคะฮาด (2555, หน้า 71) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะทางด้านความรู้ความเข้าใจความสามารถและทักษะทางด้านวิชาการที่เกิดจากบุคคลที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ของสมรรถภาพทางสมอง

จากการให้ความหมายของนักการศึกษาที่กล่าวมาสรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง เครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถของบุคคลซึ่งเป็นผลมาจากการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชานั้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เป็นแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์และเป็นแบบทดสอบของครู

ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

1. ความหมายของประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

นักวิชาการได้ให้ความหมายของการหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

บุญชม ศรีสะอาด (2545, หน้า 153-156) ได้กล่าวถึงการพัฒนาสื่อการสอน วิธีการสอน หรือนวัตกรรมจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการทดลองใช้ และหาประสิทธิภาพ ของสิ่งที่จะพัฒนาเพื่อความมั่นใจในการนำไปใช้ต่อการหาประสิทธิภาพ นิยมใช้เกณฑ์ 80/80 ซึ่งมีวิธีการ 2 แนวทาง ดังนี้

แนวทางที่ 1 พิจารณาจำนวนผู้เรียน (ร้อยละ 80) สามารถบรรลุผลในระดับสูง (ร้อยละ 80) ในการนี้เป็นนวัตกรรมสั้น ๆ ใช้เวลาน้อย เนื้อหาที่สอน

มีเรื่องเดียว เช่น การสอน 1 บท ใช้เวลา 1 ชั่วโมง เป็นต้น เกณฑ์ 80/80 หมายถึง มีคะแนนไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของผู้เรียนที่ทำคะแนนได้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม

แนวทางที่ 2 พิจารณาจากผลระหว่างดำเนินการและเมื่อสิ้นสุดการดำเนินการแล้ว โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับสูง (เช่น ร้อยละ 80) ในกรณีนี้ใช้การสอนหลายครั้งมีเนื้อหาสาระมาก เช่น สอน 3 บทขึ้นไป มีการวัดผลระหว่างเรียน (Formative) หลายครั้ง เกณฑ์ 80/80 มีความหมาย ดังนี้

80 ตัวแรกเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)

เป็นประสิทธิภาพของกระบวนการเกิดจากการนำคะแนนที่สอบได้ระหว่างดำเนินการ (ระหว่างเรียนหรือระหว่างทดลอง) มาหาค่าเฉลี่ยแล้วเทียบเป็นร้อยละซึ่งต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

80 ตัวหลังเป็นประสิทธิภาพของผลโดยรวม (E_2)

เป็นประสิทธิภาพของผลโดยรวมเกิดจากการนำคะแนนจากการวัดโดยรวมเมื่อสิ้นสุดการสอน หรือสิ้นสุดการทดลองมาหาค่าเฉลี่ยแล้วเทียบเป็นร้อยละซึ่งต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

ประสิทธิภาพจึงเป็นร้อยละของค่าเฉลี่ย เมื่อเทียบกับคะแนนเต็มซึ่งต้องมีค่าสูงจึงจะชี้ถึงประสิทธิภาพได้กรณีนี้ใช้ร้อยละ 80

เกณฑ์ประสิทธิภาพ (E_1/E_2) มีความหมายแตกต่างกันหลายลักษณะ ในนี้จะยกตัวอย่าง $E_1/E_2 = 80/80$ ดังนี้

1) เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 1 ตัวเลข 80 ตัวแรก (E_1)

คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบย่อยได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ถือเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E_2) คือนักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-Test) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80

2) เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 2 ตัวเลข 80 ตัวแรก (E_1)

คือ จำนวนนักเรียนร้อยละ 80 ทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-Test) ได้คะแนนร้อยละ 80 ทุกคน ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E_2) คือนักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบครั้งนั้นได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 เช่น มีนักเรียน 40 คน ร้อยละ 80 ของนักเรียนทั้งหมด คือ 32 คน ได้คะแนน จากการทดสอบหลังเรียนถึงร้อยละ 80 (E_1) ส่วน 80 ตัวหลัง (E_2) คือ ผลการทดสอบหลังเรียนของนักเรียนทั้งหมด (40 คน) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80

3) เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 3 ตัวเลข 80 ตัวแรก (E_1) คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-Test) ได้คะแนนร้อยละ 80 ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E_2) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ที่นักเรียนทำเพิ่มขึ้นจากแบบทดสอบหลังเรียน (Post-Test) โดยเทียบกับคะแนนที่ได้จากก่อนการเรียน (Pre-Test) ได้คะแนนเฉลี่ย 0 แสดงว่าแตกต่างจากคะแนนเต็ม (100 คะแนน) เท่ากับ 90 ถ้านักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post-Test) ได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 85 แสดงว่าความแตกต่างของการสอบ 2 ครั้งนี้ (ก่อนเรียนกับหลังเรียน) เท่ากับ $85 - 10 = 75$ ดังนั้น ค่าของ $E_2 = (75/90) \times 100 = 83.33\%$ ถือว่าสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ($E_2 = 80$)

4) เกณฑ์ 80/80 ในความหมายที่ 4 ตัวเลข 80 ตัวแรก (E_1) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียนได้คะแนนร้อยละ 80 ส่วนตัวเลข 80 ตัวหลัง (E_2) คือ นักเรียนทั้งหมดทำแบบทดสอบหลังเรียนแต่ละข้อถูกมีจำนวนร้อยละ 80 (ถ้านักเรียนทำข้อสอบข้อใดถูกมีจำนวนนักเรียนไม่ถึงร้อยละ 80 แสดงว่าสื่อไม่มีประสิทธิภาพ และชี้ให้เห็นว่าจุดประสงค์ที่ตรงกับข้อนั้นมีความบกพร่อง)

จากการศึกษาเกี่ยวกับการหาประสิทธิภาพสามารถสรุปได้ว่า ในการหาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ นิยมตั้งเป็นตัวเลข 3 ลักษณะ คือ 80/80 85/85 และ 90/90 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับธรรมชาติของวิชาและความยากง่ายของเนื้อหาที่นำมาสร้าง นอกจากนี้ยังตั้งเกณฑ์อยู่ในช่วงของค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2.5 เช่น 87.5/92.5 และ 88/90 จัดได้ว่าอยู่ในเกณฑ์ 90/90 ที่กำหนดไว้เช่นกัน

2. การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ

วาโร เพ็งสวัสดิ์ (2551, หน้า 42-45) ได้อธิบายว่า เกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของนวัตกรรมที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เป็นระดับที่ผู้ผลิตนวัตกรรมพอใจว่า ถ้าหากนวัตกรรมมีประสิทธิภาพถึงระดับที่กำหนดแล้วก็มีคุณค่านำไปใช้ได้ และมีคุณค่าแก่การลงทุนผลิตออกมาการกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภท คือ

1. ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior) คือ ประสิทธิภาพต่อเนื่อง ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยของผู้เรียน เรียกว่า “กระบวนการ” (Process) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น $E_1 = \text{Efficiency of Process}$ (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) ที่เกิดจากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม ได้แก่ การทำโครงการ หรือทำรายงานเป็นกลุ่ม และรายงานบุคคล ได้แก่ งานที่มอบหมาย และกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้

2. ประเมินพฤติกรรมสุดท้าย (Terminal Behavior) คือ ประเมินผลลัพธ์ (Product) ของผู้เรียน กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น $E_2 = \text{Efficiency of Product}$ (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์) โดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียน และการสอบไล่ ประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนจะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหวังว่าผู้เรียน จะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ โดยกำหนดให้ผลเฉลยคะแนนการทำงาน และการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมด ต่อย่อยละของผลการประเมินหลังเรียน ทั้งหมด นั่นคือ $E_1/E_2 = \text{ประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์}$ การกำหนดค่าการหาประสิทธิภาพเป็น E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ และ E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ซึ่งการที่กำหนดเกณฑ์ E_1/E_2 มีค่าเท่าใดนั้นผู้ที่สอน เป็นผู้พิจารณาโดยเนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำมักจะตั้งค่าไว้เป็น 80/80, 85/85 และ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะอาจตั้งไว้ต่ำกว่านี้ เช่น 75/75 เป็นต้นซึ่งเมื่อผลิต นวัตกรรมเสร็จแล้วจะต้องนำนวัตกรรมไปหาประสิทธิภาพตามขั้นตอนต่อไป

2.1 แบบ 1:1 (หรือแบบเดี่ยว) คือการทดลองกับผู้เรียน 1 คน โดยใช้เด็กอ่อน ปานกลาง และเก่ง โดยทดลองกับเด็กอ่อนก่อน ทำการปรับปรุง แล้วนำไปทดลองกับเด็กปานกลาง และเด็กเก่งในลำดับต่อไป

2.2 แบบ 1:10 (หรือแบบกลุ่ม) คือทดลองกับผู้เรียน 6–10 คน คณะผู้เรียนทั้งเก่งและอ่อน คำนวณหาประสิทธิภาพและปรับปรุง ซึ่งในแต่ละครั้งคะแนน จะเพิ่มขึ้นเกือบเท่าเกณฑ์หรือห่างจากเกณฑ์ประมาณ 10% นั่นคือค่า E_1/E_2 ประมาณ 70/70

2.3 แบบ 1:100 (หรือภาคสนาม) คือทดลองกับผู้เรียน 40–100 คน คณะผู้เรียนทั้งเก่งและอ่อน คำนวณหาประสิทธิภาพ และปรับปรุง ซึ่งในครั้งนี้อาจได้ผลที่ต่ำกว่า เกือบเคียงกับค่า E_1/E_2 ตามที่กำหนดไว้เมื่อทดสอบนวัตกรรมแล้ว ให้เทียบกับค่า เพื่อดูว่า ยอมรับประสิทธิภาพหรือไม่

3. การยอมรับประสิทธิภาพของนวัตกรรมมี 3 ระดับ

3.1 ระดับ “สูงกว่าเกณฑ์” เมื่อประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมสูงกว่า เกณฑ์ที่ตั้งไว้มีค่าเกิน 2.5 ขึ้นไป

3.2 ระดับ “เท่าเกณฑ์” เมื่อประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมเท่ากับหรือ สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้มีค่าเกิน 2.5

3.3 ระดับ “ต่ำกว่าเกณฑ์” เมื่อประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้แต่ไม่ต่ำกว่า 2.5 ซึ่งถือว่ายังมีประสิทธิภาพที่ยอมรับได้

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยวิธีการตรวจสอบผลที่เกิดขึ้น กับผู้เรียนด้วยการกำหนดเกณฑ์ E_1/E_2 เป็น 80/80 ซึ่งเกณฑ์ 80 ตัวแรก คือ ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการจัดการการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา การทำแบบทดสอบระหว่างเรียนของนักเรียนทุกคน คิดเป็นร้อยละของคะแนนเต็ม 80 ตัวหลัง คือ ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนทุกแผนการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนทุกคน คิดเป็นร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม

ความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้

1. ความหมายของความพึงพอใจ

การจัดการเรียนรู้ให้ประสบความสำเร็จนั้น ผู้สอนต้องคำนึงถึงความพึงพอใจของผู้เรียนเป็นสิ่งสำคัญ เพราะหากผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แล้วย่อมส่งผลถึงประสิทธิภาพในการเรียนและความสุขในการเรียนซึ่งจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของความพึงพอใจ ดังนี้

ไชยวัฒน์ ชาญปริชาร์ตน์ (2543, หน้า 52) ได้กล่าวว่า ความพึงพอใจหมายถึง ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่องานที่ปฏิบัติในทางบวกคือรู้สึกชอบรักพอใจ หรือมีเจตคติที่ดีต่องานซึ่งเกิดจากการได้รับตอบสนองความต้องการทั้งทางด้านวัตถุและด้านจิตใจเป็นความรู้สึกที่มีความสุขเมื่อได้รับความสำเร็จตามความต้องการหรือแรงจูงใจ

ปนัดดา ยอดระบำ (2544, หน้า 6) ได้กล่าวว่า ความพึงพอใจเป็นความรู้สึกที่ดีที่ชอบ ที่พอใจหรือที่ประทับใจของบุคคลต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่ได้รับโดยสิ่งนั้นสามารถตอบสนองความต้องการทั้งทางด้านร่างกายและจิตใจ บุคคลทุกคนที่มีความต้องการหลายสิ่งหลายอย่างและมีความต้องการหลายระดับซึ่งหากได้รับการตอบสนองก็จะเกิดความพึงพอใจ

วิไลลักษณ์ โภคาพานิชย์ (2559, หน้า 57) ความพึงพอใจ หมายถึง ความคิดเห็นหรือความรู้สึกที่มีต่อการปฏิบัติงานอย่างใดอย่างหนึ่งซึ่งมีผลอย่างยิ่งต่อการปฏิบัติงานนั้น ๆ ให้สำเร็จลงได้ด้วยดีตามวัตถุประสงค์หรือตามเป้าหมาย

จากความหมายของความพึงพอใจ สรุปได้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกที่ดี ความรู้สึกที่ชอบที่มีผลต่อการจัดการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ เช่น วิธีการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ บรรยากาศในการจัดการเรียนรู้ เป็นต้น ซึ่งจะเกิดขึ้นหลังผู้เรียนได้รับการจัดการเรียนรู้

2. การวัดความพึงพอใจ

บุญชม ศรีสะอาด (2545, หน้า 68-85) กล่าวว่า ความสัมพันธ์มาตรการวัดอาจทำได้โดยวิธีการดังต่อไปนี้

2.1 ใช้แบบสอบถาม เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายโดยขอร้องให้ผู้ที่เราต้องการให้แสดงความคิดเห็นตอบลงในแบบฟอร์มที่กำหนดให้เลือกหรือตอบคำถามอิสระ คำถามจะถามความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ และสภาพอื่น ๆ เป็นต้น

2.2 การสัมภาษณ์ เป็นวิธีการวัดความพึงพอใจทางตรงได้ทางหนึ่งเหมาะสำหรับกลุ่มตัวอย่าง ตั้งแต่วัยเด็กจนถึงวัยชรา เหมาะอย่างยิ่งสำหรับผู้่านหนังสือไม่ออก เขียนหนังสือไม่ได้หรือทำได้ช้า การสัมภาษณ์สามารถทำได้ทั้งการสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้างและไม่มีโครงสร้าง

2.3 การสังเกตการณ์ เป็นเทคนิคการวัดความพึงพอใจอีกอย่างหนึ่งผู้สังเกตการณ์ใช้สายตาเฝ้าดูหรือศึกษาเหตุการณ์ ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของเหตุการณ์นั้น การสังเกตสามารถทำได้ทั้งแบบมีโครงสร้างและไม่มีโครงสร้าง

ดังนั้น จากการศึกษาความพึงพอใจข้างต้น สรุปได้ว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกที่ดี ความรู้สึกชอบ ที่มีผลต่อการจัดการเรียนรู้ ในด้านต่าง ๆ เช่น วิธีการจัดการเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ บรรยากาศในการจัดการเรียนรู้ เป็นต้น ซึ่งจะเกิดขึ้นหลังผู้เรียนได้รับการจัดการเรียนรู้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้ศึกษาและรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ ดังนี้

1. งานวิจัยในประเทศ

วิชุดชฌนา จิตรรักศิลป์, ถาดทอง ปานศุภวัชร และนิติธาร ชูทรัพย์ (2561, หน้า 87-97) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แรง การเคลื่อนที่ และพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กรณีศึกษาโรงเรียนบ้านอูนโคก สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาสกลนคร เขต 2 พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แรง การเคลื่อนที่และพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และความพึงพอใจของนักเรียนอยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด

รสสุคนธ์ อินทญาณูร สวัสดิ์วงศ์ชัย, ถาดทอง ปานศุภวัชร และนิติธาร ชูทรัพย์ (2562, หน้า 95-104) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับการใช้ผังมโนทัศน์ เรื่อง แรงและความดันของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 กรณีศึกษาโรงเรียนบ้านม่วงวิทยา พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้ผังมโนทัศน์ เรื่อง แรงและความดันของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและความพึงพอใจของนักเรียนอยู่ในระดับมากที่สุด

ณัฐธิดา นาคเสน, ถาดทอง ปานศุภวัชร และนิติธาร ชูทรัพย์ (2563, หน้า 2-3) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนชุมชนเทศบาล ๓ (พินิจพิทยานุสรณ์) สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา นครพนม เขต 1 เรื่อง พลังงานในชีวิตประจำวัน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานในชีวิตประจำวัน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 มีประสิทธิภาพ 87.40/82.71 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 75/75 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความพึงพอใจของนักเรียน ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมากที่สุด

ธีรพงษ์ รัตมีพิพัฒน์, หรรษกร วรธนะสาร และอรุณรัตน์ คำแห่งพล (2565, หน้า 3-4) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงโน้มถ่วงของโลกและตัวกลางของแสง โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับผังมโนทัศน์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนอนุบาลเมืองเสลภูมิ ผลการวิจัยพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับผังมโนทัศน์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง แรงโน้มถ่วงของโลกและตัวกลางของแสง มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 81.52/80.56 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนดไว้ ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .01 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความพึงพอใจของนักเรียนที่มี ต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับผังมโนทัศน์ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.03$, S.D. = 0.49)

จินดา โพนะทา, อาริยา สุริยนต์ และพิจิตรา ธงพานิช (2566, หน้า 176) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาราชวิทยาลัยมุกดาหาร โดยใช้การจัดการเรียนรู้เชิงรุก ในรายวิชาการวิทยาศาสตร์และสรีรวิทยาของพืช พบว่า ผลการพัฒนาทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้เชิงรุก จำนวน 6 ครั้ง ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก และนักเรียนมีพัฒนาการความสามารถในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากครั้งที่ 1 ถึงครั้งที่ 6 สูงขึ้นจากระดับปานกลางถึงระดับมากเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในรายวิชาการวิทยาศาสตร์และสรีรวิทยาของพืชของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า หลังการจัดการเรียนรู้เชิงรุกผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Tseng, Chang, Lou & Chen (2011, pp. 87–102) ได้ศึกษาเจตคติ

ต่อการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ สะเต็มศึกษา ในการเรียนรู้แบบโครงงาน โดยงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาเจตคติก่อนและหลังจาก ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานที่บูรณาการสะเต็มศึกษาเครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้คือผู้ที่เริ่มทำงานใหม่ ในสถาบันเทคโนโลยีในประเทศไต้หวัน จำนวน 5 แห่ง รวม 30 คน ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ได้รับ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนด้วยโครงงานเป็นฐาน มีเจตคติต่อวิศวกรรมเปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญ จากการสัมภาษณ์ เกือบทั้งหมดแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของสะเต็มศึกษา คือ ความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ทางด้านสะเต็มศึกษาจะเป็นประโยชน์ในการประกอบอาชีพในอนาคต สามารถนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงได้ สามารถสร้างโลกที่มีสิ่งอำนวยความสะดวกเพิ่มมากขึ้น สามารถแสดงให้เห็นถึง ความหมายของการเรียนรู้และอยากที่จะเรียนรู้เพิ่มขึ้น และส่งผลต่อเจตคติในการประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาในภายภาคหน้าเพิ่มขึ้นด้วย

Asghar, Ellington, Rice, Johnson & Prime (2012, pp. 85–126)

ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนาโปรแกรมสำหรับครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษา เพื่อส่งเสริมสมรรถนะในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยใช้สถานการณ์ที่เน้นปัญหา โดยมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อศึกษาแนวคิดหลักในการจัดการเรียนรู้แบบเน้นปัญหาที่มีต่อการบูรณาการสะเต็มศึกษาอุปสรรคของการใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา และการจัดการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐานผู้วิจัยศึกษาข้อมูลพื้นฐาน โดยการสัมภาษณ์ สัมภาษณ์ การสนทนากลุ่ม ศึกษาความเข้าใจและการรับรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบเน้นปัญหาของครูเพื่อใช้ในการบูรณาการรายวิชาสะเต็ม ผู้วิจัยประเมินผลการจัดการเรียนรู้แบบเน้นปัญหาของครูโดยการสังเกตพฤติกรรมของครู การสนทนาเมื่อสิ้นสุดการอบรมเชิงปฏิบัติการ และสัมภาษณ์ครู จำนวน 12 คน เป็นเวลา 15–20 นาที และให้ครูสะท้อนผลการอบรมเชิงปฏิบัติการ ผลการวิจัยพบว่าการพัฒนาโปรแกรมสำหรับครูเพื่อยกระดับความเข้าใจและความสามารถในการจัดการเรียนรู้แบบการบูรณาการของครูในระดับชั้นมัธยมศึกษาในโรงเรียน นอกจากนี้ควรพัฒนาครูให้มีความสามารถในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในอนาคต

Tawfik, Trueman & Trueman (2014, pp. 1–10) ได้ทำการศึกษา การจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรูแบบ Problem-Based Learning และ Service Learning ในวิชาชีววิทยาให้กับนักเรียนที่ไม่ใช่ สาขาวิทยาศาสตร์ โดยต้องการให้นักเรียนได้เรียนรู้แนวคิดทางชีววิทยาโดยที่ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในโครงการทำความสะอาดทะเลสาบในมหานครชิคาโก ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรูแบบ Problem-Based Learning และ Service Learning ทำให้ผลคะแนนการเรียนรู้ของนักเรียน เพิ่มขึ้น จากคะแนนผลการทดสอบก่อนเรียนพบว่านักเรียนคะแนนร้อยละ 34.5 และ หลังเรียนได้คะแนนร้อยละ 56.7 และผล t-test ยังแสดงว่าการบูรณาการระหว่าง การจัดการเรียนรูแบบ Problem-Based Learning และ Service Learning ทำให้ผลคะแนนของ นักเรียนมีนัยสำคัญทางสถิติที่ดีขึ้นกว่าปีที่ผ่านมา

Ceylan & Ozdilek (2015, pp. 223–228) ได้ศึกษาการพัฒนาตัวอย่าง แผนการจัดการสอนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษา ด้วยสะเต็มศึกษา มีจุดมุ่งหมายของงานวิจัยในครั้งนี้ คือ เพื่อนำเสนอตัวอย่างแผนการสอน เรื่อง กรด-เบส ด้วยสะเต็มศึกษา สำหรับระบบการศึกษาวิทยาศาสตร์ โดยการกำหนดเครื่องมือ การเรียนรู้จากนักเรียนกลุ่ม ตัวอย่างก่อนนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มอื่น ใช้แบบทดสอบก่อน เรียนและหลังเรียน เลือกนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 12 คน เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรูแบบสะเต็มศึกษา จัดขึ้นด้วยขั้นตอนการสอนแบบ 5E ในขั้นแรกได้มีการประเมินความรูของนักเรียน ด้วยคำถามปลายเปิด จำนวน 10 ข้อ หลังจากจัดการเรียนรูมีการทดสอบด้วยคำถามเดิม จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Wilcoxon Signed Ranks Test สำหรับตัวอย่างที่ได้ทดสอบแบบเป็นอิสระต่อกัน และการทดสอบ Kappa Test ของโคเฮน ถูกนำมาใช้วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS 20.00 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 ผลการวิจัย พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนดังนั้นแผนการสอน ด้วยบทเรียนตัวอย่างนี้มีผลอย่างมากต่อระดับ ผลการเรียนรู้ของนักเรียน

Jagannathan, Michael, & Delacalle (2018, pp. 53–62) ได้ศึกษา ประสิทธิภาพ ของ Head-Heart-Hands Model เรื่อง ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม วิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับ นักเรียนที่อยู่ในเมือง อธิบายโครงการด้านวิทยาศาสตร์ และสิ่งแวดล้อมที่เรียกว่า Nurture thru Nature (NtN) ซึ่งมุ่งเน้นไปที่ปรับปรุงผลการเรียน

คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนในชุมชนที่ด้อยโอกาสและเพิ่มขึ้น นักศึกษาที่สนใจในสาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โปรแกรมดึงแนวความคิดจากแบบจำลอง Head-Heart-Hands ในการศึกษาในปัจจุบันเพื่อส่งเสริมความเข้าใจด้านสิ่งแวดล้อม และความยั่งยืน ใช้การออกแบบเชิงทดลองและข้อมูลจากกลุ่มผู้ร่วมกลุ่ม 7 คน ของนักเรียน พบว่า มีแนวโน้มบางอย่างแม้ว่าเบื้องต้นข้อบ่งชี้ว่าโปรแกรมสามารถ เพิ่มความคิดเห็นของนักเรียน ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และผลการเรียนในสาขา คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และภาษาศาสตร์สูงขึ้น ได้กล่าวถึงการปรับตัวเป็นพิเศษ ว่าโปรแกรมการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืนต้องรวมเอาไว้ด้วยกัน เพื่อสนับสนุนทรัพยากรที่ขาดแคลนในโรงเรียน

ดังนั้น จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เมื่อนำมาใช้จัดการเรียนรู้ ให้แก่ผู้เรียนจะทำให้ผู้เรียนสามารถลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ค้นคว้าหาความรู้ และสามารถหาวิธีต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาที่ท้าทายความสามารถของนักเรียน ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน ส่งผลให้ระดับผลการเรียนของนักเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มสูงขึ้น นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีความกระตือรือร้น สนุกสนาน มองเห็นประโยชน์ของการใช้เทคโนโลยี และการออกแบบทางวิศวกรรมมาใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. แบบแผนการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สหวิทยาเขตคำชะอีหนองสูง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามุกดาหาร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 8 โรงเรียน รวมจำนวนนักเรียนทั้งหมด 444 คน

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเหล่าประชาอุทิศ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามุกดาหาร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 1 ห้องเรียน นักเรียนทั้งหมด 17 คน ได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling Technique) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียว วัดผลก่อนและหลังการทดลอง (One Group Pre-Test and Post-Test Design) (วาโร เพ็งสวัสดิ์, 2551, หน้า 131-133) ซึ่งมีแบบแผนการวิจัย ดังตาราง 3

ตาราง 3 แบบแผนของการวิจัย แบบกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการทดลอง

กลุ่ม	การทดสอบ ก่อนการทดลอง	ตัวแปรทดลอง	การทดสอบ หลังการทดลอง
E	T ₁	X	T ₂

เมื่อ	E	แทน	กลุ่มตัวอย่าง
	T ₁	แทน	การทดสอบก่อนการทดลอง (Pre-Test)
	X	แทน	การเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
	T ₂	แทน	การทดสอบหลังการทดลอง (Post-Test)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วยอะตอมและสมบัติของธาตุ จำนวน 5 แผน 20 ชั่วโมง ดังนี้

- 1) แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 แบบจำลองอะตอม
- 2) แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 อนุภาคในอะตอมและไอโซโทป
- 3) แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม และตารางธาตุและสมบัติของธาตุหลัก

4) แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 ธาตุแตรนซีชัน และธาตุกัมมันตรังสี

5) แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5 การนำธาตุไปใช้ประโยชน์ และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หน่วย อะตอม และสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รวม 14 ทักษะ เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ จำนวน 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ จำนวน 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

3) แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณ (Rating Scale) ตามมาตราวัดแบบลิเคิร์ท (Likert) โดยวัดความพึงพอใจ 5 ด้าน คือ ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้ ด้านการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้ ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ และด้านประโยชน์ที่ได้รับ จำนวน 20 ข้อ

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งดำเนินการสร้างเครื่องมือและหาคุณภาพของเครื่องมือตามขั้นตอน ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ มีขั้นตอนการสร้างและพัฒนา ดังนี้

1) ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) คู่มือครู

หนังสือเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของสถาบันส่งเสริม
การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

2) ศึกษาหลักการและทำความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบ
สะเต็มศึกษา

3) ศึกษารายละเอียดของเนื้อหาวิชาที่จะนำมาสร้างแผนการจัดการ
เรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

4) ศึกษาและวิเคราะห์ สาระและมาตรฐานการเรียนรู้
ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์ กิจกรรมการเรียนรู้ ทักษะกระบวนการ
ทางวิทยาศาสตร์ เครื่องมือการวัดและประเมินผล มีรายละเอียดดังตาราง 4

ตาราง 4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้จุดประสงค์การเรียนรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สมรรถนะที่สำคัญ กิจกรรมกระบวนการเรียนรู้ ภาระงาน/ชิ้นงาน เครื่องมือวัดผล หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	สมรรถนะสำคัญ	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระงาน/ชิ้นงาน	การวัดผล การประเมินผล
สาระเคมี 4/1	สืบค้นข้อมูลสมมติฐานการทดลอง หรือผลการทดลองที่เป็นประจักษ์พยานในการเสนอแบบจำลองอะตอมของนักวิทยาศาสตร์ และอธิบายวิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอม	1. สืบค้นข้อมูลและอธิบายความหมายของแบบจำลองอะตอม พร้อมทั้งบอกสาเหตุที่ทำให้แบบจำลองอะตอมเปลี่ยนแปลง 2. อธิบายแบบจำลองอะตอมของดอลตัน ทอมสัน รัทเทอร์ฟอร์ด โบร์ และแบบกลุ่มหมอก	1. ทักษะการสังเกต 2. ทักษะการตั้งสมมติฐาน 3. ทักษะการทดลอง 4. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล 5. ทักษะการจัดกระทำและการสื่อความหมายของข้อมูล	1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	จัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	กิจกรรมการสร้างแบบจำลองอะตอม จัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	- แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ - แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ - แบบสอบถามความพึงพอใจ

ตาราง 4 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	สมรรถนะสำคัญ	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระงาน/ชิ้นงาน	การวัดผล การประเมินผล
สาระ เคมี 4/2	เขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ และระบุจำนวนโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอนของอะตอมจากสัญลักษณ์นิวเคลียร์ รวมทั้งบอกความหมายของไอโซโทป	1. เขียนและแปลความหมายสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ 2. อธิบายความหมายและยกตัวอย่างไอโซโทปของธาตุ	1. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	จัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	กิจกรรมการเขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของ	- แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ - แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ - แบบสอบถามความพึงพอใจ
สาระ เคมี 4/3	อธิบาย และเขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลักและระดับพลังงานย่อย เมื่อทราบเลขอะตอมของธาตุ	1. อธิบาย และเขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลักและระดับพลังงานย่อย	1. ทักษะการจัดกระทำและการสื่อความหมายของข้อมูล	1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	จัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา	กิจกรรมเขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอน	- แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ - แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ - แบบสอบถามความพึงพอใจ

ตาราง 4 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	สมรรถนะสำคัญ	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระงาน/ชิ้นงาน	การวัดผล การประเมินผล
สาระ เคมี 4/7	อธิบายสมบัติ และ คำนวณครึ่งชีวิตของ ไอโซโทป กัมมันตรังสี	1. อธิบายสมบัติของ ไอโซโทปกัมมันตรังสี และ รังสีแอลฟา รังสีเบตา และรังสีแกมมา 2. คำนวณครึ่งชีวิตของ ไอโซโทปกัมมันตรังสี	1. ทักษะการลงความเห็น จากข้อมูล 2. ทักษะการคำนวณและ การใช้จำนวน 3. ทักษะการจัดกระทำ และการสื่อความหมาย ของข้อมูล	1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	จัดการ เรียนรู้แบบ สะเต็ม ศึกษา	กิจกรรม คำนวณครึ่ง ชีวิตของ ไอโซโทป กัมมันตรังสี	- แบบทดสอบวัด ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ - แบบทดสอบวัด ผลสัมฤทธิ์ - แบบสอบถาม ความพึงพอใจ
สาระ เคมี 4/8	สืบค้นข้อมูล และ ยกตัวอย่างการนำธาตุมา ใช้ประโยชน์ รวมทั้ง ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและ สิ่งแวดล้อม	1. สืบค้นข้อมูลและ ยกตัวอย่างการนำธาตุมาใช้ ประโยชน์รวมทั้งผลกระทบ ต่อ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม	1. ทักษะ การตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป	1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 3. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	จัดการ เรียนรู้แบบ สะเต็ม ศึกษา	กิจกรรมการนำ ธาตุไปใช้ ประโยชน์และ ผลกระทบต่อ สิ่งมีชีวิต	- แบบทดสอบวัด ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ - แบบทดสอบวัด ผลสัมฤทธิ์ - แบบสอบถาม ความพึงพอใจ

5) สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 5 แผน 20 ชั่วโมง ไม่รวมกับการทำแบบทดสอบ
วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
จำนวน 2 ชั่วโมง ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดกิจกรรมในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้และเวลาที่ใช้
ในการจัดกิจกรรม ดังตาราง 5

ตาราง 5 เวลาที่ใช้ในแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

แผนการจัดการ เรียนรู้	เรื่อง	เวลา (ชั่วโมง)
1	แบบจำลองอะตอม	4
2	อนุภาคในอะตอมและไอโซโทป	4
3	การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอมและตารางธาตุและ สมบัติของธาตุหมู่หลัก	4
4	ธาตุแทรนซิชันและธาตุกัมมันตรังสี	4
5	การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต	4
รวม		20

ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ประกอบด้วยมาตรฐาน
การเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ ความรู้
(Knowledge) กระบวนการ (Process) คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Attitude) กระบวนการ
จัดการเรียนรู้ สื่ออุปกรณ์และแหล่งเรียนรู้ ชิ้นงาน/ภาระงาน การวัดผลและการประเมินผล
และเครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน

6) นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและ
สมบัติของธาตุ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณา
ตรวจสอบความถูกต้อง ความเที่ยงตรง ด้านเนื้อหา ภาษา และรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้
ที่เชื่อว่าสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาหรือไม่ เพียงใด จากนั้นนำมา
ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

7) นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ดังนี้

7.1) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วุฒิชัย รสชาติ อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

7.2) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรุณรัตน์ คำแหงพล อาจารย์ประจำสาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

7.3) นายสุวิทย์ สีดา ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนบ้านตูมหวาน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษามุกดาหาร

เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง เทียบตรง เหมาะสม และความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (Index of Item–Objective Congruence: IOC) ของเนื้อหากระบวนการจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และแหล่งเรียนรู้ การวัดและประเมินผล โดยให้ผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นและให้คะแนน ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, หน้า 64–65)

ให้คะแนนเป็น	+1	เมื่อเห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
ให้คะแนนเป็น	0	เมื่อไม่แน่ใจว่าแผนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
ให้คะแนนเป็น	-1	เมื่อแน่ใจว่าแผนการจัดการเรียนรู้ไม่เหมาะสม/ไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

นำผลคะแนนมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง โดยค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ถือว่ามีความสอดคล้อง โดยแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีความสอดคล้อง เท่ากับ 1.00 ทุกแผน

8) ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญในด้านความชัดเจนของเนื้อหา ข้อคำถาม และเวลาที่กำหนดให้นักเรียนทำกิจกรรมในแต่ละชั่วโมง

9) นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ที่แก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ มาเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสม นำไปหาค่าเฉลี่ยของคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญ

ทั้ง 3 คน โดยใช้แบบประเมินที่มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, หน้า 69-71) ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด	ได้	5 คะแนน
แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก	ได้	4 คะแนน
แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง	ได้	3 คะแนน
แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย	ได้	2 คะแนน
แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อยที่สุด	ได้	1 คะแนน

เกณฑ์และการแปลความหมาย

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00	หมายถึง	แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50	หมายถึง	แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50	หมายถึง	แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50	หมายถึง	แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50	หมายถึง	แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

10) นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่ผ่านผู้เชี่ยวชาญ ประเมินและปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สหวิทยาเขตคำชะอีหนองสูง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาภาคกลาง ภาคเรียน ที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 8 โรงเรียน รวมจำนวนนักเรียนทั้งหมด จำนวน 464 คน โดยการสุ่มได้โรงเรียนเหล่าประชาอุทิศ จำนวนนักเรียน 24 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง โดยสุ่มแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ จำนวน 2 แผน ทดลองใช้สอน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหา กิจกรรม การจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ จากนั้นทำการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ ให้สมบูรณ์

11) นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว จัดทำเป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปทดลองสอนกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนเหล่าประชาอุทิศ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษามัธยมศึกษาภาคกลาง จำนวนนักเรียน 17 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัย

ได้สร้างและหาคุณภาพของ แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีขั้นตอนดังนี้

