การพัฒนามโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

นายทินกร พันเดช

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

5983401927_992824171

992824171 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

Developing the upper secondary school students' mole and chemical formula concepts using game-based learning

Mr. Thinnakorn Pandach

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education in Science Education
Department of Curriculum and Instruction
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2018

Copyright of Chulalongkorn University

9928241171 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนามโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน
โดย	นายทินกร พันเดช
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ดร.สลา สามิภักดิ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร.ณัฐพงศ์ ไพบูลย์วรชาติ

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ดร.สลา สามิภักดิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ดร.ณัฐพงศ์ ไพบูลย์วรชาติ)

..... กรรมการ
(ดร.สายรุ้ง ซาวสุภา)

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

ทินกร พันเดช : การพัฒนามโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน . (Developing the upper secondary school students' mole and chemical formula concepts using game-based learning) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ดร.สลา สามิภักดิ์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ดร.ณัฐพงศ์ ไพบูลย์วรชาติ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบ Two-Group Pretest-Posttest Design มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้การเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน 2) เปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้โดยใช้เกมเป็นฐานกับกลุ่มที่เรียนแบบทั่วไป กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 67 คน โดยนักเรียนจำนวน 35 คน เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน และนักเรียนจำนวน 32 คน เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป เก็บข้อมูลโดยใช้แบบวัดมโนทัศน์ที่มีลักษณะเป็นปรนัย 5 ตัวเลือก จำนวน 19 ข้อ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติการทดสอบค่าที (t-test)

ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้การเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานมีคะแนนมโนทัศน์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้การเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานมีคะแนนมโนทัศน์เคมีเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มที่เรียนรู้แบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2561 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

5983401927 : MAJOR SCIENCE EDUCATION

KEYWORD: Game-Based learning, Mole and Chemical Formula concepts

Thinnakorn Pandach : Developing the upper secondary school students' mole and chemical formula concepts using game-based learning. Advisor: Sara Samiphak, Ph.D. Co-advisor: Nattapong Paiboonvorachat, Ph.D.

9928241 71 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

This study is a quasi-experimental research using Two-Group Pretest-Posttest design. The aims of this study were to 1) compare the scores of concept tests before and after a group of students have experienced game-based learning (GBL) on the topic of mole and chemical formula, and 2) compare these scores obtained by this group of students and those achieved by students who were instructed via a traditional method. 67 Grade 10 students were studied and divided into two groups: 35 of them learned the topic through GBL and the others through typical instructions. Mole and chemical formula concept tests were used to determine their concepts. Each test consists of 19 five-option multiple choice questions (MCQs) and different marks were allocated according to the conceptual understanding level of each possible answer. The data were analyzed by using an independent t-test.

The findings revealed as follows: 1) When the students learned the topic 'mole and chemical formula' via GBL, the posttest concept scores were higher than the pretest at .05 level of significance. 2) The posttest scores achieved by this group of GBL students were higher than those obtained by the students who learned through traditional instructions, at .05 level of significance.

Field of Study:	Science Education	Student's Signature .....
Academic Year:	2018	Advisor's Signature .....
		Co-advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้จะดำเนินการเสร็จสิ้นลุล่วงไปไม่ได้ หากขาดบุคคลดังต่อไปนี้

อาจารย์ ดร. สลา สามิภักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ ไพบูลย์วรชาติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ขอขอบคุณสำหรับคำแนะนำอย่างตรงไปตรงมา กำลังใจในการทำงานอย่างเต็มที่และพร้อมจะสู้กับปัญหา สิ่งเหล่านี้ทำให้ข้าพเจ้ามีความสบายใจ และพร้อมที่จะปรึกษาปัญหาอย่างจริงใจกับอาจารย์ในทุกเรื่อง

อาจารย์ ดร. สายรุ้ง ซาวสุภา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณสำหรับคำอบรมสั่งสอนที่หล่อหลอมให้ข้าพเจ้าเป็นครู ทำให้ข้าพเจ้าค้นพบว่าการเป็นครูไม่ใช่เรื่องง่าย และต้องอาศัยความพยายามอย่างสม่ำเสมอในทุกวัน

รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณสำหรับคำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ ทั้งในเรื่องหัวข้อการศึกษามโนทัศน์ และในเรื่องทั่วไปในการใช้ชีวิต ขอบคุณสำหรับความห่วงใยและความปรารถนาดีต่าง ๆ

ขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่าน ได้แก่ ผศ.ดร.ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง ผศ.ดร.เอกรัตน์ ทานาค รศ. ดร.วัลภา เอื้องไมตรีภิรมย์ รศ.ดร. เสาวรักษ์ เฟื่องสวัสดิ์ และ ผศ. หม่อมหลวง ศิริพัสตร์ ไชยันต์ สำหรับคำแนะนำต่อเครื่องมือในการวิจัยในครั้งนี้ ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เพื่อนร่วมรุ่นการศึกษาวิทยาศาสตร์ สำหรับกำลังใจ ความช่วยเหลือ บรรยากาศการเรียนและการทำงานกลุ่มที่อบอุ่น และปราศจากการแข่งขัน

ธิดารัตน์ โลหะไพบูลย์กุล หรือส้มโอ เพื่อนรัก สำหรับกำลังใจดี ๆ ที่เชื่อมั่นเสมอว่าข้าพเจ้าทำได้ เพียงตั้งใจสู้

และบุคคลที่สำคัญที่สุดในชีวิตของผม ขอบคุณคุณแม่จันทร์เพ็ญ พันเดช คุณพ่อเสียง พันเดช สำหรับกำลังใจ ที่ไม่เคยกดดันข้าพเจ้า ขอบคุณสำหรับความเข้าใจ การช่วยเหลือเรื่องค่าใช้จ่าย ข้าพเจ้ารู้สึกภูมิใจมากสำหรับปริญญาโทใบนี้ และหวังว่าปริญญานี้จะทำให้คุณพ่อ คุณแม่หายเหนื่อยและท้อลงไปได้มากในการทำงาน หลังจากจบปริญญาข้าพเจ้าก็จะได้บรรจุเป็นครูในบ้านเกิด และเราจะได้อยู่ด้วยกันพร้อมหน้าอีกครั้ง

ทินกร พันเดช

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญแผนภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

คำถามการวิจัย 3

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

สมมติฐานของงานวิจัย 4

ขอบเขตของการวิจัย 4

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

1. การเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน 8

1.1 ความหมายของการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน 8

1.2 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน 8

1.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน 11

1.4 ประเภทของเกมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน และตัวอย่างเกม 12

1.5 วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน 13

1.6 ตัวอย่างเกมการศึกษา (Educational Game) 14

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

1.7 ตัวอย่างเกมการสอน (Didactic Game) 17
2. มโนทัศน์เคมี 18
2.1 ความหมายของมโนทัศน์ มโนทัศน์เคมี องค์ประกอบของมโนทัศน์ และประเภทของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ 18
2.2 ระดับของมโนทัศน์ 21
2.3 การวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมี 23
กรอบแนวคิดการวิจัย 27
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 28
1. รูปแบบของการวิจัย 28
2. กลุ่มเป้าหมาย 29
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 29
แบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมี 30
แผนการเรียนรู้เคมีโดยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน 36
แผนการเรียนรู้เคมีโดยการเรียนรู้แบบทั่วไป 43
2. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 45
3. การวิเคราะห์ข้อมูล 46
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 47
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 64
สรุปผลการวิจัย 64
อภิปรายผล 64
ข้อเสนอแนะ 69
รายการภาคผนวก 71
ภาคผนวก ก 72
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ 72

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

ภาคผนวก ข 73

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 73

บรรณานุกรม 111

ประวัติผู้เขียน 117

9928241171 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ตัวอย่างของเกมตามประเภท เนื้อหาเคมีที่ใช้ และจุดประสงค์ในการใช้เกม 14

ตารางที่ 2 การระบุมโนทัศน์ออกเป็น 3 ระดับ..... 22

ตารางที่ 3 การระบุมโนทัศน์ออกเป็น 4 ระดับ 22

ตารางที่ 4 การระบุมโนทัศน์ออกเป็น 5 ระดับ 23

ตารางที่ 5 เกณฑ์ในการให้คะแนนตามของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมี..... 30

ตารางที่ 6 มโนทัศน์ เรื่องโมลและสูตรเคมี 31

ตารางที่ 7 มโนทัศน์ที่วัด สัญลักษณ์มโนทัศน์ หมายเลขข้อสอบ และชื่อเกมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน 34

ตารางที่ 8 ชื่อเกม รอบเล่นเกม จุดประสงค์ กติกา และลักษณะที่ปรากฏ 39

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานและการเรียนรู้แบบทั่วไป 45

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน 47

ตารางที่ 11 คะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน 49

ตารางที่ 12 จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนมโนทัศน์เพิ่มขึ้นในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน 51

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานและกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป 52

ตารางที่ 14 คะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป 54

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยหลังเรียนระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป..... 56

ตารางที่ 16 จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนมโนทัศน์เพิ่มขึ้นในกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานและกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป 58

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

ตารางที่ 17 จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนมโนทัศน์เพิ่มขึ้นจาก NR หรือ SAC ไปที่ระดับ SU ในกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน และแบบทั่วไป 59

ตารางที่ 18 ความพึงพอใจต่อเกมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน 61

ตารางที่ 19 เหตุผลของความไม่พึงพอใจต่อเกมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน และจำนวนนักเรียนที่ไม่พึงพอใจ 62

ตารางที่ 20 เปรียบเทียบระดับมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีระหว่างหลังเรียนและก่อนเรียนเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน 83

ตารางที่ 21 ระดับมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน 84

ตารางที่ 22 จำนวนกระดาษสีม่วงและสีเหลืองในพืชแต่ละชนิด 96

ตารางที่ 23 มวลของสารทั้ง 3 ชนิดปริมาณ 1 โมล 97

ตารางที่ 24 ส่วนผสมของอากาศ 100

ตารางที่ 25 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจเกณฑ์การวัดมโนทัศน์ทางเคมีฉบับก่อนเรียน 104

ตารางที่ 26 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจเกณฑ์การวัดมโนทัศน์ทางเคมีฉบับหลังเรียน 105

ตารางที่ 27 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อ ของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีฉบับก่อนเรียน 106

ตารางที่ 28 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจเกณฑ์ 107

ตารางที่ 29 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจเกณฑ์ แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป 109

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

สารบัญแผนภาพ

หน้า

แผนภาพที่ 1 แผ่นอะตอมและการ์ดโมเลกุล 18

แผนภาพที่ 2 แบบวัดชนิดคำถามปลายเปิดของคริชนันและโฮเว (1994) (Krishnan & Howe, 1994) 23

แผนภาพที่ 3 แบบวัดชนิดเลือกตอบของคริชนันและโฮเว (1994) (Krishnan & Howe, 1994) 24

แผนภาพที่ 4 แบบวัดชนิดเลือกตอบ 2 ระดับและเขียนให้เหตุผล (Two Tier Multiple Choice With Reasoning) ของคริชนันและโฮเว (1994) (Krishnan & Howe, 1994) 24

แผนภาพที่ 5 แบบวัดชนิดเลือกตอบ 2 ระดับของซิสวานิงซี (2017) (Siswaningsih et al., 2017) 25

แผนภาพที่ 6 แบบวัดชนิดถูกผิด 2 ชั้นของของคริชนันและโฮเว (1994) (Krishnan & Howe, 1994) 26

แผนภาพที่ 7 ลำดับชั้นและความเชื่อมโยงของมโนทัศน์เรื่อง โมลและสูตรเคมี 32

แผนภาพที่ 8 กระดาษคำตอบที่ใช้ทบทวนเรื่องร้อยละโดยมวล 87

แผนภาพที่ 9 เฉลยที่ใช้ทบทวนเรื่องร้อยละโดยมวล 87

แผนภาพที่ 10 กล่องที่ใช้ในการเล่นเกม 94

แผนภาพที่ 11 ตาชั่ง 2 แขนที่ใช้ในการเล่นเกม 95

แผนภาพที่ 12 กระดาษสีม่วงที่ใช้แทนกล่องสีม่วง 95

แผนภาพที่ 13 รูปภาพของกะหล่ำปลี และดอกกุหลาบ 96

แผนภาพที่ 14 ภาชนะสำหรับบรรจุสารปริมาณ 1 โมล (ด้านซ้ายมือ) และมวลของสารจำนวน 1 โมล (ด้านขวามือ) 97

แผนภาพที่ 15 น้ำตาลคิวบ์ (ด้านซ้ายมือ) และจำนวนอะตอมของสาร 1 โมล (ด้านขวามือ) 98

แผนภาพที่ 16 การชั่งมวลผงฟู (ด้านซ้ายมือ) การชั่งมวลลูกโป่งและหนังยาง (ด้านขวามือ) 99

แผนภาพที่ 17 ลูกโป่งที่บรรจุแก๊ส CO_2 (ด้านซ้ายมือ) การชั่งมวลลูกโป่งบรรจุแก๊ส CO_2 (ด้านขวามือ) 99

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

แผนภาพที่ 18 ชื่อและมวลของส่วนผสมของของวิเศษ 100
แผนภาพที่ 19 ด้านหลังของการ์ด A และการ์ด B 101
แผนภาพที่ 20 ด้านหน้าของการ์ด A และการ์ด B 101
แผนภาพที่ 21 กระดาษคำตอบของการวิเคราะห์ส่วนผสม (ด้านซ้ายมือ) และเฉลย (ด้านขวามือ) .. 102
แผนภาพที่ 22 การเล่นเกมในรอบที่ 1 สูตรอย่างง่าย 103
แผนภาพที่ 23 การเล่นเกมในรอบที่2 สูตรที่ออกฤทธิ์ 103

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

บทที่ 1
บทนำ

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในยุคแห่งข้อมูลข่าวสาร คือ นักเรียนสามารถนำความรู้วิทยาศาสตร์ มาใช้ตัดสินใจอย่างชาญฉลาดในสถานการณ์ที่ต้องเผชิญ นักเรียนสามารถบูรณาการความรู้ใหม่ที่ได้รับกับความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว เพื่อใช้ในการปรับโครงสร้างของความคิดใหม่ (Weiman, 2008) สำหรับการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย มีเป้าหมายคือให้นักเรียนสามารถสร้างความเข้าใจในหลักการ และทฤษฎีต่าง ๆ รวมถึงมีทักษะในการศึกษาค้นคว้า และคิดค้นทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) ดังนั้นจะพบว่าเป้าหมายของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับชาติ และระดับนานาชาติมีความสอดคล้องกัน กล่าวคือนักเรียนต้องสามารถระบุว่าความรู้ใหม่ที่ได้รับจากการศึกษาค้นคว้านั้นเชื่อถือได้หรือไม่ มีความเหมือน ความต่างจากความรู้เดิมที่เขามีอย่างไร เพื่อให้เกิดการปรับโครงสร้างทางปัญญา เกิดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ใหม่ ๆ หรือเรียกอีกอย่างว่าการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ (นาตยา ปิลันธนานนท์, 2542)

มโนทัศน์ คือ ความเข้าใจของแต่ละบุคคลที่สรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เช่น วัตถุ คน สถานที่ และเหตุการณ์ โดยนำความรู้มาสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิม แต่ละบุคคลจะใช้ลักษณะสำคัญของสิ่งนั้น ๆ มาประมวลเข้าด้วยกันจนเกิดเป็นข้อสรุป (Jacobson & Bergman, 1980; สุวิทย์ มูลคำ, 2547) ทั้งนี้มโนทัศน์อาจอยู่ในรูปแบบของข้อสรุปในเชิงความคิด เป็นตัวแทนของความคิดในใจ หรือเป็นสิ่งที่บุคคลพูด เขียนเพื่ออธิบายเกี่ยวกับสิ่งนั้น ๆ หรืออาจเป็นความสามารถในการแยกแยะสิ่งที่เหมือนกันหรือต่างกันออกจากกันก็ได้ (Ausubel, 2012; Carin, 1997)

บุคคลจะมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องได้ ขึ้นอยู่กับ 1) การสรุปลักษณะสำคัญที่เหมือนกัน และลักษณะสำคัญที่ต่างกันของสิ่งนั้น ๆ หรือการที่บุคคลมีความรู้เดิมเกี่ยวกับสิ่งนั้น ๆ ถูกต้องเพียงใด 2) การเชื่อมโยงหรือเปรียบเทียบความรู้ใหม่กับความรู้เดิม โดยอาจผ่านการอธิบาย หรืออภิปรายเป็นกลุ่มเพื่อทำให้บุคคลสามารถจัดระเบียบความรู้ และทราบว่าตนยังไม่ทราบอะไรได้ (Margolis, 2014) และ 3) การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม มีการเปิดรับประสบการณ์ใหม่ เกิดกระบวนการคิดเพื่อปรับโครงสร้างทางปัญญา จนตนเองเกิดมีมโนทัศน์ขึ้นมา (ทิศนา แขมมณี, 2559)

วิชาเคมีเป็นวิชาที่ต้องอาศัยความเข้าใจปรากฏการณ์ทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับจุลภาค ระดับมหภาค และระดับสัญลักษณ์ ดังนั้นหากนักเรียนไม่สามารถสร้างความเข้าใจและไม่สามารถเชื่อมโยงปรากฏการณ์ทั้ง 3 ระดับ นักเรียนก็จะเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (ชาตรี ฝายคำตา, 2558) ทั้งนี้ยัง

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

พบว่านักเรียนมักมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในมโนทัศน์ที่เป็นการคำนวณและต้องอาศัยความเข้าใจทฤษฎี เช่น โมล (Ben-Zvi, Eylon, & Silberstein, 1988) จรรยา ดาสาและโคล (2008) ได้สำรวจมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมี ของนักเรียนไทยชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และ 5 พบว่านักเรียนน้อยกว่าครึ่งหนึ่งมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องโมลและสูตรเคมี โดยพบว่ามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน อาทิ 1) มวลอะตอมเป็นค่าตัวเลขที่ได้จากการเปรียบเทียบมวลของธาตุนั้นกับมวลของ 1/12 ของธาตุคาร์บอน 12 จำนวน 1 อะตอม 2) สารทุกชนิดที่มีมวลเท่ากันมีจำนวนอนุภาคเท่ากัน และ สารที่มีมวลโมเลกุลเท่ากันจะมีจำนวนโมลเท่ากัน (Dahsah & Coll, 2008) และจากการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการกับครูที่มีประสบการณ์สอนในรายวิชาเคมีมากว่า 10 ปี จำนวน 2 คนและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนรายวิชาเคมี จำนวน 5 คนพบว่านักเรียนยังประสบปัญหาการขาดมโนทัศน์เคมีที่ถูกต้อง และมีมโนทัศน์เคมีที่คลาดเคลื่อนในมโนทัศน์เกี่ยวกับอะตอมและตารางธาตุ อาทิ นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนว่า 1) สารประกอบเกิดจากธาตุเพียง 2 ชนิด 2) อนุภาคทั้ง 3 ชนิด คือ อิเล็กตรอน โปรตอน และนิวตรอนมีมวลเท่ากัน และ 3) อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันมีสมบัติเหมือนกันทุกประการ รวมถึงนักเรียนยังรับรู้ว่าเคมีเป็นวิชาที่ยาก และไม่น่าสนใจ

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่ามีรูปแบบการสอนต่าง ๆ ที่ใช้ในการพัฒนามโนทัศน์ เช่น 1) รูปแบบวงจรการเรียนรู้ (Learning Cycle) 2) รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบ 5E 3) รูปแบบการเรียนการสอนเพื่อเปลี่ยนมโนทัศน์ (Conceptual Change Model) (Konicek-Moran and Keeley, 2015) และ 4) การเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน (Game – Based Learning) (Oakman, 2016; Rastegarpour & Marashi, 2012; TESS-India, 2018; ทิศนา แขมมณี, 2543)

การเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน (Game-Based learning) หมายถึง การเรียนรู้ผ่านการเล่นเกมที่กติกาไม่ยุ่งยากซับซ้อน มีความสนุกสนาน มีจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยผู้สอนใช้คำถามนำสู่การอภิปราย เพื่อเชื่อมโยงถึงสาระ และจุดประสงค์การเรียนรู้จากการเล่นเกม (Franco-Mariscal 2014, ทิศนา แขมมณี 2543, สุวิทย์ มูลคำและอรทัย มูลคำ 2545) โดยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน เช่น การใช้เกมกระดาน การ์ดเกม เกมคอมพิวเตอร์ หรือกิจกรรมที่เล่นเพื่อความสนุกสนานอื่น ๆ ล้วนแต่เป็นการเรียนรู้แบบ “Edutainment” คือทำให้เกิดการเรียนรู้ และความบันเทิงไปพร้อมกัน (Charsky, 2010) โดยนักเรียนเล่นเกมที่ออกแบบให้มีกติกาไม่ซับซ้อน และผสานเนื้อหาที่แนบเนียนเข้าไป รวมถึงจัดระเบียบความรู้จากการอภิปรายหลังจากการเล่นเกม (Triboni & Weber, 2018) มีงานวิจัยที่พบว่าการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานสามารถทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์เคมีที่ซับซ้อนและมีความเป็นนามธรรม (Oakman, 2016; Rastegarpour & Marashi, 2012; TESS-India, 2018; ทิศนา แขมมณี, 2543) และการใช้เกมสามารถทำให้เกิดความกระจ่างในมโนทัศน์เกี่ยวกับปฏิกิริยา

99282417l CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

เคมีอินทรีย์ โดยเฉพาะเรื่อง จลนพลศาสตร์ (Kinetics) และเทอร์โมไดนามิก (Thermodynamics) (Triboni & Weber, 2018) รวมถึงการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานสามารถทำให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาเคมี (Sakulsaknimitr, 2019)

ทั้งนี้จุดประสงค์ของเกมที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานสามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ 1) ใช้เกมเพื่อเพิ่มความสนุกสนาน กระตุ้นความสนใจ และทบทวนความรู้ เกมในประเภทนี้เรียกว่า เกมการศึกษา (Educational Game) เช่น เกม OrCheTaboo เพื่อทดสอบคำศัพท์เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนในรายวิชาเคมี (Akkuzu & Uyulgan, 2016) และเกม Cheminoes ที่ใช้ทบทวนความรู้เรื่องเลขอะตอม สัญลักษณ์ของธาตุ และเวเลนซ์อิเล็กตรอน (Moreno, Hincapié, & Alzate, 2014) และ 2) ใช้เกมเพื่อเรียนรู้เนื้อหา เกมในประเภทนี้เรียกว่า เกมการสอน (Didactic Game) เช่น บอร์ดเกม CHEMbond เพื่อใช้ในการเรียนเรื่องการเขียนสูตรโครงสร้าง (Structural Formula) จากสูตรโมเลกุล (Molecular Formula) ของสารประกอบโคเวเลนต์ (Sakulsaknimitr, 2019) พบว่าในประเทศไทย การจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานในรายวิชาเคมียังพบน้อยและเกมส่วนใหญ่ที่นำไปใช้ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์หรือเคมีเป็นเกมการศึกษาเพื่อการทบทวนเนื้อหา หรือเพื่อความสนุกสนาน เช่น เกมทบทวนความรู้เกี่ยวกับตารางธาตุ (Plungsombat, Jearapan, Pittayanukit, & Wongsawang, 2017)

จากแนวคิดและงานวิจัยข้างต้นพบว่า การเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานสามารถทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์เคมีที่เป็นนามธรรม รวมถึงนักเรียนในกลุ่มเป้าหมายที่ประสบปัญหาไม่มีมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมี และไม่มีความสนใจในการเรียนวิชาเคมี ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาเกมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานเพื่อพัฒนามโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมี ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

คำถามการวิจัย

1. นักเรียนที่เรียนโดยใช้การเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานจะมีมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีหลังเรียนต่างจากก่อนเรียนหรือไม่ อย่างไร
2. นักเรียนที่เรียนโดยใช้การเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานจะมีมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป หรือไม่ อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน
2. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการ

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

เรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานกับกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป

สมมติฐานของงานวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า การเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานสามารถทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์เคมี เช่น งานวิจัยของนัดตซัน (2015) ที่จัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานโดยใช้การ์ดเกม พบว่านักเรียนมีมโนทัศน์เรื่องหมู่ฟังก์ชันที่ซับซ้อน (Knudtson, 2015) เช่นเดียวกับงานวิจัยของไตรบอนีและวีเบอร์ (2018) ที่จัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานให้กับนักศึกษา พบว่านักศึกษาเกิดความกระจ่างในมโนทัศน์เคมีเรื่องปฏิกิริยาของสารอินทรีย์ ที่เป็นมโนทัศน์ที่ซับซ้อนและเป็นนามธรรม (Triboni & Weber, 2018) และงานวิจัยของวิศวัฒน์ สกุลศักดิ์นิมิต (2019) อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานและพลศึกษา ที่พัฒนาเกมกระดานที่ชื่อว่า “CHEMbond” เพื่อใช้ในการเรียนเรื่องการเขียนสูตรโครงสร้าง (Structural Formula) จากสูตรโมเลกุล (Molecular Formula) ของสารประกอบโคเวเลนต์ พบว่า นักเรียนมีมีความเข้าใจเกี่ยวกับการเขียนสูตรโครงสร้างมากขึ้น นอกจากนั้นนักเรียนยังมีความพึงพอใจต่อเกม อีกด้วย (Sakulsaknimitr, 2019)

ดังนั้นในการการพัฒนามโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน ผู้วิจัยจึงได้เสนอสมมติฐานของงานวิจัยดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน จะมีมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
2. นักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน จะมีมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2561 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรุงเทพมหานคร จำนวน 67 คน แบ่งเป็นกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน จำนวน 35 คน และกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป จำนวน 32 คน
2. ตัวแปรในการวิจัย ประกอบด้วย
    2.1 ตัวแปรจัดกระทำ (Treatment Variable) คือ การเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน
    2.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variable) คือ มโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมี

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ เนื้อหาในรายวิชาเพิ่มเติมเคมีเล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เรื่อง โมลและสูตรเคมี ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

9928241171 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

1. การเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน หมายถึง การสอนแบบสืบสอบที่นักเรียนสร้างความรู้ผ่านเกมที่มีกติกา หรือข้อตกลงร่วมกันที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน โดยใช้การสอนแบบ 3 ขั้นคือ ขั้นนำ ขั้นสอน ขั้นสรุป และผนวกกับขั้นตอนการใช้เกมในขั้นของการสอนที่นำเสนอโดย ทิศนา แขมมณี (2543) และวัฒนาพร ระงับทุกข์ (2544) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1) ขั้นนำ หมายถึง ขั้นกระตุ้นความสนใจของนักเรียนให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน

2) ขั้นสอน ประกอบด้วย 3 ขั้น ตามทิศนา แขมมณี (2543) และวัฒนาพร ระงับทุกข์ (2544) ดังนี้

2.1 นำเสนอเกม หมายถึง ขั้นที่ผู้สอนกระตุ้นความสนใจนักเรียนให้อยากเล่นเกม และผู้สอนอธิบายเกี่ยวกับเกม เช่น กติกา วิธีการเล่น ของรางวัล และการซ้อมเล่นเกม

2.2 ขั้นเล่นเกม หมายถึง ขั้นที่ผู้สอนให้นักเรียนเล่นเกมตามกติกา

2.3 ขั้นอภิปรายหลังการเล่นเกม หมายถึง ขั้นที่ผู้สอนใช้คำถามในการสืบสอบเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปของความรู้ที่ได้จากเกม

3) ขั้นสรุป หมายถึง ขั้นที่ผู้สอนและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ทั้งหมด และผู้สอนประเมินมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้น

2. มโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมี หมายถึง ความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาเคมีเรื่องโมลและสูตรเคมี ซึ่งครอบคลุมในเรื่อง มวลอะตอม มวลอะตอมเฉลี่ย มวลโมเลกุล มวลต่อโมล จำนวนอนุภาคต่อโมล ปริมาตรต่อโมลของแก๊สที่สภาวะ STP กฎสัดส่วนคงที่ ร้อยละโดยมวล การหาสูตรเอมพิริคัลและการหาสูตรโมเลกุล โดยวัดจากแบบวัดมโนทัศน์ที่มีลักษณะเป็นปรนัย 5 ตัวเลือก จำนวน 19 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

3. การเรียนรู้แบบทั่วไป หมายถึง การสอนแบบสืบสอบซึ่งเป็นการสอนแบบ 3 ขั้น โดยใช้

เนื้อหาและกิจกรรมของหนังสือเรียนเคมีเพิ่มเติมเล่ม 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) บทโมลและสูตรเคมี ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ประกอบด้วย 3 ขั้น ดังนี้

1) ขั้นนำ เป็นขั้นที่ผู้สอนกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ และตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนโดยใช้คำถาม

2) ขั้นสอน เป็นขั้นที่ให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูล ทำการทดลองหรือทำกิจกรรมตามกิจกรรมในหนังสือเรียน

3) ขั้นสรุป เป็นขั้นที่ผู้สอนและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้เรียนรู้

9928241 71 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่องการพัฒนามโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. การเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน
    1.1 ความหมายของการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน
    1.2 ขั้นตอนของการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน
    1.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน
    1.4 ประเภทของเกมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน
    1.5 วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน
    1.6 ตัวอย่างเกมการศึกษา (Educational Game)
    1.7 ตัวอย่างเกมการสอน (Didactic Game)
2. มโนทัศน์เคมี
    2.1 ความหมายของมโนทัศน์ มโนทัศน์เคมี องค์ประกอบของมโนทัศน์ ประเภทของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ และองค์ประกอบของมโนทัศน์
    2.2 ระดับของมโนทัศน์
    2.3 แนวทางการวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมี

9928241171 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

1. การเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

1.1 ความหมายของการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

การเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน (Game-Based learning) หมายถึง การเรียนรู้ผ่านการเล่นเกมที่กติกาไม่ยุ่งยากซับซ้อน มีความสนุกสนาน มีจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยผู้สอนใช้คำถามนำสู่การอภิปรายเกี่ยวกับวิธีการเล่น กติกาการเล่น และผลของการเล่นเพื่อเชื่อมโยงถึงสาระ และจุดประสงค์การเรียนรู้จากการเล่นเกม ดังนั้นในการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานจะประกอบไปด้วยกิจกรรม 2 ช่วง คือ 1) ช่วงการเล่นเกมตามกติกา และ 2) ช่วงการอภิปรายหลังการเล่นเกม (Franco-Mariscal 2014, ทิศนา แขมมณี 2543, สุวิทย์ มูลคำและอรทัย มูลคำ 2545) ทั้งนี้การเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานเป็นการเรียนรู้ท่ามกลางบรรยากาศเชิงบวก มีลักษณะของการเรียนรู้ที่ผสานความสนุก และเนื้อหาสาระเข้าด้วยกัน และเป็นที่รู้จักกันในชื่อ “Edutainment”(Charsky, 2010; El-Said & Mansour, 2009)

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน หมายถึงการนำเกมมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ และหลังจากการเล่นเกมผู้สอนใช้คำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายถึงจุดประสงค์การเรียนรู้

1.2 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน ถูกนำเสนอโดยนักการศึกษาหลายท่าน โดยแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

ทิศนา แขมมณี (2543) และวัฒนาพร ระงับทุกข์ (2544) ได้เสนอขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน ที่นำเกมที่มีอยู่แล้วมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน ว่าประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. **ขั้นนำเสนอเกม** หมายถึง ขั้นชี้แจงวิธีการเล่น และกติกาการเล่นเกม โดยผู้สอนจำเป็นที่จะต้องศึกษาเกมให้เข้าใจ และทดลองเล่นก่อน เพื่อจะได้เห็นประเด็นและข้อขัดข้องต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้น เพื่อเตรียมการป้องกัน และแก้ไขปัญหาล่วงหน้า ในการนำเสนอเกมก็ควรจัดลำดับขั้นตอนการเล่น และชี้แจงรายละเอียดกติกาการเล่นอย่างชัดเจนโดยอาจต้องใช้สื่อเข้าช่วย หรืออาจให้นักเรียนได้ซ้อมเล่นก่อน
2. **ขั้นเล่นเกม** หมายถึง ขั้นที่นักเรียนจะเล่นตามกติกา โดยการเล่นควรเป็นไป