- 1) ศึกษาการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากเอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- 2) กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนขอบข่ายเนื้อหาและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- 3) สร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ให้ครอบคลุมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 14 ทักษะ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ แสดงดังตาราง 6
- 4) นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา พิจารณาความสอดคล้องระหว่างคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก ตัวลวง และความถูกต้องด้านภาษาจากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
- 5) นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม จำนวน 3 คน วิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์ โดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง ซึ่งมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ให้คะแนนเป็น	+1	เมื่อเห็นว่าแบบทดสอบมีความเหมาะสมสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
ให้คะแนนเป็น	0	เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบมีความเหมาะสมสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
ให้คะแนนเป็น	-1	เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบมีความไม่เหมาะสม/ไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

นำผลคะแนนมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ถือว่ามีความสอดคล้อง ถ้าต่ำกว่า 0.5 ถือว่าคำถามข้อนั้นจะต้องถูกตัดออกไป หรือต้องปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้คัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50–1.00 จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ตาราง 6 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนรู้และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ

สาระการเรียนรู้/ผลการเรียนรู้	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 14 ทักษะ														รวม	จำนวนข้อ
	1. ทักษะการสังเกต	2. ทักษะการวัด	3. ทักษะการจำแนกประเภท	4. ทักษะการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา	5. ทักษะการคำนวณ	6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล	7. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล	8. ทักษะการพยากรณ์	9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน	10. ทักษะการควบคุมตัวแปร	11. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	12. ทักษะการทดลอง	13. ทักษะการตีความและลงข้อสรุป	14. ทักษะการสร้างแบบจำลอง		
สาระเคมี 4/1 สืบค้นข้อมูล สมมติฐาน การทดลอง หรือผลการทดลองที่เป็นประจักษ์ พยานในการเสนอแบบจำลองอะตอมของนักวิทยาศาสตร์ และอธิบายวิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอม	2	1	0	1	1	0	0	0	2	0	1	0	1	1	10	6

ตาราง 6 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้/ผลการเรียนรู้	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 14 ทักษะ														รวม	จำนวนข้อ
	1. ทักษะการสังเกต	2. ทักษะการวัด	3. ทักษะการจำแนกประเภท	4. ทักษะการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา	5. ทักษะการคำนวณ	6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล	7. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล	8. ทักษะการพยากรณ์	9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน	10. ทักษะการควบคุมตัวแปร	11. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	12. ทักษะการทดลอง	13. ทักษะการตีความและลงข้อสรุป	14. ทักษะการสร้างแบบจำลอง		
สาระเคมี 4/2 เขียนสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุและระบุจำนวนโปรตอนนิวตรอน และอิเล็กตรอนของอะตอมจากสัญลักษณ์นิวเคลียร์ รวมทั้งบอกความหมายของไอโซโทป	1	0	1	0	1	0	1	1	0		0	0	0	2	7	6

ตาราง 6 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้/ผลการเรียนรู้	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 14 ทักษะ														รวม	จำนวนข้อ
	1. ทักษะการสังเกต	2. ทักษะการวัด	3. ทักษะการจำแนกประเภท	4. ทักษะการใช้ความสันนิษฐานระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา	5. ทักษะการคำนวณ	6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล	7. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล	8. ทักษะการพยากรณ์	9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน	10. ทักษะการควบคุมตัวแปร	11. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	12. ทักษะการทดลอง	13. ทักษะการตีความและลงข้อสรุป	14. ทักษะการสร้างแบบจำลอง		
สาระเคมี 4/3 อธิบาย และเขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลักและระดับพลังงานย่อย เมื่อทราบเลขอะตอมของธาตุ	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	2	0	8	6

ตาราง 6 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้/ผลการเรียนรู้	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์														รวม	จำนวนข้อที่ต้องการ
	1. ทักษะการสังเกต	2. ทักษะการวัด	3. ทักษะการจำแนกประเภท	4. ทักษะการใช้ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา	5. ทักษะการคำนวณ	6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล	7. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล	8. ทักษะการพยากรณ์	9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน	10. ทักษะการควบคุมตัวแปร	11. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	12. ทักษะการทดลอง	13. ทักษะการตีความและลงข้อสรุป	14. ทักษะการสร้างแบบจำลอง		
สาระเคมี 4/7 อธิบายสมบัติและคำนวณครึ่งชีวิตของไอโซโทปกัมมันตรังสี	1		1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	8	6
สาระเคมี 4/8 สืบค้นข้อมูลและยกตัวอย่างการนำธาตุมาใช้ประโยชน์ รวมทั้งผลกระทบต่องานสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	7	6
รวม	4	2	3	2	4	2	3	3	3	2	2	2	4	4	40	30

6) นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำหรือข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เรียบร้อยแล้ว
เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์อีกครั้ง

7) นำผลการประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบแต่ละข้อ มาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และพิจารณาคัดเลือกคะแนนความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50–1.00 มาจัดพิมพ์เป็นแบบทดสอบ

8) นำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สหวิทยาเขตคำชะอีหนองสูง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาอุดรธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 8 โรงเรียน รวมจำนวนนักเรียนทั้งหมด จำนวน 464 คน โดยการสุ่มได้โรงเรียนเหล่าประชาอุทิศ จำนวนนักเรียน 24 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

9) นำกระดาษคำตอบของนักเรียนมาตรวจให้คะแนนโดยข้อที่คำตอบถูกได้ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดหรือตอบเกินตัวเลือกได้ 0 คะแนน ไปวิเคราะห์หาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบรายข้อ คัดข้อที่มีความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จำนวน 30 ข้อ นำข้อสอบที่คัดเลือก 30 ข้อ มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.85 ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.29–0.75 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.29–0.78

10) จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เรียนฉบับสมบูรณ์แล้วนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยได้สร้าง

และหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีขั้นตอน ดังนี้

1) ศึกษาวิธีสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คู่มือการวัดและประเมินผลวิทยาศาสตร์ ศึกษาขอบข่าย เนื้อหา วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ

2) กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ให้ครอบคลุมเนื้อหา

3) สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้ครอบคลุมเนื้อหาแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ดังตาราง 7

4) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้น เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา พิจารณาความสอดคล้อง ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก ตัวลวง และความถูกต้องด้านภาษา จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

5) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องระหว่างคำถามกับวัตถุประสงค์โดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง ซึ่งมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ให้คะแนนเป็น	+1	เมื่อเห็นว่าแบบทดสอบมีความเหมาะสมสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
ให้คะแนนเป็น	0	เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบมีความเหมาะสมสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
ให้คะแนนเป็น	-1	เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบมีความไม่เหมาะสม/ไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

นำผลคะแนนมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้โดยค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ถือว่ามีความสอดคล้อง ถ้าต่ำกว่า 0.5 ถือว่าคำถามข้อนั้นจะต้องถูกตัดออกไป หรือต้องปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้คัดเลือกคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50–1.00 จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน

6) ปรับปรุงแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

7) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ที่ผ่านผู้เชี่ยวชาญแล้ว ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สหวิทยาเขตคำชะอีหนองสูง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาภาคกลาง

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 8 โรงเรียน รวมจำนวนนักเรียนทั้งหมด
จำนวน 464 คน โดยการสุ่มได้โรงเรียนเหล่าประชาอุทิศ จำนวนนักเรียน 24 คน
ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง

ตาราง 7 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนรู้กับพฤติกรรมที่ต้องการวัด
ในแต่ละด้านหน่วยอะตอมและสมบัติของธาตุ

สาระการเรียนรู้/ผล การเรียนรู้	พฤติกรรมที่ต้องการวัด 5 ด้าน					รวม	จำนวนข้อ ที่ต้องการ
	ความรู้ ความจำ	ความ เข้าใจ	การ วิเคราะห์	การ ประเมิน ค่า	การ นำไปใช้		
สาระเคมี 4/1 สืบค้น ข้อมูลสมมติฐาน การ ทดลอง หรือผลการ ทดลองที่เป็นประจักษ์ พยานในการเสนอ แบบจำลองอะตอม ของนักวิทยาศาสตร์ และอธิบาย วิวัฒนาการของ แบบจำลองอะตอม	2	2	2	1	1	8	6
สาระเคมี 4/2 เขียน สัญลักษณ์นิวเคลียร์ ของธาตุ และระบุ จำนวนโปรตอน นิวตรอน และ อิเล็กตรอนของ อะตอมจาก สัญลักษณ์นิวเคลียร์ รวมทั้งบอก ความหมายของ ไอโซโทป	2	2	1	2	1	8	6

ตาราง 7 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้/ผล การเรียนรู้	พฤติกรรมที่ต้องการวัด 5 ด้าน					รวม	จำนวน ข้อ ที่ ต้องการ
	ความรู้ ความจำ	ความ เข้าใจ	การ วิเคราะห์	การ ประเมิน ค่า	การ นำไปใช้		
สาระเคมี 4/3 อธิบาย และเขียนการจัดเรียง อิเล็กตรอนในระดับ พลังงานหลักและ ระดับพลังงานย่อย เมื่อทราบเลขอะตอม ของธาตุ	2	2	1	2	1	8	6
สาระเคมี 4/7 อธิบาย สมบัติ และคำนวณ ครึ่งชีวิตของไอโซโทป กัมมันตรังสี	2	2	1	1	2	8	6
สาระเคมี 4/8 สืบค้น ข้อมูล และยกตัวอย่าง การนำธาตุมาใช้ ประโยชน์ รวมทั้ง ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม	2	2	1	1	2	8	6
รวม	10	10	6	7	7	40	30

8) นำกระดาษคำตอบของนักเรียนมาตรวจให้คะแนน โดยข้อที่
คำตอบถูกได้ 1 คะแนน ข้อที่ตอบผิดหรือตอบเกินตัวเลือกได้ 0 คะแนน นำมาวิเคราะห์หา
ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบรายข้อ คัดข้อที่มีความยาก (p)
และค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จำนวน 30 ข้อ นำข้อสอบที่คัดเลือก 30 ข้อ
มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน
(Kuder Richardson) ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.87 ซึ่งผลการวิเคราะห์ค่า
ความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.20-0.69

9) นำข้อสอบที่เข้าเกณฑ์มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น
ของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson)

10) จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ฉบับสมบูรณ์แล้วนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2.3 แบบสอบถามความพึงพอใจ

การสร้างและหาคุณภาพของแบบสอบถามความพึงพอใจ
ของนักเรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีขั้นตอน ดังนี้

1) ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ
และการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale)
ตามแบบลิเคิร์ต (Likert) เป็น 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5	หมายถึง	พึงพอใจมากที่สุด
ระดับ 4	หมายถึง	พึงพอใจมาก
ระดับ 3	หมายถึง	พึงพอใจปานกลาง
ระดับ 2	หมายถึง	พึงพอใจน้อย
ระดับ 1	หมายถึง	พึงพอใจน้อยที่สุด

โดยผู้วิจัยกำหนดไว้ 5 ด้าน ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้ ด้านการวัดและประเมินผล
การเรียนรู้และด้านประโยชน์ที่ได้รับ จากนั้นตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถาม
ความพึงพอใจ เพื่อพิจารณาความเหมาะสม ความชัดเจนของภาษาและความสอดคล้อง
ระหว่างข้อความกับเนื้อหา

2) นำแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น
เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา
วิเคราะห์ความสอดคล้องในด้านความสัมพันธ์ ความเหมาะสมของคำถาม และภาษาที่ใช้
นำมาปรับปรุงแก้ไข

3) นำแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน หน่วย อะตอมและ
สมบัติของธาตุ เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องระหว่างคำถามกับ
วัตถุประสงค์โดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง ซึ่งมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ให้คะแนนเป็น	+1	เมื่อเห็นว่าแบบสอบถามเหมาะสมสอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้
ให้คะแนนเป็น	0	เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบสอบถามเหมาะสมสอดคล้องกับ จุดประสงค์การเรียนรู้
ให้คะแนนเป็น	-1	เมื่อแน่ใจว่าแบบสอบถามไม่เหมาะสม/ไม่สอดคล้อง กับจุดประสงค์การเรียนรู้

นำผลคะแนนมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้โดยค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ถือว่ามีความสอดคล้อง ถ้าต่ำกว่า 0.5 ถือว่าคำถามข้อนั้นจะต้องถูกตัดออกไป หรือต้องปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้คัดเลือกคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50–1.00 จากการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน

4) วิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ คัดเลือกข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป จำนวน 20 ข้อ

5) นำแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่วิเคราะห์หาคุณภาพแล้ว จัดพิมพ์ฉบับสมบูรณ์ นำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนเหล่าประชาอุทิศ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาอุดรธานี จำนวนนักเรียน 17 คน ได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1.1 จัดทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ไปยังโรงเรียนเหล่าประชาอุทิศ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาอุดรธานี ซึ่งเป็นโรงเรียนกลุ่มตัวอย่าง ประสานงานกับผู้บริหารโรงเรียนและคณะกรรมการที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนด วัน เวลา ในการทดลอง

1.2 ผู้วิจัยชี้แจงอธิบายวิธีการจัดการเรียนการสอนในการวิจัยนี้
ให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับกรอบของเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยการจัดการเรียนรู้
แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ซึ่งมีจำนวน 5 แผน

1.3 ทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะ
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
จำนวน 30 ข้อ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก ใช้เวลา 60 นาที ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นก่อนที่จะดำเนินการ
สอน

1.4 ดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็ม
ศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
โดยผู้วิจัยเป็นผู้จัดการเรียนการสอนด้วยตนเอง

1.5 เมื่อจัดการเรียนรู้ครบทุกแผนแล้ว จึงทำการทดสอบหลังเรียน
(Post-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ
และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 30 ข้อ ซึ่งเป็นฉบับเดียวกับ
แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) ใช้เวลา 60 นาที

1.6 ให้นักเรียนตอบแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้
แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 4 จำนวน 20 ข้อ ใช้เวลา 30 นาที

1.7 ผู้วิจัยนำผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูล สรุปผล และอภิปรายผล
ต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบน
มาตรฐานของคะแนนระหว่างเรียนของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน
ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยหาประสิทธิภาพ ของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ตามเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้

3. การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนแบบทดสอบ วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างคะแนนก่อนเรียน และคะแนนหลังเรียน โดยใช้สถิติทดสอบค่าที (t-test for Dependent Sample)

4. การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียน โดยใช้สถิติทดสอบค่าที (t-test for Dependent Sample)

5. การวิเคราะห์แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ใช้วัด 5 ด้าน คือ 1) ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้ 2) ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 3) ด้านสื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้ 4) ด้านการวัด และประเมินผลการเรียนรู้ และ 5) ด้านประโยชน์ที่ได้รับ

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีสถิติที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. **สถิติพื้นฐาน** ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1.1 ค่าร้อยละ คำนวณจากสูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, หน้า 104)

$$P = \frac{f}{n} \times 100$$

เมื่อ	P	แทน	ร้อยละ
	f	แทน	ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ
	n	แทน	จำนวนความถี่ทั้งหมด

1.2 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) คำนวณจากสูตร (วาโร เพ็งสวัสดิ์, 2551, หน้า 284)

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ	$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
	x	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.3 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) คำนวณจากสูตร (วาโร เพ็งสวัสดิ์, 2551, หน้า 296)

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

เมื่อ	S.D.	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$\sum x$	แทน	ผลรวมทั้งหมดของคะแนน
	$\sum x^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนยกกำลังสอง
	n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์หาคุณภาพของเครื่องมือ

วิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.1 การหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับจุดประสงค์การเรียนรู้ (Item-Objective Congruence Index: IOC) โดยใช้สูตรในการคำนวณ ดังนี้ (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2541, หน้า 249)

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

เมื่อ	IOC	แทน	ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างเนื้อหากับจุดประสงค์การเรียนรู้
	$\sum R$	แทน	ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2.2 การหาค่าความยากของแบบทดสอบ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, หน้า 155)

$$P = \frac{R_U + R_L}{2f}$$

เมื่อ	P	แทน	ค่าความยากของข้อสอบแต่ละข้อ
	R_U	แทน	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มสูง
	R_L	แทน	จำนวนผู้ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
	f	แทน	ผู้ตอบทั้งหมดในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

2.3 การหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ, 2543, หน้า 186)

$$r = \frac{R_U - R_L}{N}$$

เมื่อ	r	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	R_U	แทน	จำนวนนักเรียนที่ตอบตอบถูกในกลุ่มเก่ง
	R_L	แทน	จำนวนนักเรียนที่ตอบตอบถูกในกลุ่มอ่อน
	N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

2.4 การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR-20 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 197-198)

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

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

เมื่อ	r_t	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ
	p	แทน	สัดส่วนของผู้เรียนที่ทำแบบทดสอบถูกกับ ผู้เรียนทั้งหมด
	q	แทน	สัดส่วนของผู้เรียนที่ทำแบบทดสอบผิดกับ ผู้เรียนทั้งหมด (1-p)

S_t^2 แทน คะแนนความแปรปรวนของคะแนนสอบทั้งฉบับ
 n แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.1 ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 หาประสิทธิภาพของแผนจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาโดยใช้สูตรในการคำนวณ E_1/E_2 ดังนี้ (เพชัญ กิจระการ, 2544, หน้า 49-51)

$$E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100$$

เมื่อ	E_1	แทน	ประสิทธิภาพของกระบวนการ
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนจากแบบทดสอบระหว่างเรียนของนักเรียนทุกคน
	N	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด
	A	แทน	คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียน

$$E_2 = \frac{\frac{\sum Y}{N}}{B} \times 100$$

เมื่อ	E_2	แทน	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์
	$\sum Y$	แทน	ผลรวมของคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียนของนักเรียนทุกคน
	N	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด
	B	แทน	คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

3.2 ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 และ 3 ในการเปรียบเทียบแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติ t-test (Dependent Sample) ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, หน้า 112)

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

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤตเพื่อทราบความมีนัยสำคัญ

D แทน ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

3.3 ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 4 โดยการหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ แล้วนำค่าคะแนนเฉลี่ยมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ 5 ระดับ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00	หมายถึง	มีระดับความพึงพอใจ มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50	หมายถึง	มีระดับความพึงพอใจ มาก
ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50	หมายถึง	มีระดับความพึงพอใจ ปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50	หมายถึง	มีระดับความพึงพอใจ น้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50	หมายถึง	มีระดับความพึงพอใจ น้อยที่สุด

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัย การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. สัญลักษณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูล
2. การวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล
 - 3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ
 - 3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

สัญลักษณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

N	แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{X}$	แทน ค่าคะแนนเฉลี่ย
S.D.	แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
E ₁	แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้
E ₂	แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ที่เกิดจากการเรียนรู้ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้
D	แทน ค่าความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน
$\sum D$	แทน ผลรวมของความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน
t	แทน สถิติทดสอบที่ใช้เปรียบเทียบค่าวิกฤต t-distribution
**	แทน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้

แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยหาประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ตามเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้

2. การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนแบบทดสอบวัด

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียน โดยใช้สถิติทดสอบค่าที (t-test for Dependent Sample)

3. การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนแบบทดสอบวัดผล

สัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียน โดยใช้สถิติทดสอบค่าที (t-test for Dependent Sample)

4. การวิเคราะห์แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้

แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ใช้วัด 5 ด้าน คือ ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้ ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ และด้านประโยชน์ที่ได้รับ

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพผู้วิจัยได้ดำเนินการโดยการสังเกต

พฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรม และให้นักเรียนบันทึกการเรียนรู้ของตนเองจากการเรียนวิชาเคมี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

1. ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จากการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเหล่าประชาอุทิศ ผู้วิจัยได้พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 17 คน การหาค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) โดยหาค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้จากการทำใบกิจกรรม ใบงาน ชิ้นงาน และแบบทดสอบหลังเรียน ของแผนการจัดการเรียนรู้ แต่ละแผนจำนวน 5 แผน และหาค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) โดยการหาค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้จากการทำแบบทดสอบ วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ หลังการทดลองเสร็จจึงได้ลง ผลปรากฏดังตาราง 8-10

ตาราง 8 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของกระบวนการของการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แผนการจัดการเรียนรู้	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ
แผนที่ 1 แบบจำลองอะตอม	24	21.06	0.83	87.75
แผนที่ 2 อนุภาคในอะตอมและไอโซโทป	24	19.82	0.88	82.60
แผนที่ 3 การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม และตารางธาตุและสมบัติของธาตุหมู่หลัก	24	19.29	0.69	80.39
แผนที่ 4 ธาตุแทรนซิชันและธาตุกัมมันตรังสี	24	19.71	1.10	82.11
แผนที่ 5 การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต	24	20.76	0.83	86.52
รวม	120	100.65	1.09	83.87
แบบทดสอบหลังเรียน	60	49.47	3.74	82.45

จากตาราง 8 ผลการวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของกระบวนการของการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 คะแนนเฉลี่ยจากการทำใบกิจกรรม ใบบางชิ้นงาน และแบบทดสอบหลังเรียน แต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 5 แผน เท่ากับ 100.65 คิดเป็นร้อยละ 83.87 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.09

ตาราง 9 ผลการวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

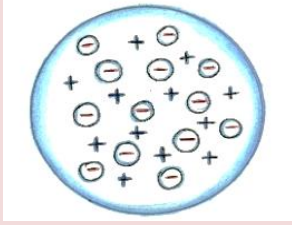
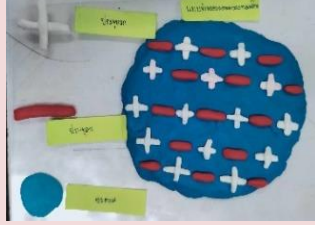
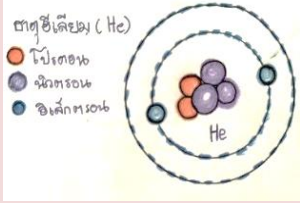
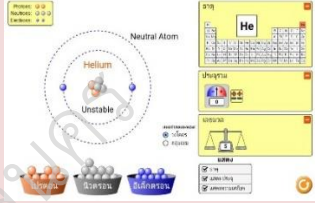
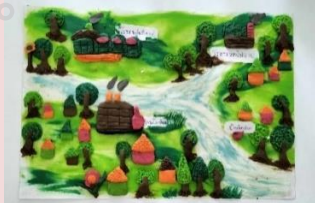
แบบทดสอบ	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ
แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	30	24.82	1.98	82.75
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	30	24.65	1.77	82.16
รวม	60	49.47	3.74	82.45

จากตาราง 9 ผลการวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ของการจัดการเรียนรู้ โดยหาค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากกลุ่มตัวอย่าง ได้จากการทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ หลังการทดลองเสร็จสิ้นลง คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 49.47 คิดเป็นร้อยละ 82.45 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.74

ตาราง 10 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามเกณฑ์
80/80

กระบวนการ/ผลลัพธ์	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ
ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1)	17	120	100.65	1.09	83.87
ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)	17	60	49.47	3.74	82.45
E_1/E_2 เท่ากับ 83.87/82.45					

จากตาราง 10 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้
โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามเกณฑ์ 80/80 พบว่า ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) ของการ
จัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา คิดเป็นร้อยละ 83.87 และ
ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา คิดเป็นร้อยละ 82.45
ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ โดยแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น
มีประสิทธิภาพ 83.87/82.45 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด

กลุ่ม	แผนการจัดการเรียนรู้	ร่างแบบ/ออกแบบ	ผลงาน/ชิ้นงาน
3	แบบจำลองอะตอม		
2	อนุภาคในอะตอมและไอโซโทป		
1	การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต		

ภาพประกอบ 2 ตัวอย่างผลงาน/ชิ้นงานการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

2. ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยใช้สถิติ t-test Dependent Samples

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบจัดเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 17 คน ผลการวิเคราะห์ ดังตาราง 11

ตาราง 11 เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน
 โดยการจัดการเรียนรู้แบบจัดเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติ
 ของธาตุ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์	N	คะแนน เต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t
ก่อนเรียน	17	30	15.06	2.94	14.07**
หลังเรียน	17	30	24.82	2.09	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (df 16=2.58)

จากตาราง 11 ผลการเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยการจัดการเรียนรู้แบบจัดเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน เท่ากับ 15.06 และ 24.82 ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน ผลการวิเคราะห์ค่า t ปรากฏว่า ค่า t ที่ได้จากการคำนวณ เท่ากับ 14.07 เมื่อพิจารณาค่า t จากตาราง (N=17, df 16) มีค่า t เท่ากับ 2.58 แสดงว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน
 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียน
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้สถิติ t-test Dependent Samples

จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและ
 หลังเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ
 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 17 คน ผลการวิเคราะห์
 ดังตาราง 12

ตาราง 12 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน

โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน	N	คะแนน เต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t
ก่อนเรียน	17	30	15.82	2.46	14.97**
หลังเรียน	17	30	24.65	1.77	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (df 16=2.58)

จากตาราง 12 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและ
หลังเรียน ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยการจัดการเรียนรู้แบบจัดเต็มศึกษา พบว่า
นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน เท่ากับ
15.82 และ 24.65 ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน ผลการวิเคราะห์ค่า t ปรากฏว่า
ค่า t ที่ได้จากการคำนวณ เท่ากับ 14.97 เมื่อพิจารณาค่า t จากตาราง (N=17, df 16) มีค่า
t เท่ากับ 2.58 แสดงว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติที่
ระดับ .01

4. ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้
แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
โดยการหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียน ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้
แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 17 คน ผลการวิเคราะห์ ดังตาราง 13

ตาราง 13 ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้
แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความ พึงพอใจ
ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้	4.90	0.31	มากที่สุด
1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้และ จุดประสงค์การเรียนรู้	4.82	0.39	มากที่สุด
2. เนื้อหามีความชัดเจน เข้าใจง่าย	4.76	0.44	มากที่สุด
3. เนื้อหาแต่ละเรื่องทำให้นักเรียนสามารถนำ ความรู้ไปใช้ในการพัฒนาทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ได้	5.00	0.00	มากที่สุด
4. เนื้อหาแต่ละเรื่องมีความเหมาะสมกับเวลา ใช้ในการจัดการเรียนรู้	5.00	0.00	มากที่สุด
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.78	0.41	มากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องกับ เนื้อหา	4.82	0.39	มากที่สุด
6. กิจกรรมการเรียนรู้เน้นนักเรียนมีส่วนร่วมได้ ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง	4.82	0.39	มากที่สุด
7. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการฝึกทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	4.82	0.39	มากที่สุด
8. กิจกรรมการเรียนรู้ใช้เทคโนโลยี หรือ นวัตกรรมในการจัดการเรียนรู้เหมาะสม	4.71	0.47	มากที่สุด
ด้านสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้	4.75	0.44	มากที่สุด
9. สื่อและอุปกรณ์เพียงพอต่อการจัดการเรียนรู้	4.76	0.44	มากที่สุด
10. สื่อและอุปกรณ์มีความน่าสนใจ	4.71	0.47	มากที่สุด

ตาราง 11 (ต่อ)

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
11. สื่อและอุปกรณ์มีความเหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	4.65	0.49	มากที่สุด
12. สื่อและอุปกรณ์ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ความเข้าใจ และช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	4.82	0.39	มากที่สุด
ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้	4.89	0.32	มากที่สุด
13. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์และกิจกรรมการเรียนรู้	4.82	0.39	มากที่สุด
14. เกณฑ์การวัดและประเมินผลมีความชัดเจน	4.82	0.39	มากที่สุด
15. การวัดผลการเรียนรู้ทำอย่างต่อเนื่อง	5.00	0.00	มากที่สุด
16. การวัดและประเมินผลมีความหลากหลายและเป็นไปตามสภาพจริง	4.88	0.33	มากที่สุด
ด้านประโยชน์ที่ได้รับ	4.94	0.24	มากที่สุด
17. การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่าย	4.88	0.33	มากที่สุด
18. การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ ความเข้าใจได้ด้วยตนเอง	4.94	0.24	มากที่สุด
19. การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	5.00	0.00	มากที่สุด
20. การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนรู้จักการทำงานร่วมกันเป็นทีม	4.94	0.24	มากที่สุด
สรุปรวม	4.85	0.38	มากที่สุด

จากตาราง 13 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ปีที่ 4 พบว่า นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง มีความพึงพอใจโดยรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.85 อยู่ในระดับมากที่สุด และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ในแต่ละด้านสามารถเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย ได้ดังนี้ 1) ด้านประโยชน์ที่ได้รับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.94 2) ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.90 3) ด้านการวัดประเมินผลการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.88 4) ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.79 5) ด้านสื่อและอุปกรณ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.74 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.38

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากการสังเกต พฤติกรรมการทำกิจกรรมการเรียนรู้ การทดลอง การนำเสนอผลงาน ตรวจผลงาน ชิ้นงาน ซักถามและสัมภาษณ์นักเรียนทั้งในระหว่างเรียนและหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ สรุปได้ดังนี้

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้โดยการบูรณาการวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) โดยเน้นการนำความรู้ไปแก้ไขปัญหาในชีวิตจริง และการประกอบอาชีพในอนาคต ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา หรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา ขั้นที่ 2 การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นที่ 3 การออกแบบวิธีการ ขั้นที่ 4 การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข และขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหา โดยที่ผู้สอนมีหน้าที่กระตุ้นความสนใจ ด้วยคำถามหรือการตั้งปัญหาชวนคิด ตั้งสมมติฐาน จากนั้นให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าความรู้ด้วยตนเอง เพื่อแก้ปัญหาและหาคำตอบ ซึ่งเป็นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนผ่านการทำกิจกรรมการทดลองต่าง ๆ ที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการการออกแบบขั้นตอนการทดลอง อภิปรายผล และสรุปผล ครูผู้สอนมีหน้าที่เป็นพี่เลี้ยงอำนวยความสะดวกให้แก่ นักเรียน และเมื่อได้ข้อมูลมาแล้วนักเรียนจะต้องนำเสนอข้อมูล หรือผลการทดลองมาอธิบาย สรุปตีความแล้วนำมาตอบคำถามนั้นด้วยตนเอง

การจัดการเรียนรู้อย่างกล่าว ทำให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ ได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผ่านการทดลอง มีการปฏิบัติมากขึ้น โดย

มีการสะท้อนผลการเรียนจากผู้เรียนมีการปฏิบัติมากขึ้น โดยมีการสะท้อนผลการเรียนจากผู้เรียน ดังภาพประกอบ 3-7



ภาพประกอบ 3 กิจกรรมเสริมศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
นักเรียนทำความเข้าใจปัญหา เพื่อระบุปัญหา



ภาพประกอบ 4 กิจกรรมเสริมศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
นักเรียนรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา



ภาพประกอบ 5 กิจกรรมเสริมศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ออกแบบวิธีการ วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาการสร้างชิ้นงาน



ภาพประกอบ 6 กิจกรรมเสริมศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
นำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาการสร้างชิ้นงาน



ภาพประกอบ 7 กิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำกิจกรรม

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการสังเกต พบว่า การใช้เทคโนโลยีมาบูรณาการในการจัดการเรียนรู้ นักเรียนจะมีความมุ่งมั่นตั้งใจในการเรียน นักเรียนสามารถสืบค้นหาความรู้เพิ่มเติมจากที่ครูนำเสนอ เพื่อให้เกิดการทำงานร่วมกันของกลุ่มในการหาข้อมูลเพื่อมาอภิปรายหรืออธิบายเกี่ยวกับข้อมูลที่สืบค้นมาได้ ทำให้เกิดการคิดวิเคราะห์และสรุปข้อมูล โดยมีการสะท้อนผลการเรียน จากผู้เรียน ดังภาพประกอบ 8-12



ภาพประกอบ 8 การใช้เทคโนโลยีแอปพลิเคชันช่วยในการจัดการเรียนรู้



ภาพประกอบ 9 นักเรียนสืบค้นข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยี สมาร์ทโฟน



ภาพประกอบ 10 นักเรียนทำใบงาน



ภาพประกอบ 11 นักเรียนศึกษาใบความรู้



ภาพประกอบ 12 นักเรียนศึกษาค้นคว้าและทำใบกิจกรรม

3. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

ในการจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วยอะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้โดยการบูรณาการวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เข้าด้วยกัน โดยเน้นการนำความรู้ไปแก้ไขปัญหาในชีวิตจริง และการประกอบอาชีพในอนาคต ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา หรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา ขั้นที่ 2 การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นที่ 3 การออกแบบวิธีการ ขั้นที่ 4 การวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข และ ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหา ทำให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง รู้จักวางแผนในการทำงานร่วมกัน เกิดการยอมรับความคิดเห็นซึ่งกันและกันเพื่อให้ได้แนวทางในการแก้ปัญหาและมีทางเลือกที่ดีที่สุด ส่งผลให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นด้วย ซึ่งได้สะท้อนออกมาจากผู้เรียน ดังภาพประกอบ 13-14



ภาพประกอบ 13 ผู้เรียนมีความสนใจในการเรียนรู้



ภาพประกอบ 14 ผู้เรียนมีความสุขในการเรียนรู้

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้
แบบสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้ดำเนินการสรุปผลการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. ความมุ่งหมายของการวิจัย
2. สมมติฐานของการวิจัย
3. การดำเนินการวิจัย
4. การวิเคราะห์ข้อมูล
5. สรุปผลการวิจัย
6. ข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดความมุ่งหมายของการวิจัยไว้ ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอม
และสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้
แบบสะเต็มศึกษา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่
4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน
4. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ

สมมติฐานของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานการวิจัยไว้ ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุโดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
4. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ อยู่ในระดับมาก

การดำเนินการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สหวิทยาเขตคำชะอีหนองสูง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาอุดรธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 8 โรงเรียน รวมจำนวนนักเรียนทั้งหมด 444 คน

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเหล่าประชาอุทิศ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาอุดรธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 1 ห้องเรียน นักเรียนทั้งหมด 17 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling Technique) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

3. ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษามี ดังนี้

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
2. ตัวแปรตาม

2.1 ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

2.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.4 ความพึงพอใจ

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ จำนวน 5 แผน 20 ชั่วโมง ดังนี้

1) แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 แบบจำลองอะตอม

2) แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 อนุภาคในอะตอม

และไอโซโทป

3) แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม และตารางธาตุและสมบัติของธาตุหมู่หลัก

4) แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 4 ธาตุแทรนซิชันและธาตุกัมมันตรังสี

5) แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 5 การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต

แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีค่าความสอดคล้องของเนื้อหากับวัตถุประสงค์ เท่ากับ 1.00 และมีค่าระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน เฉลี่ย เท่ากับ 4.85 อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รวม 14 ทักษะ เป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ จำนวน 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หน่วย พฤติกรรม 5 ด้าน คือ ด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ การวิเคราะห์ การประเมินค่า และการนำไปใช้ หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

3) แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

โดยใช้แบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณ (Rating Scale) ตามมาตราวัดแบบลิเคิร์ท (Likert) โดยวัดความพึงพอใจ 5 ด้าน จำนวน 20 ข้อ

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองโดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2566 โรงเรียนเหล่าประชาอุทิศ อำเภอคำชะอี จังหวัดมุกดาหาร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามุกดาหาร จำนวนนักเรียน 17 คน ได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. จัดทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ไปยังโรงเรียนเหล่าประชาอุทิศ อำเภอคำชะอี จังหวัดมุกดาหาร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามุกดาหาร ซึ่งเป็นโรงเรียนกลุ่มตัวอย่าง ประสานงานกับผู้บริหารโรงเรียนและคณะครูที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนด วัน เวลา ในการทดลอง

2. ครูชี้แจงอธิบายวิธีการจัดการเรียนการสอนในการวิจัยนี้ ให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับกรอบของเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ซึ่งมีจำนวน 5 แผนการสอน ใช้เวลาในการจัดการเรียนการสอน 20 ชั่วโมง ดังนี้

- แผนที่ 1 หน่วย แบบจำลองอะตอม ใช้เวลา 4 ชั่วโมง
- แผนที่ 2 หน่วย อนุภาคในอะตอมและไอโซโทป ใช้เวลา 4 ชั่วโมง
- แผนที่ 3 หน่วย การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม ตารางธาตุและสมบัติของธาตุหมู่หลัก ใช้เวลา 4 ชั่วโมง
- แผนที่ 4 หน่วย ธาตุแทรนซิชันและธาตุกัมมันตรังสี ใช้เวลา 4 ชั่วโมง
- แผนที่ 5 หน่วย การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต ใช้เวลา 4 ชั่วโมง

3. ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 30 ข้อ แบบปรนัย 4 ตัวเลือก ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นก่อนที่จะดำเนินการสอน ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 2 ชั่วโมง

4. ดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้วิจัยเป็นผู้จัดการเรียนการสอนด้วยตนเอง

5. เมื่อจัดการเรียนการสอนครบทุกแผนการสอนแล้ว จึงทำการทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 30 ข้อ ซึ่งเป็นฉบับเดียวกันกับแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 2 ชั่วโมง

6. เมื่อกระบวนการจัดการเรียนการสอนเสร็จสิ้นแล้ว ให้นักเรียนตอบแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

7. ผู้วิจัยนำผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูล สรุปผล และอภิปรายผลต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนระหว่างเรียนของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยหาประสิทธิภาพของกระบวนการ และประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ตามเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้

3. การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียน โดยใช้สถิติทดสอบค่าที (t-test Dependent Sample)

4. การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียน โดยใช้สถิติทดสอบค่าที (t-test Dependent Sample)

5. การวิเคราะห์แบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด ใช้วัด 4 ด้าน คือ ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา สามารถสรุปได้ว่า

- 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพ 83.87/82.45 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 80/80
- 2) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01
- 3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01
- 4) ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยภาพรวมมีค่าเฉลี่ย 4.83 อยู่ในระดับมากที่สุด

อภิปรายผล

จากการวิจัยการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา สามารถอภิปรายผลได้ ดังนี้

1. ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพ 83.87/82.45 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80 เป็นไปตามสมมติฐาน ข้อ 1 จากการออกแบบสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาขึ้น ผ่านกระบวนการดำเนินการที่ถูกต้องตามขั้นตอนดำเนินการอย่างเป็นระบบและมีวิธีการที่เหมาะสม โดยเริ่มจากการเลือกและเรียบเรียงเนื้อหาที่เรียนในหน่วยการเรียนรู้ ศึกษาวิเคราะห์หลักสูตร เนื้อหา ตัวชี้วัด และการวัดผล ประเมินผล ตลอดจนศึกษาคู่มือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เอกสารที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผ่านกระบวนการตรวจสอบ แก่ไขจากอาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ ก่อนการนำไปใช้กับผู้เรียน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาทำให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์ มีทักษะในการสื่อสารและทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ดี สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลาย อีกทั้งยังกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจผ่านการลงมือฝึกปฏิบัติจริง และการจัดกิจกรรมสะเต็ม เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะ และเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สามารถทำให้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นหน่วยที่ง่ายและสนุก ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ไปพร้อม ๆ กันผ่านการทำกิจกรรมกลุ่ม มีการวัดผล และประเมินผลของผู้เรียนที่มีความยืดหยุ่นและหลากหลาย มีการเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม สามารถจัดลำดับขั้นตอนในการศึกษาอย่างเป็นระบบผู้เรียนสามารถออกแบบชิ้นงานและสร้างชิ้นงานในหน่วยต่าง ๆ ออกมาได้ และเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ชีรพงษ์ รัตมณีพัฒน์ หรรษกร วรธนะสาร และอรุณรัตน์ คำแหงพล (2565, หน้า 260) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 หน่วย แรงโน้มถ่วงของโลก และตัวกลางของแสง โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับผังมโนทัศน์ พบว่าการออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่เป็นกิจกรรมกระตุ้นให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยง

การเรียนรู้และช่วยให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดอย่างมีระบบมีการเรียนรู้แบบบูรณาการ โดยใช้ความรู้และทักษะในด้านต่าง ๆ ผ่านการทำกิจกรรม ที่สอดคล้องกับของ อุไร ดอกคา และสาวิตรี เถาว์โท (2562, หน้า 82) ที่ได้ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ โดยใช้สะเต็มศึกษา เรื่อง ดินในท้องถิ่นของเรา เป็นการเสริมสร้างการคิด แก้ปัญหาให้กับนักเรียน พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้สะเต็มศึกษา ประสิทธิภาพเท่ากับ 85.36/84.40 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 80/80 จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนระหว่างเรียนและหลังเรียนสูงกว่า เกณฑ์ที่กำหนด คือ 80/80

2. การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน และหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน เท่ากับ 15.06 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 24.82 แสดงว่า ทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 มีลักษณะเป็นการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเอง ออกแบบและแก้ไขปัญหาทุกกิจกรรม ทำให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียน การทำงานเป็นกลุ่ม และร่วมกันแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ซึ่งกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัย ได้ออกแบบซึ่งได้เริ่มต้นจากการสังเกตปัญหาที่อยู่รอบตัวของนักเรียนเพื่อใช้เป็นแนวทาง ในการแก้ปัญหา ตั้งสมมติฐานรวบรวมความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์มาช่วยแก้ปัญหา และมีการเสนอความคิดจากประสบการณ์โดยตรงของนักเรียนในกลุ่มเพื่อเป็นแนวทาง ในการเลือกวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดและมีการนำเทคโนโลยีมาใช้เป็นส่วนหนึ่ง ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถค้นหาแนวทางในการแก้ปัญหา แบบใหม่ ๆ ได้ เมื่อเลือกแนวทางแล้ว นักเรียนช่วยกันออกแบบวิธีแก้ปัญหา วางแผน และดำเนินการโดยใช้ทักษะต่าง ๆ ที่เหมาะสมกับกิจกรรมนั้น ๆ จากการจัดการเรียนรู้ ข้างต้น ส่งผลให้นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับแนวคิด ของบลูม (Bloom, 1976, p. 13) ที่กล่าวว่า การที่ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรม การเรียนรู้ โดยมีการโต้ตอบระหว่างครูกับนักเรียนขณะปฏิบัติกิจกรรม ถือเป็นสิ่งสำคัญ ที่ทำให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ รสสุคนธ์ อินทฤฎากร สวัสดิ์วงศ์ชัย ถาดทอง ปานศุภวัชร และนิติธาร ชูทรัพย์ (2562, หน้า 95-104) ได้เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้ แบบสะเต็มศึกษา

เรื่อง แรงและความดัน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ชนิดา โตไธสง และนฤมล ภูสิงห์ (2564, หน้า 91-99) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หน่วยการเรียนรู้ ดวงจันทร์และระบบสุริยะ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จะเห็นได้ว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ได้รับการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา พบว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 ทั้งนี้เนื่องจาก ผู้วิจัยได้ออกแบบสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาขึ้นผ่านกระบวนการดำเนินการที่ถูกต้องตามขั้นตอนดำเนินการอย่างเป็นระบบและมีวิธีการที่เหมาะสม โดยเริ่มจากการเลือกและเรียบเรียงเนื้อหาที่เรียนในหน่วยการเรียนรู้ ศึกษาวเคราะห์หลักสูตร เนื้อหา ตัวชี้วัด และการวัดผล ประเมินผล ตลอดจนศึกษาคู่มือการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เอกสารที่เกี่ยวข้องกับกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผ่านกระบวนการตรวจสอบ แก้ไขจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญ ก่อนการนำไปใช้กับผู้เรียน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาทำให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์ มีทักษะในการสื่อสาร และทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ดี สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลาย อีกทั้งยังกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจผ่านการลงมือฝึกปฏิบัติจริง และการจัดกิจกรรมสะเต็มเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะ และเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สามารถทำให้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นหน่วยที่ง่ายและสนุก ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ไปพร้อม ๆ กันผ่านการทำกิจกรรมกลุ่ม มีการวัดผลและประเมินผลของผู้เรียนที่มีความยืดหยุ่นและหลากหลาย มีการเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม สามารถจัดลำดับขั้นตอนในการศึกษาอย่างเป็นระบบผู้เรียนสามารถออกแบบชิ้นงานและสร้างชิ้นงานในหน่วยต่าง ๆ ออกมาได้ และเกิดการเรียนรู้

อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้นักเรียนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สอดคล้องกับ ชนิดา โตไธสง และณฤมล ภูสิงห์ (2564, หน้า 91-99) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หน่วยการเรียนรู้ ดวงจันทร์และระบบสุริยะ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หน่วยการเรียนรู้ ดวงจันทร์และระบบสุริยะ ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับ รสสุคนธ์ อินทฤาฎูร สวัสดิ์วงศ์ชัย (2562, หน้า 95-104) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้ แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แรงและความดัน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียน มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 จะเห็นได้ว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

4. การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับ มากที่สุด เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอม และสมบัติของธาตุ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ โดยการบูรณาการวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เข้าด้วยกัน โดยเน้นการนำความรู้ไปแก้ไขปัญหาในชีวิตจริง และการประกอบอาชีพในอนาคต ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา หรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา ขั้นที่ 2 การรวบรวมข้อมูล และแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นที่ 3 การออกแบบวิธีการ ขั้นที่ 4 การวางแผน และดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 การทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข และขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหา ทำให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง รู้จักวางแผนในการทำงานร่วมกัน เกิดการยอมรับความคิดเห็นซึ่งกันและกันเพื่อให้ได้แนวทางในการแก้ปัญหาและมีทางเลือกที่ดีที่สุด ส่งผลให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นด้วย ซึ่งได้สะท้อนออกมาจากผู้เรียน จากการจัดการเรียนรู้ข้างต้นสามารถทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียน มีความสุขมีความมุ่งมั่นที่จะเรียนรู้ มีความภาคภูมิใจกับชิ้นงาน

และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น สอดคล้องกับ ชีรพงษ์ รัศมีพิพัฒน์
 หารรรษกร วรธนะสาร และอรุณรัตน์ คำแหงพล (2565, หน้า 260) ได้ศึกษาการพัฒนา
 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 หน่วย แรงโน้มถ่วง
 ของโลก และตัวกลางของแสง โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับผังมโนทัศน์
 พบว่า ความพึงพอใจของนักเรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วม
 กับผังมโนทัศน์ อยู่ในระดับความพึงพอใจมากสอดคล้องกับงานวิจัยของ สอดคล้อง
 กับงานวิจัยของ ณัฐธิดา นาคเสน ถาดทอง ปานศุภวัชร และนิติธาร ชูทรัพย์
 (2563, หน้า 2-3) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนชุมชนเทศบาล ๓ (พินิจพิทยานุสรณ์) สำนักงานเขตพื้นที่
 การศึกษาประถมศึกษา นครพนม เขต 1 เรื่อง พลังงานในชีวิตประจำวัน โดยการจัดการ
 เรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้
 แบบสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมากที่สุด จะเห็นได้ว่าการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนา
 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทำให้นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

- 1.1 ครูควรใช้สื่อการเรียนการสอนที่หลากหลาย และมีความสอดคล้อง
 กับกิจกรรมนั้น ๆ ให้มากที่สุด เพื่อเป็นการช่วยเสริม สนับสนุน และช่วยเพิ่มพูนความรู้
 ให้ นักเรียนมีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น
- 1.2 จัดการเรียนรู้ที่มีกิจกรรมที่หลากหลาย ครูควรบริหารจัดการเวลา
 ให้มีความยืดหยุ่นและเหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนการสอนที่จัดให้นักเรียนให้มากที่สุด
- 1.3 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ การจัดเตรียม
 อุปกรณ์ ให้สามารถวัดพฤติกรรมด้านอื่น ๆ ได้
- 1.4 ครูควรมีกิจกรรมส่งเสริม ให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ให้มากขึ้น
 เช่น ให้กำลังใจ ยกย่อง ชมเชย ตามสถานการณ์และโอกาส

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยในครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในหน่วยการเรียนรู้อื่นและนำไปปรับใช้ขยายผล กับนักเรียนในระดับชั้นต่าง ๆ หรือวิชาอื่น ๆ เพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่มีประโยชน์ และน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

2.2 ควรพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5-6 เนื่องจากสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสามารถนำมาใช้ในการทดสอบ (O-NET) โดยสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน)

2.3 ครูควรเพิ่มกิจกรรมที่ส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือสิ่งที่ได้แสดงออกในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีการวัดและประเมินผลที่หลากหลาย จากความแตกต่างระหว่างบุคคล

บรรณานุกรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

บรรณานุกรม

- กมลฉัตร กล่อมอิม. (2559). การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา สำหรับ
นักศึกษาวิชาชีพครู. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, 18(4), 334.
- _____. (2557). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ด้วยการ
ช่วยเสริมศักยภาพ เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการ
แก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, 16(2), 129–139.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์
การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- _____. (2562). *คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี*. กรุงเทพฯ:
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- ขัตติยา จันลั่งสา. (2555). ผลการใช้ชุดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์และทักษะการคิดขั้นสูงสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มี
ความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ โรงเรียนปิ่นสร้อยแยลส์วิทยาลัย จังหวัด
เชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- จรรยา เจริญรัตน์. (2549). *การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และทักษะ
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่สอนด้วยวิธี
สอนแบบโครงงาน*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. ศิลปากร. มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- จันทนา สอนทองแดง. (2550). *ผลการสอนโดยใช้การเรียนรู้แบบโครงงานที่มีต่อทักษะ
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของ
นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. นครสวรรค์: มหาวิทยาลัย
ราชภัฏนครสวรรค์.
- จรัส อินทลาภาพร, มารุต พัฒผล, วิชัย วงษ์ใหญ่ และศรีสมร พุ่มสะอาด. (2558).
การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับ
ประถมศึกษา. *วารสารวิชาการ Veridian E – Journal, Silpakorn University*, 8(1),
62–74.

- จินดา โพนะทา, อาริยา สุริยนต์ และพิจิตรา ธงพานิช. (2566). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้เชิงรุก ในรายวิชากายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยาของพืช. *Journal of Roi Kaensarn Academi*, 6(8), 176–191.
- ชนิดา โตไธสง และนฤมล ภูสิงห์. (2564). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หน่วยการเรียนรู้ ดวงจันทร์และระบบสุริยะ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา. *วารสารวิชาการหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร*, 13(38), 91–99.
- ชลธิป สมหาธิโต. (2556). การจัดประสบการณ์ การเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในระดับการศึกษาประถมศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ปริทัศน์*, 30(2), 102–111.
- ไชยย์ญ์ ชาญปริชารัตน์. (2543). ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีผลต่อการจัดการเรียนการสอนของโรงเรียนเทคโนโลยีภาคตะวันออกเฉียงเหนือจังหวัดขอนแก่น. รายงานการศึกษาค้นคว้าอิสระ กศ.ม. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ณัฐธิดา นาคเสน, ถาดทอง ปานคุกวัชร และนิติธาร ชูทรัพย์. (2563). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง พลังงานในชีวิตประจำวัน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา. วิทยานิพนธ์ ค.ม. สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.
- ธีรพงษ์ รัตมีพิพัฒน์, วรรณกร วรรณะสาร และอรุณรัตน์ คำแหงพล. (2565). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง แรงโน้มถ่วงของโลกและตัวกลางของแสงโดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ร่วมกับผังมโนทัศน์. ค.ม. สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.
- ธีระชัย ปุณณโชติ. (2547). การเรียนการสอนแบบบูรณาการ: ทักษะของผู้เชี่ยวชาญ. *โครงการพัฒนาศักยภาพครู*, 3(3), 14–19.
- ณัฐธิดา นาคเสน, ถาดทอง ปานคุกวัชร และนิติธาร ชูทรัพย์ (2563). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานในชีวิตประจำวัน สำหรับชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 42(2), 31–42.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย*. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาสน.
- บุญร่วม ทุมจีน. (2545). ผลของรูปแบบการเรียนรู้ปฏิบัติการศึกษาวิทยาศาสตร์ต่างกันต่อการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จังหวัดร้อยเอ็ด. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ปนัดดา ยอดระบำ. (2544). *ความพึงพอใจในวิชาการสอนงานเกษตรของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนสำนักงานการประถมศึกษา จังหวัดตรัง*. วิทยานิพนธ์ วท.ม. กรุงเทพฯ: สถาบันพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง
- ประภัสสรณ์ นครเขต. (2551). *การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบมัลติมีเดีย วิชาฟิสิกส์ เรื่องการชนและโมเมนตัม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.
- เพชฌ กิจระการ. (2544). *การวิเคราะห์ประสิทธิภาพสื่อและเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา E₁/E₂ การวัดผลการศึกษา*. *วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 7, 45-52.
- พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *วารสารบริหาร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, 33(2), 49-56.
- พิชิต ฤทธิ์จรรณ. (2545). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: แฮ็ลล์ออฟ เคอร์มีสตี.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- มนตรี จุฬาวัดมนทล. (2556). การศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ หรือ "สะเต็ม" สมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. *นิตยสาร สสวท*, (185), 30-31.
- เยาวดี วิบูลย์ศรี. (2549). *การวัดผลและการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ Measurement and Achievement Test Construction*. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รสสุคนธ์ อินทฤาฑูร สวัสดิ์วงศ์ชัย, ถาดทอง ปานศุภวัชร และนิติธาร ชูทรัพย์. (2562).

การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้ผังมโนทัศน์ เรื่อง แรงและความดัน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วารสารวิชาการหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 11(30), 85-94.

ระเบียบ อนันตพงศ์. (2550). ผลการใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง สนามของแรง และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผลสมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนหาดใหญ่วิทยาลัยสมบูรณกุลกันยา จังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. สงขลา: มหาวิทยาลัยทักษิณ.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2541). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

_____. (2543). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

วรกรมล พนิตองกริต, มารศรี กลางประพันธ์ และสมเกียรติ พละจิตต์. (2562). การพัฒนาคู่มือการเรียนรู้คณิตศาสตร์โดยใช้สะเต็มศึกษาร่วมกับการใช้ปัญหาเป็นฐาน ที่ส่งผลต่อความมีวินัยในตนเอง การแก้โจทย์ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วารสารวิชาการหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 11(30), 105-118.

วรรณทิพา รอดแรงคำ. (2544). การประเมินทักษะกระบวนการและการแก้ปัญหา ในวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับประถมศึกษา. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).

วราภรณ์ สีดำนิล. (2550). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. ศิลปากร: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วารุณี หนองห้าง. (2553). ทักษะการคิดขั้นพื้นฐานวิชาภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนหนองห้างพิทยา จังหวัดกาฬสินธุ์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนเพื่อให้เกิดมโนคติของบูรเนอร์. การศึกษาคนควาอิสระ. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วาโร เพ็งสวัสดิ์. (2551). วิธีวิทยาการวิจัย. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

- วิชุดชนา จิตรรักศิลป์ ถาดทอง ปานศุภวัชร และนิติธาร ชูทรัพย์. (2561). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง แรง การเคลื่อนที่ และพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วารสารวิชาการหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 10(27), 87-97.
- วิชัย วงษ์ใหญ่. (2554). การพัฒนาหลักสูตรระดับอุดมศึกษา. กรุงเทพฯ: อาร์ แอนด์ เอ็น ปริ้นท์.
- วิลาวัณย์ แวงดีสอน. (2550). การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนโดยใช้กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์และที่เรียนตามคู่มือของ สสวท. วิทยานิพนธ์ ค.ม. สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.
- วิไลลักษณ์ โภคาพานิชย์. (2559). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แรงการเคลื่อนที่และพลังงาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน. วิทยานิพนธ์ ค.ม. สกลนคร. มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.
- ศานิกานต์ เสนิงค์. (2556). การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาด้วยกบไอรังามิ. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 42(185), 30-31.
- ศิริขวัญ สมนึก. (2551). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นหลัก ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่องไฟฟ้าสถิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ ค.ม. สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.
- ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ. (2557). สะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ.
- _____. (2558). คู่มือเครือข่ายสะเต็มศึกษา. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2550). การอบรมครูด้วยระบบทางไกลสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. กรุงเทพฯ: องค์การการค้าคุรุสภา.
- _____. (2557). คู่มือจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6. กรุงเทพฯ: องค์การค้าของ สกสค.

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). *เอกสารจัดกิจกรรมส่งเสริมศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6*. กรุงเทพฯ: องค์การค้ำของ สกสศ.
- สมทัต วัจคะฮาด. (2555). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โครงงานคณิตศาสตร์ ร่วมกับการสอนแบบอริยสัจ 4 เรื่อง การประยุกต์สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนหนองเอี่ยนคง. วิทยานิพนธ์ ค.ม. สกลนคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.*
- สมนึก ภัททิยธนี. (2562). *การวัดผลการศึกษา. (พิมพ์ครั้งที่ 12). กอฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.*
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.
- สิรินทร กิ่งชา. (2561). *การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในชั้นเรียนฟิสิกส์. วิทยานิพนธ์ ค.ม. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.*
- สิริพัชร เจษฎาวิโรจน์. (2549). *การสอนแบบบูรณาการในระดับอุดมศึกษา. วารสารรามคำแหง, 23(2), 218-224.*
- สุขุมมालย์ แสงกล้า. (2551). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์ และแรงจูงใจสัมฤทธิ์ในการเรียนวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบบกระตือรือร้นกับแบบวัฏจักรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.*
- อภิสิทธิ์ ชงไชย. (2556). *เทคโนโลยีและวิศวกรรมคืออะไรในสะเต็มศึกษา. นิตยสารสสวท., 42(185), 15-18.*
- อารักษ์ ไชยหลาก. (2556). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องโลกและการเปลี่ยนแปลง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 7 ขั้น กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.*

- อุปการ จีระพันธุ์. (2556). สะเต็มศึกษาของใหม่สำหรับประเทศไทยหรือไม่. *สถาบันการส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 42(185), 32–37.
- อุไร ดอกคำ และสาวิตรี เกาวีโท. (2563). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่องดินในท้องถิ่นของเรา เพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2. *วิจัยและประเมินผลอุบลราชธานี*, 9(1), 82–92.
- Asghar, A., Ellington, R., Rice, E., Johnson, F., & Prime, G. M. (2012). Supporting STEM Education in Secondary Science Contexts. *The Interdisciplinary Journal: Problem-based learning*, 6(2), 85–126.
- Bloom, Benjamin S. 1976. Human Characteristics and School Learning. New York : McGraw Hill Book Company.
- Ceylan, S., & Ozdilek, Z. (2015). Improving a Sample Lesson Plan for Secondary Science Courses. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 177(1), 223–228.
- Jagannathan, R., Michael, J., & Delacalle, M. (2018). The effectiveness of a head–heart–hands model for natural and environmental science learning in urban schools. *Evaluation and Program Planning*, 66(1), 53–62.
- Morgan, J. R., Moon, A. M., and Barroso. (2013). Capraro, Robert M., Capraro, Mary Margaret, Morgan, James R. (Eds.), STEM project–based learning an integrated science, technology, engineering and mathematics (STEM) approach. *Sense Publishers*, 29–39.
- Tawfik, A., Trueman, R.J. & Trueman M.M. (2014). Engaging non – scientists in STEM through problem – based learning and service learning. *Interdisciplinary Journal of problem – based Learning*, 8(2), 1–10.
- Tseng, K., Chang, C., Lou, S. & Chen, W. (2011). Attitudes toward Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) in a Project–based Learning (PjBL) Environment. *International Journal of Science and Mathematics education*, (23), 87–102.

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

หนังสือขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

หนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบเครื่องมีอวัยวะ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย

1. ผศ.ดร.วุฒิชัย รสชาติ อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
2. ผศ.ดร.อรุณรัตน์ คำแหงพล อาจารย์ประจำสาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
3. นายสุวิทย์ สีดา ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนบ้านตูมหวาน
สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา
มุกดาหาร



ที่ อว ๐๖๒๑.๑๒/ว ๘๕๕

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
๖๘๐ ถ.นิตโย ต.ธาตุเชิงชุม
อ.เมือง จ.สกลนคร ๔๗๐๐๐

๑๖ กรกฎาคม ๒๕๖๖

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุทัย รสชาติ

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. กรอบแนวคิดการวิจัย และนิยามศัพท์เฉพาะ

๒. เครื่องมือการวิจัย

๓. แบบประเมินเครื่องมือการวิจัย

ด้วย นางสาวจินตนา นันตะบุตร รหัสประจำตัวนักศึกษา ๖๒๕๐๑๒๓๘๐๘ ซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เรื่อง อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) โดยมี ดร.กุลวดี สุวรรณไตรย์ เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หรรษกร วรรณะสาร เป็นกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถ และเชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย เพื่อใช้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์ที่นักศึกษาได้จัดทำขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุศักดิ์ แสนทวีสุข)
ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๐ ๔๒๘๗ ๐๒๒๘

โทรสาร ๐ ๔๒๘๗ ๐๐๓๒

ผู้ประสานงาน นางสาวจินตนา นันตะบุตร โทรศัพท์เคลื่อนที่ ๐๖ ๒๕๐๓ ๘๕๓๒

ที่ อว ๐๖๒๑.๑๒/ว ๘๔๕



มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
๖๘๐ ถ.นิตโย ต.ธาตุเชิงชุม
อ.เมือง จ.สกลนคร ๔๗๐๐๐

๑๖ กรกฎาคม ๒๕๖๖

เรื่อง ขออนุมัติคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรุณรัตน์ คำแห่งพล

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. กรอบแนวคิดการวิจัย และนิยามศัพท์เฉพาะ

๒. เครื่องมือการวิจัย

๓. แบบประเมินเครื่องมือการวิจัย

ด้วย นางสาวจินตนา นันตะบุตร รหัสประจำตัวนักศึกษา ๖๒๔๒๑๒๓๘๒๐๙ ซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เรื่อง อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) โดยมี ดร.กุลวดี สุวรรณไตรย์ เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรชกร วรรณะสาร เป็นกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถ และเชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขออนุมัติคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย เพื่อใช้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์ที่นักศึกษาได้จัดทำขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุศักดิ์ แสนทวีสุข)
ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติราชการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๐ ๔๒๙๗ ๐๒๒๙

โทรสาร ๐ ๔๒๙๗ ๐๐๓๒

ผู้ประสานงาน นางสาวจินตนา นันตะบุตร โทรศัพท์เคลื่อนที่ ๐๖ ๒๕๐๓ ๘๕๓๒

ที่ อว ๐๖๒๑.๑๒/ว ๘๔๕



มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
๖๘๐ ถนนิตโย ต.ธาตุเชิงชุม
อ.เมือง จ.สกลนคร ๔๗๐๐๐

๑๖ กรกฎาคม ๒๕๖๖

เรื่อง ขออนุญาตเป็นผู้อยู่เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน นายสุวิทย์ สีดา

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. กรอบแนวคิดการวิจัย และนิยามศัพท์เฉพาะ

๒. เครื่องมือการวิจัย

๓. แบบประเมินเครื่องมือการวิจัย

ด้วย นางสาวจินตนา นันตะบุตร รหัสประจำตัวนักศึกษา ๖๒๔๒๑๒๓๘๒๐๙ ซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เรื่อง อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) โดยมี ดร.กุลวดี สุวรรณไธระ เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หรรษกร วรรณะสาร เป็นกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถ และเชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขออนุญาตท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย เพื่อใช้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์ที่นักศึกษาได้จัดทำขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ แสนทวีสุข)

ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติราชการแทน

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๐ ๔๒๔๗ ๐๒๒๔

โทรสาร ๐ ๔๒๔๗ ๐๐๓๒

ผู้ประสานงาน นางสาวจินตนา นันตะบุตร โทรศัพท์เคลื่อนที่ ๐๖ ๒๕๐๓ ๘๕๓๒



ที่ อว ๐๖๒๑.๑๒/๑๐๒

โรงเรียนเหล่าประชานุทิศ
รับ ๑๙ / 256๓
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
๖๘๐ ถ.นิคมอุตสาหกรรม
อ.เมือง จ.สกลนคร ๔๗๐๐๐

๒๒ มกราคม ๒๕๖๓

เรื่อง ขออนุมัติครุภัณฑ์ทดลองใช้เครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเหล่าประชานุทิศ

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือการวิจัย

ด้วย นางสาวจินตนา นันทะบุตร รหัสประจำตัวนักศึกษา ๖๒๔๑๑๒๓๘๒๐๙ ซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เรื่อง อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) โดยมี ดร.กุลวดี สุวรรณไตรย์ เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หรรษกร วรณะสาร เป็นกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ทั้งนี้ นักศึกษามีความประสงค์ขอยืมทดลองใช้เครื่องมือการวิจัย เพื่อหาความเชื่อมั่นในการศึกษาวิจัยประกอบการทำวิทยานิพนธ์ ดังนั้น บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จึงขออนุมัติครุภัณฑ์ทำให้นักศึกษาทำการทดลองใช้เครื่องมือวิจัยดังกล่าวด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเหล่าประชานุทิศ

☒ เพื่อโปรดทราบ☐ เพื่อพิจารณา☐ เพื่อดำเนินการ☐ อื่นๆ

(ลงชื่อ)
๒๓ / ๑๑ / ๖๓

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๐ ๔๒๔๗ ๐๒๒๔

โทรสาร ๐ ๔๒๔๗ ๐๐๓๒

ผู้ประสานงาน นางสาวจินตนา นันทะบุตร โทรศัพท์เคลื่อนที่ ๐๖ ๒๕๐๓ ๘๕๓๒

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ แสนทวีสุข)

ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติราชการแทน

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

กมล
- อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
นายวิชา สุตาวงค์
ผู้อำนวยการโรงเรียนเหล่าประชานุทิศ



ที่ อว ๐๖๒๓.๑๒/๑๕๕

โรงเรียนเหล่าประชานุทิศ

ปี ๒๕๖๗

วันที่ 31 / ๖๐ / ๖๗

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

๖๘๐ ถนนมิตรภาพ ตำบลเมืองเก่า

อ.เมือง จ.สกลนคร ๔๗๐๐๐

๓๑ มกราคม ๒๕๖๗

เรื่อง ขออนุญาตขอทราบข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเหล่าประชานุทิศ

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือการวิจัย

ด้วย นางสาวจินตนา นันตะบุตร รหัสประจำตัวนักศึกษา ๖๒๕๒๑๒๓๘๒๐๔ ซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เรื่อง อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้และแบบสะเต็มศึกษา" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าตามหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) โดยมี ดร.กุลวดี สุวรรณไตรย์ เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรชกร วรรณะสาร เป็นกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

เพื่อให้การศึกษาค้นคว้าสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จึงขออนุญาตจากท่าน ให้นักศึกษารายดังกล่าวได้เก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย เพื่อนำข้อมูลที่ได้ประกอบการศึกษาวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณในความอนุเคราะห์มา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเหล่าประชานุทิศ

☒ เพื่อไปขอทราบ☐ เพื่อพิจารณา☐ เพื่อส่งการ☐ อื่นๆ(ลงชื่อ)
31 / ๖๐ / ๖๗

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๐ ๔๒๕๗ ๐๒๒๔

โทรสาร ๐ ๔๒๕๗ ๐๐๓๒

ผู้ประสานงาน นางสาวจินตนา นันตะบุตร โทรศัพท์เคลื่อนที่ ๐๖ ๒๕๐๓ ๘๕๓๒

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรศักดิ์ แสนทวีสุข)

ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติราชการแทน

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

- กรม

- สมเด็จพระอริยวงศาคตญาณ

- นายวิชา สุตาวงศ์

(นายวิชา สุตาวงศ์)

ผู้อำนวยการโรงเรียนเหล่าประชานุทิศ

ภาคผนวก ข

ผลการประเมินและวิเคราะห์เครื่องมือวิจัย

1. ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
2. ผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
3. ผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
4. ผลการวิเคราะห์ค่าระดับความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
5. ผลการวิเคราะห์ค่าระดับความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
6. ผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียน ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

ตาราง 14 ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติ
ของธาตุ

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	ระดับความ เหมาะสม
	1	2	3		
ด้านองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้					
1. กำหนดองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ถูกต้องครบถ้วน	5	5	5	5	มากที่สุด
2. เรียงลำดับองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้เหมาะสมเข้าใจง่าย	5	5	5	5	มากที่สุด
3. เขียนสาระสำคัญบ่งบอกสิ่งสำคัญของเรื่องที่สอนได้ชัดเจน	5	4	5	4.67	มากที่สุด
เฉลี่ย				4.89	มากที่สุด
ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้					
4. จุดประสงค์การเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้	5	5	4	4.67	มากที่สุด
5. ใช้ภาษาชัดเจนเข้าใจง่าย	5	5	4	4.67	มากที่สุด
6. จุดประสงค์การเรียนรู้มีทั้งความรู้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์พร้อมทั้งระบุพฤติกรรมที่ต้องการวัดได้อย่างชัดเจน	5	5	5	5	มากที่สุด
เฉลี่ย				4.78	มากที่สุด
ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้					
7. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์และผลการเรียนรู้	5	5	4	4.67	มากที่สุด
8. เนื้อหามีความน่าสนใจเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	มากที่สุด
เฉลี่ย				4.84	มากที่สุด

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3		
ด้านการนำเสนอกิจกรรมการเรียนรู้					
9. จัดกรรมการเรียนรู้สอดคล้องเหมาะสมกับจุดประสงค์สาระการเรียนรู้ และมีการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	5	5	4	4.67	มากที่สุด
10. กำหนดระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม	5	4	5	4.67	มากที่สุด
11. จัดขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม	5	5	4	4.67	มากที่สุด
12. กิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตามขั้นตอนของรูปแบบการสอน	5	5	5	5	มากที่สุด
13. จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยนักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม	5	5	5	5	มากที่สุด
เฉลี่ย				4.80	มากที่สุด
ด้านสื่อการเรียนการสอน					
14. กำหนดรายการสื่อการเรียนการสอนชัดเจนจัดเตรียมง่ายและสะดวก	4	5	5	4.67	มากที่สุด
15. เรียงลำดับรายการสื่อที่จะต้องใช้อย่างเหมาะสม	5	5	4	4.67	มากที่สุด
16. นักเรียนมีส่วนร่วมในการใช้สื่อการสอน	5	5	5	5	มากที่สุด
เฉลี่ย				4.78	มากที่สุด
ด้านการวัดและประเมินผล					
17. วิธีการวัดและประเมินผลสอดคล้องกับวิธีการสอน	5	5	4	4.67	มากที่สุด
18. วิธีการวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์	5	5	4	4.67	มากที่สุด

ตาราง 14 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่			ค่าเฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3		
19. กำหนดวิธีการวัดและประเมินผลได้อย่างเหมาะสมกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	5	5	5	5	มากที่สุด
20. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผลสามารถนำไปใช้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์	5	5	4	4.67	มากที่สุด
เฉลี่ย				4.75	มากที่สุด
รวมเฉลี่ย				4.81	มากที่สุด

ตาราง 15 ผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดทักษะ

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	สรุป
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
8	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
19	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
20	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
21	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
22	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
23	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้

ตาราง 15 (ต่อ)

ข้อที่	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	สรุป
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
24	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
26	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
27	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
28	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
30	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
31	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
32	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
33	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
34	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
35	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
36	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
37	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
38	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
39	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
40	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้

ตาราง 16 ผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียน

ข้อที่	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	สรุป
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
4	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
5	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
6	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
13	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
16	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
19	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
20	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
21	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
22	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
23	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้

ตาราง 16 (ต่อ)

ข้อที่	ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	สรุป
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
24	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
26	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
27	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
28	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
30	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
31	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
32	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
33	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
34	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
35	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
36	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
37	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
38	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
39	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
40	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้

ตาราง 17 ผลการวิเคราะห์ระดับค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.50	0.46	21	0.50	0.25
2	0.25	0.50	22	0.33	0.66
3	0.47	0.53	23	0.42	0.47
4	0.50	0.58	24	0.36	0.42
5	0.25	0.49	25	0.58	0.29
6	0.28	0.15	26	0.31	0.69
7	0.25	0.43	27	0.28	0.69
8	0.44	0.38	28	0.56	0.68
9	0.42	0.36	29	0.58	0.34
10	0.33	0.63	30	0.53	0.24
11	0.47	0.22	31	0.42	0.53
12	0.25	0.44	32	0.39	0.65
13	0.75	0.28	33	0.47	0.63
14	0.39	0.48	34	0.36	0.37
15	0.33	0.40	35	0.44	0.45
16	0.61	0.57	36	0.42	0.34
17	0.25	0.68	37	0.58	0.32
18	0.31	0.32	38	0.53	0.32
19	0.31	0.35	39	0.53	0.27
20	0.28	0.49	40	0.33	0.33