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

ตามลำดับขั้นตอน และอาจต้องควบคุมเวลาในการเล่น ขณะที่นักเรียนเล่น ครูควรติดตามพฤติกรรมและจดบันทึกข้อมูลที่จะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้ของนักเรียนไว้ เพื่อนำไปใช้ในการอภิปรายหลังการเล่นเกม หรืออาจมอบหมายให้นักเรียนบางคนทำหน้าที่สังเกต และจดบันทึก หรือควบคุมกติกาการเล่นด้วยก็ได้ และผู้สอนควรตรวจสภาพแวดล้อมของการเล่นให้อยู่ในสภาพที่เอื้ออำนวยในการเล่นเกม เช่นจัดเตรียมโต๊ะ เก้าอี้ ไม่เช่นนั้นอาจทำให้เกิดการติดขัด และเสียเวลาในขณะที่นักเรียนกำลังเล่นเกม

3. **ขั้นอภิปรายหลังเล่นเกม** หมายถึง ขั้นที่ผู้สอนใช้คำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปรายเกี่ยวกับความรู้ หรือสาระที่นักเรียนได้รับ และต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของเกมที่ใช้

ซึ่งขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน 3 ขั้นตอน ที่กล่าวมาข้างต้นสามารถแจงรายละเอียดออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังที่สุคนธ์ สินธพานนท์ (2552) ได้เสนอไว้ดังนี้

1. บอกชื่อเกม และจุดประสงค์ของการเล่นเกมให้นักเรียนทราบ
2. จัดสภาพของนักเรียน หรือชั้นเรียนให้อยู่ในลักษณะที่ต้องการ
3. อธิบายวิธีการเล่น กฎ กติกา การเล่น และเวลาในการเล่นเกม
4. ผู้สอนสาธิตการเล่นเกม และตอบคำถามในกรณีที่นักเรียนไม่เข้าใจ
5. เริ่มเล่นเกมโดยคำนึงถึงการให้ทุกคนมีส่วนร่วม และเน้นความยุติธรรม
6. เมื่อจบเกมแล้วประกาศผลผู้ชนะ และให้รางวัลมีการระบุประเด็นหรือแง่คิดที่ได้

โดยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่เสนอโดยสุคนธ์ สินธพานนท์ (2552) ขั้นที่ 1 ถึงขั้นที่ 4 อยู่ใน**ขั้นนำเสนอเกม** ตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของทิศนา แขมมณี (2543) และวัฒนาพร ระงับทุกข์ (2544) ส่วนขั้นที่ 5 เป็น**ขั้นเล่นเกม** และขั้นที่ 6 เป็น**ขั้นอภิปรายหลังเล่นเกม**

ในกรณีที่ผู้สอน ไม่สามารถนำเกมที่มีอยู่แล้วมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน สามารถสร้างเกมขึ้นมา ตามขั้นตอนของทีด (2014) ที่ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน (Teed, 2004) ดังนี้

1. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้
2. เลือกประเภทเกมที่จะนำมาใช้ โดยอาจจะเลือกจากเกมที่ผู้สอนเคยใช้ และพบว่าเกมนั้นสามารถสร้างความสนุกสนานจากการเล่น เช่น บอร์ดเกม เกมบิงโก การ์ดเกม เกมการตอบคำถาม และเกมบทบาทสมมติ รวมถึงพิจารณารูปแบบของการเล่นว่าเป็นการแข่งเดี่ยวหรือเป็นกลุ่ม
3. ปรับจุดประสงค์การเรียนรู้พื้นฐานให้เป็นความท้าทาย เพื่อจูงใจให้นักเรียน

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9982241 71

อยากเรียนรู้ และผู้สอนต้องกำหนดระดับของความท้าทาย เช่นแบ่งเป็นข้อคำถามย่อย เพื่อให้นักเรียนตอบ หรือกำหนดรูปแบบของการประเมิน โดยเรียงความท้าทายจากระดับง่ายไปสู่ระดับที่สูงขึ้น

4. ออกแบบรางวัล อาจจะเป็นเกียรติบัตร ขนม ของเล่น คะแนนพิเศษ

5. สร้างเกม โดยกำหนดกติกาการเล่นเกมประกอบด้วย

6. ทดลองเล่นเกม โดยต้องคำนึงถึงจุดประสงค์การเรียนรู้เป็นอันดับแรก รวมถึงความสนุกสนาน การมีส่วนร่วม ความสะดวกในการเล่น และเวลาที่ใช้ในการเล่น

7. เล่นเกมจริง ในขณะที่เล่นเกมผู้เล่นทุกคนควรมีบทบาท และในขณะเล่นเกมควรตรวจสอบว่ามีผู้เล่นคนใดเล่นผิดกติกาหรือไม่ และหากเป็นเกมที่ต้องอาศัยการเคลื่อนไหวควรมีการตรวจสอบความปลอดภัยด้วย

จากขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน ขั้นอภิปรายหลังเล่นเกมเป็นขั้นที่มีความท้าทายสำหรับผู้สอน เนื่องจากผู้สอนต้องใช้คำถามนำสู่การอภิปราย เชื่อมโยงถึงสาระ และจุดประสงค์การเรียนรู้จากการเล่นเกมของนักเรียน สุวิทย์ มูลคำและอรทัย มูลคำ (2545) จึงได้เสนอขั้นตอนการอภิปรายหลังเล่นเกม เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานดังนี้

1. ตั้งประเด็นคำถามเพื่อนำไปสู่การอภิปราย เช่น ผู้ชนะมีวิธีการเล่นอย่างไร ผู้ชนะหรือผู้แพ้รู้สึกอย่างไร ผู้ชนะเล่นเกมชนะเพราะเหตุใด

2. ประเด็นคำถามเกี่ยวกับเทคนิคหรือทักษะต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับ เช่น นักเรียนได้พัฒนาทักษะอะไรบ้าง ได้พัฒนามากน้อยเพียงใด ประสบความสำเร็จตามที่ต้องการหรือไม่ มีข้อผิดพลาดอะไรบ้าง และจะมีวิธีใดที่ช่วยให้ประสบความสำเร็จมากขึ้น

3. ประเด็นคำถามเกี่ยวกับเนื้อหาสาระต่าง ๆ ที่ได้รับ เป็นการทดสอบความรู้ไปในตัว หรืออาจให้นักเรียนเขียนผังมโนทัศน์

ทั้งนี้จากการศึกษาขั้นตอนในการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานตามที่นักการศึกษาท่านต่าง ๆ ได้เสนอไว้ สามารถวิเคราะห์และสรุปขั้นตอนในการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานเพื่อใช้ในห้องเรียนว่าประกอบด้วย 3 ขั้น ดังนี้

1. **ขั้นนำเสนอเกม** หมายถึง ขั้นตอนที่ผู้สอนกระตุ้นความสนใจในมโนทัศน์ หรือประโยชน์ของมโนทัศน์ที่นักเรียนจะได้จากการเล่นเกม โดยใช้คำถาม สถานการณ์ หรือเหตุการณ์ และกระตุ้นความสนใจนักเรียนให้สนใจที่จะเล่นเกม และอธิบายเกี่ยวกับเกม เช่น กติกา วิธีการเล่น ของรางวัล และการซ้อมเล่น

9928241171 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

2. **ขั้นเล่นเกม** หมายถึง ขั้นตอนที่นักเรียนเล่นเกมตามกติกา

3. **ขั้นอภิปรายหลังการเล่นเกม** หมายถึง ขั้นตอนที่ใช้คำถาม ในการสืบสอบเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปเกี่ยวกับเนื้อหาสาระ ทักษะต่าง ๆ รวมทั้งความรู้สึกต่อเกม พร้อมทั้งตรวจสอบความรู้ของนักเรียนในคาบนั้น เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาเกมที่จะใช้ในคาบต่อไปให้เหมาะสมกับนักเรียนมากยิ่งขึ้น

โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานในงานวิจัยนี้ เป็นการสอนแบบสืบสอบที่นักเรียนสร้างความรู้ผ่านเกมที่มีกติกา หรือข้อตกลงร่วมกันที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน มีความสนุกสนาน โดยใช้การสอนแบบ 3 ขั้น คือขั้นนำ ขั้นสอน ขั้นสรุป และผนวกกับขั้นตอนการใช้เกมในขั้นของการสอนที่นำเสนอโดย ทิศนา แขมมณี (2543) และวัฒนาพร ระงับทุกข์ (2544) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นนำ หมายถึง ขั้นกระตุ้นความสนใจของนักเรียนให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน

2. ขั้นสอน ประกอบด้วย 3 ขั้น

2.1 นำเสนอเกม หมายถึง ขั้นที่ผู้สอนกระตุ้นความสนใจนักเรียนให้อยากเล่นเกมและผู้สอนอธิบายเกี่ยวกับเกม เช่น กติกา วิธีการเล่น ของรางวัล และการซ้อมเล่นเกม

2.2 ขั้นเล่นเกม หมายถึง ขั้นที่ผู้สอนให้นักเรียนเล่นเกมตามกติกา

2.3 ขั้นอภิปรายหลังการเล่นเกม หมายถึง ขั้นที่ผู้สอนใช้คำถามในการสืบสอบเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปของความรู้ที่ได้จากเกมและให้นักเรียนสะท้อนความรู้สึกจากการเล่นเกม

3. ขั้นสรุป หมายถึง ขั้นที่ผู้สอนและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ทั้งหมด และผู้สอนประเมินมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้น

1.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

เคียน (2016) ระบุว่ากระบวนการเรียนรู้ของบุคคลผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานสามารถอธิบายโดยทฤษฎีสรรคนิยมเชิงสังคม (Social constructivism) (Qian, 2016) ทฤษฎีดังกล่าวเป็นทฤษฎีการเรียนรู้ของไวก็อตสกี้ ซึ่งมีแนวคิดเกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ทางสังคมของบุคคล อธิบายไว้ว่า การได้มาซึ่งความรู้และทักษะของบุคคล เกิดจากการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างบุคคลโดยศักยภาพในการพัฒนาด้านการรู้คิดของแต่ละบุคคล ซึ่งพัฒนาได้ตามช่วงของการพัฒนาที่เรียกว่า พื้นที่รอยต่อพัฒนาการ (Zone of Proximal Development (ZPD)) ที่เป็นระยะห่างระหว่างระดับพัฒนาการของบุคคลหรือเชาวน์ปัญญาในปัจจุบัน กับระดับพัฒนาการที่บุคคลมีศักยภาพจะไปถึงได้ หากบุคคลมีปฏิสัมพันธ์เรียนรู้กับผู้อื่น ได้รับการช่วยเหลือในการเรียนรู้จากผู้อื่น

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

เช่น ผู้ใหญ่ หรือเพื่อนที่มีความสามารถมากกว่าตนเอง ซึ่งกระบวนการนี้เรียกว่า การประคับประคองช่วยเหลือ (Scaffolding) (Schunk, 2012; Vygotsky, 1978; ทิศนา แขมมณี, 2559)

1.4 ประเภทของเกมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน และตัวอย่างเกม

สำหรับประเทศไทยพบเกมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์ 5 ประเภท (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2553) ดังนี้

1. เกมโดมิโน (Domino) เหมาะสำหรับเนื้อหาที่จัดจำแนกเป็นกลุ่ม ๆ หรือจัดหมวดหมู่ได้ เพื่อใช้เน้นประเด็นสำคัญที่ต้องการให้นักเรียนได้เรียนรู้ หรือสรุปทบทวนประเด็นที่สำคัญ

2. เกมอักษร (Puzzle) เป็นเกมที่สามารถใช้ได้ในหลากหลายระดับการศึกษาขึ้นอยู่กับความยากของเกม โดยสามารถสร้างความสนใจในการทำกิจกรรม และทำให้นักเรียนมีความคุ้นเคยหรือเข้าใจคำศัพท์ได้ดี ตัวอย่างเช่น เกมอักษรไขว้ (Crossword) เกมหาคำ (Word Searches) และอักษรสลับ (Anagrams Puzzle)

3. การ์ดเกม (Card Game) เป็นเกมที่มักใช้ในการประเมิน ทบทวน หรือสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ โดยมักใช้ในเนื้อหาเกี่ยวกับการจัดกลุ่ม แยกประเภท เช่นเกมจับคู่

4. เกมกระดาน (Board Game) เป็นเกมที่ผู้เล่นจะได้เรียนรู้และสามารถเข้าใจเนื้อหาในระหว่างเล่นเกม ซึ่งผู้เล่นต้องเดินหมากไปยังตำแหน่งต่าง ๆ บนกระดาน เช่น เกมเศรษฐี

5. เกมทายปัญหา (Quizzes) มักใช้เป็นกิจกรรมเพื่อทบทวนหรือตรวจสอบความรู้ ซึ่งมักใช้ประกอบการแข่งขัน เพื่อให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นและมีแรงจูงใจ

การแบ่งประเภทของเกมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน สามารถแบ่งประเภทตาม 1) อุปกรณ์ที่ใช้ในการเล่นเกม และ 2) จุดประสงค์ในการสร้างเกม

กีสี (2012) ได้แบ่งประเภทของเกมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานตามอุปกรณ์ที่ใช้ในการเล่นเกมออกเป็น 3 ประเภท (Keesee, 2012) ดังนี้

1. เกมกระดาน (Board Game) เป็นเกมที่เล่นโดยมีสถานการณ์จำลองบนกระดาน เช่น เกมวางแผนยุทธศาสตร์ และทอยลูกเต๋า

2. การ์ดเกม (Card Game) เป็นเกมที่ใช้การ์ดในการเล่น

3. วิดีโอเกม (Video Game) เป็นเกมที่เล่นผ่านอุปกรณ์อิเล็กโทรนิคเช่น เครื่องเล่นวิดีโอเครื่องคอมพิวเตอร์

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

เกมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน สามารถแบ่งประเภทตามจุดประสงค์ของการสร้างเกมขึ้นมา ได้เป็น 2 ประเภทคือ 1) เกมการศึกษา (Educational Game) เป็นเกมที่ใช้เล่นเพื่อความสนุกสนาน หรือเรียกว่า (Game as Play) และ 2) เกมการสอน (Didactic Game) เป็นเกมที่ใช้เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหา หรือเรียกว่า (Game as Specific Function of School Learning) ทั้งนี้เกมการสอนมีความเฉพาะเจาะจงต่อเนื้อหาสาระ (Cojocariu, 2014)

จุดประสงค์ของการวิจัยนี้ คือการสร้างเกมเพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหา และสามารถพัฒนามโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีของนักเรียน ผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน ผู้วิจัยจึงแบ่งประเภทของเกมตามวัตถุประสงค์ของการสร้างเกม (Cojocariu, 2014) โดยเกมทุกเกมที่สร้างขึ้นต้องเป็นเกมประเภท เกมการสอน (Didactic Game)

เกมการสอน (Didactic Game) มีลักษณะสำคัญ (Essential Characteristics) 6 ลักษณะ (Charsky, 2010) ดังนี้

1. การแข่งขัน (Competition) และเป้าหมาย (Goal) โดยต้องเป็นเกมที่มีการแข่งขัน คือมีผู้แพ้ ผู้ชนะ และผู้เล่นต้องทราบเป้าหมายว่าเกมนี้ผู้เล่นต้องทำอย่างไรจึงจะเป็นผู้ชนะ
2. กติกา (Rule) คือ สิ่งที่บอกว่าผู้เล่นต้องดำเนินการอย่างไร สิ่งที่สามารถทำได้ และสิ่งห้าม
3. กิจกรรมที่ท้าทาย (Challenging Activity) คือ เกมต้องมีความท้าทายไม่ง่าย หรือยากไป
4. การเลือกตัดสินใจ (Choices) ในเกมผู้เล่นต้องได้ตัดสินใจ ลองผิดลองถูก
5. องค์ประกอบด้านจินตนิมิต (Fantasy Element) คือ องค์ประกอบที่สร้างความน่าตื่นเต้น (Exciting) และสร้างแรงจูงใจในเกม (Motivation) เช่น เรื่องราวในเกม (Story) หรือของรางวัลที่ผู้เล่นจะได้รับ (Reward)
6. ความสนุก (Fun) ผู้เล่นต้องเกิดความสนุกสนานขณะที่เล่นเกม

1.5 วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

วัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานสามารถสรุปได้ 8 ข้อ คือ 1) เพื่อให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ซับซ้อน และมีความเป็นนามธรรมสูงได้ง่ายขึ้น ทั้งยังเป็นโอกาสให้นักเรียนนำความรู้หรือสิ่งที่เรียนไปแล้วมาใช้ เพื่อทำให้เกิดเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful Learning) (Oakman, 2016; Rastegarpour & Marashi, 2012; TESS-India, 2018; ทิศนา แขมมณี, 2543) 2) ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียน (Engagement) (Oakman, 2016; Rastegarpour & Marashi, 2012; ทิศนา แขมมณี, 2543) 3) เพื่อให้บรรยากาศในชั้นเรียนเป็นบรรยากาศเชิงบวกคือเต็มไปด้วยความสนุกสนาน (Franco-Mariscal 2014; ทิศนา แขมมณี, 2543) 4) เพื่อพัฒนาทักษะต่าง ๆ เช่น ความคิดสร้างสรรค์

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

5) พัฒนาคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เช่น การรู้จักปฏิบัติตามกติกา รู้จักคิด กล้าตัดสินใจ กล้าหาญ กล้าคิด กล้าพูด แสดงออกอย่างถูกต้อง มีน้ำใจเป็นนักกีฬา รู้แพ้ รู้ชนะ (ทิศนา แขมมณี, 2543; สุคนธ์ สินธพานนท์, 2552) 6) เพื่อให้นักเรียนแต่ละคนมีโอกาสลงมือปฏิบัติ และเป็นการจัดประสบการณ์ที่เหมาะสมกับบุคคล (Tailor Experience) เนื่องจากนักเรียนแต่ละคนสามารถตอบสนองต่อความท้าทายที่ได้รับจากเกมได้แตกต่างกัน และผู้สอนสามารถวิเคราะห์ความเข้าใจของนักเรียนได้จากการตอบสนองของนักเรียน (Oakman, 2016) และ 7) เป็นการสร้างปฏิสัมพันธ์อันดีระหว่างนักเรียน และนักเรียนกับผู้สอน (Rastegarpour & Marashi, 2012) และ 8) การเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานมักใช้เพื่อกระตุ้นความสนใจในการเรียนของผู้เรียน เนื่องจากเป็นการเรียนรู้ที่รวมสาระ และความสนุกสนานเข้าด้วยกัน (Cojocariu, 2014)

1.6 ตัวอย่างเกมการศึกษา (Educational Game)

เกมส่วนใหญ่ที่ใช้ในการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน เป็นเกมการศึกษา (Educational Game) และมีจุดประสงค์ของการใช้เกม คือเพื่อเป็นการทบทวนความรู้อย่างสนุกสนาน (Cojocariu, 2014) โดยในตารางที่ 1 แสดงตัวอย่างของเกมการศึกษาตามอุปกรณ์ที่ใช้ในการเล่นเกม และลักษณะของการเล่นเกม

ตารางที่ 1 ตัวอย่างของเกมตามประเภท เนื้อหาเคมีที่ใช้ และจุดประสงค์ในการใช้เกม

ประเภทเกมตามอุปกรณ์ที่ใช้ และลักษณะของการเล่นเกม	ตัวอย่างเกม (ปี)	เนื้อหาที่ใช้ในเกม	จุดประสงค์
1. เกมกระดาน	Element Cycles: An Environmental Chemistry Board Game (Pippins, Anderson, Poindexter, Sultemeier, & Schultz, 2011)	ประโยชน์และผลกระทบของธาตุต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม	ทบทวนความรู้
2. การ์ดเกม	Families of chemical elements (Franco	ตารางธาตุ	ทบทวนความรู้

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
99282417

ประเภทเกมตามอุปกรณ์ที่ใช้ และลักษณะของการเล่นเกม	ตัวอย่างเกม (ปี)	เนื้อหาที่ใช้ในเกม	จุดประสงค์
	Mariscal, 2012)		
3. เกมตอบคำถาม	Splat (TESS-India, 2018)	คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์	ทบทวนความรู้
4. เกมอักษร	เกมค้นหาชื่อสถานที่สำคัญ (Franco-Mariscal & Cano-Iglesias, 2014)	จำนวนโปรตอน อิเล็กตรอน นิวตรอน และเลขอะตอม	ทบทวนความรู้
5. เกมคอมพิวเตอร์	LewiSpace (Ghali, Ouellet, & Frasson, 2015)	สูตรแบบจุด	ทบทวนความรู้
6. เกมโดมิโน	Cheminoes (Moreno et al., 2014)	เลขอะตอม เลขมวล เวเลนซ์อิเล็กตรอน	ทบทวนความรู้

โดยจะอธิบายตัวอย่างของเกมที่ได้รับความนิยม ได้แก่ การ์ดเกม เกมโดมิโน เกมกระดาน และเกมคอมพิวเตอร์ ดังต่อไปนี้

ตัวอย่างของการ์ดเกม : ฟรานโกและคณะ (2012) ได้สร้างการ์ดเกมที่ชื่อว่า “Families of Chemical Elements” ใช้กับนักเรียนเกรด 10 ที่อายุระหว่าง 15 - 16 ปี เพื่อศึกษาความเข้าใจและการจดจำตารางธาตุของนักเรียน โดยนักเรียนได้ระบุความแตกต่างของธาตุที่พบในชีวิตประจำวันและเรียนรู้ชื่อธาตุ สัญลักษณ์ของธาตุต่าง ๆ ซึ่งทำให้นักเรียนจดจำธาตุ และสารประกอบได้ โดยพบว่าเมื่อใช้การ์ดเกม “Families of Chemical Elements” นักเรียนมีส่วนร่วมในการเล่นเกม และมีความตั้งใจในการเรียนมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกิจกรรมอื่น ๆ เช่น เกมบิงโก เกมปริศนา เกมคอมพิวเตอร์ นอกจากนั้นยังพบว่าการ์ดเกมยังให้ความสนุกสนาน ผู้เล่นมีการเล่นเป็นกลุ่ม และการสร้างการ์ดเกมด้วยตนเองยังมีผลเชิงบวกต่อการเห็นคุณค่าในการเรียนรู้ และเป็นการพัฒนาทักษะที่สำคัญเช่น การแยกประเภท การรวมกลุ่ม และการส่งเสริมจินตนาการ ความคิดสร้างสรรค์ (Franco Mariscal, 2012)

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

นัดตซัน (2015) ได้เสนอการ์ดเกมที่ใช้ทบทวนมโนทัศน์เรื่องหมู่ฟังก์ชันในรูปแบบของการ์ดเกม ชื่อว่า ChemKarta สามารถเล่นได้ตั้งแต่ 4 คน ถึง 8 คน โดยผู้เล่นต้องจับคู่การ์ดระว่างสูตรโครงสร้างและหมู่ฟังก์ชัน โดยในการเล่นเกมนี้นักเรียนจะได้ทบทวนเนื้อหาเรื่องหมู่ฟังก์ชันถึง 22 ชนิด กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียน จำนวน 15 คน ผลการวิจัยพบว่าเกม ChemKarta ทำให้นักเรียนเรียนรู้ได้ง่าย เกิดความสนุกสนานในการเรียน และสามารถใช้เป็นวัสดุในการเรียน (educational tool) (Knudtson, 2015)

อักกุซุ และ อูยูลแกน (2016) ได้ใช้เกม OrCheTaboo ซึ่งเป็นเกมใบ้คำชนิดหนึ่ง มาปรับใช้ในการเรียนเรื่องหมู่ฟังก์ชันของนักศึกษาที่อยู่ในภาควิชาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในประเทศตุรกี โดยในงานวิจัยนักศึกษาต้องทำปฏิบัติการเคมีอินทรีย์เป็นเวลา 12 สัปดาห์ จากนั้นแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มเพื่อเล่นเกมใบ้คำเกี่ยวกับสิ่งที่เรียน โดยนักเรียนไม่สามารถพูดคำต้องห้ามในการใบ้คำ ทีมที่ได้จำนวนคำมากที่สุดจะเป็นผู้ชนะ พบว่านักเรียนที่เรียนรู้ด้วยเกมมีคะแนนจากแบบวัดคำศัพท์ (Functional Group Term Test) สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 (Akkuzu and Uyulgan, 2016)

ตัวอย่างของเกมโดมิโน : โมรีโน (2015) ได้เสนอเกมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้เรื่องความสัมพันธ์ของเลขอะตอม สัญลักษณ์ของธาตุ และเวเลนซ์อิเล็กตรอน ซึ่งประยุกต์มาจากเกมโดมิโน โดยนักเรียนได้เรียนรู้ความสัมพันธ์ของค่าดังกล่าวจากธาตุจำนวน 36 ชนิด มีวิธีในการเล่นเหมือนกับการเล่นโดมิโนที่ต้องต่อตัวโดมิโนที่เหมือนกันด้วยกัน แต่ใช้ความรู้เรื่องเลขอะตอมและเวเลนซ์เพื่อเล่นเกม โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 2 จำนวน 22 คน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนสามารถเอาชนะอุปสรรคที่เจอ และเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียน ได้ทบทวนมโนทัศน์อย่างสนุกสนาน รวมถึงมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนเคมี (Moreno, Hincapié et al., 2014)

ตัวอย่างของเกมกระดาน : ไตรบอนีและวีเบอร์ (2018) พัฒนาเกมที่มีชื่อว่า MOL (Mastering the Organic Chemistry Laboratory) โดยทดลองใช้กับนักศึกษาเคมีวิศวกรรมจำนวน 77 คน อายุระหว่าง 19 - 21 ปี ที่ลงทะเบียนในรายวิชาเคมีอินทรีย์ และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 อายุระหว่าง 17 - 18 ปี จำนวน 26 คน ผู้เล่นจะได้รับคู่มือเกี่ยวกับสร้างตั้งต้น ผลิตภัณฑ์ และประเภทของปฏิกิริยาของสารประกอบอินทรีย์ ในขั้นตอนการเล่นเกมผู้เล่นต้องจำลองตนเองเป็นนักเคมีที่ต้องสังเคราะห์สารอินทรีย์ และมีขั้นตอนตามการสังเคราะห์สารอินทรีย์ตามขั้นตอนที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ภายหลังจากเล่นเกมพบว่า นักเรียนเกิดความกระจ่างในมโนทัศน์ในเรื่องปฏิกิริยาเคมีอินทรีย์ จลนพลศาสตร์ และเทอร์โมไดนามิก (Triboni & Weber, 2018)

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

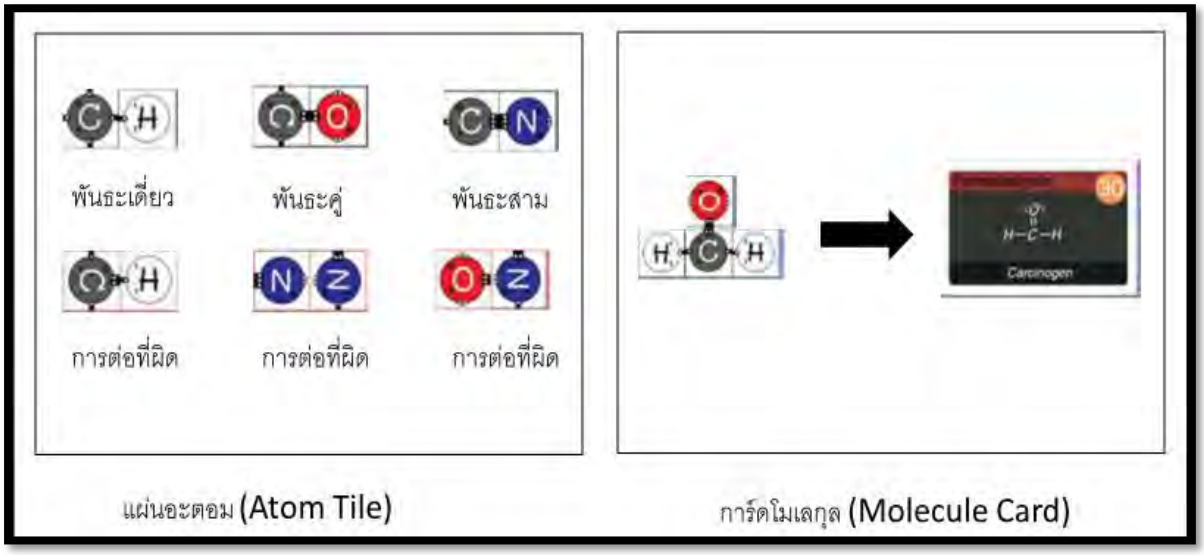
ตัวอย่างเกมคอมพิวเตอร์ : จากงานวิจัยของกุลวดี พลังสมบัติและคณะ (2017) นักศึกษาคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารมหาวิทยาลัยมหิดล ได้พัฒนาเกมคอมพิวเตอร์ที่ชื่อว่า pelement เพื่อใช้ในการเรียนรู้เรื่องตารางธาตุ โดยเป็นเกมจับคู่ธาตุในหมู่เดียวกัน โดยธาตุที่อยู่ในหมู่เดียวกันจะมีสีเหมือนกันทำให้นักเรียนสามารถจดจำชื่อธาตุในหมู่นั้นและคุ้นเคยกับตารางธาตุมากขึ้น โดยจำนวนผู้เล่นที่ได้เล่นเกมนี้ร้อยละ 58 ระบุว่าเป็นเกมที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ และร้อยละ 57 ระบุว่ามีความพึงพอใจ และมีความสนุกสนานในการเล่นเกม (Plungsombat et al., 2017)

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

1.7 ตัวอย่างเกมการสอน (Didactic Game)

วิศวัฒน์ สกุลศักดิ์นิมิต (2019) ได้พัฒนาเกมกระดานที่ชื่อว่า “CHEMbond” เพื่อใช้ในการเรียนเรื่องการเขียนสูตรโครงสร้าง (Structural Formula) จากสูตรโมเลกุล (Molecular Formula) ของสารประกอบโคเวเลนต์ โดยสถานการณ์ในเกม คือนักเรียนรับบทบาทเป็นพนักงานในบริษัทเคมีที่ต้องแข่งขันสังเคราะห์สารเคมีให้ได้จำนวนมากที่สุด ในการเล่นเกมนักเรียนจะได้รับแผ่นอะตอมของธาตุ C, H, O, N และ Cl ที่มีรูปแบบการสร้างพันธะ 3 รูปแบบ คือ พันธะเดี่ยว พันธะคู่ และพันธะสาม จากนั้นนักเรียนจะนำแผ่นอะตอมมาต่อเป็นโมเลกุล โดยนักเรียนจะทราบว่าตนต่อโมเลกุลสำเร็จแล้วหรือยังได้จากการสังเกตพื้นที่สีดำที่ยื่นออกมาของแผ่นอะตอม โดยพื้นที่สีดำของแผ่นอะตอมทุกแผ่นต้องเชื่อมต่อกับพื้นที่สีดำที่มีขนาดเท่ากันของแผ่นอะตอมข้างเคียงจนครบ และไม่ปรากฏพื้นที่สีดำที่ไม่ได้เชื่อมต่อในแผ่นอะตอมใด ๆ ทั้งนี้พื้นที่สีดำเปรียบเสมือนอิเล็กตรอนวงนอกสุดของอะตอม เมื่อต่อโมเลกุลสำเร็จแล้ว จึงนำแผ่นอะตอมที่ต่อเป็นโมเลกุลไปแลกเป็นการ์ดโมเลกุล ผู้ที่ได้จำนวนการ์ดโมเลกุลมากที่สุดจะเป็นผู้ชนะ ผู้วิจัยเก็บข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบ Kahoot ผลการวิจัยพบว่าเกมช่วยให้นักเรียนรู้จักรูปแบบพันธะของอะตอม C, H, O, N และ Cl รวมถึงช่วยทำให้นักเรียนเข้าใจการเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบ เนื่องจากนักเรียนสามารถเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบจากโครงสร้างของแผ่นอะตอมที่ต่อเป็นโมเลกุล และนักเรียนมีทัศนคติเชิงบวกต่อการเรียนวิชาเคมี (Sakulsaknimitr, 2019) โดยแสดงลักษณะการต่อแผ่นอะตอมที่ถูก และลักษณะที่ผิดในแผนภาพที่ 1

แผนภาพที่ 1 แผ่นอะตอมและการ์ดโมเลกุล



2. มโนทัศน์เคมี

จากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์เคมี จะนำเสนอรายละเอียดใน 3 ประเด็น ได้แก่ 1) ความหมายของมโนทัศน์ มโนทัศน์เคมี องค์ประกอบของมโนทัศน์ และประเภทของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ 2) ระดับของมโนทัศน์ และ 3) การวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมี

2.1 ความหมายของมโนทัศน์ มโนทัศน์เคมี องค์ประกอบของมโนทัศน์ และประเภทของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยเกี่ยวกับความหมายของมโนทัศน์ หรือความคิดรวบยอด มโนคติ มโนมติ มโนภาพ สังกัป แนวคิด ซึ่งตรงกับคำศัพท์ภาษาอังกฤษว่า “concept” สามารถสรุปความหมายของมโนทัศน์ได้ว่า

มโนทัศน์ หมายถึง ความเข้าใจของแต่ละบุคคลซึ่งเป็นนามธรรมที่สรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เช่น วัตถุ คน สถานที่ เหตุการณ์ โดยนำความรู้มาสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิม แต่ละบุคคลจะใช้ลักษณะสำคัญของสิ่งนั้น ๆ มาประมวลเข้าด้วยกันจนเกิดเป็นข้อสรุป (Jacobson & Bergman, 1980; สุวิทย์ มูลคำ, 2547) ซึ่งทำให้แต่ละบุคคลที่มีความต่างของวัย วุฒิภาวะ ความรู้ ประสบการณ์และเรื่องราวที่ได้พบเห็น มีมโนทัศน์ในเรื่องเดียวกันแตกต่างกัน ทั้งนี้มโนทัศน์อาจอยู่ในรูปแบบของข้อสรุปในเชิงความคิด เป็นตัวแทนของความคิดในใจ หรือเป็นสิ่งที่บุคคลพูด เขียนเพื่ออธิบาย

992824171 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

เกี่ยวกับสิ่งนั้น ๆ หรืออาจเป็นความสามารถในการแยกแยะสิ่งที่เหมือนกัน หรือต่างกันออกจากกันก็ได้ Ausubel, 2012; Carin, 1997) มโนทัศน์สามารถสร้างขึ้นจากการรวมมโนทัศน์เพื่อใช้อธิบายในสิ่งที่ใหญ่ขึ้นได้ เช่น มโนทัศน์เรื่องความหนาแน่น เกิดจากการรวมกันของ 2 มโนทัศน์คือ มโนทัศน์เรื่องมวล และมโนทัศน์เรื่องปริมาตร (Zirbel, 2004)

ดังนั้นมโนทัศน์หมายถึง ความคิด ความเข้าใจของบุคคลหนึ่ง ๆ ต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งได้ประสานกับประสบการณ์เดิมของบุคคลนั้น ๆ ทำให้แต่ละบุคคลอาจมีมโนทัศน์ในสิ่งเดียวกันที่แตกต่างกัน

มโนทัศน์เคมี หมายถึง ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิชาเคมี (Lower, 2006) ประกอบด้วย ความเข้าใจปรากฏการณ์ 3 ระดับ ได้แก่ ระดับจุลภาค (microscopic level) คือระดับที่ไม่สามารถมองเห็นได้เช่น อนุภาค อะตอม โมเลกุล ระดับมหภาค (macroscopic level) คือระดับที่สามารถมองเห็นได้ เช่น มวล สี ตะกอน ปรากฏการณ์ต่าง ๆ และระดับสัญลักษณ์ (symbolic level) คือระดับที่แสดงด้วยสมการ หรือสัญลักษณ์ (Cheng & Gilbert, 2009) ดังนั้นมโนทัศน์ในวิชาเคมี เช่น มโนทัศน์เรื่องโมล จึงหมายถึง ความคิด ความเข้าใจของบุคคลเกี่ยวกับสิ่งที่มีลักษณะสำคัญร่วมกันเข้าไว้ด้วยกันจนได้เป็นข้อสรุปที่เกี่ยวกับโมล ได้แก่ ความหมายของโมล จำนวนอนุภาคของสาร 1 โมล มวลต่อโมล ปริมาตรของแก๊ส 1 โมลที่สภาวะ STP (Abraham, Williamson, & Westbrook, 1994)

ดังนั้นมโนทัศน์เคมีหมายถึง ความรู้ ความเข้าใจของบุคคลหนึ่ง ๆ ที่เกี่ยวกับวิชาเคมีซึ่งเป็นความรู้ ความเข้าใจปรากฏการณ์ทางเคมีในระดับ จุลภาค มหภาค และสัญลักษณ์ โดยความเข้าใจนี้เกิดจากการรวมลักษณะร่วมที่สำคัญของสิ่งนั้น เข้าไว้ด้วยกันจนเกิดเป็นข้อสรุป

การมีมโนทัศน์เป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ โดยยีและลิวอิส (2014) ระบุไว้ว่า ความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ ไม่สามารถเกิดขึ้นได้หากนักเรียนไม่มีมโนทัศน์ (Ye & Lewis, 2014) นอกจากนั้นความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ยังทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเชิงลึก นั่นคือนักเรียนพยายามสร้างความเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ (Lewis, 2010) นักเรียนจะเรียนรู้ได้ดี และมีความคงทนของความรู้มากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful Learning) (Ye, Oueini, & Lewis, 2015)

ภพ เลาหไพบูลย์ (2540) ได้ระบุว่า มโนทัศน์มีส่วนประกอบสำคัญ 5 ส่วน ดังนี้

1. ชื่อมโนทัศน์ เป็นสิ่งที่ทำให้ทราบว่ากำลังหมายถึงมโนทัศน์ใด เช่น ปอด สัตว์ปีก สสาร

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

2. ลักษณะสำคัญ คือ ลักษณะร่วมของสิ่งที่จัดอยู่ในหมวดหมู่เดียวกัน เช่น สิ่งที่มีหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊ส หรือ เกิดจากถุงลมรวมกันจำนวนมาก ๆ จะเรียกว่าปอด

3. นิยาม คือ ความสัมพันธ์ของลักษณะสำคัญที่รวมกันเป็นมโนทัศน์ของสิ่งนั้น ๆ เช่น ปอดก็จะหมายถึงอวัยวะที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนแก๊ส โดยนิยามสามารถจำแนกได้ 3 ประเภทคือ 1) นิยามที่ใช้คำเชื่อมไปในทางเดียวกัน เช่น สสารคือสิ่งที่มีทั้งมวล **และ**ปริมาตร โดยลักษณะสำคัญของสสารคือการมีมวล **และ**การมีปริมาตร 2) ใช้คำเชื่อมในทางตรงกันข้ามว่า **หรือ** เป็นการรวมกันของลักษณะสำคัญที่เกิดเป็นมโนทัศน์ และ 3) แนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ เป็นการระบุความสัมพันธ์ของลักษณะสำคัญ

4. คุณค่าของลักษณะสำคัญ ในการจำแนกลักษณะสำคัญบางสิ่งอาจมีคุณค่าของลักษณะสำคัญหลายระดับ เช่น การมีขนอาจจะเป็นลักษณะสำคัญของสัตว์ปีก แต่คุณค่าของขนจะหมายถึงลักษณะต่าง ๆ ของขน เช่น ความยาวของขน ลักษณะเส้นขน

5. ตัวอย่าง เป็นสิ่งที่สามารถบอกว่าบุคคลมีมโนทัศน์นั้น ๆ หรือไม่ นอกจากนั้นการยกตัวอย่างยังช่วยให้บุคคลมีมโนทัศน์ที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น เช่น มโนทัศน์เรื่องสัตว์ปีก ผู้เรียนต้องสามารถยกตัวอย่างได้ว่า สิ่งใดเป็นสัตว์ปีก เช่น นก ไก่

ดังนั้นบุคคลจะมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องได้ ขึ้นอยู่กับ 1) การสรุปลักษณะสำคัญที่เหมือนกัน และลักษณะสำคัญที่ต่างกันของสิ่งนั้น ๆ หรือความรู้เดิมของบุคคลเกี่ยวกับสิ่งนั้น ๆ ถูกต้องเพียงใด และ 2) การเชื่อมโยง หรือเปรียบเทียบความรู้ใหม่กับความรู้เดิม โดยอาจผ่านการอธิบายเดี่ยว หรืออภิปรายเป็นกลุ่มเพื่อทำให้บุคคลสามารถจัดระเบียบความรู้ และช่วยให้บุคคลทราบว่ายังมีความรู้อะไรที่ตนยังไม่ทราบ (Margolis, 2014)

วิชาเคมี ซึ่งเป็นสาขาหนึ่งของวิชาวิทยาศาสตร์ โดยมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่เป็นนามธรรม ได้มาจาการศึกษาปรากฏการณ์ หรือความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ค้นพบ (Klopfer, 1971) หรืออาจกล่าวได้ว่ามโนทัศน์วิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะของโลก ที่เป็นผลมาจากการสรุปและลงความเห็นของบุคคลในสังคมหรือชุมชนวิทยาศาสตร์ (Jones, 1990) ทั้งนี้มโนทัศน์วิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาได้เมื่อมีความเข้าใจใหม่ มีการสำรวจตรวจสอบ ปฏิบัติการทดลอง และเชื่อมโยงความรู้เดิมเข้ากับความรู้ใหม่ (Jacobson & Bergman, 1980)

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

โรมี่ (1986) แบ่งประเภทของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์เป็น 3 ประเภท (Romey, 1968) ดังนี้

1. มโนทัศน์จากการแบ่งประเภท คือมโนทัศน์ของสิ่ง ๆ หนึ่ง เช่น วัตถุ สถานการณ์ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่สามารถสังเกตได้โดยตรง โดยเป็นการอธิบายลักษณะร่วมของสิ่ง ๆ นั้น เพื่อให้เข้าใจตรงกัน เช่น นักเรียนคนหนึ่งอาจมีมโนทัศน์เกี่ยวกับดอกกุหลาบจากการสังเกตลักษณะของดอกกุหลาบและประสานกับประสบการณ์ของตนว่า “ดอกกุหลาบคือดอกไม้ที่มีสีแดงมีหนามคมและผู้คนมักมอบให้กันในวันแห่งความรัก”

2. มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ คือมโนทัศน์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ย่อยที่เกี่ยวข้องกัน เช่น ความหนาแน่นเป็นความสัมพันธ์ของมวลและปริมาตร ความเร็วเป็นความสัมพันธ์ของระยะทางและเวลา อัตราเร็วเป็นความสัมพันธ์ของการกระจัดและเวลา

3. มโนทัศน์เชิงทฤษฎี คือมโนทัศน์ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ของเหตุและผล ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง โดยสามารถนำมาใช้ในการพยากรณ์เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ เช่นมโนทัศน์เกี่ยวกับอะตอมของนักเรียนคนหนึ่ง คืออะตอมประกอบด้วยอนุภาค 3 ชนิด คือ อิเล็กตรอน โปรตอน และนิวตรอน

2.2 ระดับของมโนทัศน์

เนื่องจากมโนทัศน์เป็นตัวแทนของความคิด ความเข้าใจต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งของแต่ละบุคคล ทำให้แต่ละบุคคลมีมโนทัศน์ในสิ่งเดียวกันที่ต่างกันได้ การระบุความถูกต้องของมโนทัศน์จึงสามารถบอกได้มากกว่าถูกกับผิด แต่สามารถระบุเป็นระดับต่าง ๆ ของมโนทัศน์ โดยจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยพบว่ามีการระบุระดับของมโนทัศน์ออกเป็น 3 ประเภท ตั้งแต่ 3 ระดับ ถึง 5 ระดับ ดังนี้

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

ประเภทที่ 1 ระบุมโนทัศน์เป็น 3 ระดับ โดยเซนเดอร์และโตพรัก (2013) (Sendur & Toprak, 2013)

ตารางที่ 2 การระบุมโนทัศน์ออกเป็น 3 ระดับ

ระดับของมโนทัศน์	เกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่งระดับ
1. การมีมโนทัศน์ครบถ้วนสมบูรณ์ Sound Understanding (SU)	คำตอบอธิบายมโนทัศน์ได้ถูกต้อง และครบถ้วนตามแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ
2. การมีมโนทัศน์ถูกต้องบางส่วนพร้อมกับมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน Particular Understanding with Specific Misconception (PUSM)	มีคำตอบที่อธิบายได้ถูกต้อง และมีคำตอบที่อธิบายไม่ถูกต้อง
3. การมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่เฉพาะเจาะจง Specific Misconception (SM)	อธิบายไม่ถูกต้อง ตอบไม่ตรงคำถาม ตอบในเชิงทวนคำถาม หรือไม่ตอบ

ประเภทที่ 2 ระบุมโนทัศน์ออกเป็น 4 ระดับ โดยซิสวานิงซี เฟอร์แมนและโคอิรุนิสะ (2017) (Siswaningsih, Firman, & Khoirunnisa, 2017)

ตารางที่ 3 การระบุมโนทัศน์ออกเป็น 4 ระดับ

ระดับของมโนทัศน์	เกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่งระดับ
1. การมีมโนทัศน์ครบถ้วนสมบูรณ์ (Understanding)	คำตอบแสดงให้เห็นถึงการมีมโนทัศน์ทั้งหมดครบถ้วน
2. การมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception)	คำตอบแสดงถึงการมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง แต่มีคำตอบที่แสดงมโนทัศน์ที่นักวิทยาศาสตร์ไม่ยอมรับ
3. การมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่เฉพาะเจาะจง **(Specific Misconception)**	คำตอบไม่ถูกต้องตามมโนทัศน์ที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ
4. การไม่มีมโนทัศน์ (Do Not Understand The Concept)	คำตอบแสดงถึงความไม่เข้าใจมโนทัศน์

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

ประเภทที่ 3 ระบุมโนทัศน์ออกเป็น 5 ระดับ โดยไฮดรา (1997) (Haidar, 1997)

ตารางที่ 4 การระบุมโนทัศน์ออกเป็น 5 ระดับ

ระดับของมโนทัศน์	เกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่งระดับ
1. การมีมโนทัศน์ครบถ้วนสมบูรณ์ Sound Understanding (SU)	คำตอบระบุถึงมโนทัศน์ได้ถูกต้องครบถ้วน
2. การมีมโนทัศน์ถูกต้องบางส่วน Partial Understanding (PU)	คำตอบระบุถึงมโนทัศน์ได้ถูกต้องแต่ไม่ครอบคลุม
3. การมีมโนทัศน์ถูกต้องบางส่วนพร้อมกับมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน Partial Understanding with Specific Alternative Conception (PUSAC)	มีคำตอบที่อธิบายได้ถูกต้อง แต่มีคำตอบที่อธิบายมโนทัศน์ไม่สอดคล้องกับนักวิทยาศาสตร์ยอมรับ
4. การมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่เฉพาะเจาะจง Specific Alternative Conception (SAC)	คำตอบแสดงถึงการมโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้อง
5. การไม่มีมโนทัศน์ No Response (NR)	ไม่ตอบคำถาม

2.3 การวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมี

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับการวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมี พบว่ามีวิธีการวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีทั้งสิ้น 5 รูปแบบ ดังนี้

1. แบบวัดชนิดคำถามปลายเปิด (Open-Ended Question) หรือแบบวัดแบบอัตนัย เป็นแบบวัดที่นักเรียนมีอิสระในการรวบรวม และเขียนแสดงมโนทัศน์ของตนเอง โดยข้อมูลที่ผู้ตอบเขียนจะแสดงให้เห็นมโนทัศน์ของผู้ตอบ เช่น แบบวัดของคริชนันและโฮเว (1994) (Krishnan & Howe, 1994)

แผนภาพที่ 2 แบบวัดชนิดคำถามปลายเปิดของคริชนันและโฮเว (1994) (Krishnan & Howe, 1994)

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้โดยแสดงวิธีทำ
คาร์บอนแต่ละอะตอมมีอิเล็กตรอน 6 ตัว เราจะต้องนำคาร์บอนมากี่อะตอมจึงจะมีอิเล็กตรอน 1 โมล

.....

.....

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

2. แบบวัดชนิดเลือกตอบ (Multiple Choice) เป็นแบบวัดที่นำคำตอบที่เป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่ได้จากแบบวัดชนิดคำถามปลายเปิด มาใช้เป็นตัวลวง เช่นแบบวัดของคริชนันและโฮเว (1994) (Krishnan & Howe, 1994)

แผนภาพที่ 3 แบบวัดชนิดเลือกตอบของคริชนันและโฮเว (1994) (Krishnan & Howe, 1994)

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

1 โมลของ H_20 และ 1 โมลของ O_2 มีความสัมพันธ์กันอย่างไร

ก. มีมวลเท่ากัน

ข. มีอย่างละ 1 โมเลกุล

ค. หนักอย่างละ 1 กรัม

ง. มีจำนวนโมเลกุลเท่ากัน

3. แบบวัดชนิดเลือกตอบ 2 ระดับและเขียนให้เหตุผล (Two Tier Multiple Choice with Reasoning) เป็นเครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบมโนทัศน์ โดยลักษณะของแบบวัด มี 2 ส่วน คือแบบวัดในส่วนที่ 1 เป็นแบบวัดแบบเลือกตอบ และแบบวัดส่วนที่ 2 เป็นแบบวัดแบบอัตนัยซึ่งผู้ตอบต้องอธิบายเหตุผลในการตอบของส่วนที่ 1 เช่น ตัวอย่างแบบวัดของคริชนันและโฮเว (1994) (Krishnan & Howe, 1994)

แผนภาพที่ 4 แบบวัดชนิดเลือกตอบ 2 ระดับและเขียนให้เหตุผล (Two Tier Multiple Choice With Reasoning) ของคริชนันและโฮเว (1994) (Krishnan & Howe, 1994)

ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้พร้อมระบุเหตุผลในการตอบ

กำมะถัน 1 โมลประกอบด้วยอะตอมของกำมะถัน 8 อะตอม ดังนั้น 1 โมลของโมเลกุลกำมะถันจะประกอบด้วย

ก. กำมะถัน 8 กรัม

ข. อะตอมกำมะถัน 8 โมล

ค. อะตอมกำมะถัน 6.02×10^{23} อะตอม

ง. กำมะถัน 8 อะตอม

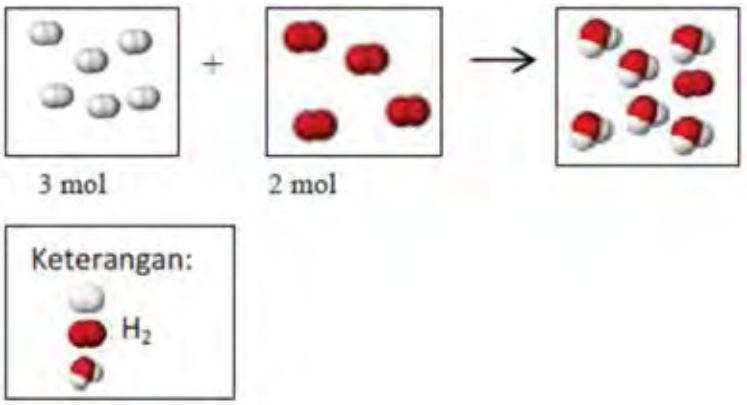
เหตุผล.....

.....

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

4. แบบวัดชนิดเลือกตอบ 2 ระดับ (Two Tier Multiple Choice) เป็นเครื่องมือที่ตรวจสอบมโนทัศน์โดยแบบวัดประกอบด้วย 2 ส่วนคือส่วนที่เป็นแบบวัดปรนัยที่วัดมโนทัศน์ และส่วนที่สองเป็นแบบวัดปรนัยที่ให้เลือกเหตุผล เช่นตัวอย่างแบบวัดของซิสวานิงซี (2017) (Siswaningsih et al., 2017)

แผนภาพที่ 5 แบบวัดชนิดเลือกตอบ 2 ระดับของซิสวานิงซี (2017) (Siswaningsih et al., 2017)



สารที่เป็นตัวกีดขวาง (barrier) คือสารใด

ก. H_2 ข. H_20 ค. O_2 ง. H_20 และ O_2

เหตุผล

ก. สารกำหนดปริมาณคือสารที่มีสัมประสิทธิ์ขนาดเล็กที่สุด

ข. สารกำหนดปริมาณคือสารที่มีมวลน้อยที่สุด

ค. สารกำหนดปริมาณคือสารที่มีจำนวนโมลน้อยที่สุด

ง. สารกำหนดปริมาณคือสารที่เข้าทำปฏิกิริยา

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

5. แบบวัดแบบถูกผิด 2 ชั้น (Two Tier True-False Question With Reasons) เป็นแบบวัดถูกผิดที่ต้องเลือกเหตุผลที่ถูกต้องด้วย เช่น ตัวอย่างแบบวัดของคริชนันและโฮเว (1994) (Krishnan & Howe, 1994)

แผนภาพที่ 6 แบบวัดชนิดถูกผิด 2 ชั้นของของคริชนันและโฮเว (1994) (Krishnan & Howe, 1994)

ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

1 โมลของโมเลกุลออกซิเจน มีโมลของ O_2 มากกว่า โมลของ O

ก. ถูก เพราะในอะตอม O_2 มีออกซิเจน 2 อะตอม

ข. ถูก เพราะ 1 โมลของ O_2 หนักมากกว่า 1 โมล O

ค. ผิด เพราะทั้งสองสิ่งนี้มีจำนวนอนุภาคเท่ากัน

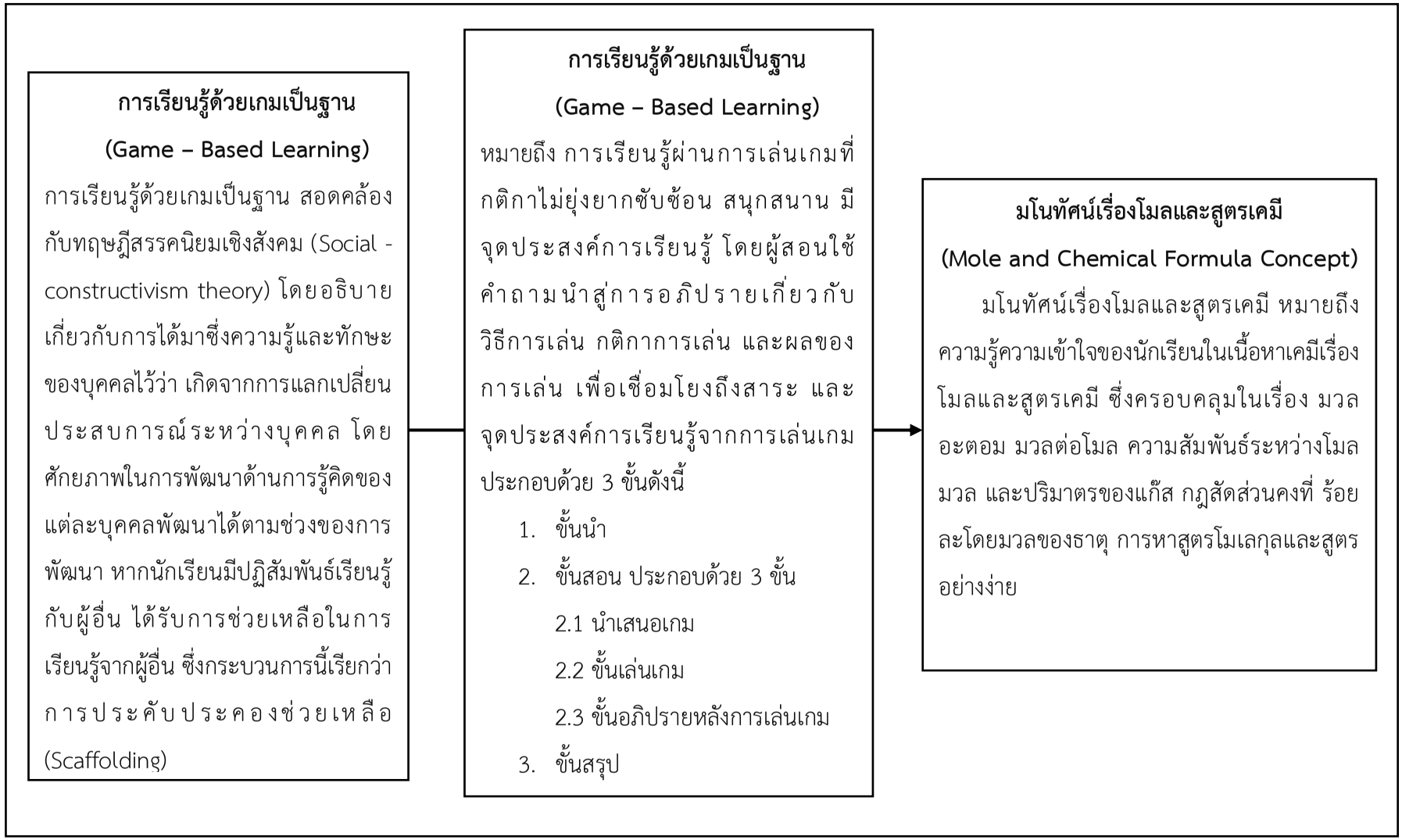
ง. ผิด เพราะ 1 โมลของ O มีมวลเท่ากับ O

การวัดความสอดคล้องของมโนทัศน์ของนักเรียนกับมโนทัศน์ที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับสามารถวัดด้วยแบบวัดชนิดเลือกตอบ (Multiple Choice) โดยนำมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่เคยได้มีการศึกษาจากการสัมภาษณ์ หรือจากงานวิจัย มาใช้เป็นตัวเลือกในแบบวัดชนิดเลือกตอบ (ชาตรี ฝายคำตา, 2558) โดยแบบวัดชนิดเลือกตอบสามารถวัดมโนทัศน์ได้เฉพาะเจาะจง และมีความแม่นยำในการวัด (Krishnan & Howe, 1994) ในการวิจัยครั้งนี้ใช้แบบวัดชนิดเลือกตอบ และใช้การแบ่งระดับมโนทัศน์เป็น 5 ระดับ ตามไฮดาร์ (1997) (Haidar, 1997) เนื่องจากเป็นการแบ่งระดับมโนทัศน์ที่นักการศึกษาส่วนใหญ่เลือกใช้ (ชัยยนต์ ศรีเชียงหา, 2554) และการให้นิยามของมโนทัศน์ในแต่ละระดับมีความชัดเจนเข้าใจง่าย (กฤษณา โภคพันธ์, 2554)

9928241171 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

CU ithesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
99282417

กรอบแนวคิดการวิจัย



บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนามโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน กำหนดวิธีดำเนินการวิจัย 5 ประเด็น ดังนี้

1. รูปแบบของการวิจัย
2. กลุ่มเป้าหมาย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิธีดำเนินการวิจัยแต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังนี้

1. รูปแบบของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบ Two group pretest - posttest design โดยกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนจำนวน 67 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน และกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป มีการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนและหลังการทดลอง

กลุ่มทดลอง	O_1 ..... X ..... O_2
กลุ่มควบคุม	O_1 ..... ~X ..... O_2

X หมายถึง	การจัดการเรียนด้วยเกมเป็นฐาน
~X หมายถึง	การจัดการเรียนการสอนโดยวิธีสอนแบบทั่วไป
O_1 หมายถึง	การเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง
O_2 หมายถึง	การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

2. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมาย คือนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในปีการศึกษา 2561 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรุงเทพมหานคร จำนวน 67 คน แบ่งเป็นกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน จำนวน 35 คน และกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป จำนวน 32 โดยดำเนินการเลือกกลุ่มเป้าหมายตามขั้นตอน ดังนี้

1. การเลือกโรงเรียน

ผู้วิจัยเลือกโรงเรียนกลุ่มเป้าหมายโดยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) คือ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา กรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐาน กรุงเทพมหานคร โดยมีเกณฑ์การเลือกคือ โรงเรียนเปิดสอนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีการจัดการเรียนการสอนเรื่องโมลและสูตรเคมีในภาคเรียนที่ 2 ของปีการศึกษา 2561 มีจำนวนนักเรียนเพียงพอในการเก็บข้อมูล ครูผู้สอน และนักเรียนให้ความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

2. การเลือกกลุ่มเป้าหมาย

โรงเรียนดังกล่าวมีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำนวน 4 ห้องเรียน เป็นห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ 1 ห้องและเป็นห้องเรียนพิเศษคณิตศาสตร์ 1 ห้อง และห้องเรียนปกติจำนวน 2 ห้อง ผู้วิจัยเลือกโรงเรียนกลุ่มเป้าหมายโดยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) คือห้องเรียนปกติจำนวน 2 ห้อง โดยมีเกณฑ์ในการเลือกคือ ครูผู้สอนในรายวิชาเคมีอนุญาตให้ผู้วิจัยเก็บข้อมูลและทำการสอนนักเรียน และนักเรียนสมัครใจเป็นกลุ่มเป้าหมาย ใช้วิธีการจับสลากเพื่อระบุห้องเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน และห้องเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ประเภทคือ

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ

3.1.1 แบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมี

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือแผนการเรียนรู้เคมี ซึ่งมี 2 แบบได้แก่

3.2.1 แผนการเรียนรู้เคมีโดยใช้การเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

3.2.2 แผนการเรียนรู้เคมีโดยใช้การเรียนรู้แบบทั่วไป

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

โดยรายละเอียดของการพัฒนาและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือเป็นดังนี้

แบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมี

ผู้วิจัยสร้างแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมี จำนวน 2 ฉบับ คือแบบวัดมโนทัศน์ฉบับก่อนเรียน และแบบวัดมโนทัศน์ฉบับหลังเรียนซึ่งเป็นแบบวัดคู่ขนาน ครอบคลุมเนื้อหาสาระเรื่องโมลและสูตรเคมี ในหนังสือเรียนเคมีเพิ่มเติมเล่ม 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ซึ่งประกอบด้วย 3 หน่วยการเรียนรู้ คือ 1) มวลอะตอม 2) โมล และ 3) สูตรเคมี โดยแบบวัดแต่ละข้อวัดในระดับความเข้าใจ (Understanding) ก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน และการจัดกาเรียนรู้แบบทั่วไป นักเรียนในกลุ่มเป้าหมาย ทั้ง 2 กลุ่มถูกวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีโดยแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีฉบับก่อนเรียน ซึ่งเป็นแบบวัดชนิดปรนัย 5 ตัวเลือก (Multiple Choice) จำนวน 19 ข้อ ข้อละ 4 คะแนน คะแนนรวม 76 คะแนน เกณฑ์ในการให้คะแนน คือ การไม่ตอบตัวเลือกจะได้ 0 คะแนน การตอบตัวเลือกที่แสดงถึงการมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่เฉพาะเจาะจง ได้ 1 คะแนน การตอบตัวเลือกที่แสดงถึงการมีมโนทัศน์ถูกต้องบางส่วนพร้อมกับมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ได้ 2 คะแนน การตอบตัวเลือกที่แสดงถึงการมีมโนทัศน์ถูกต้องบางส่วน ได้ 3 คะแนน และการตอบตัวเลือกที่แสดงถึงการมีมโนทัศน์ครบถ้วนสมบูรณ์ ได้ 4 คะแนน ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เกณฑ์ในการให้คะแนนตามของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมี

คำตอบ	อักษรย่อ	คะแนน
● ไม่ตอบ (No Response)	NR	0
● การมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่เฉพาะเจาะจง (Specific Alternative Conception)	SAC	1
● การมีมโนทัศน์ถูกต้องบางส่วนพร้อมกับมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Partial Understanding with Alternative Conception)	PUSAC	2
● การมีมโนทัศน์ถูกต้องบางส่วน (Partial Understanding)	PU	3
● การมีมโนทัศน์ครบถ้วนสมบูรณ์ (Sound Understanding)	SU	4

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

รายละเอียดของการพัฒนา และการตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมี แสดงได้ดังนี้

1. ศึกษาขั้นตอนในการสร้างแบบวัดชนิดเลือกตอบจากเอกสาร และตำรา

2. วิเคราะห์มโนทัศน์ในเนื้อหาเคมีเรื่องโมลและสูตรเคมี โดยจากความหมายของมโนทัศน์ที่หมายถึง ความรู้ ความเข้าใจของบุคคลต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ทำให้ผู้วิจัยให้ความหมายของมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีว่า มโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมี หมายถึง ความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาเคมีเรื่องโมลและสูตรเคมี ซึ่งครอบคลุมโนทัศน์เรื่อง 1) มวลอะตอม 2) มวลอะตอมเฉลี่ย 3) มวลโมเลกุล 4) มวลต่อโมล 5) จำนวนอนุภาคต่อโมล 6) ปริมาตรต่อโมลของแก๊สที่สภาวะ STP 7) กฎสัดส่วนคงที่ 8) ร้อยละโดยมวลของธาตุ 9) การหาสูตรเอมพิริคัล และ 10) การหาสูตรโมเลกุล โดยแสดงคำอธิบายมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องในบทโมลและสูตรเคมี จากหนังสือคู่มือครูเคมีเพิ่มเติมเล่ม 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 มโนทัศน์ เรื่องโมลและสูตรเคมี

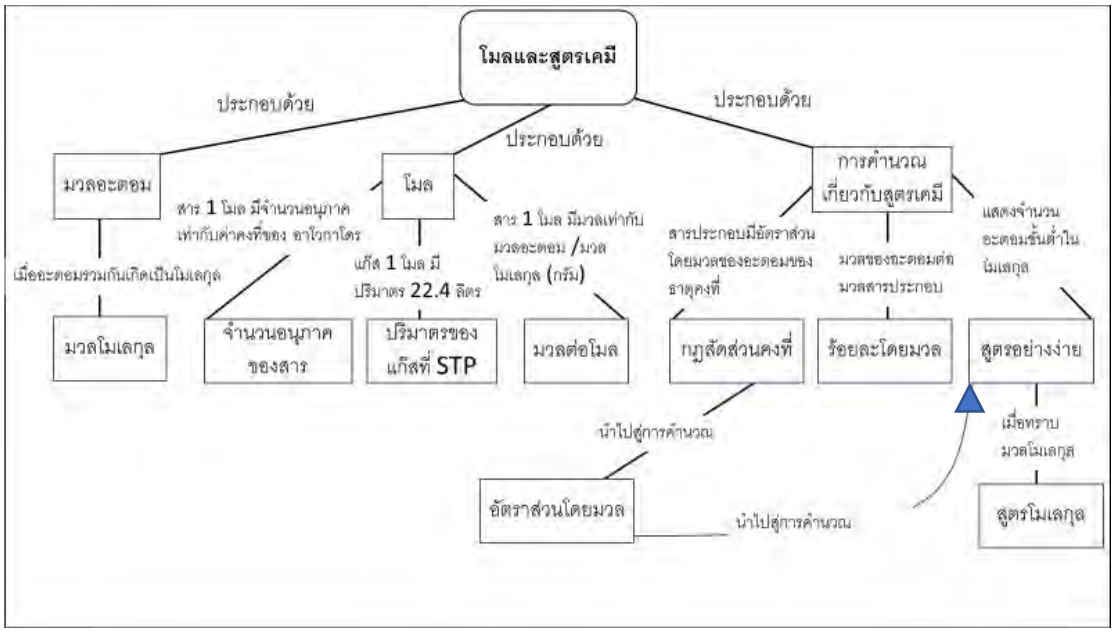
มโนทัศน์	คำอธิบาย
มวลอะตอม	มวลเปรียบเทียบระหว่างมวลอะตอมของธาตุ 1 อะตอมกับธาตุมาตรฐาน ซึ่งก็คือ 1/12 ของมวล ^{12}C จำนวน 1 อะตอม
มวลโมเลกุล	ผลรวมของมวลอะตอมของธาตุที่มีอยู่ในโมเลกุล
โมล	หน่วยที่ใช้บอกปริมาณสารที่มีจำนวนอนุภาคเท่ากับจำนวนอะตอมของ ^{12}C ที่มีมวล 12 กรัม
มวลต่อโมล	สารทุกชนิด 1 โมลจะมีมวลเป็นกรัมเท่ากับค่ามวลอะตอม มวลไอออน หรือมวลโมเลกุลของสารนั้น หรือเรียกเลขที่แสดงมวลของสาร 1 โมลว่า เลขมวลต่อโมล (molar mass)
ปริมาตรต่อโมล	แก๊สใด ๆ 1 โมล มีปริมาตร 22.4 ลิตรที่ STP
จำนวนอนุภาคต่อโมล	สารใด ๆ 1 โมลมีจำนวนอนุภาคเท่ากับเลขอาโวกาโดร หรือ 6.02×10^{23} อนุภาค
กฎสัดส่วนคงที่	กฎที่อธิบายเกี่ยวกับการเกิดสารประกอบ โดยระบุว่าเมื่อธาตุตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปรวมตัวกันเกิดเป็นสารประกอบ อัตราส่วนโดยโมลของธาตุที่เป็นองค์ประกอบนั้นย่อมมีค่าคงที่เสมอไม่ว่าสารประกอบนั้นจะเตรียมขึ้นโดยวิธีใด หรือจะเตรียม

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

มโนทัศน์	คำอธิบาย
	กี่ครั้งก็ตาม
ร้อยละโดยมวล	ค่าร้อยละของมวลอะตอมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลนั้น ๆ
สูตรเอมพิริคัล	สูตรที่แสดงอัตราส่วนอย่างต่ำโดยมวลของธาตุที่เป็นองค์ประกอบทั้งหมดในโมเลกุล
สูตรโมเลกุล	สูตรที่แสดงจำนวนอะตอมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบทั้งหมดในโมเลกุล

ลำดับชั้นของมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมี และความเชื่อมโยงของแต่ละมโนทัศน์แสดงในแผนภาพที่ 8

แผนภาพที่ 7 ลำดับชั้นและความเชื่อมโยงของมโนทัศน์เรื่อง โมลและสูตรเคมี



3. กำหนดโครงสร้างของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมี โดยกำหนดสัดส่วนของจำนวนข้อสอบที่ใช้วัดมโนทัศน์ แต่ละมโนทัศน์จะถูกวัดด้วยข้อสอบจำนวน 2 ข้อ ซึ่งแต่ละข้อมีคะแนนเต็ม 4 คะแนน ดังนั้น คะแนนมโนทัศน์เรื่องหนึ่ง ๆ จะเป็นคะแนนเฉลี่ยของข้อสอบจำนวน 2 ข้อ ยกเว้นมโนทัศน์สุดท้ายเรื่องสูตรโมเลกุล ที่มีจำนวน 1 ข้อ เนื่องจากมโนทัศน์ในการคำนวณสูตรโมเลกุลประกอบไปด้วย 1) การคำนวณสูตรเอมพิริคัล 2) การคำนวณสูตรโมเลกุลจากสูตรเอมพิริคัล ซึ่งส่วนที่ 1 การคำนวณสูตรเอมพิริคัล ถูกวัดจากข้อสอบเรื่องสูตรเอมพิริคัลแล้ว ดังนั้นจึงใช้ข้อสอบ

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

เพียง 1 ข้อในการวัดมโนทัศน์เรื่องสูตรโมเลกุล แบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมี จึงประกอบด้วยข้อสอบจำนวน 19 ข้อ

3. ศึกษามโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีที่คลาดเคลื่อนและพบมาก จากตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น หนังสือคู่มือครูเคมีเพิ่มเติมเล่ม 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) งานวิจัยของจรรยา ดาสาและโคล (2008) และงานวิจัยของ กัลยรัตน์ ธนภัทรเวชพิสิฐ (2560) นำคำตอบที่เป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนโดยไม่มีส่วนที่ถูกต้องเลย มาใช้เป็นตัวเลือกระดับ Specific Alternative Conception (SAC) ในแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมี และให้ผู้เรียนที่เลือกตัวเลือกดังกล่าวเป็นกลุ่มที่มีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่เฉพาะเจาะจง (SAC) เช่น “มวลโมเลกุลคือมวลของสาร 1 โมเลกุล” “มวลอะตอมคือมวลของธาตุ 1 อะตอม” “หน่วยโมลใช้กับอะตอมเท่านั้น” และ “มวลโมเลกุลของกลูโคสเกิดจากมวลของกลูโคสหลาย ๆ โมเลกุลมารวมกัน” นำคำตอบที่เป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้องบางส่วนและมีส่วนที่เป็นมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน มาใช้เป็นตัวเลือกระดับ Partial Understanding with Alternative Conception (PUSAC) และให้ผู้เรียนที่เลือกตัวเลือกดังกล่าวเป็นกลุ่มที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้องบางส่วนพร้อมกับมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (PUSAC) เช่น “มวลโมเลกุลของกลูโคสเกิดจากมวลของคาร์บอน 6 อะตอม ไฮโดรเจน 12 อะตอม และออกซิเจน 6 อะตอม มารวมกันแต่มวลของกลูโคส 1 โมเลกุลคือมวลที่แท้จริงของกลูโคส” โดยมโนทัศน์ที่ถูกต้องบางส่วนคือ มวลของกลูโคส 1 โมเลกุลคือมวลที่แท้จริงของกลูโคส และมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนคือมวลโมเลกุลของกลูโคสเกิดจากมวลของคาร์บอน 6 อะตอม ไฮโดรเจน 12 อะตอม และนำคำตอบที่เป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้องแต่ยังไม่ครบถ้วนสมบูรณ์มาใช้เป็นตัวเลือกระดับ Partial Understanding (PU) และให้ผู้เรียนที่เลือกตัวเลือกดังกล่าวเป็นกลุ่มที่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้องบางส่วน (PU) เช่น “มวลโมเลกุลของกลูโคส คืออัตราส่วนระหว่าง มวลของกลูโคส กับ ^{12}C” เนื่องจากมโนทัศน์ที่ถูกต้องครบถ้วนสมบูรณ์คือ “มวลโมเลกุลของกลูโคส คืออัตราส่วนระหว่าง มวลของกลูโคส 1 โมเลกุลกับ 1 ส่วน 12 ของ ^{12}C 1 อะตอม”

4. ดำเนินการสร้างแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีฉบับก่อนเรียน โดยสร้างตัวเลือกให้อยู่ในระดับมโนทัศน์ทั้ง 5 ระดับของไฮดาร์ (Haidar, 1997) ได้แสดงรายละเอียดของแบบวัดมโนทัศน์ในงานวิจัยครั้งนี้ เกี่ยวกับมโนทัศน์ที่วัด สัญลักษณ์มโนทัศน์ หมายเลขข้อสอบ และชื่อเกมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน ในตารางที่ 7

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

ตารางที่ 7 มโนทัศน์ที่วัด สัญลักษณ์มโนทัศน์ หมายเลขข้อสอบ และชื่อเกมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

ชื่อเกม	มโนทัศน์ที่ปรากฏ	สัญลักษณ์มโนทัศน์	หมายเลขข้อสอบ
เกมชั่งตวงวัด	มวลอะตอม	C1	1-2
	มวลอะตอมเฉลี่ย	C2	3-4
	มวลโมเลกุล	C3	5-6
เกมภาชนะบรรจุโมล	มวลต่อโมล	C4	7-8
	อนุภาคต่อโมล	C5	9-10
เกมตาชั่งแก๊ส	ปริมาตรต่อโมลของแก๊สที่สภาวะ STP	C6	11-12
เกมค้นหาของวิเศษ	กฎสัดส่วนคงที่	C7	13-14
	ร้อยละโดยมวล	C8	15-16
เกมแอคซิโอ (Accio)	สูตรเอมพิริคัล	C9	17-18
	สูตรโมเลกุล	C10	19

5. นำแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีฉบับก่อนเรียนที่สร้างให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบความถูกต้อง และความเหมาะสมทั้งทางด้านเนื้อหา ภาษาที่ใช้ในการเขียนข้อสอบ และความเหมาะสมของการให้คะแนน แล้วนำมาแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

6. นำแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีฉบับก่อนเรียนที่แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 4 ท่านซึ่งประกอบด้วยอาจารย์ประจำภาควิชาเคมีคณะวิทยาศาสตร์ อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ คุณครูผู้สอนรายวิชาเคมีในโรงเรียน พิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) จากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับมโนทัศน์ที่ต้องการทดสอบ (Index of Item Objective Congruence: IOC) โดยได้รับคำแนะนำดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

6.1 ปรับภาษา ผู้ทรงคุณวุฒิแนะนำให้ใช้ภาษาที่เป็นทางการมากขึ้น และปรับภาษาให้สื่อความหมายชัดเจนมากยิ่งขึ้น เช่น “ผลไม้ชนิดหนึ่ง”เป็น “ผลไม้จำนวน 1 ผล” “กลูโคส 1 โมเลกุล” เป็น “มวลของกลูโคสจำนวน 1 โมเลกุล”

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

6.2 ให้ใช้คำศัพท์ทางเคมีให้ถูกต้อง เช่น “จำนวนโปรตอน”เป็น “เลขอะตอม”

6.3 พิจารณา ตรวจสอบตัวเลือกให้สอดคล้องกับระดับของมโนทัศน์ เช่น ในตัวเลือกข้อสอบก่อนเรียนข้อที่ 4 ใช้วัดมโนทัศน์เรื่องมวลอะตอมเฉลี่ย ง) “เลข 16.00 ในตารางธาตุอาจเป็นมวลอะตอมหรือมวลอะตอมเฉลี่ยก็ได้”ซึ่งผู้วิจัยจัดมโนทัศน์ดังกล่าวเป็นระดับมีมโนทัศน์ถูกต้องบางส่วน (PU) เนื่องจากผู้ตอบมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องคือ “เลข 16.00 ในตารางธาตุเป็นมวลอะตอมเฉลี่ย” แต่ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่าผู้ตอบอาจจะไม่แน่ใจว่าเลข 16.00 ในตารางธาตุอาจเป็นมวลอะตอมก็ได้ จึงถือว่ามโนทัศน์ของผู้ตอบถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิมีข้อคิดเห็นว่า ตัวเลือกดังกล่าวไม่ได้อยู่ในระดับมีมโนทัศน์ถูกต้องบางส่วน (PU) เพราะ มโนทัศน์ที่ถูกต้องคือ “เลข 16.00 ในตารางธาตุเป็นมวลอะตอมเฉลี่ย” ส่วนมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนคือ “เลข 16.00 ในตารางธาตุเป็นมวลอะตอม”ผู้วิจัยจึงเปลี่ยนระดับของตัวเลือกดังกล่าวเป็น การมีมโนทัศน์ถูกต้องบางส่วนพร้อมกับมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (PUSAC)

6.4 ควรใช้คำแปลชื่อระดับมโนทัศน์ในภาษาไทยให้สอดคล้องกันทั้งฉบับ เช่น Specific Alternative Conception ในภาษาไทย คือ การมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่เฉพาะเจาะจง

7. หลังจากปรับปรุงข้อคำถาม และตัวเลือก จึงนำแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีฉบับก่อนเรียนไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย จากนั้นนำผลที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพแบบวัด ด้วยการตรวจสอบค่าความยาก (p) ซึ่งอยู่ระหว่าง 0.13 ถึง 0.50 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.13 ถึง 0.44

8. สร้างแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีฉบับหลังเรียนซึ่งเป็นแบบวัดคู่ขนานกับแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีฉบับก่อนเรียน โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการสร้างแบบวัดคู่ขนานคือ การวัดมโนทัศน์เดียวกัน และความซับซ้อนของข้อคำถามอยู่ในระดับเดียวกัน

9. นำแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีฉบับหลังเรียนที่สร้างให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบความถูกต้อง ภาษาที่ใช้ในการเขียนข้อสอบ และความเป็นคู่ขนานกับแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีฉบับก่อนเรียน

10. นำแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีฉบับหลังเรียนให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

พิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และการเป็นแบบวัดคู่ขนานของแบบวัดทั้ง 2 ฉบับ โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับมโนทัศน์ที่ต้องการทดสอบ (Index of Item Objective Congruence: IOC)

11. นำแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

แผนการเรียนรู้เคมีโดยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

แผนการเรียนรู้เคมีโดยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน มีขั้นตอนในการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและตำราที่เกี่ยวกับการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน
2. ศึกษาขอบข่ายของเนื้อหาโดยวิเคราะห์สาระการเรียนรู้บทที่ 4 โมลและสูตรเคมี จากหนังสือคู่มือครูเคมีเพิ่มเติมเล่ม 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เพื่อใช้ในการจัดการเรียนรู้เรื่องโมลและสูตรเคมี ซึ่งประกอบด้วย 3 หน่วยการเรียนรู้ คือ 1) มวลอะตอม 2) โมล และ 3) สูตรเคมี
3. วิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่องโมลและสูตรเคมี หนังสือคู่มือครูเคมีเพิ่มเติมเล่ม 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ระบุจุดประสงค์การเรียนรู้ไว้ดังนี้
   - 3.1 บอกความหมายของมวลอะตอมมวลอะตอมสัมพัทธ์ มวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ
   - 3.2 คำนวณมวลอะตอมของธาตุและมวลอะตอมสัมพัทธ์
   - 3.3 คำนวณมวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ
   - 3.4 อธิบายความหมายของโมล และเลขอาโวกาโดร
   - 3.5 คำนวณมวลโมเลกุลและมวลสูตร
   - 3.6 อธิบายความสัมพันธ์ของโมล มวล จำนวนอนุภาค และปริมาตรของแก๊สที่ STP
   - 3.7 คำนวณปริมาณสารจากความสัมพันธ์ของโมล มวล จำนวนอนุภาค และปริมาตรแก๊ส STP
   - 3.8 คำนวณอัตราส่วนโดยมวลของธาตุองค์ประกอบของสารประกอบตามกฎสัดส่วนคงที่
   - 3.9 อธิบายความหมายของสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลของสาร
   - 3.10 คำนวณมวลเป็นร้อยละของธาตุองค์ประกอบ
   - 3.11 คำนวณสูตรอย่างง่ายจากอัตราส่วนโดยโมลของธาตุองค์ประกอบ

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

3.12 คำนวณสูตรโมเลกุลของสาร จากสูตรอย่างง่ายและมวลโมเลกุลของสาร

4. สร้างเกมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานทั้งหมด มีเกณฑ์ในการสร้างคือ ต้องเป็นเกมการสอน (Didactic Game) คือผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาจากการเล่นเกม โดยมีลักษณะตามลักษณะสำคัญ 6 ประการ (Charsky, 2010) คือ 1) มีการแข่งขัน (Competition) และ เป้าหมาย (Goal) 2) มีกติกา (Rule) 3) เป็นกิจกรรมที่ท้าทาย (Challenging Activity) 4) นักเรียนเลือกตัดสินใจ (Choices) 5) มีองค์ประกอบด้านจินตนิมิต (Fantasy Element) และ 6) มีความสนุก (Fun) และผู้เรียนต้องบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้จากการเล่นเกม

5. นำเสนอเกมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน ต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เกี่ยวกับ เป้าหมายของการเล่นเกม คำศัพท์ที่ใช้ในเกม คำศัพท์ในทางเคมี และนักเรียนได้มโนทัศน์จากขั้นตอนใดของเกม

6. ปรับปรุงเกมตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ดังนี้

6.1 เกมที่ 1 เกมชั่งตวงวัด เปลี่ยนจากบรรจุลูกปัดในกล่องที่ใช้แทนอะตอม เป็นบรรจุเหรียญบาท เนื่องจากลูกปัดมีมวลที่เบามาก จึงยากที่จะแยกความแตกต่างของกล่องที่มีจำนวนลูกปัดต่างกันเพียง 1 เม็ด และปรับปรุงกระดาษคำตอบ โดยแยกกระดาษคำตอบออกเป็นรอบ ๆ เพื่อไม่ให้นักเรียนทราบคำถามของเกมรอบถัดไป

6.2 เกมที่ 2 เกมภาชนะบรรจุโมล ในตอนแรกผู้วิจัยกำหนดธาตุสมมติขึ้นมาใหม่ แต่อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมมีความเห็นว่า ควรจะใช้ธาตุ และค่ามวลอะตอมเดิมของเกมที่ 1 เพื่อช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้เรื่องมวลอะตอมจากเกมที่ 1 และความรู้เรื่องมวลต่อโมลของเกมที่ 2 ได้ง่ายขึ้น และเดิมกำหนดให้ 1 ก้อนของน้ำตาลคิวบ์แทนอะตอมจำนวน 100 อะตอม เป็น 3.01×10^{22} อะตอม เพื่อทำให้นักเรียนสามารถหาค่าจำนวนอนุภาคต่อโมลได้ตรงกับค่าทางทฤษฎี

6.3 เกมที่ 3 เกมตาชั่งแก๊ส อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมแนะนำให้หาปริมาตรของแก๊สโดยใช้การแทนที่น้ำ แต่ด้วยเงื่อนไขของอุปกรณ์ และเวลา ผู้วิจัยจึงใช้การคำนวณปริมาตรจากการหารัศมีของลูกโป่ง

6.4 เกมที่ 4 เกมค้นหาของวิเศษ เปลี่ยนจากการทำกิจกรรมเผาเหล็กเป็นการใช้การ์ดเกม

6.5 เกมที่ 5 เกมแอคซิโอ (Accio) เพิ่มสถานการณ์เพื่อทำให้นักเรียนรับรู้ว่า สูตรเอมพิริคัลที่นักเรียนระบุในรอบที่ 1 ไม่ใช้สูตรที่แสดงปริมาณส่วนผสมที่แท้จริง

7. เขียนแผนการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานตามจำนวนคาบที่กำหนด 16 คาบ

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

8. นำแผนการเรียนรู้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจพิจารณาความเหมาะสมด้านความชัดเจนของภาษา ตามองค์ประกอบของแผนการเรียนรู้ ได้แก่ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการประเมินผล รวมทั้งพิจารณาความสอดคล้องของกิจกรรมกับรูปแบบการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน จากนั้นนำแผนการเรียนรู้มาปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

9. นำแผนการเรียนรู้ที่ได้แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ให้ผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งมีประสบการณ์สอนเคมี จำนวน 5 ท่าน ตรวจพิจารณารายละเอียดต่าง ๆ ในลักษณะเดียวดับการตรวจพิจารณาของอาจารย์ที่ปรึกษา

10. ปรับแก้ตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ แล้วจัดทำแผนการเรียนรู้ที่สมบูรณ์ โดยคำแนะนำที่พบมีดังนี้

10.1 เพิ่มจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ครบทั้ง 3 ด้าน คือ ความรู้ ทักษะกระบวนการ และเจตคติ

10.2 เพิ่มองค์ประกอบด้านการวัดและประเมินในแผนการจัดการเรียนรู้

10.3 ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เปลี่ยนจาก แบบวัดมโนทัศน์ เป็นแบบสำรวจมโนทัศน์ เนื่องจากนักเรียนยังไม่มีความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์เรื่องมวลอะตอม มวลอะตอมเฉลี่ย และมวลโมเลกุล และเปลี่ยนจากที่ใช้คำว่าน้ำหนักของกล่อง เป็นมวลของกล่อง

10.4 ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ผู้ทรงคุณวุฒิเห็นว่าไม่ควรหาปริมาตรของแก๊สจากการแทนที่น้ำ เนื่องจากแรงกดที่นักเรียนออกแรงเพื่อให้ลูกโป่งจมลงในน้ำ อาจส่งผลต่อปริมาตรของน้ำ ผู้วิจัยจึงใช้การคำนวณปริมาตรจากการหารัศมีของลูกโป่ง

11. นำแผนการเรียนรู้ที่ปรับแก้ตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 10 คน โดยมีอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์สังเกตการณ์ เพื่อปรับปรุงวิธีการสอนของผู้วิจัยในประเด็น การตั้งคำถาม ลักษณะของคำอธิบาย การสังเกตพฤติกรรมนักเรียน การยกตัวอย่างสถานการณ์

โดยแสดงรายละเอียดของเกมการศึกษาทั้ง 5 เกม ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน ซึ่งประกอบด้วย ชื่อเกม รอบเล่นเกม จุดประสงค์ กติกา และลักษณะของเกม ในตารางที่ 8

99282417l CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

CU ithesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
99282471

ตารางที่ 8 ชื่อเกม รอบเล่นเกม จุดประสงค์ กติกา และลักษณะที่ปรากฏ

ชื่อเกม	รอบที่	จุดประสงค์	กติกา
เกมที่1 เกมชั่งตวงวัด	1	นักเรียนทราบว่า ไม่สามารถแยกความแตกต่างของสารที่มวลต่างกันเล็กน้อย ต้องใช้เครื่องมือเพื่อระบุมวลของสาร	เรียงลำดับมวลของกล่องที่ขนาดเท่ากันจำนวน 12 กล่อง ประกอบไปด้วยกล่องสีชมพูจำนวน 5 กล่อง มีชื่อกำกับคือ P1 – P5 กล่องสีส้มจำนวน 8 กล่อง มีชื่อกำกับคือ O1 – O8 โดยใช้การประมาณมวลด้วยมือเปล่า แล้วเรียงลำดับมวลของกล่อง จากน้อยไปมาก รอบนี้มีเวลาทั้งสิ้น 10 นาที คะแนนเต็ม 6.5 คะแนน ผู้ที่ตอบถูกมาที่สุดเป็นผู้ชนะ
	2	นักเรียนทราบว่า มวลอะตอมเป็นมวลเปรียบเทียบของอะตอมกับธาตุมาตรฐาน จึงเรียกว่ามวลอะตอมสัมพัทธ์	บอกจำนวนลูกปัดในกล่องและมวลที่แท้จริงของกล่องทั้ง 12 กล่อง ในหน่วยกรัม โดยจะได้รับตาชั่ง 2 แขนจำนวน 1 เครื่อง กล่องเปล่า จำนวน 1 กล่อง และลูกปัดจำนวน 50 ลูก โดยเมื่อชั่งน้ำหนักพบว่าลูกปัด 1 ลูกมีน้ำหนัก 1.66×10^{-24} กรัม รอบนี้มีเวลาทั้งสิ้น 20 นาที คะแนนเต็ม 7 คะแนน
	3	นักเรียนทราบว่า มวลอะตอมที่ปรากฏในตารางธาตุ เป็นมวลอะตอมเฉลี่ย ซึ่งคำนวณจากร้อยละที่พบในธรรมชาติ	หาค่าน้ำหนักเฉลี่ยของกล่องจากตอนที่ 1 โดยนักเรียนจะได้รับลังกระดาษจำนวน 2 ลัง โดยลังแรกระบุน้ำหนักของลังเป็น 1.4×10^{-21} กรัม ภายในมีกล่องจำนวน 8 ใบ เป็นกล่อง O1 – O5 จำนวน 5 กล่อง O6 – O7 จำนวน 2 กล่อง และ O8 จำนวน 1 กล่อง และลังที่สองระบุน้ำหนักของลังเป็น 4.3×10^{-21} กรัมภายในมีกล่องจำนวน 24 ใบ เป็นกล่อง O1 – O5 จำนวน 15 กล่อง O6 – O7 จำนวน 6 กล่อง และ O8 จำนวน 3 กล่อง รอบนี้มีเวลาทั้งสิ้น 15 นาที คะแนนเต็ม 14 คะแนน
	4	นักเรียนทราบว่า มวลโมเลกุลและมวลสูตรเป็นผลรวมของมวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุที่ในสารประกอบ	หามวลโมเลกุล จากผลรวมของมวลอะตอมเฉลี่ย โดยใช้กระดาษสีชมพูแทนกล่องสีชมพู และใช้กระดาษสีส้มแทนกล่องสีส้ม นักเรียนจะได้รับกะหล่ำปลีที่เกิดจากกระดาษสีส้มผสมกับสีชมพู โดยมีจำนวนกระดาษสีส้มต่อกระดาษสีชมพูคือ 1:2, 4:8 และ 2:3 รวม 3 ก้อน

CU ithesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

ชื่อเกม	รอบที่	จุดประสงค์	กติกา
			รอบนี้มีเวลาทั้งสิ้น 10 นาที คะแนนเต็ม 7 คะแนน
เกมที่2 เกมภาชนะบรรจุโมล	1	นักเรียนทราบว่า สาร 1 โมล มีมวลเท่ากับมวลอะตอม หรือมวลโมเลกุลของสารในหน่วยกรัม	กำหนดให้ **สาร A** (น้ำตาลทรายขาว) แทนกล่องสีชมพูที่มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับลูกปัดจำนวน 39.6 ลูก **สาร B** (กาแฟ) แทนกล่องสีส้มที่มีน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับลูกปัดจำนวน 13.5 ลูก **สาร C** (เกลือ) 1 แทนกล่องสีเทาที่เกิดจากกล่องสีขาว 1 กล่องต่อกับกล่องสีดำ 2 กล่อง โดยน้ำหนักเฉลี่ยของกล่องสีขาว และกล่องสีดำเท่ากับลูกปัดจำนวน 30.5 และ 15.0 ลูก ตามลำดับ มีกติกาดังนี้ 1) แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน 2) แต่ละกลุ่มจะได้รับภาชนะที่มีความกว้าง : ยาว : สูง เป็น 2.8 : 6.5 : 2.2 cm จำนวน 3 ชิ้น โดยต้องบรรจุสารทั้ง 3 ชนิดให้เต็มภาชนะและชั่งมวลของแต่ละสาร 3) กลุ่มที่ชั่งมวลได้ถูกต้อง จะได้รับ 1 คะแนน ในแต่ละข้อ รอบนี้คะแนนเต็ม 3 คะแนน ผู้ที่ได้คะแนนมากที่สุดเป็นผู้ชนะ
	2	นักเรียนทราบว่า สาร 1 โมลมีจำนวนอนุภาคเท่ากับ 6.02×10^{23}อนุภาค	กำหนดให้ 1 ก้อนของน้ำตาล คือ กล่องสีชมพูจำนวน 3.01×10^{22} กล่อง มีกติกาดังนี้ 1) แต่ละกลุ่มต้องใช้ก้อนน้ำตาลในการหาจำนวนของกล่องที่ทำให้กล่องมีมวลเท่ากับ

CU ithesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

ชื่อเกม	รอบที่	จุดประสงค์	กติกา
			จำนวนลูกปัดในหน่วยกรัม 2) กลุ่มที่ระบุจำนวนกล่องได้ถูกต้อง จะได้รับ 1 คะแนน ในแต่ละข้อรอบนี้คะแนนเต็ม 3 คะแนน ผู้ที่ได้คะแนนมากที่สุดเป็นผู้ชนะ
เกมที่ 3 เกมตาชั่งแก๊ส	1	นักเรียนทราบว่า สารที่มีสถานะแก๊ส 1 โมล มีปริมาตรเท่ากับ 22.4 ลิตร	นักเรียนต้องสร้างลูกโป่งที่มีปริมาตร 1 L จำนวน 2 ลูก โดยเป็นลูกโป่งที่ภายในบรรจุแก๊ส CO_2 และภายในบรรจุอากาศอย่างละ 1 ลูกจากนั้นหามวลของลูกโป่งทั้ง 2 ลูก โดยผู้ที่ส่งคำตอบที่ใกล้เคียงมากที่สุดเป็นผู้ชนะ นักเรียนจะได้รับอุปกรณ์ที่ประกอบด้วย ขวดน้ำขนาด 1.5 L ผงฟู 20 g น้ำส้มสายชู 5% โดยปริมาตร 100 mL ลูกโป่งทรงกลม หนังยาง และสายวัด และที่สูบลมมือโดยแก๊ส CO_2 เตรียมได้จากปฏิกิริยาของผงฟูและน้ำส้มสายชู กลุ่มที่ได้ข้อมูลที่ถูกต้องมากที่สุดเป็นผู้ชนะ
เกมที่ 4 เกมค้นหาของวิเศษ	1	นักเรียนทราบว่า มวลของธาตุในสารประกอบจะคงที่เสมอ ซึ่งเป็นไปตาม **กฎสัดส่วนคงที่**	นักเรียนรับรายการส่วนผสมและการ์ด Accio แอ๊กซิโอ จำนวน 10 ใบ โดยด้านหลังของการ์ดแสดงปริมาณและชนิดของส่วนผสม และด้านหน้า แสดงชื่อการ์ด A - J และชื่อของของวิเศษ นอกจากนั้นบางการ์ดแสดงมวลของวิเศษในหน่วยกรัม นักเรียนต้องระบุชื่อของของวิเศษและสัดส่วนโดยมวลของส่วนผสมที่ปรากฏในการ์ดลงในกระดาษคำตอบ ผู้ที่ตอบถูกมากที่สุดและรวดเร็วที่สุดเป็นผู้ชนะ