ค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดย
ใช้สูตร $KR-20 = 0.85$

ตาราง 18 ผลการวิเคราะห์ระดับค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ข้อที่	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.50	0.46	21	0.50	0.25
2	0.25	0.50	22	0.33	0.66
3	0.47	0.53	23	0.42	0.47
4	0.50	0.58	24	0.36	0.42
5	0.25	0.49	25	0.58	0.29
6	0.28	0.15	26	0.31	0.69
7	0.25	0.43	27	0.28	0.69
8	0.44	0.38	28	0.56	0.68
9	0.42	0.36	29	0.58	0.34
10	0.33	0.63	30	0.53	0.24
11	0.47	0.22	31	0.42	0.53
12	0.25	0.44	32	0.39	0.65
13	0.75	0.28	33	0.47	0.63
14	0.39	0.48	34	0.36	0.37
15	0.33	0.40	35	0.44	0.45
16	0.61	0.57	36	0.42	0.34
17	0.25	0.68	37	0.58	0.32
18	0.31	0.32	38	0.53	0.32
19	0.31	0.35	39	0.53	0.27
20	0.28	0.49	40	0.33	0.33

ค่าความเชื่อมั่น ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร

$$KR-20 = 0.87$$

ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินความพึงพอใจ
 ของนักเรียน ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่			รวม	IOC
	1	2	3		
ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้					
1. เนื้อหา มีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	3	1
2. เนื้อหา มีความชัดเจน เข้าใจง่าย	+1	+1	+1	3	1
3. เนื้อหา แต่ละเรื่อง ทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้	+1	+1	+1	3	1
4. เนื้อหา แต่ละเรื่อง มีความเหมาะสมกับเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้	+1	+1	+1	3	1
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้					
5. กิจกรรมการเรียนรู้ มีความสอดคล้องกับเนื้อหา	+1	+1	+1	3	1
6. กิจกรรมการเรียนรู้ เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง	+1	+1	+1	3	1
7. กิจกรรมการเรียนรู้ ส่งเสริมการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	3	1
8. กิจกรรมการเรียนรู้ ใช้เทคโนโลยี หรือนวัตกรรมในการจัดการเรียนรู้ อย่างเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1
ด้านสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้					
9. สื่อและอุปกรณ์ เพียงพอต่อการจัดการเรียนรู้	+1	+1	+1	3	1

ตาราง 19 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่			รวม	IOC
	1	2	3		
10. สื่อและอุปกรณ์มีความน่าสนใจ	+1	+1	+1	3	1
11. สื่อและอุปกรณ์มีความเหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	3	1
12. สื่อและอุปกรณ์ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ความเข้าใจ และช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	3	1
ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้					
13. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์และกิจกรรมการเรียนรู้	+1	+1	+1	3	1
14. เกณฑ์การวัดและประเมินผลมีความชัดเจน	+1	+1	+1	3	1
15. การวัดผลการเรียนรู้ทำอย่างต่อเนื่อง	+1	+1	+1	3	1
16. การวัดและประเมินผลมีความหลากหลายและเป็นไปตามสภาพจริง	+1	+1	+1	3	1
ด้านประโยชน์ที่ได้รับ					
17. การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่าย	+1	+1	+1	3	1
18. การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ความเข้าใจได้ด้วยตนเอง	+1	+1	+1	3	1
19. การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	3	1
20. การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนรู้จักการทำงานร่วมกันเป็นทีม	+1	+1	+1	3	1
สรุป	ใช้ได้				

ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการวิเคราะห์คะแนนประสิทธิภาพกระบวนการ (E_1) ของการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
2. ผลการวิเคราะห์คะแนนประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E_2) ของการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบจัดเต็มศึกษา
3. ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
4. ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียน และหลังเรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
5. ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียน ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ แบบสะเต็มศึกษา

ตาราง 20 ผลการวิเคราะห์คะแนนประสิทธิภาพกระบวนการ (E_i) ของการจัดการเรียนรู้
โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

เลขที่	คะแนนระหว่างเรียน					คะแนนเต็ม (120)
	แผน 1 (24)	แผน 2 (24)	แผน 3 (24)	แผน 4 (24)	แผน 5 (24)	
1	22	20	19	21	21	103
2	22	21	20	18	20	101
3	22	20	19	21	20	102
4	22	20	19	20	22	103
5	21	20	19	19	20	99
6	21	21	20	20	22	104
7	21	21	20	21	22	105
8	20	20	19	20	22	101
9	22	20	19	19	20	100
10	20	19	20	18	20	97
11	20	19	19	20	20	98
12	20	19	18	19	20	96
13	21	19	19	18	20	97
14	20	20	18	20	21	99
15	22	18	20	19	21	100
16	21	21	20	21	21	104
17	21	19	20	21	21	102

ตาราง 20 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนระหว่างเรียน					คะแนนเต็ม (120)
	แผน 1 (24)	แผน 2 (24)	แผน 3 (24)	แผน 4 (24)	แผน 5 (24)	
รวม	358	337	328	335	353	100.65
เฉลี่ย	21.06	19.82	19.29	19.71	20.76	20.13
ร้อยละ	87.75	82.60	80.39	82.11	86.52	83.87
S.D.	0.83	0.88	0.69	1.10	0.83	1.09

ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์คะแนนประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E₂) ของการจัดการเรียนรู้
โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบจัดเต็มศึกษา

คนที่	แบบทดสอบวัดกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (30)	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (30)	คะแนนเต็ม (60)
1	26	25	51
2	27	23	50
3	25	26	51
4	22	23	45
5	23	22	45
6	23	25	48
7	26	28	54
8	27	20	47
9	23	25	48
10	24	25	49
11	27	23	50
12	24	26	50
13	26	27	53
14	26	25	51
15	25	26	51
16	26	24	50
17	26	27	53
รวม	426	420	846
เฉลี่ย	25.06	24.71	24.88
ร้อยละ	83.53	82.35	82.94
S.D.	1.60	2.02	2.56

ตาราง 22 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

เลขที่	30 คะแนน	30 คะแนน	D	D ²	t – test
	ก่อนเรียน	หลังเรียน			
1	12	24	12	144	t = 14.06
2	15	24	9	81	
3	16	23	7	49	
4	17	25	8	64	
5	12	23	11	121	
6	11	21	10	100	
7	13	29	16	256	
8	13	25	12	144	
9	13	24	11	121	
10	14	26	12	144	
11	15	24	9	81	
12	15	28	13	169	
13	16	23	7	49	
14	17	25	8	64	
15	15	25	10	100	
16	22	26	4	16	
17	20	27	7	49	
รวม	256	422	166	27556	
เฉลี่ย	15.06	24.82			
S.D.	2.94	2.09			
ร้อยละ	50.20	82.75			

ตาราง 23 ผลการวิเคราะห์คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและ
หลังเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

เลขที่	30 คะแนน	30 คะแนน	D	D ²	t - test
	ก่อนเรียน	หลังเรียน			
1	14	21	7	49	t = 14.97
2	18	22	4	16	
3	12	22	10	100	
4	15	25	10	100	
5	17	25	8	64	
6	16	25	9	81	
7	18	27	9	81	
8	15	25	10	100	
9	13	24	11	121	
10	19	25	6	36	
11	15	23	8	64	
12	18	26	8	64	
13	16	24	8	64	
14	12	26	14	196	
15	13	26	13	169	
16	19	27	8	64	
17	19	26	7	49	
รวม	269	419	150	22500	
เฉลี่ย	15.82	24.65			
S.D.	2.46	1.77			
ร้อยละ	52.75	82.16			

ตาราง 24 ผลการวิเคราะห์คะแนนความพึงพอใจของนักเรียน ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

เลขที่	1. ด้านเนื้อหา สาระการเรียนรู้				2. ด้านการจัดกิจกรรม การเรียนรู้				3. ด้านสื่ออุปกรณ์ การเรียนรู้				4. ด้านการวัดและ ประเมินผลการเรียนรู้				5. ด้านประโยชน์ที่ได้รับ			
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4	4.1	4.2	4.3	4.4	5.1	5.2	5.3	5.4
1	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5
2	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5
3	5	5	5	5	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5
4	5	5	5	5	4	5	4	4	4	5	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5
7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5
8	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
9	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5
10	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5
11	5	4	5	5	4	5	4	5	5	5	4	4	5	4	5	4	5	5	5	5
12	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5

ตาราง 24 (ต่อ)

เลขที่	1. ด้านเนื้อหา สาระการเรียนรู้				2. ด้านการจัดกิจกรรม การเรียนรู้				3. ด้านสื่ออุปกรณ์ การเรียนรู้				4. ด้านการวัดและ ประเมินผลการเรียนรู้				5. ด้านประโยชน์ที่ได้รับ			
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4	4.1	4.2	4.3	4.4	5.1	5.2	5.3	5.4
13	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
14	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
15	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
16	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
17	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4
รวม	333				326				322				332				336			
S.D.	0.31				0.41				0.44				0.32				0.24			
เฉลี่ย	4.90				4.78				4.75				4.89				4.94			
สรุป	4.83																			

ภาคผนวก ง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ โดยการจัดการเรียนรู้แบบจัดเต็มศึกษา หน่วย
อะตอมและสมบัติของธาตุ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียนและหลังเรียน
โดยการจัดการเรียนรู้แบบฝึกเตรียมศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการจัดการ
เรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ระดับชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 4
4. แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียน ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 อะตอมและสมบัติของธาตุ

เวลา 20 ชั่วโมง

เรื่อง แบบจำลองอะตอม

เวลา 4 ชั่วโมง

ผู้สอน นางสาวจินตนา นันตะบุตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม/ผลการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สาระเคมี

เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุพันธะเคมี และสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

ข้อ 1 สืบค้นข้อมูลสมมุติฐาน การทดลอง หรือผลการทดลองที่เป็นประจักษ์พยาน ในการเสนอแบบจำลองอะตอมของนักวิทยาศาสตร์และอธิบายวิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอม

คณิตศาสตร์เพิ่มเติม สาระจำนวนและพีชคณิต

เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้น จากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้

ผลการเรียนรู้

ข้อ 2 เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับตรรกศาสตร์เบื้องต้นในการสื่อสาร สื่อความหมาย และอ้างเหตุผล

เทคโนโลยี สาระที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

ตัวชี้วัด

ม.4/1 วิเคราะห์แนวคิดหลักของเทคโนโลยี ความสัมพันธ์กับศาสตร์อื่น ๆ โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์ รวมทั้งประเมินผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อมนุษย์สังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยี

ม.4/2 ระบุปัญหาหรือความต้องการที่มีผลกระทบต่อสังคมรวบรวมวิเคราะห์ ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่มีความซับซ้อนเพื่อสังเคราะห์วิธีการเทคนิคในการ แก้ปัญหาโดยคำนึงถึงความถูกต้องด้านทรัพย์สินทางปัญญา

ม.4/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือก ข้อมูลที่จำเป็นภายใต้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจ ด้วยเทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลาย โดยใช้ซอฟต์แวร์ช่วยในการออกแบบ วางแผนขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหา

ม.4/4 ทดสอบ ประเมินผล วิเคราะห์ และให้เหตุผลของปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้กรอบเงื่อนไข หาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอการแก้ปัญหา พร้อมทั้งเสนอแนวทางการพัฒนาต่อยอด

สาระการเรียนรู้

แบบจำลองอะตอม

สาระสำคัญ

แบบจำลองอะตอมมีวิวัฒนาการ โดยเริ่มจากดอลตันเสนอว่าธาตุประกอบด้วยอะตอม ซึ่งเป็นอนุภาคขนาดเล็กไม่สามารถแบ่งแยกได้ ต่อมาทอมสันเสนอว่าอะตอมประกอบด้วย อนุภาคที่มีประจุลบ เรียกว่า อิเล็กตรอน และอนุภาคประจุบวก รัทเทอร์ฟอร์ดเสนอว่าประจุ บวก เรียกว่า โปรตอน รวมตัวกันอยู่ตรงกึ่งกลางอะตอม เรียกว่า นิวเคลียส ซึ่งมีขนาดเล็กมาก และมีอิเล็กตรอนอยู่รอบนิวเคลียส โบร์เสนอว่าอิเล็กตรอนเคลื่อนที่เป็นวง รอบนิวเคลียสโดย แต่ละวงมีระดับพลังงานเฉพาะตัว ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ยอมรับว่าอิเล็กตรอนมีการ เคลื่อนที่รวดเร็วรอบนิวเคลียส และไม่สามารถระบุตำแหน่งที่แน่นอนได้ จึงเสนอแบบจำลอง อะตอมแบบกลุ่มหมอก ซึ่งแสดงโอกาสการพบอิเล็กตรอนรอบนิวเคลียสสารแต่ละชนิดล้วน ประกอบด้วยหน่วยที่เล็กที่สุด เรียกว่า อะตอม มีนักวิทยาศาสตร์เสนอแบบจำลองอะตอมและ ได้มีการเปลี่ยนแปลงจนถึงปัจจุบัน จากแบบจำลองอะตอมทำให้ทราบว่าอะตอมประกอบด้วย อนุภาคมูลฐาน คือ โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน

จุดประสงค์การเรียนรู้

นักเรียนมีความรู้ ความสามารถในการในแต่ละด้าน ดังนี้

ด้านความรู้

1. สืบค้นข้อมูลและอธิบายความหมายของผลการทดลองที่เป็นประจักษ์พยานในการเสนอแบบจำลองอะตอมของนักวิทยาศาสตร์

2. อธิบายวิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอมได้

ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. ทักษะการสังเกต
2. ทักษะการวัด
3. ทักษะการจำแนกประเภท
4. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส และสเปสกับเวลา
5. ทักษะการคำนวณ
6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
7. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล
8. ทักษะการตั้งสมมุติฐาน
9. ทักษะการสร้างแบบจำลอง

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. ซื่อสัตย์สุจริต
2. มีวินัย
3. ใฝ่เรียนรู้
4. มุ่งมั่นในการทำงาน
5. มีจิตสาธารณะ

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

1. ความสามารถในการสื่อสาร
2. ความสามารถในการคิด
3. ความสามารถในการแก้ปัญหา
4. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) นักเรียนทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อระบุปัญหาและกำหนดขอบเขตของ ปัญหาที่จะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ จากอินเทอร์เน็ต และแหล่งข้อมูล อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการ (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่ เกี่ยวข้องเพื่อร่างแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัด และเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) นักเรียนกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงาน แล้วลงมือปฏิบัติ

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข วิธีการแก้ปัญหาหรือใช้ชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือ วิธีการ โดยผลที่ได้เอานำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพในการ แก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหา (Presentation) เป็นการ นำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาชิ้นงานต่อไป

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

ชั่วโมงที่ 1 – 2

นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง แบบจำลองอะตอม

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาหรือสถานการณ์

1.1 ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการอธิบายว่า แบบจำลองอะตอม คือ มโนภาพที่นักวิทยาศาสตร์สร้างขึ้นจากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง เพื่อใช้อธิบายลักษณะของ อะตอมหรือรายละเอียดของโครงสร้างอะตอม โดยมีวิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอม ดังนี้

- แบบจำลองอะตอมของดอลตัน
- แบบจำลองอะตอมของทอมสัน
- แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด
- แบบจำลองอะตอมของโบว์
- แบบจำลองของกลุ่มหมอก

1.2 นักเรียนร่วมกันยกตัวอย่างแบบจำลองอะตอมที่นักเรียนรู้จัก

1.3 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายในหัวข้อแบบจำลองอะตอมในประเด็น

ต่อไปนี้

- นักเรียนบอกลักษณะแบบจำลองอะตอมของดอลตัน ทอมสัน

รัทเทอร์ฟอร์ด โบว์ และแบบจำลองของกลุ่มหมอก มาพอสังเขป

(แนวคำตอบ แบบจำลองอะตอมของดอลตัน อะตอมมีลักษณะเป็นทรงกลม มีขนาดเล็กมากและไม่สามารถแบ่งแยกได้ แบบจำลองอะตอมของทอมสัน อะตอมเป็นทรงกลมที่เป็นกลางทางไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยอนุภาคที่มีประจุบวกและอนุภาคที่มีประจุลบซึ่งมีค่าประจุไฟฟ้าเท่ากัน แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด อะตอมเป็นพื้นที่ว่างเป็นส่วนใหญ่เนื่องจากโปรตอนซึ่งมีประจุเป็นบวกนั้นรวมตัวกันอย่างหนาแน่นอยู่ตรงกลางของอะตอม เรียกว่านิวเคลียส แบบจำลองอะตอมของโบว์ อะตอมมีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่รอบนิวเคลียสเป็นวงโคจร โดยมีขนาด และค่าพลังงานที่แน่นอน แบบจำลองของกลุ่มหมอก อะตอมมีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่อยู่รอบ ๆ นิวเคลียสในลักษณะของกลุ่มหมอกที่มีประจุเป็นลบยิ่งเข้าใกล้นิวเคลียสโอกาสที่พบอิเล็กตรอนยิ่งสูงขึ้น)

1.4 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายและสรุปเกี่ยวกับแบบจำลองอะตอม โดยมีแนวการสรุป ดังนี้

(แบบจำลองอะตอมมีวิวัฒนาการ ดังนี้ แบบจำลองอะตอมของดอลตัน ทอมสัน รัทเทอร์ฟอร์ด โบว์ และแบบจำลองของกลุ่มหมอก)

1.5 นักเรียนทำใบงานที่ 1 เรื่อง วิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอม

1.6 นักเรียนศึกษาปัญหาจากสถานการณ์ต่อไปนี้

สมมุตินักเรียนเป็นครู สาขาวิชาเคมี กำลังสอนเรื่องวิวัฒนาการแบบจำลองอะตอม แต่ปรากฏว่าไม่มีสื่อการเรียนการสอน นักเรียนไม่เข้าใจเนื่องจากอะตอมไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้เพราะมีขนาดเล็กมาก และที่สำคัญนักเรียนไม่เคยเห็นอะตอม ครูจึงพยายามผลิตสื่อการสอนเพื่อให้นักเรียนเข้าใจ ถ้านักเรียนเป็นครูคนนี้นักเรียนจะทำอย่างไร โดยให้ใช้งบประมาณและเวลาในการผลิตสื่อให้น้อยที่สุด

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

2.1 นักเรียนแบ่งกลุ่ม จากการนับเลขหรือจับสลาก

2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่ม เก็บรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

กลุ่มหมายเลข 1 ศึกษาไปความรู้เรื่องแบบจำลองอะตอมของดอลตัน และศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งข้อมูลอื่น ๆ

กลุ่มหมายเลข 2 ศึกษาไปความรู้เรื่องแบบจำลองอะตอมของทอมสัน และศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งข้อมูลอื่น ๆ

กลุ่มหมายเลข 3 ศึกษาไปความรู้เรื่องแบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด และศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งข้อมูลอื่น ๆ

กลุ่มหมายเลข 4 ศึกษาไปความรู้เรื่องแบบจำลองอะตอมของโบร์ และศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งข้อมูลอื่น ๆ

กลุ่มหมายเลข 5 ศึกษาไปความรู้เรื่องแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก และศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งข้อมูลอื่น ๆ

2.3 ตัวแทนกลุ่มมารับอุปกรณ์หน้าชั้นเรียน เพื่อนำมาศึกษาข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่ได้รับมอบหมาย

2.4 นักเรียนร่วมกันสรุปแบบจำลองอะตอม

ชั่วโมงที่ 4

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

นักเรียนทำกิจกรรมระดมความคิดเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องแบบจำลองอะตอม โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันร่างแบบจำลองอะตอมกลุ่มละ 1 แบบจำลอง ตามที่กำหนดให้ ดังนี้

- 1) แบบจำลองอะตอมของดอลตัน
- 2) แบบจำลองอะตอมของทอมสัน
- 3) แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด
- 4) แบบจำลองอะตอมของโบร์
- 5) แบบจำลองอะตอมของกลุ่มหมอก

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

นักเรียนวางแผนการทำงานและลงมือปฏิบัติ ตามแนวคิดและวิธีการที่ได้ร่างแบบไว้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

ตอนที่ 1 วิธีการสร้างแบบจำลองอะตอม

ตอนที่ 2 สร้างแบบจำลองอะตอม

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือ

ชิ้นงาน

นักเรียนนำแบบจำลองอะตอมมานำเสนอและอธิบายให้เพื่อนและครูฟัง เพื่อร่วมกันอภิปรายว่า แบบจำลองอะตอม สามารถอธิบายและใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้จริง

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหา

6.1 นักเรียนนำเสนอแบบจำลองอะตอมที่สร้างขึ้นโดยอธิบายเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุ-อุปกรณ์ วิธีการที่ทำ ระยะเวลาที่กำหนดรวมทั้งแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข โดยให้อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ

6.2 นักเรียนอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับการแบบจำลองอะตอม ทั้ง 5 กลุ่ม ครูอธิบายเพิ่มเติมและขยายความรู้เพื่อเชื่อมโยงไปถึงแบบจำลองอะตอม พันธะเคมี และการเกิดปฏิกิริยาเคมีอื่น ๆ ทั้งในชีวิตประจำวัน

สื่อการเรียนรู้

- 1) ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- 2) ใบความรู้ที่ 2 เรื่อง สะเต็มศึกษา
- 3) ใบความรู้ที่ 3 เรื่อง แบบจำลองอะตอมของดอลตัน
- 4) ใบความรู้ที่ 4 เรื่อง แบบจำลองอะตอมของทอมสัน
- 5) ใบความรู้ที่ 5 เรื่อง แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด
- 6) ใบความรู้ที่ 6 เรื่อง แบบจำลองอะตอมของโบว์
- 7) ใบความรู้ที่ 7 เรื่อง แบบจำลองอะตอมของกลุ่มหมอก
- 8) ใบความรู้ที่ 8 เรื่อง การเกิดสเปกตรัม
- 9) ใบงาน เรื่อง วิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอม
- 10) ใบกิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

เรื่อง แบบจำลองอะตอม

11) วัสดุ-อุปกรณ์ กิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แบบจำลองอะตอม

การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์
ด้านความรู้	- ตรวจสอบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	
	- ตรวจสอบงาน/ใบกิจกรรม	- แบบประเมิน ใบงาน/ใบกิจกรรม	ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	- ตรวจสอบแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	- แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
	- สังเกตทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	- แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ระดับคุณภาพดี
คุณลักษณะอันพึงประสงค์ และสมรรถนะที่สำคัญของผู้เรียน	- สังเกตความซื่อสัตย์ สุจริต มีวินัย ใฝ่เรียนรู้ มุ่งมั่นในการทำงาน และมีจิตสาธารณะ มีความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหาและมีความสามารถในการใช้เทคโนโลยี	- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์และสมรรถนะที่สำคัญของผู้เรียน	ระดับคุณภาพดี

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการจัดการเรียนรู้

ด้านความรู้.....

.....

ด้านทักษะกระบวนการ.....

.....

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์.....

.....

ปัญหา/อุปสรรค.....

.....

แนวทางการแก้ไข.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้บันทึก

(นางสาวจินตนา นันตะบุตร)

____ / ____ / ____

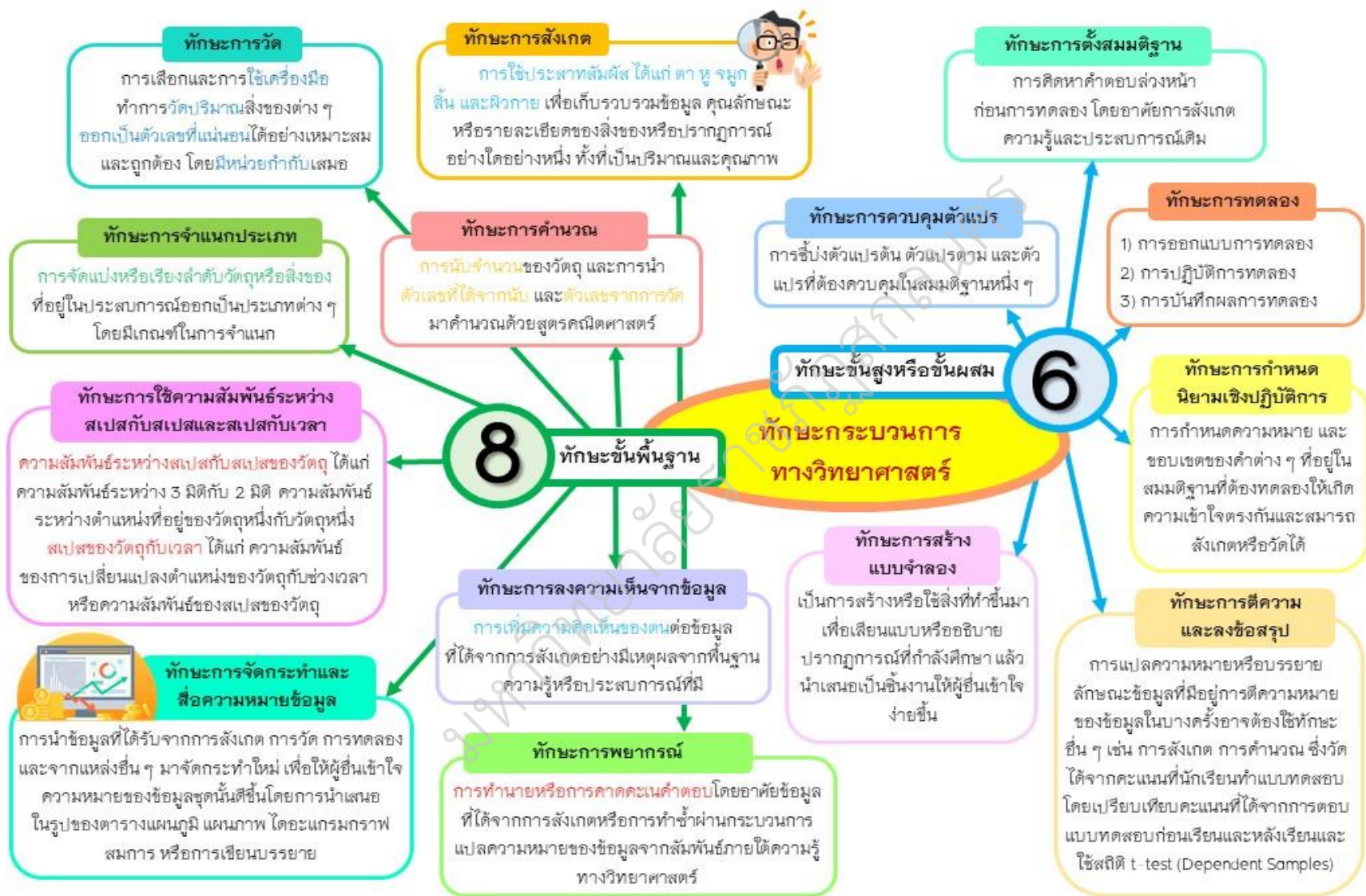
มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

ใบความรู้ที่ 1
เรื่อง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง: ให้นักเรียนศึกษาใบความรู้ เรื่อง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและการฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบ ซึ่งก่อให้เกิดการพัฒนาทางด้านสติปัญญา การแก้ปัญหาและการค้นคว้าหาความรู้ใหม่อย่างมีประสิทธิภาพและเชื่อถือได้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยทักษะดังนี้





ใบความรู้ที่ 2
เรื่อง สะเต็มศึกษา

คำชี้แจง: ให้นักเรียนศึกษาใบความรู้ เรื่อง สะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา (STEM Education)

สะเต็มศึกษา (STEM Education) คือ แนวทางการศึกษาที่ได้บูรณาการความรู้ระหว่างศาสตร์วิชาต่าง ๆ เช่น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ความรู้ทางด้านเทคโนโลยี ความรู้ทางด้านวิศวกรรม และความรู้ด้านคณิตศาสตร์ รวมเข้าด้วยกัน

สะเต็มศึกษา (STEM Education)			
Science	Technology	Engineering	Mathematics
เป็นวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ โดยอาศัยกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry)	เป็นวิชาที่ว่าด้วยกระบวนการทำงานที่มีการประยุกต์ศาสตร์สาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการแก้ปัญหา ปรับปรุงแก้ไขหรือพัฒนาสิ่งต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการ หรือความจำเป็นของมนุษย์	เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสรรค์นวัตกรรมหรือสร้างสิ่งต่าง ๆ เพื่อมาอำนวยความสะดวกของมนุษย์ โดยอาศัยความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และกระบวนการทางเทคโนโลยี มาประยุกต์ใช้สร้างสรรค์ชิ้นงานนั้น ๆ	เป็นวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาเกี่ยวกับการคำนวณ หรือวิชาที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณ เป็นพื้นฐานสำคัญในการศึกษาและต่อยอดทางวิศวกรรมศาสตร์

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) นักเรียนทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อระบุปัญหาและกำหนดขอบเขตของปัญหา ที่จะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ จากอินเทอร์เน็ต และแหล่งข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการ (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อร่างแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) นักเรียนกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงาน แล้วลงมือปฏิบัติ

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข วิธีการแก้ปัญหาหรือใช้ ชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหา (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาชิ้นงานต่อไป

ใบความรู้ที่ 3

เรื่อง แบบจำลองอะตอมของดอลตัน

คำชี้แจง: ให้นักเรียนศึกษาใบความรู้ เรื่อง แบบจำลองอะตอมของดอลตัน

ใน ค.ศ.1803 จอห์นดอลตัน (John Dalton) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับอะตอมซึ่งต่อมาเรียกว่า ทฤษฎีอะตอมของดอลตัน มีข้อสรุปต่อไปนี้ รูปที่ 1 จอห์นดอลตัน (John Dalton)



รูปที่ 1 จอห์นดอลตัน
(John Dalton)

ที่	เนื้อหาทฤษฎี	ปัจจุบันเป็นจริง
1	ธาตุเกิดจากการรวมตัวกันของอนุภาคที่เล็กที่สุด เรียกว่า “อะตอม”	ไม่เป็นจริง
2	อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันจะมีคุณสมบัติเหมือนกัน และต่างจากอะตอมของธาตุอื่น	ไม่เป็นจริง
3	สารประกอบเกิดจากอะตอมของธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปรวมกันด้วยอัตราส่วนคงที่ค่าหนึ่ง	เป็นจริง
4	อะตอมไม่สามารถทำลายได้ด้วยวิธีทางเคมี ไม่สามารถสร้างขึ้นใหม่ และแยกย่อยออกไม่ได้	ไม่เป็นจริง

อะตอมเป็นทรงกลม ดัน แยกแยกไม่ได้ และไม่แตกสลายถึงรายละเอียดในอะตอม



รูปที่ 2 แบบจำลองอะตอมของดอลตัน

อธิบายเพิ่มเติม

1. ปัจจุบันค้นพบอนุภาคที่เล็กกว่าอะตอม ซึ่งเป็นองค์ประกอบของอะตอม ได้แก่ อิเล็กตรอน, โปรตอน และนิวตรอน
หักล้างทฤษฎีข้อที่ 1 ของดอลตันได้

2. อะตอมของธาตุเดียวกันอาจมีสมบัติต่างกันได้ เช่น ไอโซโทปของธาตุ (ธาตุเดียวกันมีนิวตรอนไม่เท่ากัน) หักล้างทฤษฎีข้อที่ 2 ของดอลตันได้

3. อะตอมสามารถแยกย่อยต่อไปได้อีก หักล้างทฤษฎีข้อที่ 4 ของดอลตันได้

4. ทฤษฎีของดอลตันที่ยังคงเป็นจริงอยู่ คือ การรวมตัวของอะตอม 2 ชนิด ด้วยอัตราส่วนคงที่ที่เกิดเป็นสารประกอบซึ่งต่อมาเรียกว่า “สารประกอบ” ตัวอย่างสัญลักษณ์ของธาตุ และสารประกอบตามทฤษฎีของดอลตัน

Dalton's Atoms	Dalton's Molecules
● Hydrogen	●● Carbonic oxide (Carbon monoxide)
● Carbon	●● Water
● Nitrogen	●● Ammonia
● Oxygen	

รูปที่ 3 สัญลักษณ์ของธาตุและสารประกอบ

ใบความรู้ที่ 4

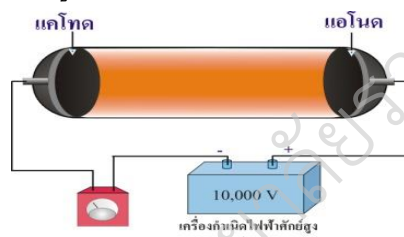
เรื่อง แบบจำลองอะตอมของทอมสัน

คำชี้แจง: ให้นักเรียนศึกษาใบความรู้ เรื่อง แบบจำลองอะตอมของทอมสัน

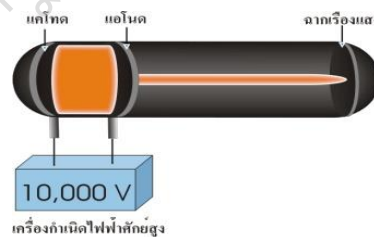
ใน ค.ศ. 1897 เซอร์โจเซฟ จอห์นทอมสัน (Sir Joseph John Thomson) ได้ทดลองเกี่ยวกับการนำไฟฟ้าของแก๊สในหลอดรังสีแคโทดแล้วสรุปผลการทดลอง ดังนี้

ทอมสันทำการทดลองด้วยการผ่านไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปในหลอดรังสีแคโทด ซึ่งประกอบด้วยแก้วบรรจุแก๊สภายใต้ความดันต่ำเกือบเป็นสุญญากาศ มีความต่างศักย์สูง จะเกิดลำแสงผ่านจากขั้วแคโทดไปที่แอโนดผ่านไปยังฉากเรืองแสงที่ฉาบด้วยซิงค์ซัลไฟด์ (ZnS) จากนั้นทอมสันเพิ่มขั้วไฟฟ้าบวกและลบเข้าไปในหลอดรังสีแคโทด ขั้วทั้งสองนี้ทำให้เกิดสนามไฟฟ้าตั้งฉากกับทิศทางของรังสี จะพบว่ารังสีเบนเข้าหาขั้วบวกของสนามไฟฟ้า ทอมสันนำขั้วไฟฟ้าออก แล้วใช้

แท่งแม่เหล็กกรูปรูปเกือกม้าแทน พบว่ารังสีเบนเข้าหาสนามแม่เหล็ก



รูปที่ 1 หลอดรังสีแคโทด

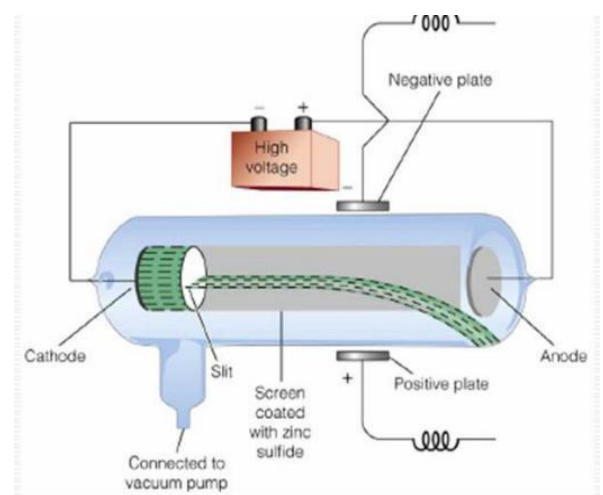


รูปที่ 2 หลอดรังสีแคโทดที่ดัดแปลงแล้ว

ทอมสันลองเปลี่ยนชนิดของแก๊สและชนิดของโลหะที่ใช้เป็นขั้วแคโทด แล้วทำการทดลองเหมือนเดิม ปรากฏว่าผลการทดลองเหมือนกันหมด

จากการทดลองทอมสัน สรุปว่า

1. รังสีจากขั้วแคโทดเป็นลำอนุภาคที่มีประจุลบ
2. รังสีแคโทดพบในทุกธาตุ จึงเป็นส่วนย่อยของธาตุ
3. ให้ชื่อรังสีแคโทดว่า “อิเล็กตรอน”
4. ประจุต่อมวลอิเล็กตรอน $q/m_e = 1.76 \times 10^8 \text{ C/g}$



รูปที่ 3 การทดลองรังสีแคโทด

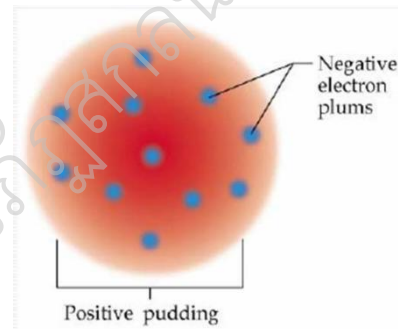
การค้นพบอนุภาคบวก

ในปี ค.ศ.1886 ออยแกน โกลซ์ไตน์ พบว่ามีรังสีออกจากขั้วแอโนดเช่นเดียวกับขั้วแคโทด และสมบัติของรังสีแอโนด มีลักษณะเป็นอนุภาคที่มีประจุบวก มีค่า q/E ไม่คงที่ในแต่ละชนิดของสารที่นำมาทดลอง จึงให้ชื่อว่า “รังสีอนุภาคบวก” แต่ไม่ทราบว่าคือโปรตอน ภายหลังรัทเทอร์ฟอร์ด จึงได้ค้นพบโปรตอนโดยบังเอิญจากการทดลองยิงรังสีแอลฟาไปที่อากาศ

“อะตอมมีลักษณะเป็นกลุ่มหมอกทรงกลม มีประจุทางไฟฟ้าเป็นบวก มีอิเล็กตรอนกระจายอยู่ทั่วไป และอะตอมเป็นกลางทางไฟฟ้ามีจำนวนประจุบวกเท่ากับประจุลบกระจายอยู่ทั่วไปอย่างสม่ำเสมอ ทำให้อะตอมมีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า”



รูปที่ 4 เซอร์โจเซฟ จอห์นทอมสัน



รูปที่ 5 แบบจำลองอะตอมของทอมสัน

ต่อมา ค.ศ.1908 รอเบิร์ต แอนดรูส์ มิลลิแกน (Robert Andrews Millikan) ได้ทำการทดลองฉีดละอองน้ำมันและยิงรังสีเอกซ์ใส่อากาศเพื่อให้อิเล็กตรอนหลุดไปติดละอองน้ำมัน เมื่อละอองน้ำมันที่มีอิเล็กตรอนติดตกลงสู่สนามไฟฟ้า จึงปรับค่าความต่างศักย์ ทำให้ละอองน้ำมันหยุดนิ่งกลางอากาศได้

แรงที่เกี่ยวข้องคือ F_1 = และ F_2

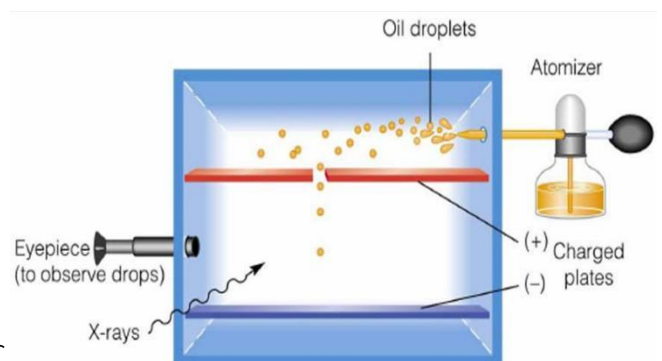
สมการ

$$qE = mg$$

$$q = \frac{mg}{E}$$

หาค่าประจุอิเล็กตรอนได้ $q_e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$

หามวลอิเล็กตรอนได้ $m_e = 9.11 \times 10^{-28} \text{ g}$



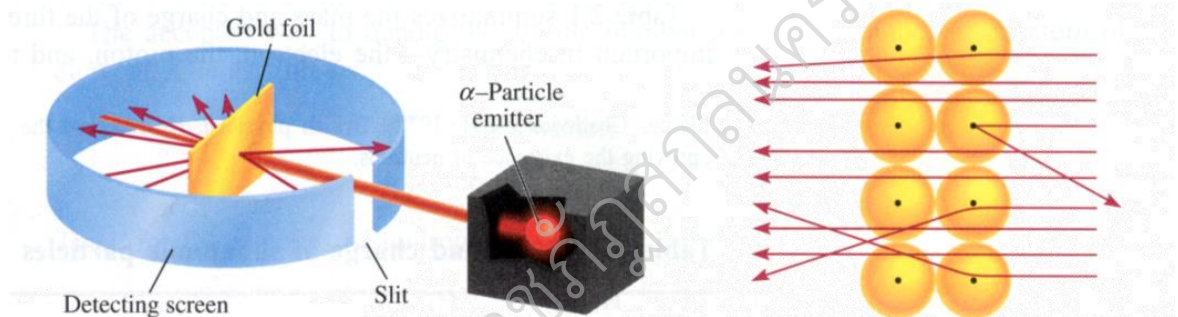
รูปที่ 6 การทดลองหยดน้ำมันของมิลลิแกน

ใบความรู้ที่ 5

เรื่อง แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด

คำชี้แจง: ให้นักเรียนศึกษาใบความรู้ เรื่อง แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด

ปี ค.ศ.1911 ลอร์ดเออร์เนสต์ รัทเทอร์ฟอร์ด (Lord Ernest Rutherford) ได้ศึกษาแบบจำลองอะตอม โดยการยิงอนุภาคแอลฟา (He มี 2 โปรตอน และ 2 อิเล็กตรอน) ซึ่งได้จากการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีเป็นอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเป็นบวกไปยังแผ่นทองคำบาง ๆ ดังรูปที่ 1 การทดลองการยิงอนุภาคแอลฟาไปยังแผ่นทองคำ



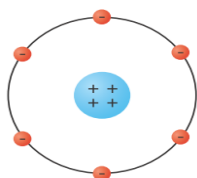
รูปที่ 1 การทดลองการยิงอนุภาคแอลฟาไปยังแผ่นทองคำ

จากการทดลองพบว่าพบอนุภาค α

1. ส่วนใหญ่เคลื่อนที่เป็นเส้นตรง แสดงว่า อะตอมส่วนใหญ่เป็นที่ว่าง
2. ส่วนน้อยมากสะท้อนกลับ แสดงว่าอนุภาคแอลฟาชนส่วนที่มีขนาดเล็กมากและมีประจุบวก โอกาสชนจึงน้อยครั้งมาก
3. บางส่วนเบี่ยงเบนไปจากแนวเส้นตรง แสดงว่าเคลื่อนที่เฉียดส่วนที่มีประจุบวกเหมือนกันจึงถูกผลักให้เบนไป



รูปที่ 2 ลอร์ดเออร์เนสต์ รัทเทอร์ฟอร์ด



รูปที่ 3 แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด

รัทเทอร์ฟอร์ด ได้เสนอแบบจำลองอะตอมว่า **“อะตอมประกอบด้วยนิวเคลียสที่มีโปรตอนอยู่รวมกันที่แกนกลาง นิวเคลียส มีขนาดเล็กแต่มีมวลมากและมีประจุบวก ส่วนอิเล็กตรอนมีประจุลบมีมวลน้อย วิ่งรอบนิวเคลียสเป็นบริเวณกว้าง”**

ต่อมา เซอร์เจมส์ แชดวิก (Sir James Chadwick) ได้ค้นพบอนุภาคนิวตรอนในนิวเคลียสของอะตอม ทำให้ทราบว่าอะตอมประกอบด้วยอนุภาคที่สำคัญ 3 ชนิด เรียกว่า อนุภาคมูลฐานของอะตอม ได้แก่ **โปรตอนและนิวตรอน**ซึ่งรวมกันเป็นนิวเคลียส และ**อิเล็กตรอน**ที่เคลื่อนที่อยู่รอบนิวเคลียส

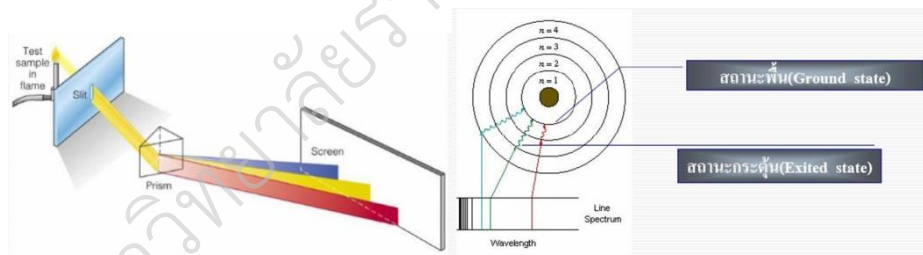
ใบความรู้ที่ 6 เรื่อง แบบจำลองอะตอมของโบว์

คำชี้แจง: ให้นักเรียนศึกษาใบความรู้ เรื่อง แบบจำลองอะตอมของโบว์

นีลส์ โบว์ (Niels Bohr) นักฟิสิกส์ชาวเดนมาร์ก ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของอิเล็กตรอนและการเกิดสเปกตรัมของธาตุและสารประกอบหลายชนิด จึงได้เสนอแบบจำลองอะตอมและพฤติกรรมของอิเล็กตรอน ดังนี้

อะตอมประกอบด้วยโปรตอนและนิวตรอนอยู่รวมกันที่นิวเคลียสซึ่งมีขนาดเล็กมากอยู่ตรงกลางของอะตอม โดยมีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่รอบนิวเคลียสเป็นชั้นๆ ในแต่ละชั้นมีพลังงานเฉพาะค่าหนึ่ง ลักษณะคล้ายวงโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ซึ่งชั้นที่มีพลังงานระดับต่ำสุดจะอยู่ใกล้นิวเคลียสมากที่สุด และอิเล็กตรอนที่วงนอกสุดจะมีพลังงานมากที่สุด

การหักเหของแสงขาวเมื่อผ่านปริซึม



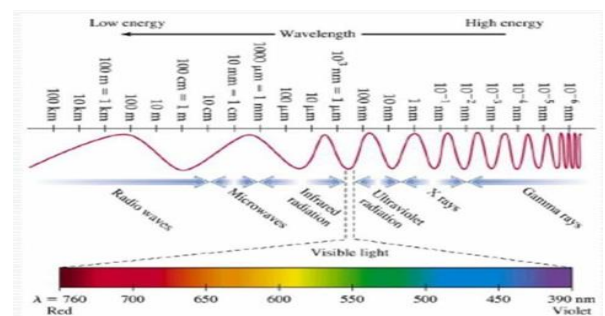
รูปที่ 1 การหักเหของแสงขาวเมื่อผ่านปริซึม

เมื่ออิเล็กตรอนเปลี่ยนวงโคจรจะมีการดูดกลืนหรือเปล่งรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าของอิเล็กตรอนที่มีค่า n_1 จะมีพลังงานน้อยกว่า n_2 ดังนั้น $E_1 < E_2$

การเปลี่ยนวงโคจรจาก n_1 ไปสู่วงโคจร n_2 จะเป็นการดูดกลืนรังสี การเปลี่ยนวงโคจรจาก n_2 ไปสู่วงโคจร n_1 จะเป็นการเปล่งรังสี

สเปกตรัม (Spectrum) คือ

ผลที่ได้รับจากพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นและความถี่ต่างกัน



รูปที่ 2 สเปกตรัม

ใบความรู้ที่ 7

เรื่อง แบบจำลองอะตอมของกลุ่มหมอก

คำชี้แจง: ให้นักเรียนศึกษาใบความรู้ เรื่อง แบบจำลองอะตอมของกลุ่มหมอก

จากการศึกษาและใช้ความรู้ทางกลศาสตร์ควอนตัมสร้างสมการเพื่อคำนวณหาโอกาสที่จะพบอิเล็กตรอนในระดับพลังงานต่าง ๆ พบว่าสามารถอธิบายสเปกตรัมของธาตุได้ถูกต้องกว่าแบบจำลองอะตอมของโบร์

เนื่องจากอิเล็กตรอนมีขนาดเล็กมากและเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วตลอดเวลา รอบนิวเคลียส ทำให้ไม่สามารถบอกตำแหน่งที่แน่นอนของอิเล็กตรอนได้ จึงได้เสนอแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก

เออร์วิน ชโรดิงเงอร์ (Erwin Schrodinger) ได้ศึกษาพฤติกรรมของอิเล็กตรอนในลักษณะคลื่น และได้นำเสนอ สมการคลื่น (wave function) เรียกว่า สมการชโรดิงเงอร์ เพื่อคำนวณหาโอกาสที่จะพบอิเล็กตรอนในระดับพลังงานต่าง ๆ ซึ่งสามารถอธิบายเส้นสเปกตรัมของธาตุได้ถูกต้องมากกว่า



รูปที่ 1 เออร์วิน ชโรดิงเงอร์ (Erwin Schrodinger)

รูปที่ 2 แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก

อะตอมมีนิวเคลียส ($n+p$) อยู่ตรงกลาง และมีกลุ่มหมอกอิเล็กตรอน (e^-) ล้อมรอบ การพบอิเล็กตรอนขึ้นอยู่กับโอกาสที่จะพบอิเล็กตรอนอยู่แบบกลุ่มหมอกโดยโอกาสที่พบอิเล็กตรอนขึ้นอยู่กับหลักความ ไม่แน่นอนของไฮเซนเบิร์ก โอกาสพบอิเล็กตรอนน้อยเมื่อกลุ่มหมอกบางโอกาสพบอิเล็กตรอนมากเมื่อกลุ่มหมอกหนา

หลักความไม่แน่นอนของไฮเซนเบิร์ก

“เราไม่สามารถรู้ตำแหน่งที่อยู่และโมเมนตัมของอิเล็กตรอนได้อย่างเที่ยงตรงพร้อม ๆ กันได้ เช่น ถ้าวัดหาตำแหน่งได้อย่างแน่นอนแล้ว ค่าของโมเมนตัมที่วัดออกมาพร้อม ๆ กันนั้นจะไม่แน่นอน”

ใบความรู้ที่ 8 เรื่อง การเกิดสเปกตรัม

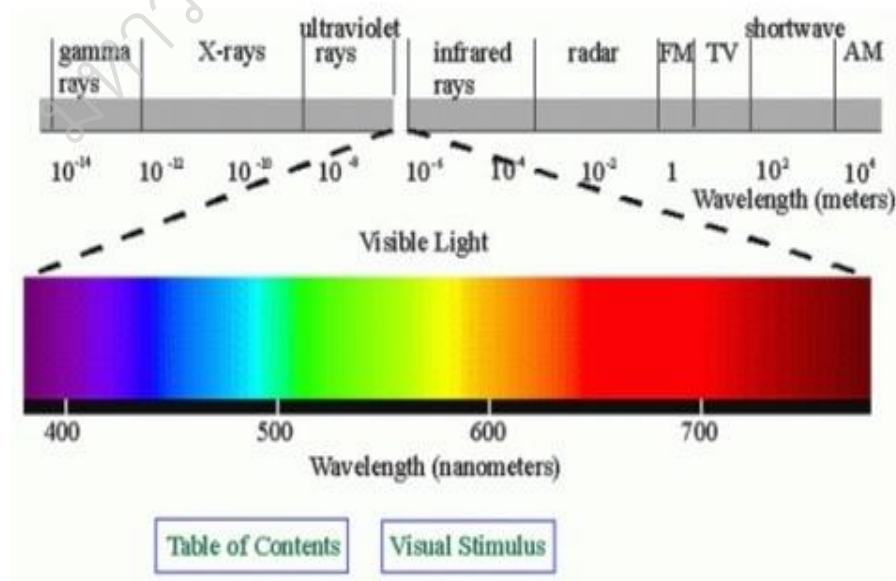
คำชี้แจง: ให้นักเรียนศึกษาใบความรู้ เรื่อง การเกิดสเปกตรัม

สเปกตรัม หมายถึง อนุกรมของแถบสีหรือ หรือเส้นที่ได้จากการผ่านพลังงานรังสีเข้าไปในสเปกโตรสโคป ซึ่งทำให้พลังงานรังสีแยกออกเป็นแถบหรือเป็นเส้นที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ เรียงลำดับกันไป

สเปกโตรสโคป (Spectroscope) หรือสเปกโตรมิเตอร์ (Spectrometer) หมายถึง เครื่องมือที่ใช้แยกสีตามความถี่ หรือเครื่องมือที่ใช้ศึกษาเกี่ยวกับสเปกตรัม แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. **สเปกตรัมแบบต่อเนื่อง (Continuous spectrum)** เป็นสเปกตรัมที่ประกอบด้วยแถบสีที่มีความถี่ต่อเนื่องกันไปอย่างกลมกลืนกัน เช่น สเปกตรัมของแสงอาทิตย์

2. **สเปกตรัมไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous spectrum)** หรือเรียกเส้นสเปกตรัม ลักษณะของสเปกตรัมจะเป็นเส้นหรือแถบสีเล็ก ๆ ที่ไม่เกิดต่อเนื่องกันไป แต่มีการเว้นช่วงของความถี่ที่เส้นสเปกตรัมเกิด เช่น สเปกตรัมธาตุไฮโดรเจน ธาตุฮีเลียม เป็นต้น

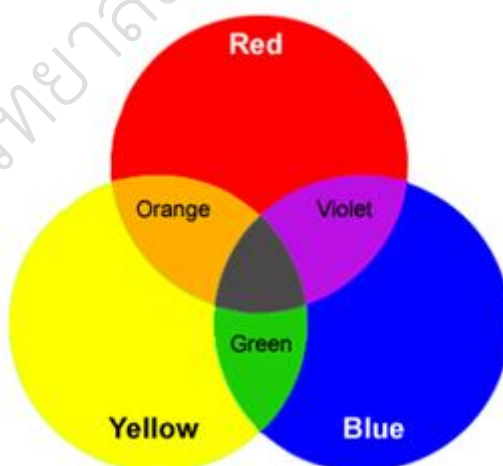


รูปที่ 1 แสดงสเปกตรัมของแสง

ตารางแถบสีของสเปกตรัมของแสงขาว

สีของสเปกตรัม	ความยาวคลื่น (nm)
ม่วง	380 – 420
คราม	420 – 460
น้ำเงิน	460 – 490
เขียว	490 – 580
เหลือง	580 – 590
ส้ม	590 – 650
แดง	650 – 700

การมองเห็นสีต่าง ๆ บนวัตถุเกิดจากการผสมของแสงสี เช่น แสงขาวอาจเกิดจากแสงเพียง 3 สีรวมกัน แสงทั้ง 3 สี ได้แก่ แสงสีแดง แสงสีเขียว และแสงสีน้ำเงิน หรือเรียกว่า **สีปฐมภูมิ** และถ้านำแสงที่เกิดจากการผสมกันของสีปฐมภูมิ 2 สีมารวมกันจะเกิดเป็น **สีทุติยภูมิ** ซึ่งสีทุติยภูมิแต่ละสีจะมีความแตกต่างกันในระดับความเข้มสีและความสว่างของแสง ดังรูปที่ 2 แสดงสีทุติยภูมิ



รูปที่ 2 แสดงสีทุติยภูมิ

ใบงาน เรื่อง วิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอม

ชื่อ _____ สกุล _____

เลขที่ _____

คำชี้แจง : ให้นักเรียนวาดแบบจำลองอะตอมตามวิวัฒนาการ พร้อมทั้งเขียนคำอธิบาย
ลักษณะ

ของแต่ละแบบจำลองอะตอมให้เข้าใจมาพอสังเขป (รวม 20 คะแนน)

แบบจำลองอะตอม.....	
แบบจำลองอะตอม.....	
แบบจำลองอะตอม.....	

แบบจำลองอะตอม.....	
แบบจำลองอะตอม.....	

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

เฉลย

ใบงาน เรื่อง วิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอม

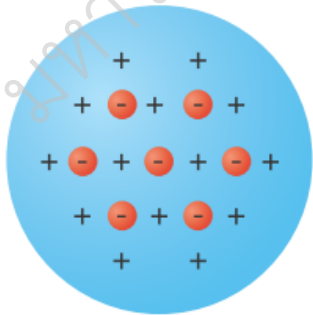
ชื่อ _____ สกุล _____

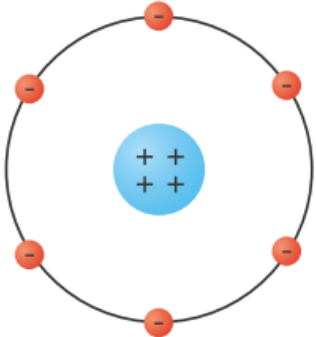
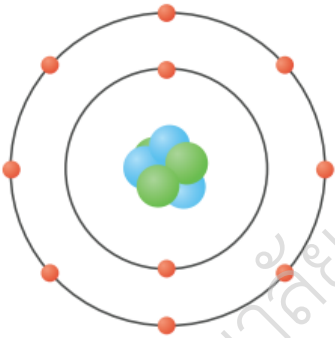
เลขที่ _____

คำชี้แจง : ให้นักเรียนวาดแบบจำลองอะตอมตามวิวัฒนาการ พร้อมทั้งเขียนคำอธิบาย

ลักษณะ

ของแต่ละแบบจำลองอะตอมให้เข้าใจมาพอสังเขป (รวม 20 คะแนน)

แบบจำลองอะตอมของดอลตัน 	อะตอมเป็นทรงกลม ขนาดเล็กที่สุดไม่สามารถแบ่งแยกได้
แบบจำลองอะตอมของทอมสัน 	อะตอมเป็นทรงกลม ประกอบด้วยโปรตอนซึ่งมีประจุบวก และอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ กระจายอยู่ทั่วไปอย่างสม่ำเสมอ อะตอมในสภาพที่เป็นกลางทางไฟฟ้าจะมีจำนวนประจุบวกเท่ากับจำนวนประจุลบ

แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด 	อะตอมเป็นทรงกลม ประกอบด้วยนิวเคลียสที่มีประจุบวกอยู่ตรงกลางอะตอม โดยมีอิเล็กตรอนที่มีประจุลบวิ่งอยู่รอบ ๆ นิวเคลียส
แบบจำลองอะตอมของโบว์ 	อะตอมเป็นทรงกลม ประกอบด้วยนิวเคลียสอยู่ตรงกลางอะตอม โดยมีอิเล็กตรอนวิ่งอยู่โดยรอบ อะตอมเป็นระดับชั้นพลังงาน
แบบจำลองอะตอมของกลุ่มหมอก 	อะตอมเป็นทรงกลม ประกอบด้วยนิวเคลียสอยู่ตรงกลางอะตอม มีอิเล็กตรอนวิ่งอยู่โดยรอบนิวเคลียส โดยมีทิศทางไม่แน่นอน

กิจกรรมเสริมศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

เรื่อง แบบจำลองอะตอม

กลุ่มที่.....

สมาชิก 1.....เลขที่.....
 2.....เลขที่.....
 3.....เลขที่.....
 4.....เลขที่.....
 5.....เลขที่.....
 6.....เลขที่.....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาค้นคว้าข้อมูลของแบบจำลองอะตอมที่กำหนดให้ และสร้างแบบจำลองอะตอม (รวม 30 คะแนน)

จุดประสงค์

1. ตั้งปัญหาเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองอะตอมได้
2. ตั้งสมมุติฐานเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองอะตอมได้
3. สืบค้นและสรุปข้อมูลเกี่ยวกับแบบจำลองอะตอม
4. อธิบายลักษณะของแบบจำลองอะตอมและสามารถร่างแบบจำลองอะตอมได้
5. สามารถสร้างแบบจำลองอะตอมได้

กิจกรรมเสริมศึกษา

ลักษณะที่กำหนดให้เป็นแบบจำลองอะตอมของใคร

ลักษณะที่ 1 อะตอมเป็นทรงกลม ขนาดเล็กที่สุด ไม่สามารถแบ่งแยกได้

.....

ลักษณะที่ 2 อะตอมเป็นทรงกลม ประกอบด้วยโปรตอนซึ่งมีประจุบวก และ อิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบกระจายอยู่ทั่วไปอย่างสม่ำเสมอ อะตอมในสภาพที่เป็นกลางทาง ไฟฟ้าจะมีจำนวนประจุบวกเท่ากับจำนวนประจุลบ

.....

ลักษณะที่ 3 อะตอมเป็นทรงกลม ประกอบด้วยนิวเคลียสที่มีประจุบวกอยู่ตรงกลางอะตอม โดยมีอิเล็กตรอนที่มีประจุลบวิ่งอยู่รอบ ๆ นิวเคลียส

ลักษณะที่ 4 อะตอมเป็นทรงกลม ประกอบด้วยนิวเคลียสอยู่ตรงกลางอะตอม โดยมีอิเล็กตรอนวิ่งอยู่โดยรอบ อะตอมเป็นระดับชั้นพลังงาน

ลักษณะที่ 5 อะตอมเป็นทรงกลม ประกอบด้วยนิวเคลียสอยู่ตรงกลางอะตอม มีอิเล็กตรอนวิ่งอยู่โดยรอบนิวเคลียส โดยมีทิศทางไม่แน่นอน

คำถามกระตุ้นความคิด นักเรียนคิดว่าลักษณะของแบบจำลองอะตอมใด เป็นลักษณะของแบบจำลองอะตอมที่ครูกำหนดให้ของแต่ละกลุ่ม (ตอบเฉพาะกลุ่มของตนเอง) แนวทางการตอบ

สถานการณ์

สมมุตินักเรียนเป็นครู สาขาวิชาเคมี กำลังสอนเรื่องวิวัฒนาการแบบจำลองอะตอม แต่ปรากฏว่าไม่มีสื่อการเรียนการสอน นักเรียนไม่เข้าใจเนื่องจากอะตอมไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้เพราะมีขนาดเล็กมาก และที่สำคัญนักเรียนไม่เคยเห็นอะตอมมาก่อน ครูจึงพยายามผลิตสื่อการสอนเพื่อให้นักเรียนเข้าใจ ถ้านักเรียนเป็นครูคนนั้น นักเรียนจะอย่างไร โดยให้ใช้งบประมาณและเวลาในการผลิตสื่อให้น้อยที่สุด

1. ปัญหา คือ.....

.....

2. สมมุติฐาน

.....

3. รวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้ร่างแบบแปลนจำลองอะตอมของ“.....”

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. ร่างแบบจำลองอะตอม

4.1 วัสดุ/อุปกรณ์

.....

.....

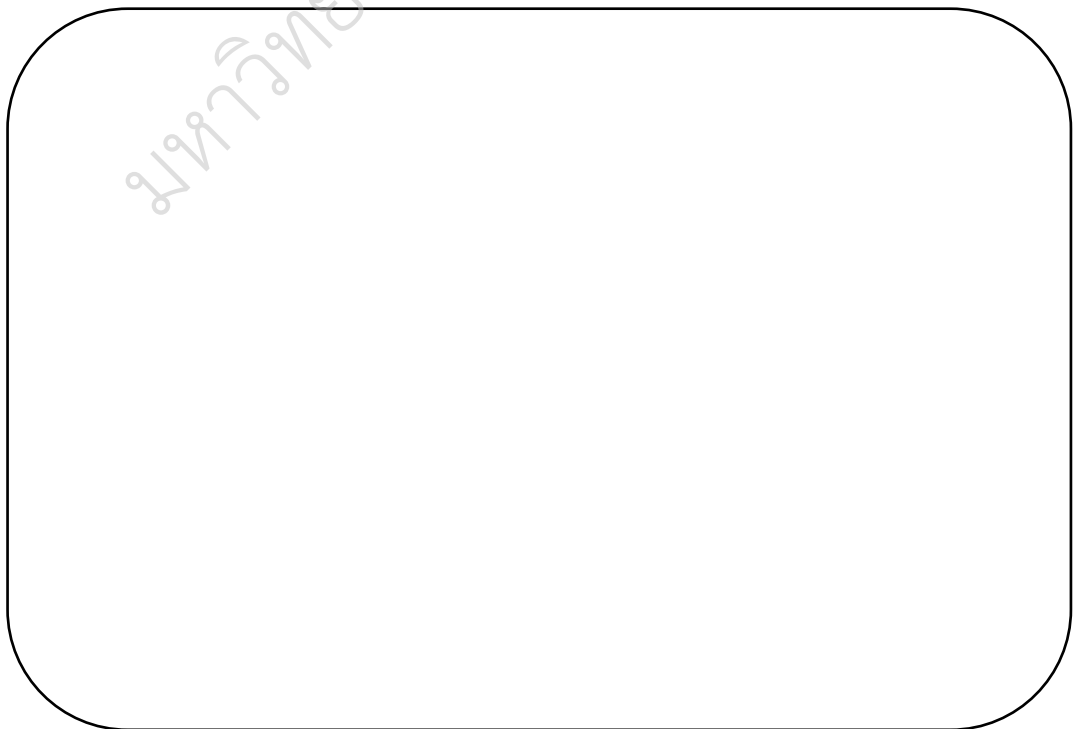
.....

.....

.....

.....

4.2 ร่างแบบจำลองอะตอม (วาดภาพแบบจำลองอะตอมและคำอธิบาย)



4.3 ขั้นตอน/วิธีการดำเนินงาน

.....

.....

.....

.....

.....

5. ผลที่ปรากฏ

.....

.....

.....

.....

6. คำถามที่ส่งเสริมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

6.1 กิจกรรมนี้อธิบายเรื่องอะไร

.....

.....

6.2 กิจกรรมนี้สำคัญอย่างไร

.....

.....

.....

6.3 สัมพันธ์กับเทคโนโลยี คือ อย่างไร.....

.....

.....

.....

6.4 สัมพันธ์กับวิศวกรรม คือ อย่างไร.....

.....

.....

6.5 สัมพันธ์กับคณิตศาสตร์ คือ อย่างไร.....

.....

.....

.....

6.6 นำไปใช้แก้ปัญหา เรื่อง

.....

.....

7. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้ฝึก (นักเรียนระบุกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติ)

7.1 ทักษะการสังเกต

.....

7.2 ทักษะการวัด

.....

7.3 ทักษะการจำแนกประเภท

.....

7.4 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส และสเปกกับเวลา

.....

7.5 ทักษะการคำนวณ

.....

7.6 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

.....

7.7 ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล

.....

7.8 ทักษะการตั้งสมมุติฐาน

.....

7.9 การสร้างแบบจำลองอะตอม

.....

7.10 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ

.....

.....

แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง แบบจำลองอะตอม

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. ข้อความในข้อใดต่อไปนี้เป็นสาเหตุจากการสังเกต (ทักษะการสังเกต)

- ก. แบบจำลองอะตอมของกลุ่มหมอกมีนิวเคลียส
- ข. โปรตอนมีมวลเท่ากับ 1.673×10^{-24} g มีประจุเป็นบวก
- ค. แบบจำลองอะตอมของดอลตันมีลักษณะเป็นทรงกลม
- ง. อิเล็กตรอนมีมวลเท่ากับ 9.109×10^{-28} g มีประจุเป็นลบ

2. จากการสังเกตในข้อใดเป็นข้อมูลเกี่ยวกับการวัด (ทักษะการวัด)

- ก. นักเรียนกลุ่มที่ 1 ใช้ฟิลาในการสร้างแบบจำลองอะตอม
- ข. นักเรียนกลุ่มที่ 2 ใช้กระดาษในการสร้างแบบจำลองอะตอม
- ค. นักเรียนกลุ่มที่ 3 ใช้ลูกปิงปองเป็นนิวเคลียสตามแบบจำลองอะตอมของโบว์
- ง. นักเรียนกลุ่มที่ 4 ใช้ฟิลาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 cm. ในการสร้าง

แบบจำลองอะตอม

3. จากข้อมูลต่อไปนี้ข้อใดถูกต้อง (ทักษะการจำแนกประเภท)

ข้อ	อนุภาคย่อย	สัญลักษณ์	มวล (g)	ประจุ
ก	อิเล็กตรอน (electron)	e^-	9.109×10^{-28}	-
ข	นิวตรอน (neutron)	n	1.675×10^{-24}	0
ค	โปรตอน (proton)	P^+	1.673×10^{-24}	+

ก. ข้อ ก เท่านั้น

ข. ข้อ ก และ ข

ค. ข้อ ข และ ค

ง. ข้อ ก ข และ ค

4. ถ้าโปรตอนและอิเล็กตรอนมีมวลเท่ากับ 1.6×10^{-27} และ 9.1×10^{-31} Kg ตามลำดับ อัตราส่วน e/m ของอิเล็กตรอนจะมีค่าเป็นกี่เท่าของอนุภาคแอลฟา (${}^4_2\text{He}$) (ทักษะการคำนวณ)

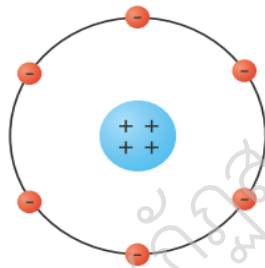
ก. ประมาณ 4 เท่า

ข. ประมาณ 900 เท่า

ค. ประมาณ 3700 เท่า

ง. ประมาณ 3900 เท่า

5. พิจารณาจากแบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด ดังรูป (ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส และสเปกกับเวลา)



จากรูปข้างต้น ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุกับช่วงเวลา ข้อใดถูกต้อง

ก. อะตอมเป็นทรงกลม

ข. อะตอมมีโปรตอนน้อยกว่าอิเล็กตรอน

ค. อะตอมประกอบด้วยโปรตอนและอิเล็กตรอนที่เท่ากัน

ง. เมื่อเวลาผ่านไปอิเล็กตรอนที่มีประจุลบวิ่งอยู่รอบ ๆ นิวเคลียส

6. ในการยิงแผ่นโลหะ Al บาง ๆ ด้วยอิเล็กตรอน ปรากฏว่า Al 3 โมล ถูกชนให้อิเล็กตรอนกระเด็นหลุดออกไปแล้วกลายเป็น Al^{3+} จะมีจำนวนอิเล็กตรอนที่กระเด็นหลุดออกไปกี่อิเล็กตรอน

(ทักษะการคำนวณ)

ก. 5.418×10^{23}

ข. 5.418×10^{24}

ค. 1.806×10^{23}

ง. 1.806×10^{24}

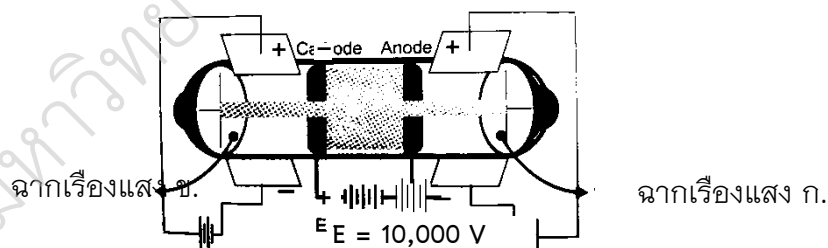
7. ข้อใดสนับสนุนว่าอะตอมชนิดเดียวกันสมบัติไม่เหมือนกัน (ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล)

- ก. การพบสเปกตรัม
- ข. การค้นพบไอโซโทป
- ค. การค้นพบธาตุกัมมันตรังสี
- ง. การค้นพบอิเล็กตรอน นิวตรอน และโปรตอน

8. ข้อใดคือเหตุผลที่ทำให้แบบจำลองอะตอมมีการเปลี่ยนแปลงได้ (ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล)

- ก. นักวิทยาศาสตร์มีการทดลองที่หลากหลาย
- ข. มีการสรุปแนวความคิดของบุคคลสำคัญในยุคนั้น ๆ
- ค. ปรากฏการณ์ธรรมชาติมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม
- ง. แบบจำลองอะตอมที่มีอยู่ไม่สามารถอธิบายผลการทดลองใหม่ที่เกี่ยวข้องได้

9. ถ้าทำการทดลองโดยใช้หลอดรังสีแคโทดที่สร้างขึ้นเป็นพิเศษและจัดอุปกรณ์ดังนี้ (ทักษะการทดลอง)



ผลการทดลองต่อไปนี้ข้อใดถูกต้องที่สุด

- ก. เกิดจุดสว่างตรงจุดกึ่งกลางของฉากรเรืองแสง ก.
- ข. เกิดจุดสว่างเหนือจุดกึ่งกลางของฉากรเรืองแสง ก.
- ค. เกิดจุดสว่างตรงจุดกึ่งกลางของฉากรเรืองแสง ข.
- ง. เกิดจุดสว่างเหนือจุดกึ่งกลางของฉากรเรืองแสง ข.

10. จากการทดลอง ข้อที่ 9 ข้อใดเป็นการตั้งสมมุติฐานที่ถูกต้องที่สุด (ทักษะการตั้งสมมุติฐาน)

- ก. เกิดจุดสว่างเหนือจุดกึ่งกลางของฉากรีเอียงแสง ก.
- ข. เกิดจุดสว่างตรงจุดกึ่งกลางของฉากรีเอียงแสง ก.
- ค. เกิดจุดสว่างเหนือจุดกึ่งกลางของฉากรีเอียงแสง ข.
- ง. เกิดจุดสว่างตรงจุดกึ่งกลางของฉากรีเอียงแสง ข.