CU ithesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

ชื่อเกม	รอบที่	จุดประสงค์	กติกา
	2	นักเรียนทราบว่า ค่าร้อยละโดยมวลคือค่าที่แสดงอัตราส่วนโดยมวลของธาตุองค์ประกอบในสารประกอบ	ใช้ข้อมูลรอบที่ 1 มาวิเคราะห์เพื่อระบุปริมาณส่วนผสมในของวิเศษโดยการระบายสีลงในตาราง และเติมข้อมูลให้ครบทุกช่อง ระบายสีลงในตาราง และเติมข้อมูลให้ครบทุกช่อง ผู้ที่หาความสัมพันธ์ระหว่าง สัดส่วนโดยมวลของหยดน้ำในของวิเศษ กับจำนวนส่วนของหยดน้ำในของวิเศษ 100 ส่วนได้เร็วที่สุดและเติมคำตอบถูกต้องทุกช่องเป็นกลุ่มที่ชนะ
เกมที่ 5 เกมแอคซิโอ (Accio)	1	นักเรียนทราบว่า สูตรเอมพิริคัลเป็นสูตรที่แสดงอัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนอะตอมของธาตุในสารประกอบ	ตัดการ์ด A ตามช่องสี่เหลียมเพื่อให้ได้หยดน้ำจำนวน 20 ก้อนและเปลวไฟ 40 ก้อน แล้วนำมาสร้างเป็นน้ำยาลบความทรงจำเพื่อแจกจ่ายให้กับผู้ป่วยที่เคยเผชิญกับความทรงจำอันโหดร้าย โดยเมื่อแจกจ่ายน้ำยาลบความทรงจำให้ผู้ป่วย 1 คนจะได้รับคะแนน 1 คะแนน ภายใน 20 นาทีกลุ่มที่มีคะแนนมากที่สุดเป็นผู้ชนะ
	2	นักเรียนทราบว่า สูตรโมเลกุลเป็นสูตรที่แสดงจำนวนอะตอมของธาตุในสารประกอบ	จากการเปิดตำราเวทมนต์พบว่าน้ำยาลบความทรงจำ 1 หยดมีมวล 128 กรัม และน้ำยาปริศนา 1 หยด มีมวล 378 กรัม จงหาสูตรที่แท้จริงของของวิเศษทั้ง 2 ชนิดนี้ กลุ่มที่เสร็จสิ้นภารกิจเป็นกลุ่มแรกคือผู้ชนะ

โดยทั้ง 5 เกม มีลักษณะสำคัญของเกมครบทั้ง 6 ลักษณะ (Charsky, 2010) ดังนี้ ลักษณะที่ 1) การแข่งขันและเป้าหมาย และลักษณะที่ 2) มีกติกา เกมทุกเกมมีเป้าหมายตามจุดประสงค์การเรียนรู้ดังที่ปรากฏในตารางที่ 8 และทุกเกมเป็นเกมแข่งขันระหว่างกลุ่มจึงมีกติกา ลักษณะที่ 3) องค์ประกอบด้านจินตนิมิต ซึ่งองค์ประกอบด้านจินตนาการ 2 เกมทุกเกมมีองค์ประกอบด้านจินตนิมิต มีการให้ของรางวัลในทุกเกม เช่น การให้คะแนนกับผู้ชนะ หรือการกล่าวคำชื่นชม นอกจากนี้ เกมที่ 1 เกมที่ 2 เกมที่ 4 และเกมที่ 5 เป็นเกมที่มีเรื่องราวภายในเกม ลักษณะที่ 4) ความท้าทาย ความท้าทายของเกมที่ 1 ถึงเกมที่ 3 คือความแม่นยำ และความท้าทายของเกมที่ 4 และเกมที่ 5 คือความแม่นยำและเวลาที่ใช้ ลักษณะที่ 5) การเลือกตัดสินใจ เกมที่ 1 นักเรียนต้องตัดสินใจว่าจะเติมเหรียญลงไปในตาชั่งจำนวนเท่าใด เกมที่ 2 นักเรียนต้องตัดสินใจว่าจะจัดเรียงก้อนน้ำตาลอย่างไร เกมที่ 3 นักเรียนต้องตัดสินใจว่าจะสร้างแก๊ส CO_2 อย่างไร และจะหาปริมาตรของลูกโป่งอย่างไร เกมที่ 4 นักเรียนต้องตัดสินใจเลือกใช้เกณฑ์ใดในการระบุชนิดของวิเศษ และเกมที่ 5 นักเรียนต้องตัดสินใจว่าจะสร้างน้ำยาลบความทรงจำอย่างไร จึงจะช่วยเหลือผู้ป่วยให้ได้จำนวนมากที่สุด และลักษณะที่ 6 ความสนุกสนาน เกมทุกเกมสามารถสร้างความสนุกสนาน ซึ่งสังเกตได้จากการให้ความร่วมมือของนักเรียนในการเล่นเกมเป็นอย่างดี มีความกระตือรือร้นในการเล่นเกมตั้งแต่เริ่มเล่นเกมจนสิ้นสุด รวมถึงเมื่อเริ่มเล่นเกมในรอบแรก นักเรียนจะเรียกร้องที่จะเล่นเกมในรอบถัดไปเสมอ

แผนการเรียนรู้เคมีโดยการเรียนรู้แบบทั่วไป

แผนการเรียนรู้เคมีโดยการเรียนรู้แบบทั่วไปมีขั้นตอนในการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือดังนี้

1. ศึกษาขอบข่ายของเนื้อหาโดยวิเคราะห์สาระการเรียนรู้บทที่ 4 โมลและสูตรเคมี จากหนังสือคู่มือครูเคมีเพิ่มเติมเล่ม 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เพื่อใช้ในการจัดการเรียนรู้เรื่องโมลและสูตรเคมี ซึ่งประกอบด้วย 3 หน่วยการเรียนรู้ คือ 1) มวลอะตอม 2) โมล และ 3) สูตรเคมี

2. วิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่องโมลและสูตรเคมี หนังสือคู่มือครูเคมีเพิ่มเติมเล่ม 2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ระบุจุดประสงค์การเรียนรู้ไว้ดังนี้

2.1 บอกความหมายของมวลอะตอมมวลอะตอมสัมพัทธ์ มวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ

2.2 คำนวณมวลอะตอมของธาตุและมวลอะตอมสัมพัทธ์

2.3 คำนวณมวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

2.4 อธิบายความหมายของโมล และเลขอาโวกาโดร

2.5 คำนวณมวลโมเลกุลและมวลสูตร

2.6 อธิบายความสัมพันธ์ของโมล มวล จำนวนอนุภาค และปริมาตรของแก๊สที่ STP

2.7 คำนวณปริมาณสารจากความสัมพันธ์ของโมล มวล จำนวนอนุภาค และปริมาตรแก๊ส STP

2.8 คำนวณอัตราส่วนโดยมวลของธาตุองค์ประกอบของสารประกอบตามกฎสัดส่วนคงที่

2.9 อธิบายความหมายของสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลของสาร

2.10 คำนวณมวลเป็นร้อยละของธาตุองค์ประกอบ

2.11 คำนวณสูตรอย่างง่ายจากอัตราส่วนโดยโมลของธาตุองค์ประกอบ

2.12 คำนวณสูตรโมเลกุลของสาร จากสูตรอย่างง่ายและมวลโมเลกุลของสาร

3. ดำเนินการเขียนแผนการเรียนรู้ตามเนื้อหาและจำนวนคาบที่กำหนด คือ 16 คาบ

4. นำแผนการเรียนรู้แบบสืบสอบ 3 ขั้น คือขั้นนำ ขั้นสอน และขั้นสรุป ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม ความสอดคล้องของวัตถุประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ เนื้อหาสาระ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ความชัดเจนของภาษา และระยะเวลาที่ใช้

5. นำแผนการเรียนรู้เสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิ ที่มีประสบการณ์สอนจำนวน 3 ท่าน พิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องขององค์ประกอบต่าง ๆ ของแผนการเรียนรู้ จากนั้นปรับปรุงแผนการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยได้รับคำแนะนำดังนี้

5.1 เพิ่มจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ครบทั้ง 3 ด้าน คือ ความรู้ ทักษะกระบวนการ และเจตคติ

5.2 เพิ่มองค์ประกอบด้านการวัดและประเมินในแผนการจัดการเรียนรู้

6. นำแผนการเรียนรู้ที่ปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมเพื่อตรวจสอบอีกครั้งหนึ่ง

โดยแสดงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน เปรียบเทียบกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป ดังตารางที่ 9

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานและการเรียนรู้แบบทั่วไป

ขั้นตอน	การเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน	การเรียนรู้แบบทั่วไป
ขั้นที่ 1	-กระตุ้นความสนใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ หรือประโยชน์ของมโนทัศน์ที่นักเรียนจะได้จากการเล่นเกม โดยใช้คำถาม สถานการณ์ หรือเหตุการณ์ -และกระตุ้นความสนใจให้นักเรียนอยากที่จะเล่นเกม -นำเสนอเกม	-กระตุ้นความสนใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ หรือประโยชน์ของมโนทัศน์ -ตรวจสอบความรู้เดิม
ขั้นที่ 2	-เล่นเกมที่สร้างมโนทัศน์	-ทำกิจกรรม ทดลอง ค้นหาความรู้ หรือเล่นเกมที่นอกเหนือไปจากเกมที่สร้างมโนทัศน์
ขั้นที่ 3	-เป็นการสืบสอบอภิปรายเพื่อนำสู่การสรุปความรู้ที่ได้รับ	-เป็นการสืบสอบอภิปรายเพื่อนำสู่การสรุปความรู้ที่ได้รับ

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ของทั้ง 2 วิธีแตกต่างกันในขั้นตอนการสอน ซึ่งการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน ใช้เกมที่สร้างมโนทัศน์ในขั้นการสอน (ขั้นที่ 2) ส่วนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป ใช้การทำกิจกรรม การทดลอง ค้นหาความรู้ หรือเล่นเกมที่นอกเหนือไปจากเกมที่สร้างมโนทัศน์

2. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองสอน และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองตามขั้นตอนดังนี้

1. การเก็บข้อมูลก่อนเรียน ผู้วิจัยเก็บข้อมูลก่อนเรียนโดยใช้แบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีฉบับก่อนเรียน ในกลุ่มเป้าหมายทั้ง 2 กลุ่ม

2. การดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามตามแผนการจัดการเรียนด้วยเกมเป็นฐานกับกลุ่มที่มีจำนวนนักเรียน 35 คน และดำเนินการสอนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไปกับกลุ่มที่มีจำนวนนักเรียน 32 คน โดยทั้งสองกลุ่มใช้เวลาในการสอนเท่ากัน คือ 6 สัปดาห์ จำนวน 16 คาบ คาบเรียนละ 50 นาที

3. การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังเรียน หลังการดำเนินการสอนตามแผนการเรียนรู้ที่กำหนดครบทั้ง 16 คาบ แล้วผู้วิจัยเก็บข้อมูลหลังเรียน โดยใช้แบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีฉบับหลังเรียน ที่เป็นแบบวัดคู่ขนานกับแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีฉบับก่อนเรียน

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีฉบับก่อนเรียน และฉบับหลังเรียน มาทำการวิเคราะห์โดยใช้สถิติพรรณนาเป็นรายบุคคล ดังนี้

1. วิเคราะห์คำตอบจากแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีฉบับก่อนเรียน (pre-test) และฉบับหลังเรียน (post-test) ของกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน กับกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป โดยจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนออกเป็น 5 กลุ่ม ตามระดับมโนทัศน์ของ ไฮดาร์ (Haidar, 1997)

2. หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต คะแนนเฉลี่ยร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนมโนทัศน์แต่ละกลุ่ม

3. เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนมโนทัศน์รวม และคะแนนมโนทัศน์ย่อยทั้ง 10 มโนทัศน์ จากแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีฉบับก่อนเรียน และฉบับหลังเรียน ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน โดยเปรียบเทียบคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยเรื่องโมลและสูตรเคมีก่อนเรียนและหลังเรียนว่าแตกต่างกันหรือไม่ ด้วยสถิติการทดสอบค่าที (t-test dependent) ที่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4. เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนมโนทัศน์รวม และคะแนนมโนทัศน์ย่อยทั้ง 10 มโนทัศน์ จากแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีฉบับหลังเรียนของกลุ่มเป้าหมายทั้ง 2 กลุ่ม ว่าแตกต่างกันหรือไม่ โดยเปรียบเทียบคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยเรื่องโมลและสูตรเคมีหลังเรียน ด้วยสถิติการทดสอบค่าที (t-test independent) ที่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5. เปรียบเทียบจำนวนนักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์สูงขึ้นในแต่ละมโนทัศน์ทั้ง 10 มโนทัศน์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน และเปรียบเทียบจำนวนนักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์สูงขึ้นระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน กับนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป

6. วิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนต่อเกมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานจากแบบสอบถามออนไลน์โดยมีรายการที่สอบถามดังนี้ 1) เกมที่ชอบมากที่สุดพร้อมเหตุผลประกอบ 2) เกมที่ไม่ชอบมากที่สุดพร้อมเหตุผลประกอบ และ 3) ให้คะแนนความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน ทั้ง 5 เกม

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การพัฒนามโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งเป็น 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 เปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีหลังเรียน ระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป

ตอนที่ 3 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

ตอนที่ 1 เปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

ก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน นักเรียนในกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 35 คน ถูกวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมี โดยใช้แบบวัดมโนทัศน์เคมีเรื่องโมลและสูตรเคมีฉบับก่อนเรียน ซึ่งเป็นแบบวัดชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 19 ข้อ ข้อละ 4 คะแนน คะแนนรวม 76 คะแนน และหลังจากผู้วิจัย ได้จัดการเรียนรู้จนครบทั้ง 16 คาบ นักเรียนในกลุ่มเป้าหมาย ถูกวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมี โดยใช้แบบวัดมโนทัศน์เคมีเรื่องโมลและสูตรเคมีฉบับหลังเรียน ซึ่งเป็นแบบวัดคู่ขนานกับแบบวัดมโนทัศน์เคมีเรื่องโมลและสูตรเคมีฉบับก่อนเรียน แสดงคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียน รวมถึงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

กลุ่มตัวอย่าง	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t-test
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	
GBL	37.54	12.77	51.91	7.30	.000*

*p<.05

หมายเหตุ GBL หมายถึง นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

จากตารางที่ 10 พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน มีคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 37.54 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 12.77 ส่วนคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 51.91 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.30 เมื่อทดสอบความแตกต่างคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติการทดสอบค่าที (t-test dependent) พบว่าคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

โดยในงานวิจัยในครั้งนี้ได้พัฒนาเกมการสอน (Didactic Game) จำนวน 5 เกม ได้แก่เกมชั่งตวงวัด เกมภาชนะบรรจุโมล เกมตาชั่งแก๊ส เกมค้นหาของวิเศษ เกมแอคซิโอ (Accio) เพื่อใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน โดยมีจุดประสงค์ คือการพัฒนามโนทัศน์เคมีในบท โมลและสูตรเคมี ซึ่งประกอบไปด้วยมโนทัศน์ทั้งหมด 10 มโนทัศน์ ทั้งนี้ได้แสดงรายละเอียดของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานเกี่ยวกับมโนทัศน์ในแต่ละเกม อักษรย่อของมโนทัศน์ทั้ง 10 มโนทัศน์ คะแนนมโนทัศน์รายข้อจากแบบวัดมโนทัศน์ และคะแนนมโนทัศน์ที่เป็นค่าเฉลี่ยจากแบบวัดจำนวน 2 ข้อ ยกเว้นมโนทัศน์เรื่องสูตรโมเลกุล (C10) ที่วัดด้วยข้อสอบข้อที่ 19 เพียงข้อเดียว ดังตารางที่ 11

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

CU ithesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

ตารางที่ 11 คะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

ชื่อเกม	**เกมชั่งตวงวัด**						**เกมภาชนะบรรจุโมล**				**เกมตาชั่งแก๊ส**		**เกมค้นหาของวิเศษ**				**เกมแอคซิโอ (Accio)**		
มโนทัศน์	**มวลอะตอม**		**มวลอะตอมเฉลี่ย**		**มวลโมเลกุล**		**มวลต่อโมล**		**จำนวนอนุภาคต่อโมล**		**ปริมาตรต่อโมลของแก๊ส**		**กฎสัดส่วนคงที่**		**ร้อยละโดยมวล**		**สูตรเอมพิริคัล**		**สูตรโมเลกุล**
อักษรย่อ	**C1**		**C2**		**C3**		**C4**		**C5**		**C6**		**C7**		**C8**		**C9**		**C10**
ก่อนเรียน	2.3		2.0		2.1		2.0		1.8		1.6		1.6		1.3		2.7		2.7
หลังเรียน	3.0		3.2		2.3		2.8		2.3		2.7		2.7		2.9		2.5		3.1
ผลต่าง	**0.7**		**1.2**		**0.2**		**0.8**		**0.5**		**1.1**		**1.1**		**1.6**		**-0.2**		**0.4**
ข้อที่	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**
ก่อนเรียน	1.9	2.6	1.6	2.3	2.1	2.2	2.2	1.8	1.8	1.9	1.9	1.3	1.8	1.4	0.9	1.8	2.6	2.8	2.7
หลังเรียน	3.3	2.7	3.1	3.2	1.9	2.7	2.5	3.2	2.5	2.0	2.5	2.9	2.7	2.7	3.1	2.6	2.2	2.8	3.1
ผลต่าง	**1.4**	**0.1**	**1.5**	**0.9**	**-0.2**	**0.5**	**0.3**	**1.4**	**0.7**	**0.1**	**0.6**	**1.6**	**0.9**	**1.3**	**2.2**	**0.8**	**-0.4**	**0.0**	**0.4**

หมายเหตุ ตัวเลขที่อยู่ในวงกลม ◯ หมายถึงคะแนนมโนทัศน์หลังเรียนต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน

ผลต่าง คือ คะแนนหลังเรียน - คะแนนก่อนเรียน

จากตารางที่ 12 เรียงลำดับคะแนนมโนทัศน์ที่เพิ่มขึ้นจากมากไปน้อย ได้ดังนี้ ร้อยละโดยมวล (เพิ่ม 1.6 คะแนน) > มวลอะตอมเฉลี่ย (เพิ่ม 1.2 คะแนน) > ปริมาตรต่อโมลของแก๊ส กฎสัดส่วนคงที่ (เพิ่ม 1.1 คะแนน) > มวลต่อโมล (เพิ่ม 0.8 คะแนน) > มวลอะตอม (เพิ่ม 0.7 คะแนน) > จำนวนอนุภาคต่อโมล (เพิ่ม 0.5 คะแนน) > สูตรโมเลกุล (เพิ่ม 0.4 คะแนน) > มวลโมเลกุล (เพิ่ม 0.2คะแนน) > สูตรเอมพิริคัล (ลด 0.2 คะแนน)

เนื่องจากเนื้อหาโมลและสูตรเคมี เป็นเนื้อหาใหม่ที่นักเรียนไม่เคยเรียนมาก่อน ดังนั้นเกมที่พัฒนาขึ้นมาควรสามารถพัฒนามโนทัศน์ของผู้เรียนไปสู่ระดับที่สูงที่สุด และพัฒนาให้มีจำนวนนักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์ที่เพิ่มขึ้นได้จำนวนมากที่สุด แสดงผลวิจัยดังนี้ 1) จำนวนนักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์เพิ่มขึ้น 2) จำนวนนักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์เพิ่มขึ้นจากระดับที่ต่ำที่สุดคือ NR หรือSAC ไปที่ระดับ SU ในแต่ละมโนทัศน์ และในแต่ละเกม ดังตารางที่ 12

99282417l CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

CU ithesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

ตารางที่ 12 จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนมโนทัศน์เพิ่มขึ้นในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

เกมที่ใช้	**มโนทัศน์**	**ข้อสอบที่ใช้วัด**	**จำนวนนักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์เพิ่มขึ้น**	**จำนวนเฉลี่ยนักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์เพิ่มขึ้น**	จำนวนนักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์ก่อนเรียนเป็น NR หรือSAC มโนทัศน์หลังเรียนเป็น SU	จำนวนเฉลี่ยนักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์ก่อนเรียนเป็น NR หรือSAC มโนทัศน์หลังเรียนเป็น SU
เกมชั่งตวงวัด	มวลอะตอม (C1)	1-2	18	**19**	5	**5**
	มวลอะตอมเฉลี่ย (C2)	3-4	22		7	
	มวลโมเลกุล (C3)	5-6	16		4	
เกมภาชนะบรรจุโมล	มวลต่อโมล (C4)	7-8	18	**18**	8	**5**
	อนุภาคต่อโมล (C5)	9-10	17		2	
เกมตาชั่งแก๊ส	ปริมาตรต่อโมลของแก๊ส (C6)	11-12	22	**22**	10	(10)
เกมค้นหาของวิเศษ	กฎสัดส่วนคงที่ (C7)	13-14	22	(24)	7	(10)
	ร้อยละโดยมวล (C8)	15-16	(25)		(12)	
เกมแอคซิโอ (Accio)	สูตรเอมพิริคัล (C9)	17-18	15	**14**	2	**5**
	สูตรโมเลกุล (C10)	19	12		8	

หมายเหตุ ตัวเลขที่อยู่ในวงกลม (◯) หมายถึงมีจำนวนนักเรียนที่มากที่สุด

จากตารางที่ 12 ในการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน มโนทัศน์เรื่องร้อยละโดยมวล (C8) มีจำนวนนักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์เพิ่มขึ้นมากที่สุดจำนวน 25 คน และมีจำนวนนักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์ก่อนเรียนเป็น NR หรือ SAC และมโนทัศน์หลังเรียนเป็น SU จำนวนมากที่สุด 12 คน โดยเกมตาชั่งแก๊ส และเกมค้นหาของวิเศษ สามารถพัฒนามโนทัศน์ของผู้เรียนจากระดับมโนทัศน์ก่อนเรียนเป็น NR หรือ SAC และมโนทัศน์หลังเรียนเป็น SU จำนวนมาก

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีหลังเรียน ระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป

แม้ว่าจากตอนที่ 1 จะพบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน สามารถพัฒนามโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีได้ แต่เพื่อเป็นการเปรียบเทียบระหว่างการจัดการเรียนรู้ 2 รูปแบบคือ 1) การจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน และ 2) การจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป ว่าการจัดการเรียนรู้รูปแบบใดที่สามารถพัฒนาให้นักเรียนมีมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีในระดับที่สูงกว่ากัน จึงได้แสดงค่าเฉลี่ยของคะแนนมโนทัศน์ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากแบบวัดมโนทัศน์เคมีเรื่องโมลและสูตรเคมีฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ทั้ง 2 กลุ่ม ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานและกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป

คะแนน	การเรียนรู้แบบทั่วไป		การเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน		t-test
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	
ก่อนเรียน	40.78	11.72	37.54	12.77	.29
หลังเรียน	45.59	7.78	51.91	7.30	.001*

*p<.05

จากตารางที่ 13พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน มีคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 37.54 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 12.77 และนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป มีคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 40.78 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 11.72 เมื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนมโนทัศน์ก่อนเรียน ระหว่างนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม โดยใช้สถิติการทดสอบค่าที (t-test independent) ที่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 พบว่าคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยก่อนเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน แตกต่างกับคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยก่อนเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป อย่าง**ไม่มีนัยสำคัญ**

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

และจากตารางที่ 14 พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน มีคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 51.91 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.30 และนักเรียนที่เรียนด้วย

การเรียนรู้แบบทั่วไป มีคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 45.59 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.78 เมื่อทดสอบความแตกต่างคะแนนมโนทัศน์หลังเรียนระหว่างนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม โดยใช้สถิติการทดสอบค่าที (t-test independent) พบว่าคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน สูงกว่าคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ได้แสดงรายละเอียดของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไปเกี่ยวกับมโนทัศน์ อักษรย่อของมโนทัศน์ทั้ง 10 มโนทัศน์ คะแนนมโนทัศน์รายข้อจากแบบวัดมโนทัศน์ และคะแนนมโนทัศน์ที่เป็นค่าเฉลี่ยจากแบบวัดจำนวน 2 ข้อ ยกเว้นมโนทัศน์เรื่องสูตรโมเลกุล (C10) ที่วัดด้วยข้อสอบข้อที่ 19 เพียงข้อเดียว ดังตารางที่ 14

99282471 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

CU ithesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
99282471

ตารางที่ 14 คะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป

มโนทัศน์	**มวลอะตอม**		**มวลอะตอมเฉลี่ย**		**มวลโมเลกุล**		**มวลต่อโมล**		**จำนวนอนุภาคต่อโมล**		**ปริมาตรต่อโมลของแก๊ส**		**กฎสัดส่วนคงที่**		**ร้อยละโดยมวล**		**สูตรเอมพิริคัล**		**สูตรโมเลกุล**
มโนทัศน์ที่	**C1**		**C2**		**C3**		**C4**		**C5**		**C6**		**C7**		**C8**		**C9**		**C10**
ก่อนเรียน	2.5		2.5		2.5		1.9		2.1		1.6		2.2		1.8		2.3		2.6
หลังเรียน	3.4		3.0		2.3		2.7		2.0		2.1		2.2		2.2		2.0		2.1
ผลต่าง	**0.9**		**0.5**		**-0.2**		**0.8**		**-0.1**		**0.5**		**0.0**		**0.4**		**-0.3**		**-0.5**
ข้อที่	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**
ก่อนเรียน	2.6	2.4	2.1	2.9	2.6	2.3	1.7	2.0	1.6	2.5	1.6	1.6	2.0	2.4	1.5	2.0	2.2	2.4	2.6
หลังเรียน	3.7	3.0	3.3	2.7	1.9	2.7	2.6	2.7	2.0	1.9	2.2	2.0	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1	19	2.1
ผลต่าง	1.1	0.6	1.2	-0.2	-0.7	0.4	0.9	0.7	0.4	-0.6	0.6	0.4	0.2	-0.2	0.7	0.2	-0.1	-0.5	-0.5

หมายเหตุ ตัวเลขที่อยู่ในวงกลม ◯ หมายถึงคะแนนมโนทัศน์หลังเรียนต่ำกว่าก่อนเรียน

ผลต่าง คือ คะแนนหลังเรียน - คะแนนก่อนเรียน

จากตารางที่ 14 ในการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป สามารถเรียงลำดับคะแนนที่เพิ่มขึ้นจากมากสุดไปน้อยสุดได้ดังนี้ มวลอะตอม (เพิ่ม 0.9 คะแนน) > มวลต่อโมล (เพิ่ม 0.8 คะแนน) > มวลอะตอมเฉลี่ย ปริมาตรต่อโมล (เพิ่ม 0.5 คะแนน) > ร้อยละโดยมวล (เพิ่ม 0.4 คะแนน) > กฎสัดส่วนคงที่ (เพิ่ม 0.0 คะแนน) > จำนวนอนุภาคต่อโมล (ลด 0.1 คะแนน) > มวลโมเลกุล (ลด 0.2 คะแนน) > สูตรเอมพิริคัล (ลด 0.3 คะแนน) > สูตรโมเลกุล (ลด 0.5 คะแนน) โดยพบว่ามีมโนทัศน์ที่คะแนนมโนทัศน์หลังเรียนต่ำกว่าคะแนนมโนทัศน์ก่อนเรียนจำนวน 4 มโนทัศน์ ได้แก่ มโนทัศน์เรื่องมวลโมเลกุล (C3) มโนทัศน์เรื่องจำนวนอนุภาคต่อโมล (C5) มโนทัศน์เรื่องสูตรเอมพิริคัล (C9) และมโนทัศน์เรื่องสูตรโมเลกุล (C10) ในขณะที่นักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานมีคะแนนมโนทัศน์หลังเรียนต่ำกว่าคะแนนมโนทัศน์ก่อนเรียน ในมโนทัศน์เรื่องสูตรเอมพิริคัล (C9) เพียงมโนทัศน์เดียว

โดยมโนทัศน์ในกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน มีคะแนนเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป มีจำนวนทั้งสิ้น 7 มโนทัศน์ จาก 10 มโนทัศน์ ได้แก่ มโนทัศน์เรื่อง 1) มวลอะตอมเฉลี่ย (GBL เพิ่ม 1.2 คะแนน TL เพิ่ม 0.5 คะแนน) 2) มวลโมเลกุล (GBL เพิ่ม 0.2 คะแนน TL ลด 0.2 คะแนน) 3) จำนวนอนุภาคต่อโมล (GBL เพิ่ม 0.5 คะแนน TL ลด 0.1 คะแนน) 4) ปริมาตรต่อโมล (GBL เพิ่ม 1.1 คะแนน TL เพิ่ม 0.5 คะแนน) 5) กฎสัดส่วนคงที่ (GBL เพิ่ม 1.1 คะแนน TL เพิ่ม 0.0 คะแนน) 6) ร้อยละโดยมวล (GBL เพิ่ม 1.6 คะแนน TL เพิ่ม 0.4 คะแนน) และ 7) สูตรโมเลกุล (GBL เพิ่ม 0.4 คะแนน TL ลด 0.5 คะแนน)

ความแตกต่างของระดับมโนทัศน์ระหว่างนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม แสดงคะแนนหลังเรียนรายมโนทัศน์ ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน (GBL) และนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป (TL) รวมถึงผลต่างของคะแนนมโนทัศน์หลังเรียนของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม (Δ) และค่าเฉลี่ยผลต่างของคะแนนมโนทัศน์หลังเรียนของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่มในแต่ละเกม ในตารางที่ 15

99282417 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยหลังเรียนระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานกับนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป

ชื่อเกม	**เกมชิงตาวัวดุ**			**เกมภาชนะบรรจุโมล**		**เกมตาชั่งแก๊ส**	**เกมค้นหาของวิเศษ**		**เกมแอคซิโอ (Accio)**	
มโนทัศน์	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
คะแนน TL	3.4	3	2.3	2.7	2	2.1	2.2	2.2	2.0	2.1
คะแนน GBL	3	3.2	2.3	2.8	2.3	2.7	2.7	2.9	2.5	3.1
Δ = GBL – TL	(- 0.4)	0.2	0.0	0.1	0.3	0.6	0.5	0.7	0.5	[1.0]
ค่าเฉลี่ยของ Δ	0.1			0.2		0.6	0.6		0.3	

หมายเหตุ **คะแนน TL** หมายถึง คะแนนหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป

คะแนน GBL หมายถึง คะแนนหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

Δ = GBL – TL หมายถึงคะแนนหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน ลบด้วยคะแนนหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป

หมายเหตุ (ต่อ) **ตัวเลขที่อยู่ในวงกลม** ◯ หมายถึง คะแนนมโนทัศน์หลังเรียนในกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน ต่ำกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป

ตัวเลขที่อยู่ในสี่เหลี่ยม ▭ หมายถึง ผลต่างของคะแนนมโนทัศน์หลังเรียน ในกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานกับกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไปที่มากที่สุด

ตัวเลขที่อยู่ในสี่เหลี่ยม △ หมายถึง ผลต่างของคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยหลังเรียน ในกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานกับกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไปที่มากที่สุด

จากตารางที่ 15 พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานมีคะแนนมโนทัศน์เฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป ในทุกมโนทัศน์ ยกเว้นมโนทัศน์เรื่องมวลอะตอม (C1) โดยคะแนนมโนทัศน์หลังเรียนที่สูงที่สุดคือมโนทัศน์เรื่อง มวลอะตอมเฉลี่ย (C2) และผลต่างของคะแนนมโนทัศน์หลังเรียนในกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานกับกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไปที่มากที่สุด คือมโนทัศน์เรื่อง สูตรโมเลกุล (C10) และเกมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน ที่ทำให้นักเรียนมีคะแนนมโนทัศน์หลังเรียนมากกว่ากลุ่มที่จัดการเรียนรู้แบบทั่วไป คือ เกมตาชั่งแก๊ส และเกมค้นหาของวิเศษ

99282417 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

เพื่อเป็นการเปรียบเทียบว่า ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป และการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน การเรียนรู้รูปแบบใดที่สามารถพัฒนาให้มีจำนวนนักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์ที่เพิ่มขึ้นได้จำนวนมากที่สุด ดังนั้นจึงแสดงข้อมูลของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม เกี่ยวกับ 1) จำนวนนักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์เพิ่มขึ้นในแต่ละมโนทัศน์ทั้ง 10 มโนทัศน์ ดังแสดงในตารางที่ 16 และ 2) จำนวนนักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์ที่เพิ่มขึ้นจากระดับ NR หรือ SAC ไปที่ระดับ SU ในแต่ละมโนทัศน์ทั้ง 10 มโนทัศน์ ดังแสดงในตารางที่ 17

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

CU ithesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
99282417

ตารางที่ 16 จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนมโนทัศน์เพิ่มขึ้นในกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน และกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป

เกมที่ใช้	มโนทัศน์	จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนมโนทัศน์เพิ่มขึ้นในกลุ่ม GBL	จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนมโนทัศน์เพิ่มขึ้นในกลุ่ม TL	ผลต่างจำนวนนักเรียน = GBL - TL	จำนวนนักเรียนเฉลี่ยที่มีคะแนนมโนทัศน์เพิ่มขึ้นในกลุ่ม GBL	จำนวนนักเรียนเฉลี่ยที่มีคะแนนมโนทัศน์เพิ่มขึ้นในกลุ่ม TL	ผลต่างจำนวนนักเรียนเฉลี่ย = GBL - TL
เกมชั่งตวงวัด	C1	18	15	3	19	14	5
	C2	22	15	7			
	C3	16	11	5			
เกมภาชนะบรรจุโมล	C4	18	(18)	0	18	15	3
	C5	17	11	6			
เกมตาชั่งแก๊ส	C6	22	16	6	22	16	6
เกมค้นหาของวิเศษ	C7	22	14	8	(24)	15	(9)
	C8	(25)	16	(9)			
เกมแอคซิโอ (Accio)	C9	15	11	4	14	9	5
	C10	12	6	6			

หมายเหตุ ตัวเลขที่อยู่ในวงกลม (◯) หมายถึงมีจำนวนนักเรียนที่มากที่สุด

จากตารางที่ 16 พบว่าในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน มีนักเรียนจำนวนมากที่สุดที่มีระดับมโนทัศน์เพิ่มขึ้นในมโนทัศน์เรื่องร้อยละโดยมวล (C8) โดยสามารถทำให้นักเรียนจำนวน 25 คนมีระดับมโนทัศน์เพิ่มขึ้น ซึ่งมากกว่าจำนวนนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป 9 คน และเกมที่ทำให้จำนวนผู้เรียนมีระดับมโนทัศน์เพิ่มขึ้นมากที่สุดคือเกมค้นหาของวิเศษ มีจำนวนนักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์เพิ่มขึ้น 24 คน ซึ่งมากกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไปจำนวน 9 คน

cu ithesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
99282417 1

ตารางที่ 17 จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนมโนทัศน์เพิ่มขึ้นจาก NR หรือ SAC ไปที่ระดับ SU ในกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน และแบบทั่วไป

เกมที่ใช้	มโนทัศน์	จำนวนนักเรียนในกลุ่ม GBL	จำนวนนักเรียนในกลุ่ม TL	ผลต่างจำนวนนักเรียน = GBL - TL	จำนวนนักเรียนเฉลี่ยในกลุ่ม GBL	จำนวนนักเรียนเฉลี่ยในกลุ่ม TL	ผลต่างจำนวนนักเรียนเฉลี่ย = GBL - TL
เกมชั่งตวงวัด	C1	5	7	-2	5	5	0
	C2	7	5	2			
	C3	4	3	1			
เกมภาชนะบรรจุโมล	C4	8	6	2	5	5	0
	C5	2	3	-1			
เกมตาชั่งแก๊ส	C6	10	2	8	(10)	2	(8)
เกมค้นหาของวิเศษ	C7	7	3	4	(10)	3	7
	C8	(12)	2	(10)			
เกมแอคซิโอ (Accio)	C9	2	2	0	5	3	2
	C10	8	3	5			

หมายเหตุ ตัวเลขที่อยู่ในวงกลม (◯) หมายถึงมีจำนวนนักเรียนที่มากที่สุด

หมายเหตุ (ต่อ) **จำนวนนักเรียนในกลุ่ม GBL** หมายถึง จำนวนนักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์ก่อนเรียนเป็น NR หรือ SAC มโนทัศน์หลังเรียนเป็น SU ในกลุ่มของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

จำนวนนักเรียนในกลุ่ม TL หมายถึง จำนวนนักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์ก่อนเรียนเป็น NR หรือ SAC มโนทัศน์หลังเรียนเป็น SU ในกลุ่มของนักเรียนที่ เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป

ผลต่างจำนวนนักเรียน = GBL – TL หมายถึง ผลต่างของจำนวนนักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์ก่อนเรียนเป็น NR หรือ SAC มโนทัศน์หลังเรียนเป็น SU ในกลุ่มของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน และกลุ่มที่เรียนรู้แบบทั่วไป

จำนวนนักเรียนเฉลี่ยในกลุ่ม GBL หมายถึง จำนวนเฉลี่ยนักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์ก่อนเรียนเป็น NR หรือ SAC มโนทัศน์หลังเรียนเป็น SU ในกลุ่มของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

จำนวนเฉลี่ยนักเรียนเฉลี่ยในกลุ่ม TL หมายถึง จำนวนเฉลี่ยนักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์ก่อนเรียนเป็น NR หรือ SAC มโนทัศน์หลังเรียนเป็น SU ในกลุ่มของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป

ผลต่างจำนวนนักเรียนเฉลี่ย = GBL – TL หมายถึง ผลต่างของจำนวนเฉลี่ยนักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์ก่อนเรียนเป็น NR หรือ SAC มโนทัศน์หลังเรียนเป็น SU ในกลุ่มของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน และกลุ่มที่เรียนรู้แบบทั่วไป

จากตารางที่ 17 พบว่าในกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน มโนทัศน์เรื่องร้อยละโดยมวล (C8) มีจำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ก่อนเรียนเป็น NR หรือ SAC มโนทัศน์หลังเรียนเป็น SU จำนวนมากที่สุด 12 คน ซึ่งมากกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป 10 คน ส่วนเกมที่พัฒนามโนทัศน์ของนักเรียนจาก NR หรือ SAC ไปที่ SU ได้จำนวนมากที่สุด คือเกมตาชั่งแก๊ส และเกมค้นหาของวิเศษ ซึ่งมีจำนวนนักเรียน 10 คน

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

ตอนที่ 3 ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

ภายหลังจากที่นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน เรียนครบทั้ง 16 คาบ นักเรียนได้ทำแบบประเมินความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน ทั้ง 5 เกม โดยเรียงลำดับคะแนนความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน จากมากไปน้อย ดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ความพึงพอใจต่อเกมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

เกมที่ชอบ	คะแนนเฉลี่ย	เหตุผล	จำนวนความคิดเห็น	จำนวนความคิดเห็นรวม
เกมแอคซิโอ (Accio)	4.37	กติกาชัดเจน เข้าใจง่าย เข้าใจมากที่สุด เข้าใจเนื้อหามากยิ่งขึ้น	17	24
		ได้มีส่วนร่วม	3	
		สนุก อินไปกับเกม	3	
		ใช้รูปภาพในการเล่นเกม	1	
เกมค้นหาของวิเศษ	3.70	มีเรื่องราว (story)	1	2
		เข้าใจง่าย	1	
เกมภาชนะบรรจุโมล	3.56	ได้ทดลองผสมสารและดูผลที่เกิด	2	3
		เข้าใจมากกว่าเกมอื่น	1	
เกมชั่งตวงวัด	3.48	ได้ชั่งตวงหลาย ๆ อย่าง ทำให้กิจกรรมน่าสนใจ	1	1
เกมตาชั่งแก๊ส	3.11	เป็นเกมที่ง่าย เนื่องจากแค่จำแนกจากน้อยไปมาก	1	1
		รวม		**31**

จากตารางที่ 18 นักเรียนมีความพึงพอใจต่อเกมแอคซิโอ (Accio) มากที่สุดมีคะแนน 4.37 คะแนน โดยเหตุผลที่นักเรียนชอบเกมดังกล่าวมากที่สุดคือ ความเข้าใจง่าย ความสนุก การได้มีส่วน

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

ร่วม และการได้ใช้รูปภาพ รองลงมาคือ เกมค้นหาของวิเศษ เกมภาชนะบรรจุโมล เกมชั่งตวงวัด และเกมตาชั่งแก๊ส โดยมีคะแนนดังนี้ 3.70 คะแนน 3.56 คะแนน 3.48 คะแนน และ 3.11 คะแนน

ในทางตรงกันข้าม เพื่อเป็นการศึกษาว่าลักษณะของเกมแบบใด ใช้กับเนื้อหาแบบใด ที่ทำให้นักเรียนไม่พึงพอใจ ผู้วิจัยจึงให้นักเรียนตอบข้อคำถามเกี่ยวกับเหตุผลที่ไม่พึงพอใจต่อเกม ซึ่งแสดงดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 เหตุผลของความไม่พึงพอใจต่อเกมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน และจำนวนนักเรียนที่ไม่พึงพอใจ

เกมที่ไม่ชอบ	เหตุผล	จำนวนความคิดเห็น	จำนวนความคิดเห็นรวม
เกมที่ 1 ชั่งตวงวัด	ไม่เข้าใจวิธีการเล่น กติกาไม่ชัดเจน เข้าใจยาก ยากเกินไป	6	11
	เครื่องชั่งไม่ได้มาตรฐาน โอกาสค่าผิดเพี้ยนเยอะ	4	
	ไม่สนุก	1	
เกมที่ 2 ภาชนะบรรจุโมล	ใช้มือจับแล้วเลอะเทอะ	2	4
	ไม่เข้าใจ	1	
	ไม่มีส่วนร่วม เนื่องจากจำนวนสมาชิกในกลุ่มมีจำนวนมาก	1	
เกมที่ 3 ตาชั่งแก๊ส	ค่อนข้างยาก ไม่เข้าใจ สับสน	10	17
	ค่าที่ได้คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง อุปกรณ์ที่ใช้ไม่สะดวก	3	
	ไม่สนุก	3	
	ไม่มีส่วนร่วม	1	
เกมที่ 4 ค้นหาของวิเศษ	ไม่เข้าใจ ยาก สับสนกับตารางในกระดาษคำตอบ	5	5
เกมที่ 5 แอคซิโอ (Accio)	สับสนกับตาราง	1	1
	รวม		38

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

จากตารางที่ 19 พบว่าเกมตาชั่งแก๊สเป็นเกมที่นักเรียนให้เหตุผลว่าไม่ชอบมากที่สุด เหตุผลที่ไม่ชอบมาจาก เข้าใจยาก ไม่สนุก และไม่มีส่วนร่วม รองลงมา คือเกมชั่งตวงวัด ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าส่วนใหญ่ที่นักเรียนไม่ชอบเกมมาจาก ความไม่เข้าใจ และความไม่สนุก

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การพัฒนามโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบ Two group pretest - posttest design ผู้วิจัยเลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา กรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 67 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานจำนวน 35 คน และ และที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป จำนวน 32 คน มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน และ 2) เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานกับกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติการทดสอบค่าที (t-test) ได้สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะดังนี้

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์มโนทัศน์เคมีเรื่องโมลและสูตรเคมีของนักเรียน สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน จะมีมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. นักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน จะมีมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

ผลการวิจัยสรุปว่า 1) นักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน จะมีมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 2) นักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน จะมีมโนทัศน์ในบทโมลและสูตรเคมี สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สามารถอภิปรายดังนี้

1. ลักษณะที่สำคัญของการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานที่ส่งเสริมมโนทัศน์เคมี เกมที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน ประกอบด้วยลักษณะสำคัญ 6 ลักษณะ (Charsky, 2010) ได้แก่ 1) การแข่งขัน และเป้าหมาย 2) กติกา 3) ความท้าทาย 4) การเลือกตัดสินใจ) 5) ความสนุก และ 6)

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

องค์ประกอบด้านจินตนิมิต แต่ละลักษณะของเกมช่วยพัฒนามโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีทั้งทางตรงและทางอ้อมดังนี้

ลักษณะของเกมที่ช่วยพัฒนามโนทัศน์ทางตรง ได้แก่ ลักษณะที่ 1 การแข่งขัน และเป้าหมาย ลักษณะที่ 2 กติกา ลักษณะที่ 4 การเลือกตัดสินใจ และ ลักษณะที่ 6 องค์ประกอบด้านจินตนิมิต กล่าวคือ ลักษณะที่ 1 การแข่งขัน และเป้าหมาย ในเกมทุกเกมมีเป้าหมายคือการพัฒนามโนทัศน์ ดังนั้นแต่ละเกมจะสอดแทรกเนื้อหาสาระเข้าไปในเกม ทำให้นักเรียนเป็นผู้ค้นพบความรู้ต่าง ๆ นักเรียนจึงได้เรียนรู้มโนทัศน์ผ่านเกมทุกเกม และเกิดความกระจ่างในมโนทัศน์ (Triboni & Weber, 2018) ลักษณะที่ 2 กติกา รวมถึงลักษณะที่ 4 การตัดสินใจ ทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้หรือสิ่งที่เรียนไปแล้วมาใช้ เพื่อทำให้เกิดเป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful Learning) (Oakman, 2016) และลักษณะที่ 6 องค์ประกอบด้านจินตนิมิต ทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ในระดับจุลภาคที่นักเรียนไม่สามารถสัมผัสได้ในชีวิตจริงเช่น อะตอม หรือโมเลกุล นักเรียนจึงเกิดมโนทัศน์ที่ซับซ้อนและมีเข้าใจสิ่งที่มีความเป็นนามธรรมสูงได้ง่ายขึ้น (Meaningful Learning) (Oakman, 2016; Rastegarpour & Marashi, 2012; TESS-India, 2018; ทิศนา แขมมณี, 2543)

ลักษณะของเกมที่ช่วยพัฒนามโนทัศน์ทางอ้อม ได้แก่ ลักษณะที่ 1 การแข่งขัน และเป้าหมาย ลักษณะที่ 2 กติกา ลักษณะที่ 3 ความท้าทาย และลักษณะที่ 5 ความสนุกสนาน ลักษณะดังกล่าวทำให้นักเรียนเกิดเจตคติที่ดีต่อวิชาเคมี และส่งผลต่อการพัฒนามโนทัศน์ กล่าวคือ ลักษณะที่ 1 การแข่งขัน และเป้าหมาย เกมที่มีการแข่งขัน ทำให้นักเรียนได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ตามทฤษฎีสรรคนิยมเชิงสังคม (Social constructivism) (Schunk, 2012; Vygotsky, 1978; ทิศนา แขมมณี, 2559) นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์เรียนรู้กับผู้อื่น และได้รับการช่วยเหลือในการเรียนรู้จากเพื่อนและครูที่มีความสามารถมากกว่าตนเอง ลักษณะที่ 2 กติกา ลักษณะที่ 3 ความท้าทาย และลักษณะที่ 5 ความสนุกสนาน ทั้งสามลักษณะทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียน (Engagement) (Oakman, 2016; Rastegarpour & Marashi, 2012; ทิศนา แขมมณี, 2543) และทำให้บรรยากาศในชั้นเรียนเป็นบรรยากาศเชิงบวกคือเต็มไปด้วยความสนุกสนาน (Franco-Mariscal 2014; ทิศนา แขมมณี, 2543) นักเรียนจึงมีเจตคติที่ดีต่อวิชาเคมี (Sakulsaknimitr, 2019) นักเรียนแต่ละคนมีโอกาสลงมือปฏิบัติและเป็นการจัดประสบการณ์ที่เหมาะสมกับบุคคล (Tailor Experience) เนื่องจากนักเรียนแต่ละคนสามารถตอบสนองต่อความท้าทายที่ได้รับจากเกมได้แตกต่างกัน (Oakman, 2016)

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

2. เป็นกิจกรรมที่พัฒนามโนทัศน์ และผู้เรียนเป็นผู้ค้นหาคำตอบด้วยตนเอง เช่นการหามวลของลูกโป่ง ในเกมที่ 3 ตาชั่งแก๊ส หรือการให้นักเรียนจัดเรียงน้ำตาลทรายเพื่อหาว่า 1 โมลมีจำนวนอะตอมเท่าไร จึงเป็นการเรียนรู้ผ่านการลงมือทำ และเกิดมีมโนทัศน์ที่ซับซ้อนได้ในตนเอง (Oakman, 2016) โดยผู้สอนจะเป็นผู้คอยช่วยเหลือและส่งเสริมนักเรียนไปสู่แนวคิดที่ถูกต้อง โดยเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนได้สะท้อนแนวคิดของตนเองอย่างร่วมมือกันและมีการเรียนรู้แบบกลุ่ม(Franco-Mariscal, 2014)

3. ในการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานมีสิ่งจูงใจในการเล่นเกม (incentive) เช่น ในเกมที่ 2 ภาชนะบรรจุโมล คำถามของคาบเรียนนั้นคือ 1 โมลมีกี่อะตอม และ 1 โมลมีมวลเท่าไร หรือในเกมที่ 5 เกมแอคซิโอ สถานการณ์ที่นักเรียนรับรู้ว่าตนต้องสร้างน้ำยาเพื่อจะไปช่วยเหลือคนอื่น หรือแม้แต่การต้องการเป็นผู้ชนะ ล้วนแต่ทำให้นักเรียนอยู่ในกระบวนการเรียนรู้ และรับรู้ว่าตนเองเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้ (Charsky, 2010)

นอกจากนั้น ผู้วิจัยยังพบประเด็นที่น่าสนใจจากผลการวิจัย เกี่ยวข้องกับคะแนนมโนทัศน์ที่เพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณารายมโนทัศน์ พบว่าการเพิ่มขึ้นของคะแนนมโนทัศน์ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน สามารถแบ่งประเด็นที่น่าสนใจเป็น 3 ประเด็น ดังนี้

1 คะแนนมโนทัศน์ในกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน มีคะแนน<u>เพิ่มขึ้นมากกว่า</u>กลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป สำหรับ**เกมตาชั่งแก๊ส** เป็นเกมที่ไม่มีเรื่องราวในเกม นักเรียนจำนวน 10 คน ระบุว่าเป็นเกมที่ยาก นักเรียนจำนวน 3 คน ระบุว่าค่าที่ได้จากในเกมคลาดเคลื่อนจากค่าจริงค่อนข้างมาก และนักเรียนจำนวน 3 คน ระบุว่าเป็นเกมที่ไม่สนุก แต่เกมตาชั่งแก๊สกลับสามารถพัฒนามโนทัศน์เรื่องปริมาตรต่อโมลของผู้เรียนได้ ยิ่งไปกว่านั้น เกมตาชั่งแก๊สก็เป็นเกมที่พัฒนาให้นักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์ก่อนเรียนที่ระดับ NR หรือ SAC ไปสู่ระดับ SU เป็นจำนวนนักเรียนมากที่สุด ดังนั้นองค์ประกอบด้านความสนุกสนาน หรือความพึงพอใจต่อเกม อาจไม่ใช่องค์ประกอบที่สำคัญที่สุด แต่การพัฒนาเกมการสอน (Didactic Game) ควรมุ่งเน้นที่กลไกของเกม โดยเกมตาชั่งแก๊ส เป็นเกมเดียวที่มีลักษณะของเกมการทดลอง คือนักเรียนได้สังเคราะห์แก๊ส CO_2 และชั่งมวลของแก๊สในลูกโป่ง เป็นเกมที่มีเป้าหมายในเกม คือการได้ค่าซึ่งใกล้เคียงกับค่าทางทฤษฎี จึงอาจบอกได้ว่า ลักษณะของเกมที่ใช้ความรู้เรื่องปฏิกิริยาเคมี คล้ายกับการทดลอง อาจเป็นองค์ประกอบที่ทำให้เกมนี้เป็นเกมที่ทำให้ผู้เรียนไม่พึงพอใจ และทำให้นักเรียนรู้สึกว่าเป็นเกมที่ยาก

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

แต่ลักษณะดังกล่าวก็ไม่ได้ขัดขวางการพัฒนามโนทัศน์ของผู้เรียน อีกทั้งสามารถพัฒนามโนทัศน์ของผู้เรียนได้อย่างมาก

ทั้งนี้ไม่ได้หมายความว่าเกมการสอน (Didactic Game) ทุกเกมควรเป็นเกมที่ไม่สนุก หรือจำลองมาจากการทดลองเพียงเท่านั้น ในทางตรงกันข้ามเกมที่มีเรื่องราว มีความสนุกสนาน และนักเรียนให้คะแนนความพึงพอใจที่ค่อนข้างสูง ก็สามารถพัฒนามโนทัศน์ได้เช่นกัน เช่น **เกมค้นหาของวิเศษ** ที่ใช้เรียนรู้มโนทัศน์เรื่องกฎสัดส่วนคงที่ และร้อยละโดยมวล ลักษณะของเกมค้นหาของวิเศษเป็นเกมที่นักเรียนในกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานที่มีระดับมโนทัศน์ก่อนเรียนเป็น NR หรือ SAC มีระดับมโนทัศน์หลังเรียนเป็นระดับ SU จำนวนมากที่สุด และผลต่างของจำนวนนักเรียนที่มีระดับมโนทัศน์ก่อนเรียนเป็น NR หรือ SAC หลังเรียนเป็นระดับ SU ระหว่างกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน และกลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไปมีความแตกต่างมากที่สุด

ผู้วิจัยเห็นว่าในอนาคตสามารถปรับปรุงเกมตาชั่งแก๊สให้ท้าทาย และสนุกสนานมากขึ้น โดยบรรจุทรายลงในลูกโป่งให้มีมวลที่ต่างกันในแต่ละกลุ่ม และกำหนดให้แต่ละกลุ่มได้รับแก๊สสมมติที่ไม่ซ้ำกัน

2 คะแนนมโนทัศน์ในกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานมีคะแนน<u>เพิ่มขึ้นเท่ากับ</u>กลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป มีจำนวน 1 มโนทัศน์ คือ มโนทัศน์เรื่อง **มวลต่อโมล** (GBL เพิ่ม 0.8 คะแนน TL เพิ่ม 0.8 คะแนน) การเพิ่มขึ้น 0.8 คะแนน นับว่าเป็นการเพิ่มขึ้นของคะแนนที่ค่อนข้างสูง โดยคะแนนก่อนเรียน ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป คือ 2.0 คะแนน และ 1.9 คะแนน ตามลำดับ สำหรับคะแนนหลังเรียนคือ 2.8 คะแนน และ 2.7 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งหมายความว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป ไม่มีความแตกต่างกันในเรื่องของการเพิ่มระดับมโนทัศน์เรื่องมวลต่อโมล ทั้งนี้นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน เรียนรู้มโนทัศน์ดังกล่าวผ่าน **เกมภาชนะบรรจุโมล** โดยเกมมีลักษณะสำคัญของเกม 6 ลักษณะ (Charsky, 2010) โดยนักเรียนค้นพบความสัมพันธ์ของ มวลสารและโมลผ่านการชั่งมวลของสารในภาชนะที่เรียกว่าโมล ซึ่งเป็นการรวบรวมข้อมูลและค้นหาความสัมพันธ์ ในขณะที่กลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไปค้นหาความสัมพันธ์ผ่านตารางที่มีข้อมูลครบถ้วน

เมื่อพิจารณาที่ความพึงพอใจต่อเกมพบว่า เกมภาชนะบรรจุโมลมีคะแนนเป็นอันดับที่ 3 คือ 3.56 คะแนน แม้ว่าการเรียนรู้ด้วยเกมภาชนะบรรจุโมลสามารถพัฒนามโนทัศน์เรื่องมวลต่อโมลได้ไม่ต่างกับการเรียนรู้แบบทั่วไป แต่เกมภาชนะบรรจุโมลสามารถพัฒนามโนทัศน์เรื่องจำนวนอนุภาคต่อ

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

โมลได้สูงขึ้น ในขณะที่กลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไปมีคะแนนมโนทัศน์หลังเรียนเรื่องจำนวนอนุภาคต่อโมลต่ำกว่าคะแนนก่อนเรียน ทั้งนี้เกมภาชนะบรรจุโมลมีลักษณะที่แตกต่างจากการเรียนรู้แบบทั่วไป คือมีความเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ และนักเรียนเรียนรู้มโนทัศน์เป็นภาพรวม กล่าวคือในการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานนักเรียนจะได้เรียนรู้มโนทัศน์เรื่องมวลต่อโมล และจำนวนอนุภาคของสาร 1 โมล ผ่านเกมภาชนะบรรจุโมล โดยการชั่งสารเพื่อระบุมวลและจำนวนอะตอมของสาร 1 โมล ซึ่งทำให้นักเรียนเชื่อมโยงมโนทัศน์ระหว่างมโนทัศน์เรื่องมวลต่อโมลและมโนทัศน์เรื่องจำนวนอนุภาคของสาร 1 โมล ในขณะที่การเรียนรู้แบบทั่วไป นักเรียนจะได้เรียนรู้มโนทัศน์ทีละมโนทัศน์ ผ่านการคำนวณค่ามวลต่อโมลของสารหลาย ๆ ชนิด จนนักเรียนสามารถคำนวณได้ชำนาญ แล้วจึงฝึกให้นักเรียนคำนวณเกี่ยวกับจำนวณอนุภาคของสาร 1 โมล ทำให้นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงมโนทัศน์เรื่องมวลต่อโมล และมโนทัศน์เรื่องจำนวนอนุภาคของสาร 1 โมล ได้

3 คะแนนมโนทัศน์ในกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานมีคะแนนที่เพิ่มขึ้นน้อยกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป มีจำนวน 1 มโนทัศน์ คือ มโนทัศน์เรื่อง มวลอะตอม (GBL เพิ่ม 0.7 คะแนน TL เพิ่ม 0.9 คะแนน) ทั้งนี้นักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน เรียนรู้มโนทัศน์เรื่องมวลอะตอมจาก รอบที่ 2 ของ**เกมชั่งตวงวัด** ซึ่งเกมชั่งตวงวัด ใช้ในการเรียนรู้มโนทัศน์จำนวน 3 มโนทัศน์ได้แก่ มโนทัศน์เรื่องมวลอะตอม มวลอะตอมเฉลี่ย และมวลโมเลกุล สาเหตุที่ทำให้คะแนนมโนทัศน์เรื่องมวลอะตอมหลังเรียนต่ำกว่าคะแนนมโนทัศน์ก่อนเรียนอาจมาจากสาเหตุดังต่อไปนี้ 1) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนไม่คุ้นเคย เนื่องจากนักเรียนไม่เคยเรียนรู้ผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานมาก่อน 2) ภายหลังจากการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานผ่านเกมทั้ง 5 เกม นักเรียนได้ทำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อเกมการเรียนรู้ พบว่านักเรียนจำนวน 6 คน ให้เหตุผลว่า เกมชั่งตวงวัด มีกติกาที่ยังไม่ชัดเจน และเข้าใจยาก และนักเรียน 4 คนให้เหตุผลว่า จำนวนเหรียญที่ได้ไม่เท่ากับจำนวนเหรียญที่พบในกล่องจึงมีความสับสน

เกมการสอน (Didactic Game) ทั้ง 5 เกมในงานวิจัยครั้งนี้ ส่วนใหญ่เป็นเกมที่มีความต่อเนื่อง คือมีการใช้ข้อมูล หรือความรู้จากเกมที่แล้วนำมาใช้ในเกมถัดไป กล่าวคือหากเกมแรกไม่สามารถพัฒนามโนทัศน์ได้ จะเป็นการยากที่นักเรียนจะพัฒนามโนทัศน์จากเกมต่อ ๆ ไป สังเกตได้จากคะแนนรวมมโนทัศน์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน ในตารางที่ 22 พบว่า นักเรียนเลขที่ 2 และเลขที่ 25 มีคะแนนมโนทัศน์เรื่องมวลอะตอมต่ำกว่านักเรียนทั้งหมด จึงมีคะแนนรวมมโนทัศน์หลังเรียนต่ำที่สุดคือ 40 คะแนน จากคะแนนเต็ม 76 คะแนน ดังนั้น

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

เกมที่ 1 เกมชั่งตวงวัด จึงมีความสำคัญอย่างมาก เพราะนักเรียนต้องนำความรู้จากเกมนี้ไปใช้ในเกมต่อถัดไป

จากผลคะแนนมโนทัศน์ของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานในตารางที่ 12 พบว่านักเรียนมีการพัฒนามโนทัศน์จำนวน 9 มโนทัศน์ จาก 10 มโนทัศน์ และจากตารางที่ 15 พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้แบบทั่วไป มีการพัฒนามโนทัศน์จำนวน 6 มโนทัศน์ จาก 10 มโนทัศน์ ซึ่งน้อยกว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานจำนวน 3 มโนทัศน์ ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า เกมชั่งตวงวัด เป็นเกมที่สามารถพัฒนามโนทัศน์ และสามารถนำไปใช้ในการเรียนรู้มโนทัศน์เรื่อง มวล อะตอม มวลอะตอมเฉลี่ย และมวลโมเลกุล

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ในการออกแบบเกมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน ควรออกแบบเกมให้มีองค์ประกอบที่สำคัญ เช่น การแข่งขัน มีเป้าหมายในการเรียนรู้ที่ชัดเจน ความสนุกสนาน ความสวยงามของอุปกรณ์ที่ใช้ และความต่อเนื่องของเกมตลอดทั้งการเรียนรู้ทั้งหน่วย เพื่อทำให้ผู้เรียนเข้าใจในทุกมโนทัศน์ได้ง่าย
2. การออกแบบใบงาน หรือ เอกสารประกอบการเรียนรู้ต้องดูน่าสนใจ ชัดเจน ไม่ซับซ้อนต่อการทำความเข้าใจ เนื่องจากนักเรียนต้องเรียนรู้ผ่านการเล่นเกม หากใบงาน หรือเอกสารประกอบการเล่นเกม เข้าใจยาก หรือก่อให้เกิดความสับสนจะทำให้ขัดขวางการเรียนรู้ของนักเรียนได้
3. นักเรียนส่วนใหญ่หรือทุกคน ควรรับรู้ว่าตนเป็นส่วนหนึ่งของห้องเรียน และเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้ ดังนั้นกิจกรรมที่ออกแบบ ควรมีการแบ่งหน้าที่ หรือให้นักเรียนส่วนใหญ่ได้ปฏิบัติ ลงมือทำ อภิปรายผลร่วมกัน หรือแบ่งปันข้อมูลภายในกลุ่ม
4. ในทุกครั้งหลังจากการเล่นเกม นักเรียนควรเขียนสรุปความรู้และเทียบเคียงข้อมูลในเกมกับข้อมูลในทางเคมี วิธีนี้จะทำให้เราทราบว่านักเรียนมีมโนทัศน์เป็นอย่างไรหลังจากที่ได้เรียนรู้ผ่านการเล่นเกม
5. ในการนำเกมไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ ผู้สอนควรคำนึงถึงความเชื่อมโยงของมโนทัศน์ และทำให้ทุกเกมเชื่อมโยงกันให้มากที่สุด เนื่องจากจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจ และเชื่อมโยงมโนทัศน์ได้