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

เฉลยคำตอบ

แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

เรื่อง แบบจำลองอะตอม

ข้อ	เฉลย
1	ค
2	ง
3	ง
4	ค
5	ง
6	ก
7	ข
8	ง
9	ข
10	ก

แบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน

เรื่อง แบบจำลองอะตอม

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. อะตอมประกอบไปด้วยโปรตอนและอิเล็กตรอนในจำนวนที่เท่า ๆ กัน คือ แบบจำลองอะตอมของใคร (**ความรู้ความจำ**)

- | | |
|---------------|-----------|
| ก. ดอลตัน | ข. ทอมสัน |
| ค. รutherford | ง. โบร์ |

2. ข้อใดไม่ใช่ทฤษฎีอะตอมของจอห์น ดอลตัน (John Dalton) (**ความรู้ความจำ**)

- อะตอมเป็นอนุภาคที่เล็กที่สุด แบ่งแยกอีกไม่ได้
- อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันมีสมบัติเหมือนกัน
- อะตอมเป็นอนุภาคที่เล็กที่สุด แบ่งแยกได้ มีสมบัติเหมือนกัน
- อะตอมต้องเกิดจากการประกอบเกิดจากอะตอมของธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป

3. ทฤษฎีแบบจำลองอะตอมของดอลตันได้มาอย่างไร (**ความเข้าใจ**)

- การทดลอง
- การเสนอความคิด
- การใช้หลักตรรกศาสตร์
- การทำแบบสอบถามนักวิทยาศาสตร์อื่น ๆ

4. วิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอมข้อใดถูกต้องที่สุด (**ความเข้าใจ**)

- การศึกษาเส้นสเปกตรัมของธาตุ
- การยิงอนุภาคแอลฟาผ่านแผ่นทองคำเปลว
- การค้นพบว่าอะตอมมีค่าพลังงานไอออนไนเซชันต่างกัน
- การค้นพบอนุภาคโปรตอน และอนุภาคของอิเล็กตรอน

5. ข้อใดสนับสนุนว่าอะตอมไม่ใช่อนุภาคที่เล็กที่สุด (การวิเคราะห์)

- ก. การค้นพบไอโซโทป
- ข. การค้นพบธาตุกัมมันตรังสี
- ค. การค้นพบสารประกอบชนิดต่าง ๆ
- ง. การค้นพบอิเล็กตรอน นิวตรอน และโปรตอน

6. “มวลส่วนใหญ่ของอะตอมอยู่ในนิวเคลียสที่มีขนาดเล็ก” ข้อสรุปนี้ได้จากข้อมูลในข้อใด (การวิเคราะห์)

- ก. ข้อมูลเกี่ยวกับรังสีแคโทด
- ข. ข้อมูลของแก๊สที่สามารถบีบอัดได้
- ค. การศึกษาการผ่านแสงไปยังปริซึม
- ง. การศึกษาอนุภาคแอลฟาผ่านแผ่นโลหะบาง

7. ในทางการแพทย์ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดใดในการวินิจฉัยโรคหัวใจ (การนำไปใช้)

- | | |
|-------------------|------------------|
| ก. รังสีอินฟราเรด | ข. รังสีเอกซ์ |
| ค. คลื่นวิทยุ | ง. คลื่นไมโครเวฟ |

8. นักเรียนสามารถนำแบบจำลองอะตอมของใครมาใช้ในการหาระดับพลังงานของอิเล็กตรอน (การนำไปใช้)

- ก. แบบจำลองอะตอมของโบว์
- ข. แบบจำลองอะตอมของทอมสัน
- ค. แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก
- ง. แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด

9. แบบจำลองอะตอมแบบใดที่สามารถนำไปใช้อธิบายสมบัติของอะตอมได้ดีที่สุด

(การประเมินค่า)

- ก. แบบจำลองอะตอมของโบว์
- ข. แบบจำลองอะตอมของทอมสัน
- ค. แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก
- ง. แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด

10. ข้อใดคือความแตกต่างระหว่างแบบจำลองอะตอมของทอมสันและรัทเทอร์ฟอร์ด

(การวิเคราะห์)

- ก. ชนิดของอนุภาคที่อยู่ในอะตอม
- ข. ตำแหน่งของอนุภาคที่อยู่ในอะตอม
- ค. จำนวนของอนุภาคที่อยู่ในอะตอม
- ง. ขนาดของอนุภาคที่อยู่ในอะตอม

เฉลยคำตอบ

แบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน

เรื่อง แบบจำลองอะตอม

ข้อ	เฉลย
1	ข
2	ค
3	ข
4	ค
5	ง
6	ก
7	ข
8	ก
9	ค
10	ข

เกณฑ์การวัดและประเมินผล

แบบบันทึกผลการประเมินใบงาน/ใบกิจกรรม

เรื่อง วิชาพัฒนาการของแบบจำลองอะตอม รายวิชา เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง : ให้ผู้สอนประเมินใบงาน/ใบกิจกรรม โดยลงคะแนนในแต่ละข้อตามเกณฑ์
การประเมิน

เลข ที่	ชื่อ - สกุล	ใบงาน/ใบกิจกรรม					คะแนนรวม (20)	ผลการตัดสิน
		ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5		
		(4)	(4)	(4)	(4)	(4)		
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นางสาวจินตนา นันตะบุตร)

เกณฑ์การแปลความหมายคะแนน	
ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
20 – 16	4
15 – 11	3
10 – 6	2
ต่ำกว่า 6	1

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ	
ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
4	ดีเยี่ยม
3	ดี
2	พอใช้
1	ปรับปรุง

เกณฑ์การวัดและประเมินใบงาน

เรื่อง วิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอม รายวิชา เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
ข้อ 1	เนื้อหาสาระ ถูกต้องครบถ้วน	เนื้อหาสาระ ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	เนื้อหาสาระ ถูกต้อง เป็นบางประเด็น	เนื้อหาสาระ ไม่ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
ข้อ 2	เนื้อหาสาระ ถูกต้องครบถ้วน	เนื้อหาสาระ ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	เนื้อหาสาระ ถูกต้อง เป็นบางประเด็น	เนื้อหาสาระ ไม่ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
ข้อ 3	เนื้อหาสาระ ถูกต้องครบถ้วน	เนื้อหาสาระ ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	เนื้อหาสาระ ถูกต้อง เป็นบางประเด็น	เนื้อหาสาระไม่ ถูกต้องเป็นส่วน ใหญ่
ข้อ 4	เนื้อหาสาระ ถูกต้องครบถ้วน	เนื้อหาสาระ ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	เนื้อหาสาระ ถูกต้อง เป็นบางประเด็น	เนื้อหาสาระ ไม่ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่
ข้อ 5	เนื้อหาสาระ ถูกต้องครบถ้วน	เนื้อหาสาระ ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่	เนื้อหาสาระ ถูกต้อง เป็นบางประเด็น	เนื้อหาสาระ ไม่ถูกต้อง เป็นส่วนใหญ่

เกณฑ์การวัดและประเมินผล

แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง แบบจำลองอะตอม รายวิชา เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง : ให้ผู้สอนประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แล้วทำเครื่องหมาย
ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	(3)	(2)	(1)
1. ทักษะการสังเกต			
2. ทักษะการวัด			
3. ทักษะการจำแนกประเภท			
4. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา			
5. ทักษะการคำนวณ			
6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล			
7. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล			
8. ทักษะการตั้งสมมุติฐาน			
9. ทักษะการสร้างแบบจำลองอะตอม			
รวมคะแนน			
ระดับคุณภาพ			

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(นางสาวจินตนา นันทะบุตร)

เกณฑ์การแปลความหมายคะแนน	
ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
27 – 22	4
21 – 15	3
14 – 8	2
ต่ำกว่า 8	1

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ	
ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
4	ดีเยี่ยม
3	ดี
2	พอใช้
1	ปรับปรุง

เกณฑ์การวัดและประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง แบบจำลองอะตอม รายวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. ทักษะการสังเกต	ใช้ประสาทสัมผัสในการสังเกตและบรรยายผลการสังเกตโดยไม่ใช้ความรู้สึกส่วนตัว หรือ ความเห็น หรือ ความรู้เดิมประกอบ	ใช้ประสาทสัมผัสในการสังเกตบรรยายผลการสังเกตโดยใช้ความรู้สึกส่วนตัวและหรือความเห็น หรือ ความรู้เดิมประกอบบางส่วน	ใช้ประสาทสัมผัสในการสังเกตและบรรยายผลการสังเกตโดยใช้ความรู้สึกส่วนตัว หรือความเห็น หรือ ความรู้เดิมประกอบเป็นส่วนใหญ่
2. ทักษะการวัด	เลือกและใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้อง ทำการวัดอย่างน้อย 3 ครั้งและใช้หน่วยได้ถูกต้อง	เลือกและใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้องแต่ทำการวัดเพียงครั้งเดียว หรือ ใช้หน่วยไม่ถูกต้องบางส่วน	เลือกและใช้เครื่องมือวัดได้ไม่ถูกต้อง ทำการวัดเพียงครั้งเดียวส่วนใหญ่ใช้หน่วยไม่ถูกต้อง
3. ทักษะการจำแนกประเภท	จัดแบ่งหรือเรียงลำดับสิ่งที่สนใจศึกษาได้สอดคล้องกับเกณฑ์ที่ใช้ครบถ้วน สมบูรณ์	จัดแบ่งหรือเรียงลำดับสิ่งที่สนใจศึกษาได้ไม่สอดคล้องกับเกณฑ์ที่ใช้บางส่วน	จัดแบ่งหรือเรียงลำดับสิ่งที่สนใจศึกษาได้ไม่สอดคล้องกับเกณฑ์ที่ใช้ส่วนใหญ่
4. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา	ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งหนึ่งกับอีกตำแหน่งที่เปลี่ยนไปของวัตถุหรือระหว่างตำแหน่งของวัตถุกับเวลาที่เปลี่ยนไปเมื่อมีปัจจัยภายนอกกระทำกับวัตถุได้อย่างถูกต้องทั้งหมด	ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งหนึ่งกับอีกตำแหน่งที่เปลี่ยนไปของวัตถุหรือระหว่าง ตำแหน่งของวัตถุกับเวลาที่เปลี่ยนไปเมื่อมีปัจจัยภายนอกกระทำกับวัตถุได้อย่างถูกต้องส่วนใหญ่	ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งหนึ่งกับอีกตำแหน่งที่เปลี่ยนไปของวัตถุหรือระหว่าง ตำแหน่งของวัตถุกับเวลาที่เปลี่ยนไปเมื่อมีปัจจัยภายนอกกระทำกับวัตถุได้อย่างถูกต้องบางส่วน
5. ทักษะการคำนวณ	คำนวณหาค่าที่ต้องการโดยใช้วิธีการทางการคำนวณ เช่น การหาค่าเฉลี่ย อัตราส่วนใหญ่ได้ถูกต้องทั้งหมด	คำนวณหาค่าที่ต้องการโดยใช้วิธีการทางการคำนวณ เช่น การหาค่าเฉลี่ย อัตราส่วนใหญ่ได้ถูกต้อง	คำนวณหาค่าที่ต้องการโดยใช้วิธีการทางการคำนวณ เช่น การหาค่าเฉลี่ย อัตราส่วนได้ถูกต้องบางส่วน

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
6. ทักษะการจัด กระทำและสื่อ ความหมาย ข้อมูล	มีการนำผลการสังเกต การวัด หรือทดลอง มาจัดกระทำ เช่น หาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยก ประเภท หรือ คำนวณค่าใหม่ ที่ถูกต้องและชัดเจนสมบูรณ์	มีการนำผลการสังเกต การวัด หรือทดลอง มาจัดกระทำ เช่น หาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภท หรือ คำนวณค่าใหม่ได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ชัดเจน หรือไม่ สมบูรณ์	มีการนำผลการสังเกต การวัด หรือทดลอง มาจัดกระทำ เช่น หาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภท หรือ คำนวณค่าใหม่ได้ถูกต้อง บางส่วน
7. ทักษะการลง ความเห็นจาก ข้อมูล	ลงความเห็นโดยอาศัย หลักฐานที่ได้จากการสังเกต หรือที่ได้จากการทำกิจกรรม ครบถ้วน	ลงความเห็นโดยอาศัย หลักฐานที่ได้จาก การสังเกต หรือที่ได้จาก การทำกิจกรรมส่วนใหญ่	ลงความเห็นโดยอาศัย หลักฐานที่ได้จากการสังเกต หรือที่ได้จากการทำกิจกรรม บางส่วน
8. ทักษะการตั้ง สมมุติฐาน	ตั้งสมมุติฐานได้สอดคล้องกับ ปัญหาและแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างเหตุและผลได้อย่าง ชัดเจน	ตั้งสมมุติฐานได้สอดคล้อง กับปัญหาแต่แสดง ความสัมพันธ์ระหว่างเหตุ และผลไม่ชัดเจน	ตั้งสมมุติฐานได้สอดคล้อง กับปัญหาบางส่วน
9. ทักษะการ สร้างแบบจำลอง	สอดคล้องกับเนื้อหาสร้างหรือ ใช้สิ่งที่ทำขึ้นมา เพื่อเลียนแบบ หรืออธิบายปรากฏการณ์ที่ กำลังศึกษา แล้วนำเสนอเป็น ชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจง่ายขึ้น และใช้วัสดุอย่างคุ้มค่า	สอดคล้องกับเนื้อหาสร้าง หรือใช้สิ่งที่ทำขึ้นมา เพื่อ เลียนแบบหรืออธิบาย ปรากฏการณ์ที่กำลัง ศึกษา แล้วนำเสนอเป็น ชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ	สอดคล้องกับเนื้อหาสร้าง หรือใช้สิ่งที่ทำขึ้นมา เพื่อ เลียนแบบปรากฏการณ์ที่ กำลังศึกษา แล้วนำเสนอ เป็นชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

เกณฑ์การวัดและประเมินผล

แบบบันทึกผล

การประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์และสมรรถนะที่สำคัญของผู้เรียน

เรื่อง แบบจำลองอะตอม รายวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เลข ที่	ชื่อ - สกุล	คุณลักษณะอันพึงประสงค์					สมรรถนะที่สำคัญ				คะแนนรวม	ผลการตัดสิน
		ซื่อสัตย์สุจริต	วินัย	ใฝ่เรียนรู้	มุ่งมั่นในการทำงาน	มีจิตสาธารณะ	ความสามารถในการสื่อสาร	ความสามารถในการคิด	ความสามารถในการแก้ปัญหา	ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี		
		(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(27)	
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

____ / ____ / ____

เกณฑ์การแปลความหมายคะแนน	
ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
27 - 22	4
21 - 15	3
14 - 8	2
ต่ำกว่า 8	1

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ	
ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
4	ดีเยี่ยม
3	ดี
2	พอใช้
1	ปรับปรุง

เกณฑ์การประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์และสมรรถนะที่สำคัญของผู้เรียน
เรื่อง แบบจำลองอะตอม รายวิชา เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. ชื่อสัตย์สุจริต	ให้ข้อมูลที่ถูกต้องและเป็นจริง ปฏิบัติในสิ่งที่ถูกต้อง ละอายเกรงกลัวที่จะทำผิด ทำตามสัญญาที่ตนให้ไว้กับเพื่อน พ่อแม่ หรือผู้ปกครอง และครู เป็นแบบอย่างที่ดีด้านความซื่อสัตย์	ให้ข้อมูลที่ถูกต้องและเป็นจริง ปฏิบัติในสิ่งที่ถูกต้อง ละอายเกรงกลัวที่จะทำผิด ทำตามสัญญาที่ตนให้ไว้กับเพื่อน พ่อแม่ หรือผู้ปกครอง และครู	ให้ข้อมูลที่ถูกต้องและเป็นจริง ปฏิบัติในสิ่งที่ถูกต้อง ทำตามสัญญาที่ตนให้ไว้กับเพื่อน พ่อแม่ หรือผู้ปกครอง และครู
2. มีวินัย	ปฏิบัติตามข้อตกลง กฎเกณฑ์ ระเบียบ ข้อบังคับของครอบครัว และโรงเรียนและสังคม ไม่ละเมิดสิทธิของผู้อื่น ตรงต่อเวลาในการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันและรับผิดชอบในการทำงาน ปฏิบัติเป็นปกติวิสัยและเป็นแบบอย่างที่ดี	ปฏิบัติตามข้อตกลง กฎเกณฑ์ ระเบียบ ข้อบังคับของครอบครัว และโรงเรียนและสังคม ไม่ละเมิดสิทธิของผู้อื่น ตรงต่อเวลาในการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันและรับผิดชอบในการทำงาน	ปฏิบัติตามข้อตกลง กฎเกณฑ์ ระเบียบ ข้อบังคับของครอบครัว และโรงเรียนตรงต่อเวลาในการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันและรับผิดชอบในการทำงาน
3. ใฝ่เรียนรู้	เข้าเรียนตรงต่อเวลา ตั้งใจเรียน เอาใจใส่และมีความเพียรพยายามในการเรียนรู้ มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกโรงเรียนเป็นประจำ และเป็นแบบอย่างที่ดี	เข้าเรียนตรงต่อเวลา ตั้งใจเรียน เอาใจใส่และมีความเพียรพยายามในการเรียนรู้ มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกโรงเรียนเป็นประจำ บ่อยครั้ง	เข้าเรียนตรงต่อเวลา ตั้งใจเรียน เอาใจใส่และมีความเพียรพยายามในการเรียนรู้ มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ บางครั้ง

เกณฑ์การ ประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
4. มุ่งมั่นในการทำงาน	ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ มีการปรับปรุงและพัฒนาการทำงานให้ดีขึ้นด้วยตนเองและเป็นแบบอย่างที่ดี	ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ มีการปรับปรุงและพัฒนาการทำงานให้ดีขึ้นด้วยตนเอง	ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ มีการปรับปรุงและพัฒนาการทำงานให้ดีขึ้น
5. มีจิตสาธารณะ	ช่วยพ่อแม่ผู้ปกครองและครูทำงาน อาสาทำงานและแบ่งปันสิ่งของให้ผู้อื่นด้วยความเต็มใจ	ช่วยพ่อแม่ผู้ปกครองและครูทำงาน อาสาทำงานด้วยความเต็มใจ	ช่วยพ่อแม่ผู้ปกครองและครูทำงานด้วยความเต็มใจ
6. ความสามารถในการสื่อสาร	พูดถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟัง หรือดูตามที่กำหนดได้อย่าง ถูกต้อง ครบถ้วน ชัดเจน และมั่นใจ	พูดถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟัง หรือดูตามที่กำหนดได้อย่าง ถูกต้อง ครบถ้วน ชัดเจน	พูดถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟัง หรือดูตามที่กำหนดได้ ไม่ชัดเจน
7. ความสามารถในการคิด	สามารถคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดอย่างสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ และคิดเป็นระบบ ได้ดีมาก	สามารถคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดอย่างสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ และคิดเป็นระบบ ได้ดี	สามารถคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดอย่างสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ และคิดเป็นระบบ ได้พอใช้
8. ความสามารถในการแก้ปัญหา	ตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหา โดยพิจารณาข้อดีและข้อจำกัด ซึ่งไม่เกิดผลกระทบในทางลบ แก่ตนเองและผู้อื่น มีการวางแผนในการแก้ปัญหาโดยใช้ข้อมูลและรายละเอียด ประกอบการวางแผนมีขั้นตอนของแผนงานอย่างชัดเจน และมีข้อมูลเพียงพอ	ตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหา โดยพิจารณาข้อดีและข้อจำกัด ซึ่งไม่เกิดผลกระทบในทางลบ แก่ตนเองและผู้อื่น มีการวางแผนในการแก้ปัญหา	ตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหา โดยพิจารณาข้อดีและข้อจำกัด ซึ่งไม่เกิดผลกระทบในทางลบ แก่ตนเองและผู้อื่น

เกณฑ์การ ประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
9. ความสามารถ ในการใช้ เทคโนโลยี	เลือกและใช้เทคโนโลยีที่ เหมาะสมในการสืบค้น ค้นคว้า รวบรวมสรุป ความรู้ได้ด้วยรูปแบบของ ตนเองอย่างสร้างสรรค์	เลือกและใช้เทคโนโลยีที่ เหมาะสม ในการสืบค้น ค้นคว้า รวบรวม ความรู้ได้ ด้วยตนเองอย่างถูกต้อง	ใช้เทคโนโลยีในการสืบค้น ค้นคว้า รวบรวม ความรู้ได้ ด้วยตนเองอย่างถูกต้อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 อะตอมและสมบัติของธาตุ

เวลา 20 ชั่วโมง

เรื่อง การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต

เวลา 4 ชั่วโมง

ผู้สอน นางสาวจินตนา นันตะบุตร

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม/ผลการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สารเคมี

เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุพันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้

ข้อ 8 สืบค้นข้อมูล และยกตัวอย่างการนำธาตุมาใช้ประโยชน์ รวมทั้งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

คณิตศาสตร์เพิ่มเติม สารจำนวนและพีชคณิต

เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวน ระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้น จากการดำเนินการ สมบัติของการดำเนินการ และนำไปใช้

ผลการเรียนรู้

ข้อ 2 เข้าใจและใช้ความรู้เกี่ยวกับตรรกศาสตร์เบื้องต้นในการสื่อสาร สื่อความหมาย และอ้างเหตุผล

เทคโนโลยี สารที่ 4 เทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

ตัวชี้วัด

ม.4/1 วิเคราะห์แนวคิดหลักของเทคโนโลยี ความสัมพันธ์กับศาสตร์อื่น ๆ โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์ รวมทั้งประเมินผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อมนุษยสังคม เศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยี

ม.4/2 ระบุปัญหาหรือความต้องการที่มีผลกระทบต่อสังคมรวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่มีความซับซ้อนเพื่อสังเคราะห์วิธีการเทคนิคในการแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงความถูกต้องด้านทรัพย์สินทางปัญญา

ม.4/3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ และตัดสินใจเลือกข้อมูลที่เป็นภายใต้เงื่อนไขและทรัพยากรที่มีอยู่ นำเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจด้วยเทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลาย โดยใช้ซอฟต์แวร์ช่วยในการออกแบบวางแผนขั้นตอนการทำงานและดำเนินการแก้ปัญหา

ม.4/4 ทดสอบ ประเมินผล วิเคราะห์ และให้เหตุผลของปัญหาหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นภายใต้กรอบเงื่อนไข หาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขและนำเสนอผลการแก้ปัญหา พร้อมทั้งเสนอแนวทางการพัฒนาต่อยอด

สาระการเรียนรู้

การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต

สาระสำคัญ

สมบัติบางประการของธาตุแต่ละชนิด ทำให้สามารถนำธาตุไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย ทั้งนี้การนำธาตุไปใช้ต้องตระหนักถึงผลกระทบที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะสารกัมมันตรังสีซึ่งต้องมีการจัดการอย่างเหมาะสม

จุดประสงค์การเรียนรู้

นักเรียนมีความรู้ ความสามารถในการในแต่ละด้าน ดังนี้

ด้านความรู้

สืบค้นข้อมูล และยกตัวอย่างการนำธาตุ มาใช้ประโยชน์ รวมทั้งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. ทักษะการสังเกต
2. ทักษะการวัด
3. ทักษะการจำแนกประเภท
4. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส และสเปกกับเวลา
5. ทักษะการคำนวณ
6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
7. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล
8. ทักษะการตั้งสมมุติฐาน
9. ทักษะการสร้างแบบจำลอง

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. ซื่อสัตย์สุจริต
2. มีวินัย
3. ใฝ่เรียนรู้
4. มุ่งมั่นในการทำงาน
5. มีจิตสาธารณะ

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

1. ความสามารถในการสื่อสาร
2. ความสามารถในการคิด
3. ความสามารถในการแก้ปัญหา
4. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) นักเรียนทำความเข้าใจปัญหา วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อระบุปัญหาและกำหนดขอบเขตของปัญหา ที่จะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ จากอินเทอร์เน็ต และแหล่งข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการ (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อร่างแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากรข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) นักเรียนกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงาน แล้วลงมือปฏิบัติ

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข วิธีการแก้ปัญหาหรือใช้ชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการ โดยผลที่ได้เอานำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหา (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้สนใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาชิ้นงานต่อไป

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

ชั่วโมงที่ 1 – 2

นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาหรือสถานการณ์

1.1 ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการอธิบายว่า มนุษย์นำธาตุมาใช้ประโยชน์ตั้งแต่อดีต เช่น นำทองคำมาทำเครื่องประดับ นำเหล็กมาทำมีด นำทองแดงมาทำภาชนะเครื่องใช้ ในปัจจุบันมีการค้นพบและศึกษาสมบัติของธาตุมากขึ้นจึงมีการนำธาตุมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายมากขึ้น

ประโยชน์ของธาตุ ธาตุโลหะมีสมบัติการนำความร้อนและนำไฟฟ้าได้ดีจึงนิยมนำมาทำเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า ธาตุกึ่งโลหะ เช่น ซีลีกอน เจอร์เมเนียม มีสมบัติก้ำกึ่งระหว่างสมบัติของโลหะและอโลหะ นิยมนำมาทำเป็นสารกึ่งตัวนำ ซึ่งมีสมบัติในการนำ

ไฟฟ้าอยู่ระหว่างตัวนำและฉนวนเพื่อใช้เป็นวัสดุทำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ธาตุหมู่ 18 หรือ VIIIA เป็นธาตุที่เฉื่อยต่อการเกิดปฏิกิริยาจึงนำมาใช้ประโยชน์ตามสมบัติของแก๊สมีสกุล เช่น นำฮีเลียมซึ่งมีความหนาแน่นน้อยกว่าอากาศมาบรรจุในบอลลูนและเรือเหาะ แทนแก๊สไฮโดรเจน เนื่องจากแก๊สฮีเลียมไม่ติดไฟเหมือนแก๊สไฮโดรเจน นำอาร์กอนมาเป็นแก๊สบรรจุในหลอดไฟเพื่อให้หลอดมีอายุการใช้งานที่นานขึ้น

ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ธาตุบางชนิดส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม เช่น ตะกั่วถูกใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่ โลหะบัดกรี อิเล็กทรอนิกส์ ล้วนส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต เช่น อาจส่งผลกระทบต่อระบบการเจริญพันธุ์ ระบบโลหิตและระบบประสาทของสัตว์ในแหล่งน้ำนั้น มนุษย์สามารถนำตะกั่วเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ การบริโภค การหายใจ และทางผิวหนัง

1.2 นักเรียนร่วมกันยกตัวอย่างธาตุและการนำธาตุนั้นไปใช้ประโยชน์ แล้วใช้คำถามต่อว่า เพราะเหตุใดจึงนำธาตุไปใช้ประโยชน์ได้ต่างกัน (แนวคำตอบคือ การนำธาตุไปใช้ประโยชน์พิจารณาจากสมบัติของธาตุนั้น ๆ โดยธาตุแต่ละชนิดมีสมบัติเฉพาะตัวและแตกต่างจากธาตุอื่น ๆ จึงใช้ประโยชน์ได้ต่างกัน)

1.3 นักเรียนยกตัวอย่างชื่อธาตุ และผลกระทบของธาตุต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อมและถามต่ออีกว่าผลกระทบของธาตุเกิดจากสิ่งใดได้บ้าง (แนวคำตอบคือ ตัวธาตุและกระบวนการที่มนุษย์นำธาตุไปใช้ประโยชน์)

1.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลผลกระทบของธาตุต่อสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม โดยแต่ละกลุ่มไม่ควรซ้ำกัน (อาจแบ่งธาตุตามหมู่) นำข้อมูลที่สืบค้นได้มาเสนอและอภิปรายร่วมกัน

1.5 นักเรียนทำใบงานที่ 1 เรื่อง ประโยชน์และผลกระทบของการใช้ธาตุ

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

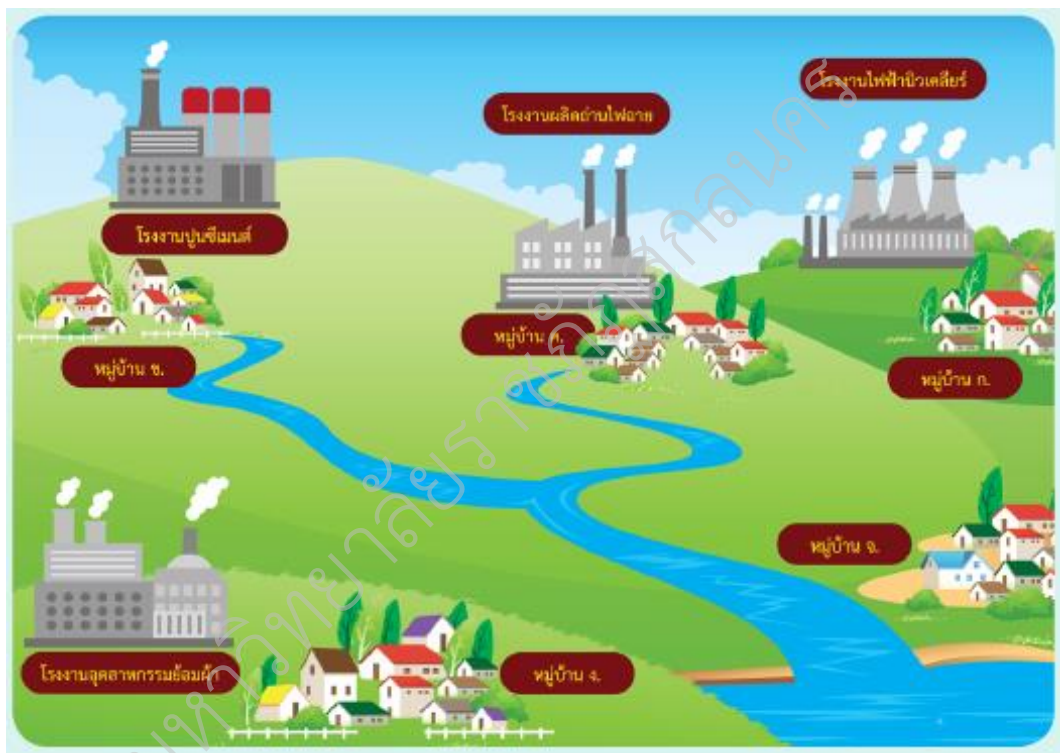
2.1 นักเรียนแบ่งกลุ่มด้วยวิธีการคละ กลุ่มละ 4-5 คน

2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาปัญหาร่วมกันสรุปอภิปราย

ชั่วโมงที่ 4 – 5

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

นักเรียนทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบสถานการณ์จำลอง ดังรูปที่ 1 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองสถานการณ์



รูปที่ 1 ตัวอย่างการสร้างแบบจำลองสถานการณ์

ที่มา : หนังสือเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมี ม.4 เล่ม 1
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

นักเรียนวางแผนการทำงานและลงมือปฏิบัติ ตามแนวคิดและวิธีการที่ได้ออกแบบไว้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

ตอนที่ 1 วิธีการสร้างแบบจำลองสถานการณ์

ตอนที่ 2 สร้างแบบจำลองสถานการณ์

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือ **ชิ้นงาน**

นักเรียนนำแบบจำลองสถานการณ์มานำเสนอและอธิบายให้เพื่อน และครูฟัง เพื่อร่วมกันอภิปรายว่า แบบจำลองสถานการณ์การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และ ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต สามารถอธิบายและใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้จริง

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหา

6.1 นักเรียนนำเสนอแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นโดยอธิบาย เหตุผลในการเลือกใช้วัสดุ-อุปกรณ์ วิธีการที่ทำ ระยะเวลาที่กำหนดรวมทั้งแนวทางในการ ปรับปรุงแก้ไข โดยให้อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ

6.2 นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับการ แบบจำลองสถานการณ์ ครูอธิบายเพิ่มเติมจากนั้นขยายความรู้เพื่อเชื่อมโยงไปถึงบทต่อไป พันธะเคมี และการเกิดปฏิกิริยาเคมีอื่น ๆ ทั้งในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรม

สื่อการเรียนรู้

- 1) ใบความรู้ เรื่อง การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต
- 2) ใบงาน เรื่อง การนำธาตุไปใช้ประโยชน์
- 3) ใบกิจกรรมส่งเสริมศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต
- 4) วัสดุ-อุปกรณ์ กิจกรรมส่งเสริมศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ เรื่อง การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต

การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์
ด้านความรู้	- ตรวจแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน	- แบบทดสอบวัด ผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียน	
	- ตรวจใบงาน/ใบ กิจกรรม	- แบบประเมิน ใบงาน/ใบกิจกรรม	ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
ด้านทักษะ กระบวนการทาง วิทยาศาสตร์	- ตรวจแบบทดสอบ วัดทักษะ กระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์	- แบบทดสอบวัด ทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์	ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์
	- สังเกตทักษะ กระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์	- แบบประเมิน ทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์	ระดับคุณภาพดี
คุณลักษณะอันพึง ประสงค์ และ สมรรถนะที่สำคัญ ของผู้เรียน	- สังเกตความ ซื่อสัตย์สุจริต มีวินัย ใฝ่เรียนรู้ มุ่งมั่นใน การทำงาน และมีจิต สาธารณะ มีความ สามารถในการ สื่อสาร การคิด การ แก้ปัญหาและมี ความสามารถในการ ใช้เทคโนโลยี	- แบบประเมิน คุณลักษณะอันพึง ประสงค์และ สมรรถนะที่สำคัญ ของผู้เรียน	ระดับคุณภาพดี

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการจัดการเรียนรู้

ด้านความรู้.....

.....

ด้านทักษะกระบวนการ.....

.....

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์.....

.....

ปัญหา/อุปสรรค.....

.....

แนวทางการแก้ไข.....

.....