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. มโนทัศน์แรก คือมโนทัศน์เรื่องมวลอะตอมเป็นมโนทัศน์ที่สำคัญเนื่องจากนักเรียนต้องมีมโนทัศน์เรื่องมวลอะตอม จึงจะสามารถมีมโนทัศน์เรื่องถัดไป เช่น มโนทัศน์เรื่องมวลโมเลกุล หรือมโนทัศน์เรื่องสูตรโมเลกุลได้ การวิจัยครั้งนี้ใช้เกมชั่งตวงวัดในการพัฒนามโนทัศน์แรก ดังนั้นควรระมัดระวังในการออกแบบเกม โดยคำนึงถึงจุดประสงค์การเรียนรู้และความครบถ้วนสมบูรณ์ของเนื้อหาเป็นหลัก ทั้งนี้กติกาของเกมต้องไม่ยุ่งยากซับซ้อนเกินไปเพราะจะทำให้นักเรียนสับสนและไม่อยากที่จะเล่นเกม จากผลการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยเห็นว่าควรปรับปรุงเกมในรอบที่ 2 ของเกมชั่งตวงวัด ดังต่อไปนี้ 1) ในการอธิบายกติกาของเกมต้องอธิบายให้ชัดเจนที่สุด ทั้งนี้เกมชั่งตวงวัดเป็นเกมแรกของการจัดการเรียนรู้ ผู้สอนอาจแสดงกติกาไว้ที่กระดาน หรือแจกกระดาษที่อธิบายกติกาให้แต่ละกลุ่ม และทดลองให้นักเรียนลองเล่นเกมก่อน เพื่อให้แน่ใจว่านักเรียนเข้าใจกติกา 2) เปลี่ยนแปลงจำนวนเหรียญที่อยู่ในกล่องให้ต่างกันมากขึ้นกว่าเดิม เช่น ให้กล่อง P1 และ P2 มีจำนวนเหรียญ 39 เหรียญ และให้กล่อง P3 ถึง P5 มีจำนวนเหรียญ 41 เหรียญ เนื่องจากจะทำให้นักเรียนสามารถชั่งค่าได้ต่างกันมากขึ้น และมีโอกาสผิดพลาดน้อยลง 3) ควรใช้เครื่องชั่ง 2 แขนที่มีความเที่ยงเพื่อไม่ให้นักเรียนเกิดความสับสน และ 4) ไม่ควรใช้เลขห้อย เช่น P4 เพราะจะทำให้นักเรียนสับสนว่ากล่องนี้หมายถึง P ที่มี 4 กล่องได้
2. ในการพัฒนาเกมขึ้นมา ควรเลือกประเภทของเกมให้เหมาะสมกับบริบทของนักเรียน เพื่อทำให้นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์ได้ง่าย และอยากที่จะเรียนรู้ โดยอาจเลือกบริบทของเกมตามบริบทของชุมชน หรือวัยของนักเรียน เช่น ออกแบบโครงเรื่องของเกมให้เกี่ยวข้องกับทะเลสำหรับโรงเรียนที่อยู่ใกล้ทะเล
3. ควรมีการพัฒนาเกมที่สร้างความรู้ในวิชาเคมีให้มากขึ้น เช่น บอร์ดเกม CHEMbond (Sakulsaknimitr, 2019) เพราะจะทำให้นักเรียนสนุกสนานในการเรียนรู้แล้วนักเรียนยังสามารถนำความรู้ที่มีไปใช้ในชีวิตจริงได้

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

รายการภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
3. รายละเอียดของเกมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

ภาคผนวก ค คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีฉบับก่อนเรียน
2. แบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีฉบับหลังเรียน
3. แผนการจัดการเรียนรู้

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

ภาคผนวก ก
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

แบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีฉบับก่อนเรียน

1. รองศาสตราจารย์ ดร. เสาวรักษ์ เฟื่องสวัสดิ์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกรัตน์ ทานาค อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตร
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตร
4. อาจารย์ญาดา นิลประดิษฐ์ อาจารย์กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสตรีวัดมหาพฤฒารามในพระบรมราชินูปถัมภ์

แผนการจัดการเรียนรู้

1. รองศาสตราจารย์ ดร. วัลภา เอื้องไมตรีภิรมย์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ มล. ศิริพัสตร์ ไชยันต์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกรัตน์ ทานาค อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตร
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตร
5. อาจารย์ญาดา นิลประดิษฐ์ อาจารย์กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสตรีวัดมหาพฤฒารามในพระบรมราชินูปถัมภ์

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล คือ แบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมี
2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน
3. รายละเอียดของเกมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

9928241171 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

แบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีฉบับหลังเรียน และเกณฑ์การให้คะแนนของระดับ SU

คำชี้แจงในการทำแบบวัด

1. แบบวัดฉบับนี้มีจำนวนทั้งหมด 5 หน้า จำนวนข้อสอบ 19 ข้อ คะแนนเต็ม 19 คะแนน และ
2. เวลาที่ใช้ในการสอบ 40 นาที
3. ให้นักเรียนเขียนคำตอบในข้อสอบ โดยเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว
4. เมื่อนักเรียนตอบถูกในข้อใด จะได้รับคะแนน +1 คะแนน เมื่อนักเรียนตอบผิดในข้อใด จะได้รับคะแนน - 1 คะแนนหากนักเรียนไม่มั่นใจในคำตอบหรือไม่ทราบคำตอบสามารถเลือกตัวเลือก “ไม่ตอบ” เพื่อรับ 0 คะแนนในข้อนั้น

---

1. สารประกอบชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยธาตุ X Y และ Z อย่างละ 30 40 และ 30 กรัมตามลำดับ โดยมวลอะตอมเฉลี่ยของ X Yและ Z คือ 15 10 และ 5 ตามลำดับ โดยมวลต่อโมลของสารประกอบนี้คือ 100 กรัมต่อโมล จงระบุสูตรโมเลกุลของสารประกอบดังกล่าว

ก. XYZ ข. $X_2Y_4Z_6$ ค. XY_2Z_3 ง. $X_{100}Y_{200}Z_{300}$ จ. ไม่ตอบ

$X_2Y_4Z_6$ จัดเป็น SU เนื่องจากผู้ตอบมีมโนทัศน์ว่าสูตรโมเลกุลคือสูตรที่แสดงจำนวนอะตอมใน 1 โมเลกุล โดยผู้ตอบสามารถเปลี่ยนร้อยละโดยมวลให้เป็นร้อยละโดยโมล ซึ่งร้อยละโดยโมลของ X : Y : Z คือ 30/15 : 40/10 : 30/5 = 2 : 4 : 6 เพื่อทำให้เป็นอัตราส่วนที่ต่ำที่สุดได้นำ 2 หารทุกจำนวน จะได้สูตรเอมพิริคัลคือ XY_2Z_3 โดยมวลสูตรมีค่าเทากับ 50 ซึ่งผู้ตอบมีมโนทัศน์ว่า มวลสูตร x n = มวลโมเลกุล ผู้ตอบจึงสามารถระบุได้ว่า n=2 และสูตรโมเลกุลคือ $X_2Y_4Z_6$

2. จากประโยค “แอปเปิล จำนวน5 ผลมีมวลเท่ากับแตงโม จำนวน1 ผล” เมื่อกำหนดให้ผลไม้จำนวน 1 ผล คือธาตุจำนวน 1 อะตอมโดยแตงโมคือธาตุคาร์บอน โดย ข้อใดอธิบายได้ถูกต้อง

ก. มวลอะตอมของแอปเปิลคือมวลเปรียบเทียบว่าแอปเปิลมีมวลเป็นกี่เท่าของธาตุมาตรฐาน

ข. มวลอะตอมของแอปเปิลเป็นมวลเปรียบเทียบว่าแอปเปิล 1 อะตอมมีมวลเป็นกี่เท่าของแตงโม 1 อะตอม

ค. มวลอะตอมแอปเปิลเป็นมวลเปรียบเทียบว่าแอปเปิล 1 อะตอมมีมวลเป็นกี่เท่าของ $\frac{1}{\text{มวลอะตอมแตงโม}}$ ของมวลอะตอมแตงโม

ง. มวลอะตอมของแอปเปิลคือมวลของแอปเปิล 1 อะตอม

จ. ไม่ตอบ

มวลอะตอมแอปเปิลเป็นมวลเปรียบเทียบว่าแอปเปิล 1 อะตอมมีมวลเป็นกี่เท่าของ $\frac{1}{\text{มวลอะตอมแตงโม}}$ ของมวลอะตอมแตงโม จัดเป็น SU เนื่องจากผู้ตอบมีมโนทัศน์ว่ามวล

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9982241171

อะตอมคือมวลเปรียบเทียบของธาตุ 1 อะตอมกับ 1/12 มวลของคาร์บอน 1 อะตอม จึงเลือกคำตอบที่ถูกต้องทั้งหมด

3. สารประกอบชนิดหนึ่งประกอบด้วย X และ Y ร้อยละ 40 และ 60 ตามลำดับ มวลอะตอมเฉลี่ยของ X และ Y คือ 10 และ 20 ตามลำดับ สูตรเอมพิริคัลของสารประกอบนี้คืออะไร

ก. X_4Y_3 ข. X_2Y_3 ค. XY ง. X_6Y_6 จ. ไม่ตอบ

X_4Y_3 จัดเป็น SU เนื่องจากผู้ตอบมีมโนทัศน์ว่าสูตรอย่างง่ายคำนวณได้จาก ร้อยละโดยมวลของธาตุ โดยเปลี่ยนร้อยละโดยมวลเป็นร้อยละโดยโมล X : Y = 40/10 : 60/20 สูตรเอมพิริคัลของสารประกอบคือ A_4B_3

4. $_{40.8}^{20}Ca$ เป็นข้อมูลของธาตุแคลเซียมในตารางธาตุ ข้อใดอธิบายได้ถูกต้องที่สุด

ก. เลข 20 คือเลขอะตอม แคลเซียมมีมวลอะตอม 40.08

ข. เลข 20 คือจำนวนโปรตอน แคลเซียมมีมวลอะตอมเฉลี่ย 40.08

ค. เลข 20 คือจำนวนนิวตรอน แคลเซียมมีโปรตอน 40

ง. เลข 40.08 ในตารางธาตุอาจเป็นมวลอะตอมหรือมวลอะตอมเฉลี่ยก็ได้

จ. ไม่ตอบ

เลข 20 คือจำนวนโปรตอน แคลเซียมมีมวลอะตอมเฉลี่ย 40.08 จัดเป็น SU เนื่องจากผู้ตอบมีมโนทัศน์ว่าเลขอะตอมคือจำนวนโปรตอนซึ่งแคลเซียมมีเลขอะตอมเท่ากับ 20 และเลขด้านล่างในในตารางธาตุคือมวลอะตอมเฉลี่ย

5. เมื่อผสมสารประกอบ RT ปริมาณ 15 g และ TQ ปริมาณ 12 g จากนั้นนำของผสมที่ได้ไปเผาจนหลอมเหลวเป็นเนื้อเดียวกัน จะได้ของแข็งสีขาว ถ้านำของแข็งไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุต่าง ๆ อยากทราบว่าธาตุใดมีเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักมากที่สุดและมีเปอร์เซ็นต์เท่าใด (กำหนดให้มวลอะตอมของ R = 40, T =10 และ Q = 50)

ก. R 44%

ข. R แต่ข้อมูลไม่เพียงพอในการคำนวณเปอร์เซ็นต์ที่แท้จริง

ค. Q 83%

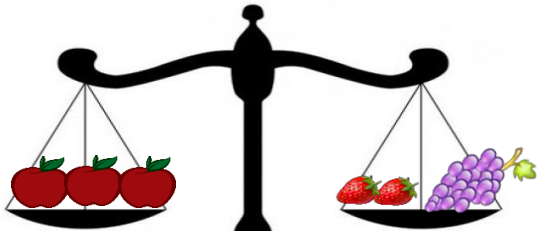
ง. T เนื่องจากธาตุ T อยู่ในสารประกอบทั้ง 2 ชนิด แต่ข้อมูลยังไม่เพียงพอในการคำนวณ

จ. ไม่ตอบ

R 44% จัดเป็น SU เนื่องจากผู้ตอบมีมโนทัศน์ว่าร้อยละโดยมวล คำนวณได้จาก $\frac{\text{มวลของธาตุ}}{\text{มวลของสารประกอบ}} \times 100\%$ โดยผู้ตอบสามารถคำนวณได้ว่าในสารประกอบ RT ประกอบด้วย R 12 กรัม T 3 กรัม และในสารประกอบ TQ ประกอบด้วย Q 10 กรัม T 2 กรัม ดังนั้นในสารประกอบที่หลอมทุกอย่างให้เป็นเนื้อเดียวกันจะมีปริมาณ R T และ Q คือ 12, 5 และ 10 กรัมตามลำดับ และคำนวณร้อยละโดยมวลของ R ได้ถูกต้องคือร้อยละ 44

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

6. จากภาพกำหนดให้ ผลไม้หนึ่งชนิดแทนอะตอมของธาตุ 1 ชนิดจำนวน 1 อะตอม โดยแอปเปิลคือธาตุคาร์บอน ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับฝั่งขวามือของตาชั่ง



ก. มวลอะตอมคือ 3

ข. มวลโมเลกุลคือ 3

ค. มวลโมเลกุลคือ 36

ง. ด้านขวามือคือโมเลกุลเนื่องจากเกิดจากอะตอมมากกว่า 1 ชนิด

จ. ไม่ตอบ

มวลโมเลกุลคือ 36 จัดเป็น SU เนื่องจากมีมโนทัศน์ว่า มวลโมเลกุลคือผลรวมของมวลอะตอมเฉลี่ยใน 1 โมเลกุล ซึ่งเป็นมวลเปรียบเทียบกับ 1/12 ของคาร์บอน 1 อะตอม ด้านขวามือของตาชั่งหนักเท่ากับ ^{12}C 3 อะตอม ดังนั้นมวลโมเลกุลคือ 36

7. นักเคมีสองคนได้ทำการทดลองเผาเหล็กกับกำมะถัน โดยนักเคมีคนแรกได้เผาเหล็ก (Fe) 20 กรัม กับกำมะถัน (S) 180 กรัม พบว่ามีสารประกอบไอออน (II) ซัลไฟด์ (FeS) เกิดขึ้นและมีกำมะถันเหลืออยู่ 100 กรัม นักเคมีคนที่สองทำการเตรียมสารประกอบไอออน (II) ซัลไฟด์ (FeS) โดยเตรียมคนละวิธีกับนักเคมีคนแรก พบว่ามีกำมะถันร้อยละ 80.0 โดยมวล นักเรียนคิดว่าข้อใดถูกต้องที่สุด

ก. อัตราส่วนโดยมวลของเหล็กต่อกำมะถันของสารประกอบไอออน (II) ซัลไฟด์ (FeS) จากทั้งสองวิธีไม่เท่ากัน จึงไม่เป็นไปตามกฎสัดส่วนคงที่

ข. อัตราส่วนโดยมวลของเหล็กต่อกำมะถันของสารประกอบไอออน (II) ซัลไฟด์ (FeS) จากทั้งสองวิธีคือ 1 : 4 ซึ่งเป็นไปตามกฎสัดส่วนคงที่

ค. อัตราส่วนโดยมวลของเหล็กต่อกำมะถันของสารประกอบไอออน (II) ซัลไฟด์ (FeS) จากนักเคมีคนแรกคือ 1 : 4 แต่ข้อมูลไม่เพียงพอในการหาอัตราส่วนในการทดลองของนักเคมีคนที่ 2

ง. อัตราส่วนโดยมวลของเหล็กต่อกำมะถันของสารประกอบไอออน (II) ซัลไฟด์ (FeS) จากทั้งสองวิธีไม่เท่ากัน จึงเป็นไปตามกฎสัดส่วนคงที่

จ. ไม่ตอบ

อัตราส่วนโดยมวลของเหล็กต่อกำมะถันของสารประกอบไอออน (II) ซัลไฟด์ (FeS) จากทั้งสอง

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241171

วิธีคือ 1 : 4 ซึ่งเป็นไปตามกฎสัดส่วนคงที่ จัดเป็น SU เนื่องจากผู้ตอบสามารถคำนวณหาอัตราส่วนโดยมวลของธาตุในสารประกอบที่เตรียมจากนักเคมีทั้ง 2 คนได้ถูกต้องทั้งหมดโดยผู้ตอบมีมโนทัศน์ว่าอัตราส่วนโดยมวลของโลหะต่อกำมะถันในสารประกอบจะคงที่เสมอซึ่งเป็นไปตามกฎสัดส่วนคงที่

8. ถ้าทราบสูตรโมเลกุลหรือสูตรของสารจะหามวลต่อโมลของสารได้อย่างไร

ก. ดูเลขมวลของธาตุนั้นและเลขมวลของธาตุจะบอกจำนวนกรัมในแต่ละโมลของธาตุนั้น

ข. หามวลของโมเลกุล 1 โมเลกุลแล้วนำมวลที่ได้คูณกับค่าคงที่ของอโวกาโดร

ค. พิจารณามวลโมเลกุลซึ่งเป็นผลรวมของสารแล้วคูณด้วยค่าคงที่ของอโวกาโดร จัดเป็น

ง. นับโมลทั้งหมดว่ามีกี่จำนวนแล้วนำมาหารด้วยน้ำหนัก

จ. ไม่ตอบ

หามวลของโมเลกุล 1 โมเลกุลแล้วนำมวลที่ได้คูณกับค่าคงที่ของอโวกาโดร จัดเป็น SU เนื่องจากผู้ตอบมีมโนทัศน์ว่า มวลของสาร 1 โมล หรือสาร 6.02×10^{23} โมเลกุล มีมวลเท่ากับมวลโมเลกุลหรือมวลสูตรในหน่วยกรัม

9. สมมติให้ [ ] คือภาชนะที่มีปริมาตร 22.4 ลิตร ที่ STP จงบอกว่าสารคู่ใดมีปริมาณสารเท่ากับ 1 โมล

He (g)	Cl_2 (g)	NO_2 (g)	Hg (l)	CO_2 (l)	C (s)
(A)		(B)		(C)	

ก. ทุกคู่ เพราะภาชนะมีปริมาตร 22.4 ลิตรแสดงว่ามีปริมาณสารเท่ากับ 1 โมล

ข. A เพราะที่ STP มีสถานะแก๊ส จัดเป็น

ค. A เพราะ 1 โมล = 6.02×10^{23} กรัม เพราะเป็นแก๊สทั้งหมด

ง. A เพราะเป็นแก๊สทั้งหมด

จ. ไม่ตอบ

A เพราะที่ STP มีสถานะแก๊ส จัดเป็น SU เนื่องจากผู้ตอบมีมโนทัศน์ว่า แก๊สใด ๆ 1 โมลมีปริมาตร 22.4 ลิตรที่ STP

10. สารต่าง ๆ ต่อไปนี้คือ I_2 KCl และ Na อย่างละ 1 โมล มีจำนวนอนุภาคเท่ากันหรือไม่

ก. เท่ากันเพราะปริมาณสาร 1 โมลไม่ว่าจะโมลอะไรย่อมมีอนุภาคเท่ากัน

ข. ไม่เท่ากัน เพราะ I_2 1 โมลมี 6.02×10^{23} โมเลกุล อะตอมของ KCl เป็นสารประกอบไอออนิก มี 12.04×10^{24} ไอออน Na มี 6.02×10^{23} อะตอม

ค. ไม่เท่ากัน เพราะ I_2 เป็นโมเลกุล KCl เป็นไอออนิก Na เป็นอะตอม

ง. เท่ากัน I_2 มี1 โมเลกุล = 6.02×10^{23} KCl มี 1 โมลโมเลกุล = 6.02×10^{23} Na มี 1 โมล= 6.02×10^{23} โมเลกุล

จ. ไม่ตอบ

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

ไม่เท่ากัน เพราะ I2 1 โมลมี 6.02×1023 โมเลกุล อะตอมของ KCl เป็นสารประกอบไอออนิก มี 12.04×1024 ไอออน Na มี 6.02×1023 อะตอม จัดเป็น SU เนื่องจากผู้ตอบมีมโนทัศน์ว่าสารใด ๆ 1 โมลมีจำนวนอนุภาค เท่ากับ 6.02×1023 อนุภาค และระบุได้ว่าสารใดเป็นอะตอม โมเลกุล หรือไอออน โดย I2 เป็นโมเลกุลมี 6.02×1023 โมเลกุล และ Na เป็นอะตอมมี 6.02×1023 อะตอม KCl เป็นสารประกอบไอออนิกมี 12.04×1024 ไอออน

11. โมลอะตอมกับโมลโมเลกุลของ F_2 มีความหมายในด้านของจำนวนอนุภาคเหมือนกันหรือไม่

ก. ต่างกันเพราะโมลอะตอมของ F_2 จะเป็น 2 เท่าของโมลโมเลกุลของ F_2

ข. ต่างกันเพราะโมลโมเลกุลของ F_2 หมายถึง 6.02×10^{23} โมเลกุล โมลอะตอมของ F_2 หมายถึง 12.04×10^{24}อะตอม

ค. ต่างกัน เพราะโมลอะตอมของฟลูออรีนมี 1 โมลอะตอมแต่โมลโมเลกุลของฟลูออรีนมี 2 โมลอะตอมทำให้โมลอะตอมของฟลูออรีนมี 6.02×10^{23}อะตอม ส่วนโมลโมเลกุลของฟลูออรีนมี 12.04×10^{24}อะตอม

ง. เท่ากัน

จ. ต่างกันเพราะโมลอะตอมของ F_2 จะเป็น 2 เท่าของโมลโมเลกุลของ F_2

ต่างกันเพราะโมลโมเลกุลของ F_2 หมายถึง 6.02×10^{23} โมเลกุล โมลอะตอมของ F_2หมายถึง 12.04×10^{24}อะตอม จัดเป็น SU เนื่องจากผู้ตอบมีมโนทัศน์ว่าโมลโมเลกุลคือสารจำนวน 6.02×10^{23} โมเลกุล และโมลอะตอมคือจำนวนอะตอมในโมเลกุล $\times6.02\times10^{23}$ อะตอม

12. แก๊สคลอรีน Cl_2 1 โมล กับโซดาไฟ NaOH 2 โมล จะมีปริมาตรที่ STP เป็นเท่าใด

ก. Cl_2 มีปริมาตร 22.4 ลิตร

ข. Cl_2 มีปริมาตร $44 \times \frac{1 \text{ ลิตร}}{44} = 1$ ลิตรที่ STP NaOH มีปริมาตร $58 \times 2 \times \frac{1 \text{ ลิตร}}{58} = 2$ ลิตร ที่ STP

ค. Cl_2 มีปริมาตร 22.4 ลิตร NaOH มีปริมาตร 44.8 ลิตร

ง. แก๊ส Cl_2 1 โมลที่ STP มีปริมาตร 22.4 ลิตร NaOH 2 โมลไม่สามารถวัดปริมาตรที่ STP เพราะเป็นของแข็ง

จ. ไม่ตอบ

แก๊ส Cl_2 1 โมลที่ STP มีปริมาตร 22.4 ลิตร NaOH 2 โมลไม่สามารถวัดปริมาตรที่ STP เพราะเป็นของแข็ง จัดเป็น SU เนื่องจากผู้ตอบมีมโนทัศน์ว่าแก๊สใด ๆ 1 โมลมีปริมาตร 22.4 ลิตรที่ STP และมีมโนทัศน์ว่าสารที่เป็นของแข็งหรือของเหลว 1 ปริมาตรไม่เท่ากับ 22.4 ลิตร ผู้ตอบจึงไม่สามารถระบุได้ว่า NaOH จำนวน 1 โมล มีปริมาตร 22.4 ลิตรที่ STP เนื่องจาก NaOH ไม่ใช่แก๊ส

9928241171 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

13. อะตอมของธาตุ 3 ชนิดคือ X Y และ C ซึ่ง C คืออะตอมของธาตุคาร์บอน โดยอะตอม X จำนวน 3 อะตอมมีมวลเท่ากับอะตอม C จำนวน 2 อะตอม และเท่ากับ Y 4 อะตอม

ก. เมื่อ ธาตุ X และ Y ที่มีจำนวนอนุภาคเท่ากันจะมีจำนวนโมลเท่ากัน แต่ข้อมูลไม่เพียงพอในการหามวลของสาร

ข. ธาตุ X และY มีจำนวนโมลเท่ากัน มีมวลเท่ากัน

ค. ธาตุ X 1 โมล หนักกว่า ธาตุ Y 1 โมล

ง. ธาตุ X มีมวลอะตอมมากกว่าธาตุ B ดังนั้นเมื่อธาตุทั้งสองมีมวลเท่ากันจำนวนโมลเท่ากัน

จ. ไม่ตอบ

ธาตุ X 1 โมล หนักกว่า ธาตุ Y 1 โมล จัดเป็น SU เนื่องจากผู้ตอบมีมโนทัศน์ว่าสารใด ๆ 1 โมล มีปริมาณเท่ากับมวลอะตอมหรือมวลโมเลกุลในหน่วยกรัม

14. กระบวนการเตรียม Ethanol (C_2H_5OH) ที่ได้รับความนิยมคือการเตรียมจากการหมักด้วยจุลินทรีย์โดยใช้พืชจำพวกมันสำปะหลัง ส่วนอีกวิธีหนึ่งคือการเตรียมจากเอทิลีน เมื่อนำ Ethanol ที่เตรียมได้จากการหมักด้วยจุลินทรีย์มาปริมาณหนึ่ง พบว่าประกอบด้วยธาตุออกซิเจน 8 กรัม อยากทราบว่าจะต้องนำ Ethanol ที่เตรียมจากอีกกระบวนการหนึ่งมากี่กรัม จึงจะทำให้ได้ปริมาณของธาตุออกซิเจนเป็น 3 เท่า

ก. 29 กรัม ข. 69 กรัม ค. 23 กรัม ง. 3 กรัม จ. ไม่ตอบ

69 กรัม จัดเป็น SU เนื่องจากผู้ตอบสามารถคำนวณหาอัตราส่วนโดยมวลของออกซิเจนในเอทานอลที่เตรียมจากการหมักด้วยจุลินทรีย์ได้ถูกต้อง คือ เอทานอล 46 กรัม ประกอบด้วย C : O : H ในสัดส่วน 24 : 16 : 6 กรัม ดังนั้นเมื่อเอทานอลประกอบด้วย O ปริมาณ 8 กรัม ซึ่งลดลงไปครึ่งหนึ่งจาก 16 กรัม แปลว่ามีปริมาณ 23 กรัม โดยผู้ตอบมีมโนทัศน์เกี่ยวกับกฎสัดส่วนคงที่ว่า อัตราส่วนโดยมวลของ O ในเอทานอลจะมีค่าคงที่เสมอ ดังนั้นเมื่อต้องการให้ได้ O มากเป็น 3 เท่าแม้จะต้องเตรียมเอทอนอลด้วยวิธีที่ต่างจากเดิมจะต้องใช้ เอทานอล 23 × 3 = 69 กรัม

15. มวลโมเลกุลของมีเทน (CH_4) กับมวลของมีเทน 1 โมเลกุล มีความเหมือนหรือต่างกันอย่างไร

ก. มวลโมเลกุลคือผลรวมของมวลอะตอมเฉลี่ยใน 1 โมเลกุลของสาร ดังนั้นมีเทน 1 โมเลกุล ของมีมวล 16 กรัม

ข. มีความหมายเหมือนกัน

ค. มวลโมเลกุลของมีเทนเป็นมวลเปรียบเทียบ แต่มวลของมีเทน 1 โมเลกุลเป็นมวลจริง ๆ

ง. มวลโมเลกุลของมีเทน คือผลรวมของมวลอะตอมเฉลี่ยใน 1 โมเลกุลของมีเทน

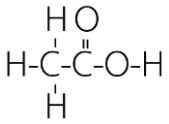
จ. ไม่ตอบ

มวลโมเลกุลของมีเทนเป็นมวลเปรียบเทียบ แต่มวลของมีเทน 1 โมเลกุลเป็นมวลจริง ๆ ของ

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

มีเทน จัดเป็น SU เนื่องจากผู้ตอบมีมโนทัศน์ว่า มวลโมเลกุลคือผลรวมของมวลอะตอมเฉลี่ยในโมเลกุลซึ่งเป็นมวลเปรียบเทียบ และมวลของสาร 1 โมเลกุลคือมวลที่ชั่งสาร 1 โมเลกุลในหน่วยกรัม

16. กรดน้ำส้ม ปริมาณ 126 กรัมมีร้อยละโดยมวลของธาตุคาร์บอนในสารประกอบดังกล่าวเท่าไหร่



ก. 4.8 %　　ข. 40.0 %　　ค. 53.3 %　　ง. 12 %　　จ. ไม่ตอบ

40.0 % จัดเป็น SU ผู้ตอบมีมโนทัศน์ว่าร้อยละโดยมวลคำนวณได้จาก $\frac{\text{มวลของธาตุ}}{\text{มวลของสารประกอบ}} \times 100\%$ โดยสามารถคำนวณร้อยละโดยมวลของ C ในสารประกอบได้ถูกต้องคือ $\frac{24}{40} \times 100\% = 40$

17. เมื่อนำธาตุ D จำนวน 50 อะตอมมาศึกษาพบว่าในธรรมชาติพบไอโซโทปของธาตุ D 2 ชนิดคือ ^{19}D และ ^{20}D โดย ^{19}D พบจำนวน 40 อะตอมมีมวลอะตอม 19 และ ^{20}D มีมวลอะตอม 20 มวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ D ที่ถูกต้องมากที่สุดคือ

ก. 19.2

ข. 9.6

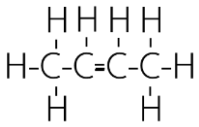
ค. 19.5

ง. มวลอะตอมเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียง 19 เนื่องจากในธรรมชาติพบไอโซโทปของ ^{19}D จำนวนมาก

จ. ไม่ตอบ

19.2 จัดเป็น SU เนื่องจากผู้ตอบมีมโนทัศน์ว่ามวลอะตอมเฉลี่ยคือ ค่าเฉลี่ยของผลรวมของมวลอะตอม × ร้อยละที่พบในธรรมชาติ ทำให้ผู้ตอบเลือกคำตอบที่ถูกต้อง

18. กำหนดสูตรโครงสร้างของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดหนึ่งดังภาพจงระบุสูตรเอมพิริคัล



ก. CH_2　　ข. CH　　ค. C_2H_4　　ง. C_4H_8　　จ. ไม่ตอบ

CH_2 จัดเป็น SU เนื่องจากผู้ตอบมีมโนทัศน์ว่าสูตรเอมพิริคัลคือสูตรที่แสดงอัตราส่วนขั้นต่ำที่สุดของจำนวนอะตอมในโมเลกุล โดยผู้ตอบสามารถระบุจำนวนอะตอมต่าง ๆ ที่พบใน 1 โมเลกุล และทำให้เป็นตัวเลขที่ต่ำที่สุด

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

19. เมื่อนำธาตุ X 1 อะตอมไปชั่งพบว่ามีมวล $39 \times 1.66 \times 10^{-24}$ กรัม ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับมวลอะตอมของธาตุ X และมวลของธาตุ X 1 อะตอมมากที่สุด

ก. 39 เป็นมวลอะตอมที่ไม่มีหน่วย

ข. มวลอะตอมของ X เป็นมวลเปรียบเทียบระหว่างมวลของธาตุ 1 อะตอมกับค่ามาตรฐาน ส่วนมวลของธาตุ X 1 อะตอมคือมวลจริง ๆ 1 อะตอมมีหน่วยเป็นกรัม

ค. มวลอะตอมและมวลของธาตุ 1 อะตอมคือ มวลจริง ๆ ของธาตุ 1 อะตอม

ง. มวลอะตอมของ X คือมวลจริง ๆ ส่วนมวลของธาตุ X 1 อะตอม เป็นมวลเปรียบเทียบ

จ. ไม่ตอบ

มวลอะตอมของ X เป็นมวลเปรียบเทียบระหว่างมวลของธาตุ 1 อะตอมกับค่ามาตรฐาน ส่วนมวลของธาตุ X 1 อะตอมคือมวลจริง ๆ 1 อะตอมมีหน่วยเป็นกรัม จัดเป็น SU เนื่องจากผู้ตอบมีมโนทัศน์ว่ามวลอะตอมคือมวลเปรียบเทียบระหว่างมวลของ 1 อะตอมของธาตุ กับมวลของธาตุมาตรฐาน 1 อะตอม

****

****

9928241?1 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

เฉลยแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมี

ข้อที่	ระดับมโนทัศน์				
	ก	ข	ค	ง	จ
1	SAC	SU	PU	PUSAC	NR
2	PU	PUSAC	SU	SAC	NR
3	SU	PUSAC	PU	SAC	NR
4	PUSAC	SU	SAC	PU	NR
5	SU	PU	PUSAC	SAC	NR
6	SAC	PUSAC	SU	PU	NR
7	PUSAC	SU	PU	SAC	NR
8	PU	SU	PUSAC	SAC	NR
9	SAC	SU	PUSAC	PU	NR
10	SAC	SU	PU	PUSAC	NR
11	PU	SU	PUSAC	SAC	NR
12	PU	SAC	PUSAC	SU	NR
13	PU	SAC	SU	PUSAC	NR
14	PUSAC	SU	PU	SAC	NR
15	PUSAC	SAC	SU	PU	NR
16	PUSAC	SU	PU	SAC	NR
17	SU	PUSAC	SAC	PU	NR
18	SU	PU	PUSAC	SAC	NR
19	PU	SU	PUSAC	SAC	NR

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

CU ithesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
99282417

ตารางที่ 20 เปรียบเทียบระดับมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีระหว่างหลังเรียนและก่อนเรียนเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