ลงชื่อ..... ผู้บันทึก

(นางสาวจินตนา นันตะบุตร)

____ / ____ / ____

ใบความรู้ เรื่อง การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต

คำชี้แจง: ให้นักเรียนศึกษาใบความรู้ เรื่อง การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต

การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต

มนุษย์นำธาตุมาใช้ประโยชน์ตั้งแต่อดีตกาล เช่น นำทองคำมาทำเครื่องประดับ นำเหล็กมาทำมีด นำทองแดงมาทำภาชนะเครื่องใช้ ในปัจจุบันมีการค้นพบและศึกษาสมบัติของธาตุมากขึ้นจึงมีการนำธาตุมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลายมากขึ้น

ประโยชน์ของธาตุ

ธาตุโลหะมีสมบัติการนำความร้อนและนำไฟฟ้าได้ดีจึงนิยมนำมาทำเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น นำทองแดงมาทำสายไฟฟ้า นำสังกะสีมาทำขั้วไฟฟ้าของถ่านไฟฉาย

ธาตุกึ่งโลหะ เช่น ซีลีเนียม เจอร์เมเนียม มีสมบัติก้ำกึ่งระหว่างสมบัติของโลหะและอโลหะ เช่น นำไฟฟ้าได้แต่นำได้ไม่ดี นิยมนำมาทำเป็นสารกึ่งตัวนำ ซึ่งมีสมบัติในการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่างตัวนำและฉนวนเพื่อใช้เป็นวัสดุทำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ธาตุหมู่ 18 หรือ VIIIA เป็นธาตุที่เฉื่อยต่อการเกิดปฏิกิริยาจึงนำมาใช้ประโยชน์ตามสมบัติของแก๊สมีสกุล เช่น นำฮีเลียม ซึ่งมีความหนาแน่นน้อยกว่าอากาศมาบรรจุในบอลลูนและเรือเหาะ แทนแก๊สไฮโดรเจน เนื่องจากแก๊สฮีเลียมไม่ติดไฟเหมือนแก๊สไฮโดรเจน นำอาร์กอนมาเป็นแก๊สบรรจุในหลอดไฟเพื่อให้หลอดมีอายุการใช้งานที่นานขึ้น ตัวอย่างประโยชน์ของธาตุบางชนิด ดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงประโยชน์ของธาตุบางชนิด

ธาตุ	สัญลักษณ์	ประโยชน์
อะลูมิเนียม	Al	ใช้ทำแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ เพื่อใช้ห่ออาหารเมื่อนำไปเผาหรือให้ความร้อน ใช้ทำส่วนประกอบของเครื่องบินและสายไฟฟ้าแรงสูง
สังกะสี	Zn	ใช้ทำถ่านไฟฉาย และเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ช่วยย่อยโปรตีน
เหล็ก	Fe	เป็นธาตุที่มีมากเป็นที 4 ในโลก ใช้ทำเป็นโครงสร้างในการก่อสร้างสิ่งต่าง ๆ

ธาตุ	สัญลักษณ์	ประโยชน์
เงิน	Ag	เป็นตัวนำไฟฟ้าและความร้อนที่ดีที่สุด ทนทานต่อการกัดกร่อนของกรดอินทรีย์ และโซดาไฟ ใช้ทำเครื่องประดับ
ทองแดง	Cu	ใช้ทำสายไฟ เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีมาก ลงมาจากเงิน
เจอร์เมเนียม	Ge	เป็นธาตุกึ่งตัวนำที่หายากมาก ใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องทราานซิสเตอร์ และใช้ในเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ
ทังสเทน	W	ปัจจุบันใช้ทำไส้หลอดไฟฟ้า ใช้ผสมกับเหล็กใช้ทำ Tungsten Carbide ซึ่งจัดว่าเป็นสารที่แข็งมาก ใช้ประกอบเครื่องมือตัดโลหะด้วยความเร็วสูง
ทองคำ	Au	เป็นธาตุที่หายากมาก มีในโลกประมาณ 1% ของเงิน ความบริสุทธิ์ของทองคำใช้วัดเป็นกะรัต ทองคำที่บริสุทธิ์จริงคือ ทองคำ 24 กะรัต ใช้ทำเครื่องประดับ
ไฮโดรเจน	H	เป็นธาตุอโลหะที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และสามารถติดไฟได้ ไฮโดรเจนจะมีน้ำหนักเบากว่าอากาศมาก จึงนิยมนำมาใส่ในลูกโป่ง และเป็นสารเชื้อเพลิง
ไนโตรเจน	N	ไนโตรเจนเป็นธาตุที่ไม่มีสีและกลิ่น เรานิยมใช้ในโตรเจนเป็นส่วนประกอบของปุ๋ย เพราะว่าไนโตรเจนช่วยกระตุ้นและทำให้พืชเจริญงอกงามดี
คาร์บอน	C	เป็นอโลหะที่เป็นองค์ประกอบของถ่าน ไม้ดินสอ เพชร และปิโตรเลียม ซึ่งนิยมนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตเชื้อเพลิงที่ให้พลังงานแสงสว่างและความร้อน
ออกซิเจน	O	มีคุณสมบัติไม่มีสี ไม่มีกลิ่นและไม่ติดไฟ แต่ออกซิเจนช่วยให้ไฟติด ออกซิเจนมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ เมื่อเราหายใจเข้าไปจะเคลื่อนตัวไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายโดยเกาะไปกับเลือดช่วยในการ เผาผลาญอาหาร
คลอรีน	Cl	เป็นธาตุที่มีสีเหลือง และเป็นก๊าซพิษ นิยมนำมาทำเป็นส่วนผสมของน้ำยาฟอกขาว และน้ำยาฆ่าเชื้อโรคที่ใช้ล้างสระว่ายน้ำ
ฟลูออรีน	F	เป็นธาตุที่มีกลิ่นฉุน นิยมนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของยาสีฟันเพราะฟลูออไรด์ป้องกันไม่ให้ฟันผุ
โบรอน	B	สารโบรอนที่รู้จักกันอย่างมาก ได้แก่ สารบอแรกซ์ ที่นิยมนำมาเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดผลิตภัณฑ์ และสารป้องกันจุลินทรีย์
ซิลิคอน	Si	เป็นสารกึ่งตัวนำ ใช้ทำวงจรไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ธาตุบางชนิดส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม เช่น ตะกั่วถูกใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่ โลหะบัดกรีอิเล็กทรอนิกส์ ล้วนส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต เช่น อาจส่งผลกระทบต่อระบบการเจริญพันธุ์ ระบบโลหิตและระบบประสาทของสัตว์ในแหล่งน้ำนั้น มนุษย์สามารถนำตะกั่วเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ การบริโภค การหายใจ และทางผิวหนัง เมื่อตะกั่วเข้าไปสะสมในร่างกายจะทำให้มีอาการอ่อนเพลีย ปวดท้อง ท้องอืด เบื่ออาหาร ปวดกล้ามเนื้อ ปวดกระดูกและข้อ ความดันโลหิตสูง โลหิตจาง ความจำเสื่อม ภูมิคุ้มกันลดลง และขัดขวางการทำงานของเอนไซม์ในร่างกาย

มนุษย์นำแคดเมียมมาใช้ในอุตสาหกรรมผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้า โลหะผสม พืชผลทางการเกษตร เช่นในใบยาสูบเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะส่งผลให้ไตทำงานผิดปกติ เกิดโรคความดันโลหิตสูง ปวดกระดูกสันหลังทำให้กระดูกผุ หรือเป็นโรคมะเร็งได้

ในอดีตเคยมีการนำแก๊สไฮโดรเจนมาบรรจุในลูกโป่งสวรรค์หรือเรือเหาะ ซึ่งการกระทำดังกล่าวนี้ส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุมีผู้ได้รับบาดเจ็บสาหัสหลายคน ที่เป็นเช่นนี้เพราะแก๊สไฮโดรเจนเป็นแก๊สที่ติดไฟได้ ซึ่งเมื่อได้รับประกายไฟจึงเกิดระเบิดเป็นเพลิงลุกไหม้ได้ การนำธาตุมาใช้ ล้วนส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ธาตุบางชนิดแม้ไม่ได้มีสมบัติเป็นพิษร้ายแรงแต่การนำมาใช้ไม่ถูกวิธีก็ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินได้เช่นกัน

ใบงาน เรื่อง การนำธาตุไปใช้ประโยชน์

ชื่อ _____ สกุล _____ เลขที่ _____

คำชี้แจง : ให้นักเรียนยกตัวอย่างการนำธาตุแต่ละชนิดไปใช้ประโยชน์ (รวม 20 คะแนน)

ธาตุ	สัญลักษณ์	การนำไปใช้ประโยชน์
อะลูมิเนียม		
ออกซิเจน		
ซิลิคอน		

ธาตุ	สัญลักษณ์	การนำไปใช้ประโยชน์
ทองแดง		
แคลเซียม		
โครเมียม		
สังกะสี		

ธาตุ	สัญลักษณ์	การนำไปใช้ประโยชน์
ไนโตรเจน		
คาร์บอน		
เหล็ก		

เฉลย

ใบงาน เรื่อง การนำธาตุไปใช้ประโยชน์

ชื่อ _____ สกุล _____

เลขที่ _____

คำชี้แจง : ให้นักเรียนยกตัวอย่างการนำธาตุแต่ละชนิดไปใช้ประโยชน์ (รวม 20 คะแนน)

ธาตุ	สัญลักษณ์	การนำไปใช้ประโยชน์
อะลูมิเนียม	Al	ใช้ทำแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ เพื่อใช้ห่ออาหารเมื่อนำไปเผา หรือให้ความร้อน ใช้ทำส่วนประกอบของเครื่องบินและสายไฟฟ้าแรงสูง
ออกซิเจน	O	ใช้ในกระบวนการหายใจของสิ่งมีชีวิต และการสันดาปอาหารในร่างกาย เมื่อเราหายใจเข้าไปออกซิเจนจะเคลื่อนตัวไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกายโดยเกาะไปกับเลือด ซึ่งจะช่วยให้การเผาผลาญอาหาร
ซิลิคอน	Si	ใช้เป็นสารกึ่งตัวนำสำหรับทำวงจรไฟฟ้าขนาดเล็ก เพื่อใช้ในอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น ไมโครคอมพิวเตอร์ วิทยุ โทรศัพท์ เซลล์สุริยะ เป็นต้น
ทองแดง	Cu	เนื่องจากเป็นโลหะอ่อน จึงจัดเป็นรูปร่างต่าง ๆ ได้ง่าย นำไฟฟ้าได้ดี ประโยชน์ส่วนใหญ่จึงใช้ในแง่ของงานด้านไฟฟ้า เช่น ทำสายไฟฟ้า อุปกรณ์และเครื่องมือไฟฟ้าต่าง ๆ หม้อน้ำรถยนต์ เป็นต้น
แคลเซียม	Ca	CaCO_3 จากหินปูนใช้ทำปูนขาว ดินสอพอง ชอล์ก และเครื่องปั้นดินเผา CaSO_4 จากยิปซัมใช้ในอุตสาหกรรมแผ่นวัสดุกันความร้อน เช่น ยิปซัมบอร์ด ใช้ในอุตสาหกรรมแก้วและซีเมนต์
โครเมียม	Cr	ใช้เป็นส่วนประกอบของเหล็กกล้าสำหรับทำตู้นิรภัย เครื่องยนต์กลไก เกอแรกันกระสุน เครื่องบินไอพ่น และจรวด เนื่องจากความแข็งแรงทนทาน เหนียว

ธาตุ	สัญลักษณ์	การนำไปใช้ประโยชน์
สังกะสี	Zn	ใช้ชุบเหล็กกล้าเพื่อเป็นสังกะสีมุงหลังคา ทำถังบรรจุน้ำ ซึ่งป้องกันการผุกร่อนได้ ใช้ในอุตสาหกรรมถ่านไฟฉาย โดยทำเป็นกล่องด้านนอกของถ่านไฟฉาย ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นขั้วลบของเซลล์
ไนโตรเจน	N	ยูเรีย นอกจากจะเป็นปุ๋ยแล้ว ยังใช้เป็นแหล่งอาหารประเภทโปรตีน โดยการผสมกับอาหารของวัวและควาย ในทางการแพทย์ใช้เตรียมตัวยาบางชนิด เช่น ยานอนหลับ ยาขับปัสสาวะ
คาร์บอน	C	เป็นโลหะที่เป็นองค์ประกอบของถ่าน ไม้ดินสอ เพชร และปิโตรเลียม ซึ่งนิยมนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตเชื้อเพลิงที่ให้พลังงานแสงสว่างและความร้อน
เหล็ก	Fe	เป็นธาตุที่มีมากเป็นที 4 ในโลก ใช้ทำเป็นโครงสร้างในการก่อสร้างสิ่งต่าง ๆ

กิจกรรมสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

เรื่อง การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต

กลุ่มที่.....

- สมาชิก 1.....เลขที่.....
 2.....เลขที่.....
 3.....เลขที่.....
 4.....เลขที่.....
 5.....เลขที่.....
 6.....เลขที่.....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับการนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสร้างแบบสถานการณ์จำลอง

จุดประสงค์

1. ตั้งปัญหาเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตได้
2. ตั้งสมมุติฐานเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตได้
3. สืบค้นและสรุปข้อมูลเกี่ยวกับแบบจำลองสถานการณ์การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต
4. อธิบายลักษณะของแบบจำลองสถานการณ์และสามารถออกแบบจำลองสถานการณ์การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตได้
5. สามารถสร้างแบบจำลองสถานการณ์การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตได้

กิจกรรมสะเต็มศึกษา

คำถามกระตุ้นความคิด นักเรียนคิดว่าลักษณะของแบบจำลองสถานการณ์ ที่นักเรียนออกแบบมีการนำความรู้ในเรื่องใดมาใช้ (การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต)

แนวทางการตอบ

.....

.....

1. ปัญหา คือ.....

.....

.....

2. สมมุติฐาน

.....

.....

3. รวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการออกแบบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. การออกแบบสถานการณ์จำลอง

4.1 วัสดุ/อุปกรณ์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4.2 การออกแบบสถานการณ์จำลอง (วาดภาพแบบจำลองสถานการณ์และคำอธิบาย)



4.3 ขั้นตอน/วิธีการดำเนินงาน.....

5. ผลที่ปรากฏ

รูปภาพ 1	รูปภาพ 2
รูปภาพ 3	รูปภาพ 4

6. คำถามที่ส่งเสริมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

6.1 กิจกรรมนี้อธิบายเรื่องอะไร

.....

6.2 กิจกรรมนี้สำคัญอย่างไร

.....

6.3 สัมพันธ์กับเทคโนโลยี คือ อย่างไร.....

.....

6.4 สัมพันธ์กับวิศวกรรม คือ อย่างไร.....

.....

6.5 สัมพันธ์กับคณิตศาสตร์ คือ อย่างไร.....

.....

6.6 นำไปใช้แก้ปัญหา เรื่อง

7. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้ฝึก (นักเรียนระบุกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติ)

7.1 ทักษะการสังเกต

7.2 ทักษะการวัด

7.3 ทักษะการจำแนกประเภท

7.4 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส และสเปกกับเวลา

7.5 ทักษะการคำนวณ

7.6 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

7.7 ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล

7.8 ทักษะการตั้งสมมุติฐาน

7.9 การสร้างแบบจำลอง

7.10 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ

แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. ใครมีเยื่อมีลักษณะอย่างไร (ทักษะการสังเกต)

- | | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| ก. อโลหะสีขาวเงินเป็นมันวาว | ข. โลหะสีขาวเงินไม่เป็นมันวาว |
| ค. โลหะสีขาวเงินเป็นมันวาว | ง. อโลหะสีเงินไม่เป็นมันวาว |

2. เฮโมโกลบินเป็นองค์ประกอบสำคัญภายในเม็ดเลือดแดงทำหน้าที่ในการลำเลียงแก๊สออกซิเจนไปเลี้ยงร่างกาย ธาตุที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในเฮโมโกลบินคือข้อใด

(ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป)

- | | |
|-----------|------------|
| ก. ทองแดง | ข. สังกะสี |
| ค. เหล็ก | ง. ตะกั่ว |

3. ชนิดของเหล็กมีอะไรบ้าง (ทักษะการจำแนกประเภท)

- | | |
|-------------------------|---|
| ก. เหล็กหนัก เหล็กเบา | ข. เหล็กบริสุทธิ์ เหล็กกล้า เหล็กเหนียว |
| ค. เหล็กกล้า เหล็กเปราะ | ง. เหล็กยืดหยุ่น เหล็กหนา |

4. ธาตุที่ค้นพบทั้งหมดแบ่งออกเป็นกี่พวก อะไรบ้าง (ทักษะการจำแนกประเภท)

- | |
|--|
| ก. 2 พวก คือ โลหะและอโลหะ |
| ข. 2 พวก คือ ธาตุเกิดเองและธาตุสังเคราะห์ |
| ค. 3 พวก คือ โลหะ อโลหะและไม่ใช่ทั้งโลหะและอโลหะ |
| ง. 3 พวก คือ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส |

5. ธาตุแคลเซียมในดินที่มีค่าความเป็นกรด-เบส อยู่ระหว่าง pH เท่าใด (ทักษะการคำนวณ)

- | | |
|---------------|---------------|
| ก. pH 4.0–7.0 | ข. pH 3.0–7.0 |
| ค. pH 4.0–7.5 | ง. pH 3.0–7.5 |

9. หมู่บ้านในข้อใดที่ไม่ได้รับผลกระทบจากสารเคมีปนเปื้อนมากับน้ำ

(ทักษะการจํากระทำและสื่อความหมายข้อมูล)

ก. หมู่บ้าน ข

ข. หมู่บ้าน ค

ค. หมู่บ้าน ง

ง. หมู่บ้าน จ

10. หมู่บ้าน ก มีแนวโน้มจะได้รับผลกระทบจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ข้อใดสรุปได้

ถูกต้อง (ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล)

ก. หมู่บ้าน ก อาจได้รับผลกระทบจากรังสี เสี่ยงต่อการรั่วของสาร
กัมมันตภาพรังสีเมื่อเกิดอุบัติเหตุ ความร้อนจากน้ำที่ใช้เป็นตัวระบายความร้อน

ข. หมู่บ้าน ก อาจได้รับผลกระทบจากผงฝุ่นของสารประกอบของธาตุแคลเซียม
ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ

ค. หมู่บ้าน ก อาจได้รับผลกระทบจากสารประกอบของธาตุแมงกานีส ถ้าเข้าสู่
ร่างกายจะทำลายระบบประสาท

ง. หมู่บ้าน ก อาจได้รับผลกระทบจากสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบในสีย้อม สาร
ฟอกขาวสารกำจัดไขมัน น้ำทิ้งที่เป็นกรด-เบส จากโรงงานอุตสาหกรรมย้อมผ้า

เฉลยคำตอบ

แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต

ข้อ	เฉลย
1	ค
2	ค
3	ข
4	ก
5	ก
6	ง
7	ง
8	ข
9	ค
10	ก

แบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน

เรื่อง การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. ในอาหารบางชนิดจะมีการใส่สารป้องกันความชื้นไว้ในบรรจุภัณฑ์ควรใช้สารใดในการป้องกันความชื้น (ความรู้ความจำ)

- | | |
|---------------------|---------------------|
| ก. โซเดียมคาร์บอเนต | ข. ซิลิคอนไดออกไซด์ |
| ค. ไอโอดีน | ง. แอมโมเนีย |

2. สัญลักษณ์ธาตุในข้อใดต่อไปนี้ผิด (ความรู้ความจำ)

- | | |
|------------------|---------------------|
| ก. ทองแดง : Cu | ข. สังกะสี : Zn |
| ค. แคลเซียม : Cs | ง. อะลูมิเนียม : Al |

3. ธาตุกลุ่มใดมีสถานะเป็นก๊าซทั้งหมด (ความเข้าใจ)

- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| ก. โซเดียม ไฮโดรเจน ไนโตรเจน | ข. ฮีเลียม นีออน ไฮโดรเจน |
| ค. ซิลิคอน อาร์กอน คลอรีน | ง. ไนโตรเจน ฟลูออรีน ไฮโดรเจน |

4. ธาตุต่าง ๆ ที่เป็นส่วนผสมของอากาศ ส่วนใหญ่เป็นธาตุในกลุ่มใด (ความเข้าใจ)

- | | |
|-------------|----------------------------|
| ก. โลหะ | ข. อโลหะ |
| ค. กึ่งโลหะ | ง. ถูกต้องทั้ง ก , ข และ ค |

5. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับฟอสฟอรัส (การประเมินค่า)

- | |
|---|
| ก. ธาตุฟอสฟอรัสเป็นธาตุอิสระ |
| ข. ฟอสฟอรัสเป็นอโลหะ |
| ค. ฟอสฟอรัส คือ ธาตุหมู่เดียวกับ ไนโตรเจน |
| ง. สามารถพบฟอสฟอรัสในไข่แดง |

6. ประโยชน์ของซิลิกา (การนำไปใช้)

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| ก. ทำเส้นใยแก้ว, เส้นใยนำแสง | ข. ใช้ทำระเบิด, ทำไม้ขีดไฟ |
| ค. ทำกระป๋องบรรจุอาหาร | ง. ทำตู้ฉนวน, เครื่องยนต์ |

7. ข้อใดคือประโยชน์ของอะลูมิเนียมทั้งหมด (การนำไปใช้)

- ก. สายยาง เชือก
- ข. กระจก ไขควง
- ค. ชิ้นส่วนของเครื่องบิน กลอนประตู หน้าต่าง
- ง. ไม่มีข้อถูก

8. จากข้อมูลต่อไปนี้ ธาตุในข้อใดมีสมบัติเป็นโลหะ (การวิเคราะห์)

ธาตุ	คุณสมบัติ
A	นำไฟฟ้าได้ แต่ผิวด้านและเปราะ
B	มีผิวเป็นมันวาว เมื่อทุบจะแตกเป็นชิ้น ๆ
C	มีจุดเดือด $1,490^{\circ}\text{C}$ จุดหลอมเหลว 838°C
D	มีสถานะเป็นแก๊ส มีสมบัติเป็นโลหะ

- ก. ธาตุ D
- ข. ธาตุ C
- ค. ธาตุ B
- ง. ธาตุ A.

9. ถ้านักเรียนต้องการล้างผักให้สะอาดควรใช้สารใดในการล้างผัก (การนำไปใช้)

- ก. โซเดียมคลอไรด์
- ข. กรดไฮโดรคลอริก
- ค. โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
- ง. ซิลิคอนไดออกไซด์

10. ข้อใดไม่ใช่ประโยชน์ ของ ธาตุไนโตรเจน (การนำไปใช้)

- ก. ทำปุ๋ย
- ข. สารอาหารของสิ่งมีชีวิต
- ค. แช่แข็งอาหารประเภทต่าง ๆ
- ง. ใช้เป็นยาฆ่าแมลง

เฉลยคำตอบ

แบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน

เรื่อง การนำธาตุไปใช้ประโยชน์และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต

ข้อ	เฉลย
1	ข
2	ค
3	ง
4	ข
5	ก
6	ก
7	ค
8	ข
9	ค
10	ง

เกณฑ์การวัดและประเมินผล

แบบบันทึกผลการประเมินใบงาน/ใบกิจกรรม

เรื่อง การนำธาตุไปใช้ประโยชน์ รายวิชา เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง : ให้ผู้สอนประเมินใบงาน/ใบกิจกรรม โดยลงคะแนนในแต่ละข้อตามเกณฑ์
การประเมิน

เลข ที่	ชื่อ - สกุล	ใบงาน/ใบกิจกรรม										คะแนนรวม	ผลการตัดสิน
		ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6	ข้อ 7	ข้อ 8	ข้อ 9	ข้อ 10		
		(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(20)	
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นางสาวจินตนา นันตะบุตร)

เกณฑ์การแปลความหมายคะแนน	
ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
20 – 16	4
15 – 11	3
10 – 6	2
ต่ำกว่า 6	1

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ	
ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
4	ดีเยี่ยม
3	ดี
2	พอใช้
1	ปรับปรุง

เกณฑ์การวัดและประเมินใบงาน
เรื่อง การนำธาตุไปใช้ประโยชน์ รายวิชา เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน	
	2	1
ข้อ 1	เนื้อหาสาระถูกต้องครบถ้วน	เนื้อหาสาระถูกต้องเป็นบางประเด็น
ข้อ 2	เนื้อหาสาระถูกต้องครบถ้วน	เนื้อหาสาระถูกต้องเป็นบางประเด็น
ข้อ 3	เนื้อหาสาระถูกต้องครบถ้วน	เนื้อหาสาระถูกต้องเป็นบางประเด็น
ข้อ 4	เนื้อหาสาระถูกต้องครบถ้วน	เนื้อหาสาระถูกต้องเป็นบางประเด็น
ข้อ 5	เนื้อหาสาระถูกต้องครบถ้วน	เนื้อหาสาระถูกต้องเป็นบางประเด็น
ข้อ 6	เนื้อหาสาระถูกต้องครบถ้วน	เนื้อหาสาระถูกต้องเป็นบางประเด็น
ข้อ 7	เนื้อหาสาระถูกต้องครบถ้วน	เนื้อหาสาระถูกต้องเป็นบางประเด็น
ข้อ 8	เนื้อหาสาระถูกต้องครบถ้วน	เนื้อหาสาระถูกต้องเป็นบางประเด็น
ข้อ 9	เนื้อหาสาระถูกต้องครบถ้วน	เนื้อหาสาระถูกต้องเป็นบางประเด็น
ข้อ 10	เนื้อหาสาระถูกต้องครบถ้วน	เนื้อหาสาระถูกต้องเป็นบางประเด็น

เกณฑ์การวัดและประเมินผล

แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

เรื่อง การนำธาตุไปใช้ประโยชน์ รายวิชา เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง : ให้ผู้สอนประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แล้วทำเครื่องหมาย ✓

ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
	(3)	(2)	(1)
1. ทักษะการสังเกต			
2. ทักษะการวัด			
3. ทักษะการจำแนกประเภท			
4. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่าง สเปกกับสเปส และสเปสกับเวลา			
5. ทักษะการคำนวณ			
6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล			
7. ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล			
8. ทักษะการตั้งสมมุติฐาน			
9. ทักษะการสร้างแบบจำลอง			
รวมคะแนน			
ระดับคุณภาพ			

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นางสาวจินตนา นันตะบุตร)

เกณฑ์การแปลความหมายคะแนน	
ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
27 - 22	4
21 - 15	3
14 - 8	2
ต่ำกว่า 8	1

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ	
ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
4	ดีเยี่ยม
3	ดี
2	พอใช้
1	ปรับปรุง

เกณฑ์การวัดและประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง การนำธาตุไปใช้ประโยชน์ รายวิชา เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. ทักษะการสังเกต	ใช้ประสาทสัมผัสในการสังเกตและบรรยายผลการสังเกตโดยไม่ใช้ความรู้สึกส่วนตัว หรือความเห็น หรือความรู้เดิมประกอบ	ใช้ประสาทสัมผัสในการสังเกตบรรยายผลการสังเกตโดยใช้ความรู้สึกส่วนตัวและหรือความเห็น หรือความรู้เดิมประกอบบางส่วน	ใช้ประสาทสัมผัสในการสังเกตและบรรยายผลการสังเกตโดยใช้ความรู้สึกส่วนตัว หรือความเห็น หรือความรู้เดิมประกอบเป็นส่วนใหญ่
2. ทักษะการวัด	เลือกและใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้อง ทำการวัดอย่างน้อย 3 ครั้งและใช้หน่วยได้ถูกต้อง	เลือกและใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้องแต่ทำการวัดเพียงครั้งเดียว หรือใส่หน่วยไม่ถูกต้องบางส่วน	เลือกและใช้เครื่องมือวัดได้ไม่ถูกต้อง ทำการวัดเพียงครั้งเดียวส่วนใหญ่ ใส่หน่วยไม่ถูกต้อง
3. ทักษะการจำแนกประเภท	จัดแบ่งหรือเรียงลำดับสิ่งที่สนใจศึกษาได้สอดคล้องกับเกณฑ์ที่ใช้ครบถ้วน สมบูรณ์	จัดแบ่งหรือเรียงลำดับสิ่งที่สนใจศึกษาได้ไม่สอดคล้องกับเกณฑ์ที่ใช้บางส่วน	จัดแบ่งหรือเรียงลำดับสิ่งที่สนใจศึกษาได้ไม่สอดคล้องกับเกณฑ์ที่ใช้ส่วนใหญ่
4. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา	ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งหนึ่งกับอีกตำแหน่งที่เปลี่ยนไปของวัตถุหรือระหว่างตำแหน่งของวัตถุกับเวลาที่เปลี่ยนไปเมื่อมีปัจจัยภายนอกกระทำกับวัตถุได้อย่างถูกต้องทั้งหมด	ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งหนึ่งกับอีกตำแหน่งที่เปลี่ยนไปของวัตถุหรือระหว่างตำแหน่งของวัตถุกับเวลาที่เปลี่ยนไปเมื่อมีปัจจัยภายนอกกระทำกับวัตถุได้อย่างถูกต้องส่วนใหญ่	ระบุความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งหนึ่งกับอีกตำแหน่งที่เปลี่ยนไปของวัตถุหรือระหว่างตำแหน่งของวัตถุกับเวลาที่เปลี่ยนไปเมื่อมีปัจจัยภายนอกกระทำกับวัตถุได้อย่างถูกต้องบางส่วน

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
5. ทักษะการ คำนวณ	คำนวณหาค่าที่ต้องการ โดยใช้วิธีการทางการ คำนวณ เช่น การหา ค่าเฉลี่ย อัตราส่วนใหญ่ ได้ถูกต้องทั้งหมด	คำนวณหาค่าที่ต้องการ โดยใช้วิธีการทางการ คำนวณ เช่น การหา ค่าเฉลี่ย อัตราส่วนใหญ่ ได้ถูกต้อง	คำนวณหาค่าที่ต้องการ โดยใช้วิธีการทางการ คำนวณ เช่น การหา ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนได้ ถูกต้องบางส่วน
6. ทักษะการจัด กระทำและสื่อ ความหมาย ข้อมูล	มีการนำผลการสังเกต การวัด หรือทดลอง มาจัดกระทำ เช่น หาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภท หรือ คำนวณค่าใหม่ ที่ถูกต้อง และชัดเจนสมบูรณ์	มีการนำผลการสังเกต การวัด หรือทดลอง มาจัดกระทำ เช่น หาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภท หรือ คำนวณค่าใหม่ได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ชัดเจน หรือไม่ สมบูรณ์	มีการนำผลการสังเกต การวัด หรือทดลอง มาจัดกระทำ เช่น หาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภท หรือ คำนวณค่าใหม่ได้ถูกต้อง บางส่วน
7. ทักษะการลง ความเห็นจาก ข้อมูล	ลงความเห็นโดยอาศัย หลักฐานที่ได้จากการ สังเกตหรือที่ได้จากการ ทำกิจกรรมครบถ้วน	ลงความเห็นโดยอาศัย หลักฐานที่ได้จาก การสังเกต หรือที่ได้จาก การทำกิจกรรมส่วนใหญ่	ลงความเห็นโดยอาศัย หลักฐานที่ได้จากการ สังเกต หรือที่ได้จากการ ทำกิจกรรมบางส่วน
8. ทักษะการตั้ง สมมุติฐาน	ตั้งสมมุติฐานได้ สอดคล้องกับปัญหาและ แสดงความสัมพันธ์ ระหว่างเหตุและผลได้ อย่างชัดเจน	ตั้งสมมุติฐานได้ สอดคล้องกับปัญหาแต่ แสดงความสัมพันธ์ ระหว่างเหตุและผล ไม่ชัดเจน	ตั้งสมมุติฐานได้ สอดคล้องกับปัญหา บางส่วน
9. ทักษะทักษะ การสร้าง แบบจำลอง	สอดคล้องกับเนื้อหา สร้างหรือใช้สิ่งที่ทำขึ้นมา เพื่อเลียนแบบหรือ อธิบายปรากฏการณ์ที่ กำลังศึกษา แล้วนำเสนอ เป็นชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ ง่ายขึ้น และใช้วัสดุอย่าง คุ้มค่า	สอดคล้องกับเนื้อหา สร้างหรือใช้สิ่งที่ทำ ขึ้นมา เพื่อเลียนแบบ หรืออธิบาย ปรากฏการณ์ที่กำลัง ศึกษา แล้วนำเสนอเป็น ชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ	สอดคล้องกับเนื้อหา สร้างหรือใช้สิ่งที่ทำ ขึ้นมา เพื่อเลียนแบบ ปรากฏการณ์ที่กำลัง ศึกษา แล้วนำเสนอเป็น ชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

เกณฑ์การวัดและประเมินผล

แบบบันทึกผลการประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์/สมรรถนะที่สำคัญของผู้เรียน

เรื่อง การนำธาตุไปใช้ประโยชน์ รายวิชา เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เลข ที่	ชื่อ - สกุล	คุณลักษณะอันพึงประสงค์					สมรรถนะที่สำคัญ				คะแนนรวม	ผลการตัดสิน
		ซื่อสัตย์สุจริต	มีวินัย	ใฝ่เรียนรู้	มุ่งมั่นในการทำงาน	มีจิตสาธารณะ	ความสามารถในการสื่อสาร	ความสามารถในการคิด	ความสามารถในการแก้ปัญหา	ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี		
		(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(27)	
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

____/____/____

เกณฑ์การแปลความหมายคะแนน	
ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
22 – 27	4
15 – 21	3
8 – 14	2
ต่ำกว่า 7	1

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ	
ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
4	ดีเยี่ยม
3	ดี
2	พอใช้
1	ปรับปรุง

เกณฑ์การประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์และสมรรถนะที่สำคัญของผู้เรียน
เรื่อง การนำธาตุไปใช้ประโยชน์ รายวิชา เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
1. ซื่อสัตย์สุจริต	ให้ข้อมูลที่ถูกต้องและเป็นจริง ปฏิบัติในสิ่งที่ถูกต้อง ละอายเกรงกลัวที่จะทำผิด ทำตามสัญญาที่ตนให้ไว้กับเพื่อน พ่อแม่ หรือผู้ปกครอง และครู เป็นแบบอย่างที่ดีด้านความซื่อสัตย์	ให้ข้อมูลที่ถูกต้องและเป็นจริง ปฏิบัติในสิ่งที่ถูกต้อง ละอายเกรงกลัวที่จะทำผิด ทำตามสัญญาที่ตนให้ไว้กับเพื่อน พ่อแม่ หรือผู้ปกครอง และครู	ให้ข้อมูลที่ถูกต้องและเป็นจริง ปฏิบัติในสิ่งที่ถูกต้อง ทำตามสัญญาที่ตนให้ไว้กับเพื่อน พ่อแม่ หรือผู้ปกครอง และครู
2. มีวินัย	ปฏิบัติตามข้อตกลง กฎเกณฑ์ ระเบียบ ข้อบังคับของครอบครัว และโรงเรียนและสังคม ไม่ละเมิดสิทธิของผู้อื่น ตรงต่อเวลาในการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันและรับผิดชอบในการทำงาน ปฏิบัติเป็นปกติวิสัยและเป็นแบบอย่างที่ดี	ปฏิบัติตามข้อตกลง กฎเกณฑ์ ระเบียบ ข้อบังคับของครอบครัว และโรงเรียนและสังคม ไม่ละเมิดสิทธิของผู้อื่น ตรงต่อเวลาในการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันและรับผิดชอบในการทำงาน	ปฏิบัติตามข้อตกลง กฎเกณฑ์ ระเบียบ ข้อบังคับของครอบครัว และโรงเรียนตรงต่อเวลาในการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันและรับผิดชอบในการทำงาน
3. ใฝ่เรียนรู้	เข้าเรียนตรงต่อเวลา ตั้งใจเรียน เอาใจใส่และมีความเพียรพยายามในการเรียนรู้ มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และเข้าร่วม	เข้าเรียนตรงต่อเวลา ตั้งใจเรียน เอาใจใส่และมีความเพียรพยายามในการเรียนรู้ มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และเข้าร่วม	เข้าเรียนตรงต่อเวลา ตั้งใจเรียน เอาใจใส่และมีความเพียรพยายามในการเรียนรู้ มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และเข้าร่วม

เกณฑ์การ ประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
	กิจกรรมการเรียนรู้ ต่าง ๆ ทั้งภายในและ ภายนอกโรงเรียนเป็น ประจำ และเป็น แบบอย่างที่ดี	กิจกรรมการเรียนรู้ ต่าง ๆ ทั้งภายในและ ภายนอกโรงเรียนเป็น ประจำ ปอยครั้ง	กิจกรรมการเรียนรู้ ต่าง ๆ บางครั้ง
4. มุ่งมั่นในการ ทำงาน	ตั้งใจและรับผิดชอบใน การปฏิบัติหน้าที่ได้รับ มอบหมายให้สำเร็จ มีการปรับปรุงและ พัฒนาการทำงานให้ดีขึ้น ด้วยตนเองและเป็น แบบอย่างที่ดี	ตั้งใจและรับผิดชอบใน การปฏิบัติหน้าที่ได้รับ มอบหมายให้สำเร็จ มีการปรับปรุงและ พัฒนาการทำงานให้ดีขึ้น ด้วยตนเอง	ตั้งใจและรับผิดชอบใน การปฏิบัติหน้าที่ได้รับ มอบหมายให้สำเร็จ มีการปรับปรุงและ พัฒนาการทำงานให้ดีขึ้น
5. มีจิต สาธารณะ	ช่วยพ่อแม่ผู้ปกครอง และครูทำงาน อาสา ทำงานและแบ่งปัน สิ่งของให้ผู้อื่นด้วยความ เต็มใจ	ช่วยพ่อแม่ผู้ปกครอง และครูทำงาน อาสา ทำงานด้วยความเต็มใจ	ช่วยพ่อแม่ผู้ปกครอง และครูทำงานด้วยความ เต็มใจ
6. ความสามารถใน การสื่อสาร	พูดถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจจากสารที่ อ่าน ฟัง หรือดูตามที่ กำหนดได้อย่าง ถูกต้อง ครบถ้วน ชัดเจน และ มั่นใจ	พูดถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจจากสารที่ อ่าน ฟัง หรือดูตามที่ กำหนดได้อย่าง ถูกต้อง ครบถ้วน ชัดเจน	พูดถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจจากสารที่ อ่าน ฟัง หรือดูตามที่ กำหนดได้ไม่ชัดเจน
7. ความสามารถ ในการคิด	สามารถคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดอย่าง สร้างสรรค์ คิดอย่างมี วิจารณญาณ และคิด เป็นระบบ ได้ดีมาก	สามารถคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดอย่าง สร้างสรรค์ คิดอย่างมี วิจารณญาณ และคิด เป็นระบบ ได้ดี	สามารถคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดอย่าง สร้างสรรค์ คิดอย่างมี วิจารณญาณ และคิด เป็นระบบ ได้พอใช้