ข้อ	4→0	3→0	2→0	1→0	4→1	3→1	2→1	4→2	3→2	4→3	0→0	1→1	2→2	3→3	4→4	0→1	0→2	1→2	0→3	1→3	2→3	0→4	1→4	2→4	3→4
1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	3	4	0	0	1	4	3	0	6	3	3	2
2	0	0	2	0	0	0	1	3	3	4	0	0	4	2	3	0	2	0	0	0	4	0	1	4	2
3	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	0	0	4	1	0	0	3	2	1	0	1	9	0	3	6
4	1	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	4	0	8	0	2	1	2	0	1	3	1	6	2
5	1	2	0	3	1	2	0	7	0	1	1	1	2	0	0	0	4	3	0	0	0	2	3	0	2
6	0	1	0	1	0	0	2	0	3	0	0	2	0	8	1	1	0	2	0	3	2	0	2	2	5
7	2	0	1	0	1	0	1	4	1	1	3	0	2	2	3	0	0	1	2	0	1	5	0	2	3
8	0	0	0	0	2	1	0	0	0	1	0	1	2	1	5	1	3	0	0	0	2	7	4	3	2
9	0	0	0	0	0	2	6	0	0	1	0	0	5	0	4	3	2	0	3	0	2	1	1	4	1
10	1	0	0	0	1	5	1	2	1	2	1	1	2	2	0	3	6	0	2	0	0	1	0	2	2
11	0	1	0	0	1	3	0	3	2	2	0	0	1	2	0	1	4	3	1	1	0	3	4	1	2
12	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	2	1	1	0	5	1	5	3	1	0	0	7	5	1	0
13	1	0	1	0	0	1	2	1	1	3	0	0	0	3	1	4	1	0	4	0	1	5	0	2	4
14	0	0	0	0	2	0	0	2	1	1	2	0	2	0	2	2	3	0	1	2	5	9	0	1	0
15	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	2	0	1	0	5	2	1	1	0	11	5	2	1
16	1	0	0	0	1	2	1	0	1	4	1	1	0	1	0	4	0	1	3	0	1	3	4	1	5
17	2	0	0	0	4	0	2	4	0	6	1	0	4	0	1	2	0	0	1	0	4	2	0	2	0
18	0	0	0	0	2	6	0	0	5	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0	0	16
19	2	0	0	0	2	1	0	1	0	6	1	0	0	1	9	0	0	0	1	0	0	8	0	0	3

CU ithesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
99282417 1

ตารางที่ 21 ระดับมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8		C9		C10	
เลขที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	รวม
1	4	2	3	4	4	3	3	4	1	4	4	4	4	1	4	1	2	2	0	54
2	0	0	4	2	0	3	4	4	4	1	1	4	1	0	4	1	2	1	4	40
3	4	3	4	3	2	4	4	4	2	2	2	4	4	4	3	4	3	4	4	64
4	4	1	2	2	4	4	4	4	1	4	2	4	4	4	2	3	4	4	3	60
5	3	2	4	4	2	1	4	3	4	2	1	4	2	4	4	1	4	4	4	57
6	3	4	3	2	0	3	4	4	1	4	2	1	4	2	4	3	3	4	4	55
7	3	2	2	2	1	4	3	1	4	3	4	2	3	3	2	1	3	2	3	48
8	4	4	4	4	1	1	2	1	3	3	3	4	4	2	4	4	1	2	3	54
9	4	2	2	2	2	0	0	4	1	1	4	4	1	4	4	0	2	1	1	39
10	4	0	3	4	4	3	4	4	1	4	4	4	1	4	2	1	1	2	2	52
11	3	3	4	4	2	2	2	4	4	1	2	2	0	2	1	1	3	2	4	46
12	3	2	2	2	2	3	4	1	1	3	2	2	1	4	4	1	3	4	4	48
13	2	3	4	4	1	4	4	2	4	1	2	2	3	3	4	4	3	4	0	54
14	4	3	4	4	1	4	4	4	4	2	2	3	1	4	4	4	1	4	4	61
15	4	4	4	4	2	3	4	4	3	1	1	4	3	4	4	4	4	4	3	64
16	4	2	2	4	2	4	4	4	4	1	3	2	4	1	4	2	4	4	3	58
17	4	3	2	4	2	3	0	2	1	2	0	4	3	3	2	3	0	4	4	46
18	3	4	3	2	2	2	2	4	1	4	2	4	0	4	2	3	1	2	4	49

CU ithesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
99282417 1

	C1		C2		C3		C4		C5		C6		C7		C8		C9		C10		
เลขที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	รวม
19	3	2	4	0	0	3	2	2	4	3	2	4	4	1	1	3	2	1	1	42
20	4	2	4	2	2	2	2	4	4	2	2	2	3	3	4	2	3	4	4	55
21	4	2	4	4	2	4	3	4	2	2	2	3	1	3	4	4	2	4	3	57
22	3	2	2	4	2	1	4	3	2	2	3	2	4	2	3	4	3	1	4	51
23	4	3	2	2	0	0	1	2	4	1	2	4	4	3	2	3	3	1	4	45
24	4	2	4	2	2	3	3	4	3	2	3	2	1	3	4	1	3	2	4	52
25	1	2	2	3	2	1	1	1	2	1	1	2	3	1	4	4	1	4	4	40
26	4	3	2	4	0	4	0	4	1	2	3	0	4	2	4	0	1	1	4	43
27	4	3	4	4	2	2	3	3	4	2	4	4	3	2	2	4	2	4	1	57
28	3	3	4	4	4	3	2	4	3	1	4	4	2	3	2	3	3	4	3	59
29	3	4	2	4	4	4	3	4	2	2	4	4	3	3	2	4	4	4	4	64
30	4	4	4	3	0	3	0	4	1	0	4	4	4	0	4	3	0	4	0	46
31	3	4	2	4	0	3	0	2	3	3	4	0	3	2	0	4	1	1	4	43
32	3	4	2	4	4	3	0	4	2	0	4	1	2	2	4	1	2	1	4	47
33	3	3	4	4	2	2	2	1	1	1	1	2	3	4	4	4	1	4	4	50
34	3	4	4	4	4	4	4	4	3	1	2	2	4	4	3	3	0	4	4	61
35	4	4	4	2	3	1	2	3	2	3	3	4	3	4	4	4	2	1	3	56

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง สูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุล

รายวิชา เคมี 2 **ภาคเรียนที่** 2 **ปีการศึกษา** 2561

ระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 **จำนวน** 3 คาบ **เวลา** 150 นาที

ผู้สอน นายทินกร พันเดช

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

ผลการเรียนรู้

คำนวณสูตรเอมพิริคัลและสูตรโมเลกุลของสาร

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ (K)

1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของสูตรเอมพิริคัลและสูตรโมเลกุลของสาร

ด้านทักษะกระบวนการ (P)

1. นักเรียนสามารถคำนวณสูตรเอมพิริคัลจากอัตราส่วนโดยโมลของธาตุองค์ประกอบ
2. นักเรียนสามารถคำนวณสูตรโมเลกุลของสารจากสูตรเอมพิริคัลและมวลโมเลกุลของสาร

ด้านเจตคติ (A)

1. นักเรียนมีความสนใจใฝ่เรียนรู้ แสดงความคิดเห็น และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีเหตุผล

สาระสำคัญ

สูตรเคมีสามารถแสดงได้ด้วยสูตรเอมพิริคัลหรือสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลซึ่งสูตรอย่างง่าย สามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนโดยโมลของธาตุองค์ประกอบ และถ้าทราบมวลโมเลกุลของสารจะสามารถคำนวณสูตรโมเลกุลได้

สาระการเรียนรู้

จากกฎสัดส่วนคงที่จะได้ข้อมูลอัตราส่วนโดยมวลของธาตุในสารประกอบ ซึ่งสามารถนำมาใช้หาอัตราส่วนโดยโมลเพื่อหาสูตรอย่างง่ายหรือสูตรเอมพิริคัลและสูตรโมเลกุลของสารประกอบได้

สูตรอย่างง่ายหรือสูตรเอมพิริคัล (empirical formula) เป็นสูตรที่แสดงอัตราส่วนอย่างต่ำของจำนวนอะตอมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ เช่น กลูโคส มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_6H_{12}O_6$ อัตราส่วนของจำนวนอะตอมหรือโมลของ C : H : O เท่ากับ 1 : 2 : 1 กลูโคสจึงมีสูตรเอมพิริคัลเป็น CH_2O

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

1. ขั้นนำ (15 นาที)

จุดประสงค์ของขั้น : เพื่อทบทวนมโนทัศน์เดิม (มโนทัศน์เรื่องร้อยละโดยมวล) บอกประโยชน์ของมโนทัศน์ต่อไป และชักชวนให้นักเรียนเล่นเกมต่อไป

1.1 นักเรียนนั่งประจำกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน จำนวน 7 กลุ่ม ครูกล่าวทักทายนักเรียน

1.2 ครูกล่าว่า “จากการเล่นเกม Accio ครั้งที่แล้วนักเรียนทราบอัตราส่วนโดยมวลของส่วนผสมและร้อยละโดยมวลของส่วนผสมในของวิเศษ เพื่อเป็นการทดสอบว่านักเรียนเข้าใจสิ่งที่เรียนในคาบที่แล้ว ครูจะให้นักเรียนคำนวณหาร้อยละโดยมวลของส่วนผสมในของวิเศษทุกชนิด ”จากนั้น ครูจึงแจกกระดาษคำตอบ (กระดาษคำตอบแสดงมวลส่วนผสมและมวลของวิเศษและร้อยละโดยมวลของส่วนผสมในน้ำยาลบความทรงจำ)

แผนภาพที่ 8 กระดาษคำตอบที่ใช้ทบทวนเรื่องร้อยละโดยมวล

	น้ำยาลบความทรงจำ		น้ำยาสลายกระดูก		ทับทิม		น้ำยาเสน่ห์		
ส่วนผสม									
ร้อยละโดยมวลของส่วนผสมในของวิเศษ									

1.3 ครูสุ่มนักเรียนออกมาเฉลย

แผนภาพที่ 9 เฉลยที่ใช้ทบทวนเรื่องร้อยละโดยมวล

	น้ำยาลบความทรงจำ		น้ำยาสลายกระดูก		ทับทิม		น้ำยาเสน่ห์		
ส่วนผสม									
ร้อยละโดยมวลของส่วนผสมในของวิเศษ	50.0	50.0	60.0	40.0	75.0	25.0	47.2	45.3	7.5

1.4 ครูปิดภาพร้อยละโดยมวลของส่วนผสมในของวิเศษทั้งหมดแล้วใช้คำถามว่า “น้ำยาเสน่ห์มีส่วนผสมชนิดใดบ้างและส่วนผสมแต่ละชนิดมีปริมาณร้อยละเท่าใดโดยมวล ” (นักเรียนบางส่วนตอบไม่ได้) จากนั้นครูจึงถามต่อไปว่า “อุปสรรคของการบอกสูตรของวิเศษโดยใช้ร้อยละโดยมวลคืออะไร” (ร้อยละโดยมวลเป็นเลขที่ไม่ลงตัวทำให้จดจำได้ยากจึงไม่สะดวกในการสื่อสาร) ต่อมาครูจึงถามคำถามว่า ถ้าจะเตรียมน้ำยาเสน่ห์ต้องทำอย่างไรบ้าง (ต้องใช้ดอกไม้ ก้อนเมฆและเปลวไฟอย่างละ 47.2 45.3 และ 7.5 % โดยมวลตามลำดับ) ครูถามต่อว่า ต้องใช้อุปกรณ์อะไรเพิ่มไหม

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241T1

(ตาชั่ง) แต่วันนี้เกิดเหตุฉุกเฉินคือตาชั่งที่ห้องอุปกรณ์ของโรงเรียนเราใช้งานไม่ได้ นักเรียนจะสามารถเตรียมน้ำยาเสน่ห์ได้อย่างไร

2. ขั้นสอน (85 นาที)

ขั้นนำเสนอเกมรอบที่ 1 (10 นาที)

จุดประสงค์ของขั้น : นำเสนอเกมโดยการอธิบาย กฎ กติกา และของรางวัล

ลักษณะสำคัญของเกม : เกมมีองค์ประกอบด้านจินตนิมิต เนื่องจาก มีเรื่องราวของเกม คือ การพยายามช่วยเหลือผู้ป่วยที่ได้รับความทรมานจากความทรงจำอันเลวร้าย มีลักษณะของการแข่งขัน เนื่องจากนักเรียนต้องได้คะแนนมากกว่ากลุ่มอื่น ๆ เกมมีเป้าหมายที่ชัดเจน คือการพัฒนามโนทัศน์เรื่องสูตรเอมพิริคัล มีกติกาที่ชัดเจน คือ การตัดส่วนผสมจากการ์ดแล้วนำมาน้ำยาลบความทรงจำ นักเรียนเลือกตัดสินใจลองผิดลองถูก ว่าจะแบ่งส่วนผสมอย่างไรจึงจะช่วยผู้ป่วยให้ได้จำนวนมากที่สุด และนักเรียนมีความสนุกสนานจากการได้เล่นเกมเป็นกลุ่ม และแข่งขันกับเพื่อน และเมื่อพิจารณาจากคะแนนพบว่าเกมมีความท้าทาย เนื่องจากคะแนนของนักเรียนมีความหลากหลาย

2.1 ครูอธิบายกติกาการเล่นเกม ค้นหาของวิเศษรอบที่ 1 (สูตรเอมพิริคัล)

นักเรียนได้รับการ์ด A จากการ์ดเกม **Accio แอ๊กซิโอ** จากนั้นนักเรียนต้องตัดการ์ด A ตามช่องสี่เหลียมเพื่อให้ได้หยดน้ำจำนวน 20 ก้อนและเปลวไฟ 40 ก้อน แล้วนำมาสร้างเป็นน้ำยาลบความทรงจำเพื่อแจกจ่ายให้กับผู้ป่วยที่เคยเผชิญกับความทรงจำอันโหดร้าย โดยเมื่อแจกจ่ายน้ำยาลบความทรงจำให้ผู้ป่วย 1 คนจะได้รับคะแนน 1 คะแนน ภายใน 20 นาทีกลุ่มที่มีคะแนนมากที่สุดเป็นผู้ชนะ

ขั้นเล่นเกมรอบที่ 1 (20 นาที)

จุดประสงค์ของขั้น : เพื่อให้นักเรียนได้เล่นเกมตามกติกา และคำนวณสูตรเอมพิริคัล

2.2 นักเรียนเติมคำตอบในหัวข้อ 1.1 ของกระดาษคำตอบตอนที่ 1A ได้แก่ 1) จำนวนก้อนส่วนผสม (หยดน้ำ 20 ก้อน เปลวไฟ 40 ก้อน) 2) อัตราส่วนของน้ำต่อเปลวไฟ (อัตราส่วนของหยดน้ำ : เปลวไฟ คือ 1 : 2)

2.3 นักเรียนใช้กรรไกรที่ครูเตรียมให้ ตัดส่วนผสมออกจากการ์ด แล้วนำหยดน้ำ 1 ก้อน และเปลวไฟ 2 ก้อน วางไว้ในหัวข้อ 1.2 ของกระดาษคำตอบตอนที่ 1A จนครบ 20 ช่อง

2.4 นักเรียนเติมมวลของน้ำยาลบความทรงจำ 1 หยด (64 กรัม)

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

ขั้นอภิปรายหลังเล่นเกมรอบที่ 1 (10 นาที)

จุดประสงค์ของขั้น : เพื่อสรุปความรู้จากการเล่นเกม และเชื่อมโยงไปสู่การคำนวณสูตรเอมพิริคัลจากมวลของธาตุ

2.5 ครูให้นักเรียนภายในกลุ่มสรุปวิธีการเตรียมของวิเศษที่ส่วนผสมเป็นก้อน จากสูตรของวิเศษที่แสดงส่วนผสมเป็นกรัม ซึ่งเทียบเคียงได้กับการคำนวณสูตรอย่างง่ายจากมวลของธาตุ องค์ประกอบ (1) เปลี่ยนมวลของส่วนผสมเป็นจำนวนก้อน โดยหารด้วยมวลของส่วนผสม 1 ก้อน 2) หาอัตราส่วนอย่างต่ำของส่วนผสม 3) สร้างของวิเศษตามอัตราส่วนอย่างต่ำ) จากนั้นครูสุ่มตัวแทนออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน

ขั้นนำเสนอเกมรอบที่ 2 (5 นาที)

จุดประสงค์ของขั้น : นำเสนอเกมโดยการอธิบาย กฎ กติกา และของรางวัล

ลักษณะสำคัญของเกม : เกมมีองค์ประกอบด้านจินตนิมิต เนื่องจาก มีเรื่องราวของเกม คือ ผู้ป่วยที่ได้รับยาในตอนแรกอาการไม่ได้ขึ้น ซึ่งสาเหตุมาจากการเตรียมน้ำยาที่ไม่ถูกต้อง การแข่งขัน เนื่องจากนักเรียนต้องได้คะแนนมากกว่ากลุ่มอื่น ๆ เกมมีเป้าหมายที่ชัดเจน คือการพัฒนามโนทัศน์เรื่องสูตรโมเลกุล มีกติกาที่ชัดเจน คือ สร้างของวิเศษโดยการจัดเรียง และวาดภาพ นักเรียนเลือกตัดสินใจลองผิดลองถูก ว่าจะสร้างของวิเศษอย่างไร ให้ถูกต้องมากที่สุด และนักเรียนมีความสนุกสนานจากการได้เล่นเกมเป็นกลุ่ม และแข่งขันกับเพื่อน และเมื่อพิจารณาจากคะแนนพบว่าเกมมีความท้าทาย เนื่องจากคะแนนของนักเรียนมีความหลากหลาย

2.6 ครูอธิบายกติกาการเล่นเกม ค้นหาของวิเศษรอบที่ 2 (สูตรโมเลกุล)

จากการเตรียมของวิเศษในเกมที่แล้วพบว่าผู้ป่วยที่ได้รับน้ำยาลบความทรงจำและน้ำยาปริศนาอาการไม่ดีขึ้น ซึ่งมีสาเหตุมาจากสูตรที่ใช้เตรียมของวิเศษยังไม่ใช่สูตรที่ถูกต้อง โดยจากการเปิดตำราเวทมนต์พบว่าน้ำยาลบความทรงจำ 1 หยดมีมวล 128 กรัม และน้ำยาปริศนา 1 หยด มีมวล 378 กรัม จงหาสูตรที่แท้จริงของของวิเศษทั้ง 2 ชนิดนี้ ในเวลา 20 นาที

ขั้นเล่นเกมรอบที่ 2 (20 นาที)

จุดประสงค์ของขั้น : เพื่อให้นักเรียนได้เล่นเกมตามกติกา และคำนวณสูตรโมเลกุล

2.7 นักเรียนเติมคำตอบในหัวข้อ 1.1 ของกระดาษคำตอบตอนที่ 2A “มวลที่แท้จริงหนักเป็นกี่เท่าของมวลที่ไม่ออกฤทธิ์” (2 เท่า)

2.8 นักเรียนใช้กรรไกรที่ครูเตรียมให้ ตัดส่วนผสมออกจากการ์ด แล้วนำหยดน้ำ 2 ก้อน และเปลวไฟ 1 ก้อน วางไว้ในหัวข้อ 1.2 ของกระดาษคำตอบตอนที่ 1A จนครบ 10 ช่อง

2.9 นักเรียนเติมคำตอบในหัวข้อ 1.1 ของกระดาษคำตอบตอนที่ 2B “มวลที่แท้จริง

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241171

หนักเป็นกี่เท่าของมวลที่ไม่ออกฤทธิ์” (3 เท่า)

2.10 นักเรียนวาดภาพส่วนผสมส่วนผสม หยดน้ำและใบไม้ ลง ในหัวข้อ 1.2 ของ

2.11 นักเรียนวาดภาพส่วนผสม ลงในหัว 1.2 กระดาษคำตอบตอนที่ 2B จนครบ 2 ช่อง

ขั้นอภิปรายหลังเล่นเกมรอบที่ 2 (20 นาที)

จุดประสงค์ของขั้น : เพื่อสรุปความรู้จากการเล่นเกม และเชื่อมโยงไปสู่การคำนวณสูตรโมเลกุล

2.12 ครูให้นักเรียนภายในกลุ่มสรุปขั้นตอนการได้มาซึ่งสูตรที่แท้จริง (1) เปลี่ยนมวลของส่วนผสมเป็นจำนวนก้อน โดยหารด้วยมวลของส่วนผสม 1 ก้อน 2) หาอัตราส่วนอย่างต่ำของส่วนผสม 3) สร้างของวิเศษตามอัตราส่วนอย่างต่ำ 4) หาว่ามวลที่แท้จริงหนักเป็นกี่เท่าของมวลอย่างต่ำ 5) สร้างสูตรที่แท้จริงจากจำนวนเท่า) จากนั้นครูสุ่มสมาชิกในกลุ่มออกมานำเสนอ

3. ขั้นสรุป (50 นาที)

จุดประสงค์ของขั้น : เพื่อสรุปความรู้ทั้งหมด

3.1 ครูให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้จากเกมกับความรู้ในวิชาเคมี

3.1.1 นักเรียนอภิปรายภายในกลุ่มว่า ขั้นตอนการหาสูตรอัตราส่วนจำนวนเต็มขั้นต่ำของของวิเศษ กับการหาสูตรอัตราส่วนจำนวนเต็มขั้นต่ำของสารประกอบซึ่งเรียกว่าสูตรอย่างง่าย มีการเทียบเคียงขั้นตอนกันอย่างไร แล้วสรุปลงในกระดาษ จากนั้นครูสุ่มสมาชิกในกลุ่มออกมานำเสนอ

3.1.2 นักเรียนเปรียบเทียบความแตกต่างของผลงานจากข้อที่แล้วระหว่างกลุ่ม

3.1.3 นักเรียนอภิปรายภายในกลุ่มว่า ขั้นตอนการหาสูตรที่แท้จริงของของวิเศษ กับการหาสูตรที่แสดงจำนวนอะตอมในสารประกอบ 1 โมเลกุลซึ่งเรียกว่าสูตรโมเลกุล มีการเทียบเคียงขั้นตอนกันอย่างไร แล้วสรุปลงในกระดาษ จากนั้นครูสุ่มสมาชิกในกลุ่มออกมานำเสนอ

3.1.4 นักเรียนเปรียบเทียบความแตกต่างของผลงานจากข้อที่แล้วระหว่างกลุ่ม

3.1.5 นักเรียนเขียนให้ความหมายของสูตรอย่างง่าย และสูตรโมเลกุล ลงในสมุด

3.2 นักเรียนทำแบบฝึกหัด 4.7 ในหนังสือเรียน หน้า 32 เพื่อทบทวนความรู้

3.3 ครูสุ่มตัวแทนนักเรียนเฉลยแบบฝึกหัดที่ 4.7

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241171

สื่อการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนเคมี เล่ม 2 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. การ์ดเกมแอคซิโอ (Accio)
3. เกมค้นหาสูตรของวิเศษ และเกมสูตรที่แท้จริง

นิยามศัพท์

คำศัพท์ในเกม	**คำศัพท์ในทางเคมี**
ส่วนผสม	ธาตุ
ของวิเศษ	สารประกอบ
มวลของส่วนผสม	มวลอะตอม
มวลหนึ่งก้อน	มวลโมเลกุล
สูตรอัตราส่วนจำนวนเต็มอย่างต่ำ	สูตรอย่างง่าย
สูตรที่แท้จริง	สูตรโมเลกุล

*หมายเหตุ นิยามศัพท์ไม่ใช่องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ แต่เป็นข้อมูลที่ผู้สอน ใช้ในการนำอภิปราย

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

CU ithesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
99282471

การประเมินการเรียนรู้

ด้านที่วัด	สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์ในการวัด
1. ด้านความรู้ (K)	อธิบายความหมายของสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลของสาร	-เขียนอธิบายความหมายของสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุล	คำถามท้ายบทเรียน	3 อธิบายความหมายของสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลถูกต้อง 2 อธิบายความหมายของสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลถูกต้องบางส่วน 1 อธิบายความหมายของงสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลและมีบางส่วนที่คลาดเคลื่อน 0 อธิบายความหมายของงสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลไม่ถูกต้อง
2. ด้านทักษะกระบวนการ (P)	-คำนวณสูตรอย่างง่ายจากอัตราส่วนโดยโมลของธาตุองค์ประกอบ -คำนวณสูตรโมเลกุลของสารจากสูตรอย่างง่ายและมวลโมเลกุลของสาร	-การตอบคำถามในแบบฝึกหัดที่ 4.7	-คำถามท้ายบทเรียน -แบบฝึกหัดที่ 4.7	ระดับดี คือ ทำแบบฝึกหัดถูกต้องร้อยละ 80 ขึ้นไป ระดับปานกลาง ทำแบบฝึกหัดถูกต้องร้อยละ 70 แต่ไม่ถึงร้อยละ 80 ระดับผ่าน ทำแบบฝึกหัดถูกต้องร้อยละ 60 แต่ไม่ถึงร้อยละ 70 ระดับปรับปรุง ทำแบบฝึกหัดถูกต้องไม่ถึงร้อยละ 60
3. ด้านเจตคติ	มีความสนใจใฝ่เรียนรู้ แสดง	สังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรม	3 คะแนน สนใจใฝ่เรียนรู้ร่วม แสดงความคิดเห็น

CU ithesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
99282417 1

ด้านที่วัด	สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์ในการวัด
(A)	ความคิดเห็น และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีเหตุผล			ของผู้อื่นอย่างมีเหตุผลทุกครั้ง 2 คะแนน สนใจใฝ่เรียนรู้ร่วม แสดงความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีเหตุผลบางครั้ง 1 คะแนน สนใจใฝ่เรียนรู้ร่วม 0 คะแนน สนใจใฝ่เรียนรู้ร่วม ไม่แสดงความคิดเห็น

แบบสังเกตพฤติกรรม

ชื่อนักเรียน	มีความสนใจใฝ่เรียนรู้ แสดงความคิดเห็น และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีเหตุผล (3 คะแนน)			
	3 คะแนน	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

แบบฝึกหัด 4.7

1. คำนวณสูตรเอมพิริคัลของสารที่ประกอบด้วยร้อยละโดยมวลของธาตุองค์ประกอบ ดังนี้

ข้อ	ร้อยละโดยมวลของธาตุองค์ประกอบ		
	โพแทสเซียม (K)	คลอรีน (Cl)	ออกซิเจน (O)
1.1	43.18	39.15	17.67
1.2	31.90	28.93	39.17
1.3	28.22	25.59	46.19

1.1 K 43.18 % Cl 39.15 % และ O 17.67 % สูตรเอมพิริคัลคือ KClO

1.2 K 31.90 % Cl 28.93 % และ O 39.17 % สูตรเอมพิริคัลคือ $KClO_3$

1.3 K 28.22 % Cl 25.59 % และ O 46.19 % สูตรเอมพิริคัลคือ $KClO_4$

2. เมื่อฟอสฟอรัส (P) 9.29 กรัม เกิดการเผาไหม้จะได้สารประกอบออกไซด์หนัก 21.29 กรัม จงหาสูตรเอมพิริคัลของสารประกอบออกไซด์สูตรเอมพิริคัลคือ P_2O_5

3. สารประกอบชนิดหนึ่งประกอบด้วยธาตุคาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O)เท่านั้น จากการวิเคราะห์พบว่ามีคาร์บอนร้อยละ 48.83 และไฮโดรเจนร้อยละ 8.12 โดยมวล จงหาสูตรเอมพิริคัลขอสารประกอบ (สูตรเอมพิริคัลคือ $C_3H_6O_2$)

4. เมื่อนำสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดหนึ่งมาเผาไหม้อย่างสมบูรณ์จะได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 6.60 กรัม และไอน้ำ (H_2O) 4.10 กรัม จงหาสูตรเอมพิริคัลของสารประกอบนี้ (สูตรเอมพิริคัลคือ CH_3)

5. สารประกอบชนิดหนึ่งประกอบด้วยกำมะถัน (S) และไนโตรเจน (N) เท่านั้น ถ้าสารประกอบนี้มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบร้อยละ 69.60 โดยมวล และมีมวลโมเลกุลเท่ากับ 184 จงหาสูตรโมเลกุลของสารประกอบนี้ (สูตรโมเลกุลของสารประกอบนี้ คือ $(SN)_4 = S_4N_4$)

6. กรดซอร์บิก (sorbic acid) ใช้ผสมในอาหารเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บางชนิด สารนี้มีมวลโมเลกุล 112.13 ประกอบด้วยคาร์บอน (C) ร้อยละ 64.3 ไฮโดรเจน (H)ร้อยละ 7.2 และออกซิเจน (O) ร้อยละ 28.5 โดยมวล จงหาสูตรโมเลกุลของกรดซอร์บิก (สูตรโมเลกุลของกรดออกซาลิก คือ $(C_3H_4O)_2 = C_6H_8O_2$)

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

รายละเอียดของเกมที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐานประกอบด้วย 5 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 16 คาบเรียน ในเนื้อหาโมลและสูตรเคมี โดยสามารถแสดงรายละเอียดของเกมต่าง ๆ ดังนี้

รายละเอียดของเกมที่ 1 เกมชั่งตวงวัด เป็นเกมที่ใช้กล่องสี่เหลี่ยมแทนอะตอม ประกอบด้วย 4 รอบคือ 1) คาดคะเนมวลอะตอม 2) หามวลอะตอม 3)หามวลอะตอมเฉลี่ย 4) หามวลโมเลกุล โดยแสดงรายละเอียดของเกมในแต่ละรอบดังต่อไปนี้

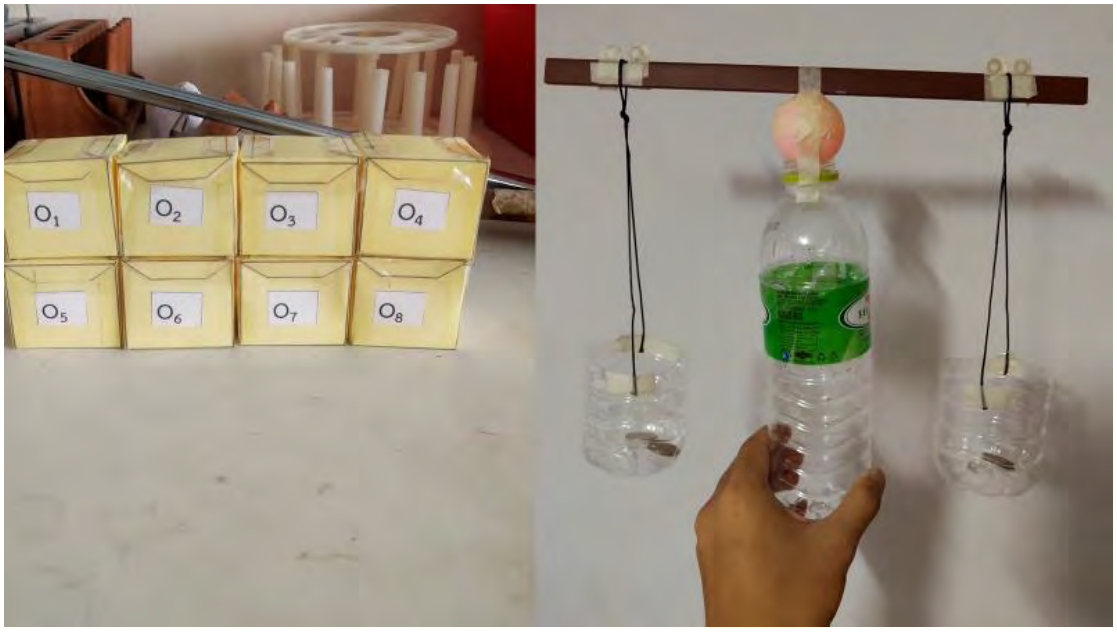
รอบที่ 1 คาดคะเนมวลอะตอม เรียงลำดับน้ำหนักของกล่องที่มีขนาดเท่ากันจำนวน 13 กล่อง ที่ประกอบไปด้วยกล่องสีม่วงจำนวน 5 กล่อง มีชื่อกำกับคือ P1 – P5 กล่องสีเหลืองจำนวน 8 กล่อง มีชื่อกำกับคือ O1 – O8 โดยใช้การประมาณน้ำหนักด้วยมือเปล่า แล้วเรียงลำดับน้ำหนักของกล่อง จากน้อยไปมาก โดย 1 คำตอบที่ถูกต้องเท่ากับ 1 คะแนน ผู้ที่ได้คะแนนมากที่สุดเป็นผู้ชนะ

แผนภาพที่ 10 กล่องที่ใช้ในการเล่นเกม