เกณฑ์การ ประเมิน	ระดับคะแนน		
	3	2	1
8. ความสามารถใน การแก้ปัญหา	ตัดสินใจเลือกวิธีการ แก้ปัญหา โดยพิจารณา ข้อดีและข้อจำกัด ซึ่งไม่ เกิดผลกระทบในทางลบ แก่ตนเองและผู้อื่น มีการวางแผนในการ แก้ปัญหาโดยใช้ข้อมูล และรายละเอียด ประกอบการวางแผนมี ขั้นตอนของแผนงาน อย่างชัดเจน และมี ข้อมูลเพียงพอ	ตัดสินใจเลือกวิธีการ แก้ปัญหา โดยพิจารณา ข้อดีและข้อจำกัด ซึ่งไม่ เกิดผลกระทบในทางลบ แก่ตนเองและผู้อื่น มีการวางแผนในการ แก้ปัญหา	ตัดสินใจเลือกวิธีการ แก้ปัญหา โดยพิจารณา ข้อดีและข้อจำกัด ซึ่งไม่ เกิดผลกระทบในทางลบ แก่ตนเองและผู้อื่น
9. ความสามารถใน การใช้เทคโนโลยี	เลือกและใช้เทคโนโลยีที่ เหมาะสมในการสืบค้น ค้นคว้า รวบรวมสรุป ความรู้ได้ด้วยรูปแบบ ของตนเองอย่าง สร้างสรรค์	เลือกและใช้เทคโนโลยีที่ เหมาะสม ในการสืบค้น ค้นคว้า รวบรวม ความรู้ได้ด้วยตนเอง อย่างถูกต้อง	ใช้เทคโนโลยี ในการสืบค้น ค้นคว้า รวบรวม ความรู้ได้ ด้วย ตนเองอย่างถูกต้อง

แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

รายวิชา เคมี หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
จำนวน 30 ข้อ ใช้เวลาในการทำข้อสอบ 60 นาที คะแนนเต็ม 30 คะแนน

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. ข้อใดต่อไปนี้เป็นทักษะการสังเกต (ทักษะการสังเกต)

- ก. อะตอมของดอลตันมีลักษณะเป็นทรงกลม
- ข. อะตอมไม่สามารถสร้างขึ้นใหม่ได้
- ค. อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันมีสมบัติเหมือนกัน
- ง. อะตอมประกอบด้วยอิเล็กตรอนและโปรตอน

2. วีระต้องการต้องการทราบเส้นผ่านศูนย์กลางของแบบจำลองอะตอมของดอลตัน
ที่ทำจากลูกปิงปองควรเลือกใช้เครื่องมือชนิดใด (ทักษะการวัด)

- ก. ไม้บรรทัด
- ข. แคลิเปอร์
- ค. เทปวัดระยะ
- ง. ไมโครเมตร

3. ถ้าแบ่งกลุ่มโดยใช้ “ไอโซโทป” เป็นเกณฑ์ ข้อใดจัดเป็นพวกเดียวกัน

(ทักษะการจำแนกประเภท)

- ก. $^{39}_{19}\text{K}$ กับ $^{40}_{20}\text{Ca}$
- ข. $^{14}_7\text{N}$ กับ $^{14}_6\text{C}$
- ค. ^1_1H กับ ^2_1H
- ง. $^{14}_7\text{N}$ กับ $^{12}_6\text{C}$

4. ข้อใดต่อไปนี้เป็นสร้างแบบจำลองอะตอมโดยนำวัสดุในท้องถิ่นมาใช้ในการสร้าง
แบบจำลองอะตอมได้เหมาะสมที่สุด (ทักษะการสร้างแบบจำลอง)

- ก. อัดสร้างแบบจำลองอะตอมของดอลตันโดยใช้ลูกปิงปองและกระดาษ
- ข. จอสร้างแบบจำลองอะตอมของทอมสันโดยใช้โฟม กระดาษ และไม้ไผ่
- ค. ใกล้เคียงแบบจำลองอะตอมของโบว์โดยใช้กระดาษ ไม้ไผ่ และลวด
- ง. ใกล้เคียงแบบจำลองอะตอมของกลุ่มหมอกโดยใช้ไม้ไผ่ และดอกฝ้าย

5. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีพลังงาน $5.8 \times 10^{-19} \text{ J}$ คลื่นชนิดนี้จะมีค่าเท่าใด

(ทักษะการคำนวณ)

ก. $8.75 \times 10^{14} \text{ Hz}$

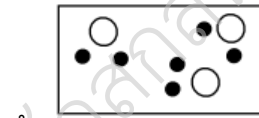
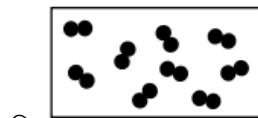
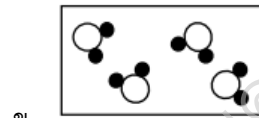
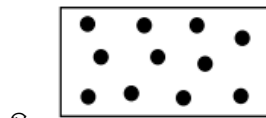
ข. $8.75 \times 10^{13} \text{ Hz}$

ค. $8.74 \times 10^{14} \text{ Hz}$

ง. $8.74 \times 10^{13} \text{ Hz}$

6. วงกลมในรูปที่มีขนาดแตกต่างกันแทนอะตอมของธาตุที่ต่างกัน รูปใดสามารถแทนแก๊ส

ออกซิเจน (ทักษะการจำกระทำและสื่อความหมายข้อมูล)



7. ครูให้นักเรียนกลุ่มที่ 1 – 4 สรุปรับและการคายพลังงานของอิเล็กตรอน ข้อใดไม่ใช่

ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล)

ก. กลุ่มที่ 1 สรุปรวเนื้อหาโดยเขียนได้ 5 บรรทัด

ข. กลุ่มที่ 2 นำเสนอเป็นแผนภาพ

ค. กลุ่มที่ 3 นำเสนอในรูปแบบของตาราง

ง. กลุ่มที่ 4 สรุปโดยใช้แผนภาพและบรรยายเนื้อหา

8. เมื่อเราตั้งสมมติฐานว่าอะตอมประกอบด้วยนิวเคลียสที่มีขนาดเล็กและมีประจุเป็นบวก

เพราะเหตุใด (ทักษะการตั้งสมมติฐาน)

ก. เพราะโลหะนำไฟฟ้าได้ดี

ข. ให้อิเล็กตรอนอิสระกับโลหะ

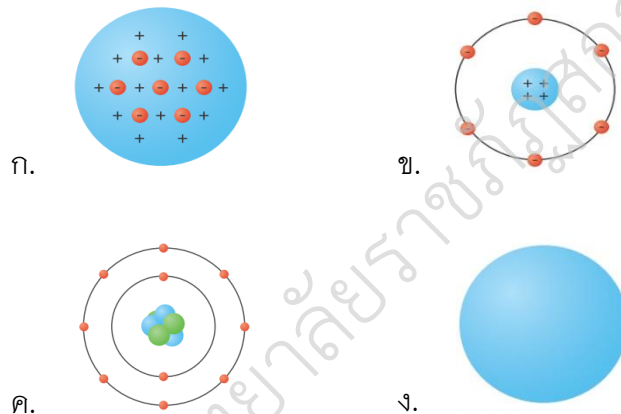
ค. ในแมสสเปกโตรกราฟมีไอออนบวกเกิดขึ้น

ง. อนุภาคแอลฟาบางส่วนเมื่อชนแผ่นโลหะบาง ๆ จะเบี่ยงเบนไปจากแนวเส้นตรง

9. การทดลองที่มีตัวแปรควบคุม มีประโยชน์ต่อการทดลองด้านใด (ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร)

- ก. เพื่อเตรียมวัสดุอุปกรณ์ได้อย่างครบถ้วน
- ข. เพื่อเปรียบเทียบและสรุปผลได้ถูกต้อง
- ค. เพื่อกำหนดสมมติฐานได้ชัดเจน
- ง. เพื่อออกแบบการทดลอง

10. อิงฟ้าและเพื่อน ๆ สืบค้นข้อมูลการทดลองของรัทเทอร์ฟอร์ด ในการศึกษาโครงสร้างอะตอม และนำข้อมูลที่ได้มาวาดภาพแบบจำลองอะตอมข้อใดเป็นการตั้งสมมติฐานได้ถูกต้อง (ทักษะการตั้งสมมติฐาน)



11. นิยามของคำว่า อนุกรมสเปกตรัม คือข้อใด (ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ)

- ก. เส้นสเปกตรัมหลายเส้น เกิดการเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอนในระดับพลังงานที่ต่างกัน
- ข. เส้นสเปกตรัมหลายเส้น เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของอิเล็กตรอนในระดับเดียวกัน
- ค. เส้นสเปกตรัมหลายเส้น เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของอิเล็กตรอนจากระดับพลังงานที่ต่ำไปยังระดับพลังงานที่สูงในระดับเดียวกัน
- ง. เส้นสเปกตรัมหลายเส้น เกิดจากการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของอิเล็กตรอนจากระดับพลังงานที่สูงกว่าลงมายังระดับพลังงานที่ต่ำกว่าในระดับเดียวกัน

12. ข้อความในข้อใดต่อไปนี้จะเกิดจากการสังเกต (ทักษะการสังเกต)

- ก. แบบจำลองอะตอมของกลุ่มหมอกมีนิวเคลียส
- ข. โปรตอนมีมวลเท่ากับ 1.66×10^{-24} g มีประจุเป็นบวก
- ค. แบบจำลองอะตอมของดอลตันมีลักษณะเป็นทรงกลม
- ง. อิเล็กตรอนมีมวลเท่ากับ 9.11×10^{-28} g มีประจุเป็นลบ

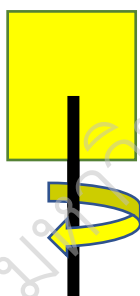
13. ธาตุ A, B, C, D มีเลขอะตอม 3, 9, 13 และ 20 ตามลำดับ ธาตุใดมีค่า IE_2 ต่ำที่สุด (ทักษะการวัด)

- ก. ธาตุ D
- ข. ธาตุ C
- ค. ธาตุ B
- ง. ธาตุ A

14. ธาตุในกลุ่มใดที่ประกอบด้วยธาตุแทรนซิชันทั้งหมด (ทักษะการจำแนกประเภท)

- ก. Fe Si Sb Rb
- ข. Fe Al Cu Fr
- ค. Fe Co Te Re
- ง. Fe Cu Cr Mn

ใช้รูปภาพต่อไปนี้ตอบคำถามข้อที่ 17 – 18



15. จากรูป 2 มิติ ที่กำหนดให้ ถ้าหมุนแกนไผ้อย่างรวดเร็วจะเกิดเป็นรูปอะไร

(ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา)

- ก. ทรงกรวย
- ข. ทรงกระบอก
- ค. พีระมิด
- ง. ทรงกลม

16. ธาตุที่มีโปรตอน 9 อิเล็กตรอน 10 มีเลขมวล 19 จะมีนิวตรอนเท่าใด (ทักษะการพยากรณ์)

- ก. นิวตรอน = 10
- ข. นิวตรอน = 11
- ค. นิวตรอน = 9
- ง. นิวตรอน = 19

17. A และ B เป็นอะตอมของธาตุเดียวกันมีเลขมวลเท่ากับ 26 กับ 27 ตามลำดับ ถ้า B มี 14 นิวตรอน จำนวนอิเล็กตรอนของ A จะเป็นเท่าใด (ทักษะการคำนวณ)

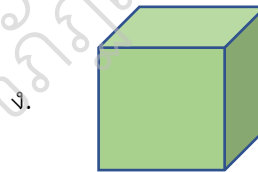
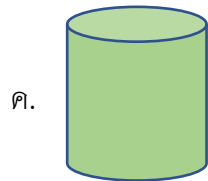
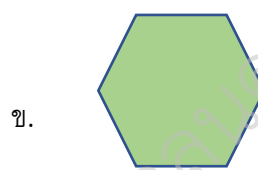
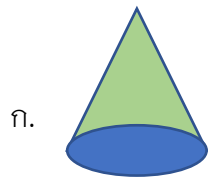
ก. 12

ข. 13

ค. 14

ง. 15

18. ขณะทำการหมุนกลับไปกลับมาอย่างสม่ำเสมอ จะเกิดเป็นภาพใดต่อไปนี้ (ทักษะการสังเกต)



19. นิยามของคำว่า “ไอโซโทป” ข้อใดถูกต้อง (ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ)

ก. อะตอมของธาตุเดียวกันที่มีเลขมวลต่างกัน

ข. อะตอมของธาตุเดียวกันที่มีนิวตรอนเท่ากัน

ค. อะตอมของธาตุต่างกันแต่มีเลขมวลเท่ากัน

ง. อะตอมของธาตุต่างกันที่มีนิวตรอนเท่ากัน

20. เฮโมโกลบินเป็นองค์ประกอบสำคัญภายในเม็ดเลือดแดงทำหน้าที่ในการลำเลียงแก๊ส ออกซิเจนไปเลี้ยงร่างกาย ธาตุที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในเฮโมโกลบินคือข้อใด

(ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป)

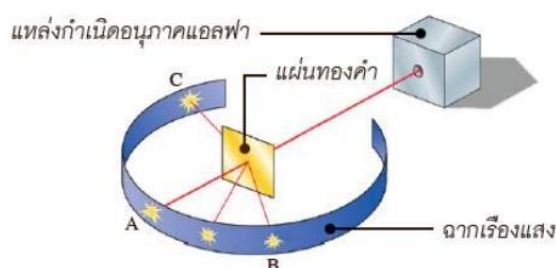
ก. ทองแดง

ข. สังกะสี

ค. เหล็ก

ง. ตะกั่ว

21. จากการทดลองยิงอนุภาคแอลฟาผ่านแผ่นทองคำ ข้อใดสรุปได้ถูกต้อง
(ทักษะการทดลอง)



- ก. จุด A ลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคแอลฟาเป็นเส้นตรง ลักษณะภายในอะตอมที่ว่าง
- ข. จุด B ลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคแอลฟาเบี่ยงเบนจากแนวเส้นตรง ลักษณะภายในอะตอมที่ว่างตรงกลางมีประจุบวก
- ค. จุด C ลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคแอลฟาสะท้อนกลับด้านหน้า ลักษณะภายในอะตอมตรงกลางมีประจุบวกขนาดใหญ่
- ง. ถูกทุกข้อ

22. สิ่งที่ควรคำนึงมากที่สุดในการวัดคือสิ่งใด (ทักษะการวัด)

- ก. คุณภาพของเครื่องมือ
- ข. ประสิทธิภาพของเครื่องมือ
- ค. ความคงทนถาวรของเครื่องมือ
- ง. ความถูกต้องและความแม่นยำในการวัด

23. จากข้อมูลต่อไปนี้

สาร	สี	สีของเปลวไฟเมื่อเผาสาร
KMnO_4	ม่วง	ม่วง
KCl	ขาว	ม่วง
NaCl	ขาว	เหลือง
$\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	ส้ม	เหลือง

ข้อใดสรุปผิด (ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป)

- ก. สีของสารคือสีที่ได้จากไอออนลบ
- ข. KCl และ NaCl ไม่ดูดกลืนแสงสีขาว
- ค. สีของเปลวไฟคือสีที่ได้จากไอออนบวก
- ง. สีของ KMnO_4 และสีของเปลวไฟของสารนี้ เกิดจากการเปลี่ยนระดับพลังงานแบบเดียวกัน

24. ธาตุชนิดหนึ่งมีสมบัติดังต่อไปนี้

- 1. เกิดสารประกอบได้หลายชนิดกับธาตุออกซิเจน
- 2. สารประกอบที่เกิดขึ้นแต่ละชนิดมีสีต่างกัน
- 3. พบมากในแร่ไฟโรลูไซต์

จากสมบัติทั้ง 3 ข้อนี้ ธาตุนี้ควรมีการจัดเรียงอิเล็กตรอนแบบใด (ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล)

- ก. 2, 8, 3
- ข. 2, 8, 8, 2
- ค. 2, 8, 7
- ง. 2, 8, 13, 2

25. ธาตุกัมมันตรังสี มีมวล 20 kg เมื่อทิ้งไว้ 30 วัน เหลือธาตุเรดอน 2.5 kg ข้อใดคือครึ่งชีวิตของธาตุ (ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปสและสเปกกับเวลา)

- ก. 5 วัน
- ข. 7 วัน
- ค. 10 วัน
- ง. 11 วัน

26. โฟตอนของเส้นสเปกตรัมที่มีความยาวคลื่น 671 nm มีพลังงานเท่าใด

(ทักษะการคำนวณ)

- ก. $1.48 \times 10^{-48} \text{ J}$
- ข. $2.96 \times 10^{-19} \text{ J}$
- ค. $4.47 \times 10^{14} \text{ J}$
- ง. $6.47 \times 10^{37} \text{ J}$

27. ธาตุ Li ทำปฏิกิริยากับธาตุ A ในสารประกอบ X ซึ่งทำปฏิกิริยากับน้ำรุนแรงในสารละลายเป็นเบส เลขออกซิเดชันของ A ในสารประกอบ X มีค่าเป็น -1 สารประกอบ X คืออะไร (ทักษะการทดลอง)

- ก. Li_2O
- ข. Li_3N
- ค. LiH
- ง. LiC

ใช้ข้อมูลนี้ตอบคำถามข้อ 28

ธาตุสมมติ ${}_9X$, ${}_{17}X$ และ ${}_{35}Z$ มีสูตรโมเลกุลเป็น X_2 , Y_2 และ Z_2 ตามลำดับ เกิดสารประกอบไอออนิกกับโพแทสเซียม เมื่อพิจารณาผลการทดลองต่อไปนี้

1. เมื่อนำสารละลาย KX มาทำปฏิกิริยากับ Y_2 พบว่าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง
2. เมื่อนำสารละลาย KX มาทำปฏิกิริยากับ Y_2 พบว่าจะได้ Z_2 เกิดขึ้น

28. ข้อใดเป็นการตั้งสมมติฐานที่ถูกต้องของการทดลองข้างต้น

(ทักษะการตั้งสมมติฐาน)

- ก. เมื่อผสมสารละลาย KX กับ X_2 จะเกิด Z_2 และ KX เกิดขึ้น
- ข. เมื่อผสมสารละลาย KY กับ X_2 จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดเกิดขึ้น
- ค. เวเลนซ์อิเล็กตรอนของ X^- หลุดได้ง่ายกว่าของเวเลนซ์อิเล็กตรอนของ Y^- และ Z^-
- ง. เวเลนซ์อิเล็กตรอนของ Z^- หลุดได้ง่ายกว่าของเวเลนซ์อิเล็กตรอนของ Y^- และ X^-

29. ถ้าธาตุ A เป็นธาตุกัมมันตรังสีที่มีครึ่งชีวิตยาวกว่าธาตุ B โดยทั้งสองธาตุปล่อยกัมมันตรังสีชนิดเดียวกันและมีปริมาณเริ่มต้นเท่ากัน ข้อใดสรุปถูกต้อง

(ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล)

- ก. อัตราการสลายตัวของ A สูงกว่า และ A มีปริมาณรังสีที่วัดได้ เมื่อเริ่มทดลองสูงกว่า
- ข. อัตราการสลายตัวของ B สูงกว่า และ B มีปริมาณรังสีที่วัดได้ เมื่อเริ่มทดลองสูงกว่า
- ค. อัตราการสลายตัวของ A สูงกว่า และ B มีปริมาณรังสีที่วัดได้ เมื่อเริ่มทดลองสูงกว่า
- ง. อัตราการสลายตัวของ B สูงกว่า และ A มีปริมาณรังสีที่วัดได้ เมื่อเริ่มทดลองสูงกว่า

30. นิยามของคำว่า “เลขอะตอม” ข้อใดถูกต้อง

(ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ)

- ก. ตัวเลขที่แสดงจำนวนนิวตรอน
- ข. ตัวเลขที่แสดงจำนวนอิเล็กตรอน
- ค. ตัวเลขที่แสดงจำนวนโปรตอน
- ง. ตัวเลขผลรวมของจำนวนโปรตอนและนิวตรอน

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

เฉลยแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

รายวิชา เคมี หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 30 ข้อ

ข้อที่	คำตอบ	ข้อที่	คำตอบ
1	ก	16	ก
2	ข	17	ข
3	ค	18	ค
4	ง	19	ก
5	ก	20	ค
6	ค	21	ง
7	ก	22	ข
8	ง	23	ง
9	ข	24	ง
10	ข	25	ง
11	ง	26	ข
12	ค	27	ก
13	ก	28	ง
14	ง	29	ข
15	ข	30	ค

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

รายวิชา เคมี หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
จำนวน 30 ข้อ ใช้เวลาในการทำข้อสอบ 60 นาที คะแนนเต็ม 30 คะแนน

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. รัทเทอร์ฟอร์ด ศึกษาโครงสร้างอะตอมโดยการยิงอนุภาคใดและผ่านแผ่นโลหะใด

(ความรู้ความจำ)

- | | |
|-------------------|-----------------|
| ก. นิวตรอน ทองคำ | ข. แอลฟา ทองคำ |
| ค. นิวตรอน ทองแดง | ง. แอลฟา ทองแดง |

2. สเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า ประกอบด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน ที่ความยาวคลื่น 490 – 580 นาโนเมตร จะปรากฏแถบสีใด (ความรู้ความจำ)

- | | |
|-------------|------------|
| ก. สีม่วง | ข. สีเขียว |
| ค. สีเหลือง | ง. สีแดง |

3. ข้อความใดถูกต้อง (ความเข้าใจ)

- | |
|--|
| ก. นีลส์โบร์ค้นพบอิเล็กตรอน |
| ข. อะตอมมีอิเล็กตรอนหลายระดับพลังงาน |
| ค. การทดลองหลอดรังสีแคโทดทำให้ค้นพบนิวตรอน |
| ง. อะตอมประกอบด้วยอิเล็กตรอน และโปรตอนเท่านั้น |

4. ข้อแตกต่างระหว่างแบบจำลองอะตอมของทอมสันและรัทเทอร์ฟอร์ด คือข้อใด

(การวิเคราะห์)

- | | |
|---------------------|--------------------|
| ก. จำนวนโปรตอน | ข. จำนวนอิเล็กตรอน |
| ค. ตำแหน่งของอนุภาค | ง. จำนวนนิวตรอน |

5. ข้อใดเป็นธาตุทั้งหมด (ความรู้ความจำ)

- | | |
|------------------------|----------------------------|
| ก. เหล็ก อากาศ ทองคำ | ข. ไฮโดรเจน คาร์บอน นิเกิล |
| ค. พลวง พรอท แอลกอฮอล์ | ง. กำมะถัน ด่างทับทิม พรอท |

6. แบบจำลองอะตอมแบบใดที่สามารถนำไปใช้อธิบายสมบัติของอะตอมได้ดีที่สุด

(การประเมินค่า)

- ก. แบบจำลองอะตอมของโบร์
- ข. แบบจำลองอะตอมของทอมสัน
- ค. แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก
- ง. แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด

7. อนุภาคมูลฐานของอะตอมที่มีประจุไฟฟ้าเป็นลบคือข้อใด (ความรู้ความจำ)

- ก. โปรตอน
- ข. นิวตรอน
- ค. อิเล็กตรอน
- ง. นิวเคลียส

8. จากตารางแสดงสมบัติบางประการของวัสดุ 4 ชนิด ชนิดใดเป็นโลหะ (การวิเคราะห์)

วัสดุ	ความหนาแน่น	การนำไฟฟ้า	เสียงเมื่อเคาะ	คุณสมบัติด้านอื่น
A	ต่ำ	ไม่นำ	ทึบ	สีเหลือง
B	ต่ำ	นำ	ทึบ	สีดำ
C	สูง	ไม่นำ	กังวาน	ไม่มีสี
D	สูง	นำ	กังวาน	เป็นมัน

- ก. วัสดุ A
- ข. วัสดุ B
- ค. วัสดุ C
- ง. วัสดุ D

9. ข้อความต่อไปนี้เป็นมโนภาพเกี่ยวกับอะตอมของใคร “อิเล็กตรอนเคลื่อนที่รอบนิวเคลียสเป็นชั้น ๆ แต่ละชั้นเรียกว่า ระดับพลังงาน ซึ่งมีค่าเฉพาะตัวคล้ายกับวงโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์” (ความเข้าใจ)

- ก. รัทเทอร์ฟอร์ด
- ข. ดอลตัน
- ค. ทอมสัน
- ง. โบร์

10. ชาติที่มีเลขอะตอม 1 3 11 19 37 มีสิ่งใดเหมือนกัน (ความเข้าใจ)

- ก. เป็นอโลหะเหมือนกัน ข. มีจำนวนอนุภาคมูลฐานเท่ากัน
ค. อยู่ในระดับพลังงานเดียวกัน ง. มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากัน

11. ความยาวของเส้นสเปกตรัม 4 เส้น A = 404 nm. B = 450 nm. C = 455 nm.

D = 608 nm. เส้นสเปกตรัมใดที่แสดงว่าอิเล็กตรอนมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานน้อยที่สุด

(การประเมินค่า)

- ก. A เท่านั้น
ข. B เท่านั้น
ค. C เท่านั้น
ง. D เท่านั้น

12. คาร์บอนเป็นธาตุที่เป็นส่วนสำคัญของสิ่งมีชีวิต สัญลักษณ์นิวเคลียร์ $^{12}_6\text{C}$ แสดงว่านิวเคลียสของคาร์บอนนี้มีอนุภาคตามข้อใด (การวิเคราะห์)

- ก. โปรตอน 12 ตัว นิวตรอน 6 ตัว
ข. โปรตอน 6 ตัว นิวตรอน 6 ตัว
ค. โปรตอน 6 ตัว อิเล็กตรอน 6 ตัว
ง. ถูกทั้งข้อ ข และ ค

13. ถ้าไอโซโทปหนึ่งของธาตุชนิดหนึ่งมีประจุในนิวเคลียสเป็น 2 เท่า ของ ^{12}C ประจุในนิวเคลียสของ ^{12}C และ มีเลขมวลเป็น 1.5 เท่าของ ไอโซโทปนี้จะมีอนุภาคมูลฐานอย่างละกี่อนุภาค (การวิเคราะห์)

- ग. 6e, 12p, 6n ख. 2e, 2p
 ढ. 12e, 12p, 6n ग. 12e, 12p, 18n

14. ใน 1s ออร์บิทัลจะมีอิเล็กตรอนได้สูงสุดกี่อิเล็กตรอน (ความเข้าใจ)

- ☐ ก. 1 ข. 2
☐ ค. 3 ง. 4

15. กำหนดธาตุ A, B, C, D มีเลขอะตอม 12, 16, 34, 37 ตามลำดับ ธาตุใดบ้างที่อยู่ในคาบเดียวกันในตารางธาตุ (ความเข้าใจ)

- ก. A, B ข. C, D
ค. A, B, C ง. B, C, D

16. “เลขอะตอม” ของธาตุ หมายถึงอะไร (ความรู้ความจำ)

- ก. จำนวนโปรตอนในนิวเคลียสของธาตุ
- ข. ผลรวมของจำนวนโปรตอนและอิเล็กตรอนในนิวเคลียส
- ค. ผลรวมของจำนวนโปรตอนและนิวตรอนในนิวเคลียส
- ง. ผลรวมของจำนวนนิวตรอนและอิเล็กตรอนในนิวเคลียส

17. ไอโซโทปกัมมันตรังสีมีอัตราการสลายตัวภายหลัง 96 นาที เหลือเพียงหนึ่งส่วนแปดของมัน เดิมที่มีอยู่ ครึ่งชีวิตของไอโซโทปกัมมันตรังสีมีค่าเท่าไร (การประเมินค่า)

- ก. 12.0 นาที
- ข. 24.0 นาที
- ค. 32.0 นาที
- ง. 48.0 นาที

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบข้อ 18–19

กำหนดให้พลังงานไอออไนเซชันลำดับที่ 1 – 4 ของธาตุ A B C และ D เป็นดังนี้

ธาตุ	พลังงานไอออไนเซชัน (kJ/mol) ลำดับที่			
	1	2	3	4
A	500	4600	6900	9500
B	740	1500	7700	10500
C	900	1800	14800	21000
D	580	1800	2700	11600

18. ธาตุใดมีแนวโน้มสูงสุดที่จะเกิดเป็นไอออนซึ่งมีประจุ +1 (การวิเคราะห์)

- ก. ธาตุ D
- ข. ธาตุ C
- ค. ธาตุ B
- ง. ธาตุ A

19. ธาตุใดน่าจะมีจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากัน (การวิเคราะห์)

- ก. ธาตุ A และ B
- ข. ธาตุ B และ C
- ค. ธาตุ C และ D
- ง. ธาตุ D และ A

20. ข้อใดเป็นความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพระหว่างธาตุหมู่หลักและธาตุแทรนซิชัน (การประเมินค่า)

- ก. ธาตุแทรนซิชันทำปฏิกิริยากับน้ำได้ดีกว่าธาตุหมู่หลัก
- ข. สารประกอบของธาตุหมู่หลักเมื่อละลายน้ำแล้วใสไม่มีสี
- ค. สารประกอบของธาตุแทรนซิชันเมื่อละลายน้ำแล้วใสไม่มีสี
- ง. สารประกอบของธาตุหมู่หลักเป็นไอหะส่วนธาตุแทรนซิชันเป็นไอหะ

21. ธาตุกัมมันตรังสี” คืออะไร (ความรู้ความจำ)

- ก. เป็นชื่อเรียกธาตุที่สามารถทำให้แผ่รังสีได้
- ข. ปรากฏการณ์ที่ธาตุแผ่รังสีได้เอง
- ค. เป็นชื่อเรียกธาตุที่มีสมบัติในการแผ่รังสีได้เอง
- ง. ปรากฏการณ์ที่เกิดจากการทำให้ธาตุแผ่รังสี

22. การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอมของธาตุแทรนซิชัน มี 2 แบบคือ 2, 8, X, 2 หรือ 2, 8, X, 1 โดย X อาจมีค่าระหว่าง 9 – 18 การจัดอิเล็กตรอนในข้อใดเหมือนกัน

(การวิเคราะห์)

- | | |
|--|--|
| ก. Fe^{4+} และ Mn^{2+} | ข. Cr^+ และ Co^{4+} |
| ค. Cr อะตอม และ Fe^{2+} | ง. Co^{2+} และ Fe^{3+} |

23. วิธีการตรวจสอบธาตุกัมมันตรังสีวิธีใดที่ปลอดภัยและได้ผลแม่นยำที่สุด

(การประเมินค่า)

- ก. ใช้ฟิล์มหุ้มสารที่ตรวจสอบ
- ข. ใช้สารเรืองแสงตรวจสอบ
- ค. ใช้เครื่องมือไกเกอร์มูลเลอร์เคาน์เตอร์
- ง. หลอดรังสีแคโทด

24. รังสีใดมีอำนาจทะลุผ่านสูงที่สุด เรียงตามลำดับ (การประเมินค่า)

- | | |
|---------------------|---------------------|
| ก. แอลฟา บีตา แกมมา | ข. แกมมา บีตา แอลฟา |
| ค. บีตา แอลฟา แกมมา | ง. แอลฟา แกมมา บีตา |

25. ข้อใดต่อไปนี้เป็นธาตุทรานซิชันทั้งหมด (ความรู้ความจำ)

ก. Hg Mn Na

ข. Mg V Cr

ค. Sc Ti V

ง. B Br Be

26. ข้อใดเป็นธาตุทรานซิชันที่อยู่ในคาบเดียวกันทั้งหมด (ความเข้าใจ)

ก. Ti, V, Ni, Cu

ข. Sc, Mo, Cu, Zn

ค. V, Fe, Co, Pd

ง. Ni, Fe, Mn, Cd

27. ข้อใดไม่ใช่ธาตุโลหะมีสมบัติการนำความร้อนและนำไฟฟ้าได้ดีที่นำมาทำเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้า (ความรู้ความจำ)

ก. ทองคำ

ข. ทองแดง

ค. ลิเทียม

ง. สังกะสี

28. ธาตุทรานซิชันเมื่อเกิดสารประกอบจะมีเลขออกซิเดชันและสีอย่างไร และเป็นธาตุที่อยู่ส่วนใดในตารางธาตุ (ความเข้าใจ)

ก. มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า มีสี และเป็นธาตุที่อยู่ระหว่างหมู่ที่ 2 และ 3

ข. มีเลขออกซิเดชันได้เพียงค่าเดียว มีสี และเป็นธาตุที่อยู่ระหว่างหมู่ที่ 3 และ 4

ค. มีเลขออกซิเดชันได้เพียงค่าเดียว ไม่มีสี และเป็นธาตุที่อยู่ระหว่างหมู่ 2 และ 3

ง. มีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า ไม่มีสี และเป็นธาตุที่อยู่ระหว่างหมู่ที่ 3 และ 4

29. กิจกรรมการศึกษาที่เปรียบเทียบการสลายกัมมันตรังสีกับการทอดลูกเต๋านั้นจำนวนลูกเต๋าทีถูกคัดออกเทียบกับปริมาณใด (การประเมินค่า)

ก. เวลาครึ่งชีวิต

ข. จำนวนนิวเคลียสตั้งต้น

ค. จำนวนนิวเคลียสที่สลาย

ง. จำนวนนิวเคลียสที่เหลือ

30. เพราะเหตุใดปัจจุบันจึงไม่นำแก๊สไฮโดรเจนมาบรรจุในลูกโป่งสวรรค์หรือเรือเหาะ (การวิเคราะห์)

ก. มีความดันและความหนาแน่นสูง

ข. แก๊สไฮโดรเจนมีความหนาแน่นน้อย

ค. เพราะแก๊สไฮโดรเจนเป็นพิษร้ายแรง

ง. เพราะแก๊สไฮโดรเจนเป็นแก๊สที่ติดไฟ

เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

รายวิชา เคมี หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 30 ข้อ

ข้อที่	คำตอบ	ข้อที่	คำตอบ
1	ก	16	ก
2	ข	17	ก
3	ค	18	ง
4	ค	19	ข
5	ข	20	ข
6	ค	21	ก
7	ค	22	ข
8	ง	23	ค
9	ง	24	ข
10	ง	25	ค
11	ง	26	ก
12	ข	27	ก
13	ง	28	ก
14	ข	29	ค
15	ก	30	ง

**แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ**

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หน่วย อะตอมและสมบัติของธาตุ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยศึกษา 5 ด้าน คือ

- 1) ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้
- 2) ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
- 3) ด้านสื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้
- 4) ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
- 5) ด้านประโยชน์ที่ได้รับ

ใช้คำถามด้านละ 4 ข้อ รวมเป็น 20 ข้อ

2. ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ให้ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียน

- ระดับ 5 หมายถึง นักเรียนพึงพอใจมากที่สุด
 ระดับ 4 หมายถึง นักเรียนพึงพอใจมาก
 ระดับ 3 หมายถึง นักเรียนพึงพอใจปานกลาง
 ระดับ 2 หมายถึง นักเรียนพึงพอใจน้อย
 ระดับ 1 หมายถึง นักเรียนพึงพอใจน้อยที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้					
1. เนื้อหา มีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้					
2. เนื้อหา มีความชัดเจน เข้าใจง่าย					
3. เนื้อหา แต่ละเรื่อง ทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้					
4. เนื้อหา แต่ละเรื่อง มีความเหมาะสมกับเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้					
ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้					
5. กิจกรรมการเรียนรู้ มีความสอดคล้องกับเนื้อหา					
6. กิจกรรมการเรียนรู้ เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง					
7. กิจกรรมการเรียนรู้ ส่งเสริมการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์					
8. กิจกรรมการเรียนรู้ ใช้เทคโนโลยี หรือนวัตกรรมในการจัดการเรียนรู้ อย่างเหมาะสม					
ด้านสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้					
9. สื่อและอุปกรณ์ เพียงพอต่อการจัดการเรียนรู้					
10. สื่อและอุปกรณ์ มีความน่าสนใจ					
11. สื่อและอุปกรณ์ มีความเหมาะสมกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้					
12. สื่อและอุปกรณ์ ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ ความเข้าใจ และช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์					

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้					
13. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์และกิจกรรมการเรียนรู้					
14. เกณฑ์การวัดและประเมินผลมีความชัดเจน					
15. การวัดผลการเรียนรู้ทำอย่างต่อเนื่อง					
16. การวัดและประเมินผลมีความหลากหลายและเป็นไปตามสภาพจริง					
ด้านประโยชน์ที่ได้รับ					
17. การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่าย					
18. การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ความเข้าใจได้ด้วยตนเอง					
19. การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์					
20. การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนรู้จักการทำงานร่วมกันเป็นทีม					

ข้อเสนอแนะ (เพิ่มเติม)

.....

.....

.....

.....

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวจินตนา นันตะบุตร
วัน เดือน ปีเกิด	23 เดือนพฤศจิกายน 2539
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	168 หมู่ 2 ตำบลโนนสูง อำเภอตระการพืชผล จังหวัดอุบลราชธานี 34130
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2558	ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนโนนสูงวิทยาคม อำเภอตระการพืชผล จังหวัดอุบลราชธานี
พ.ศ. 2562	ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี อำเภอเมืองอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี
พ.ศ. 2567	ปริญญาโท ครุศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร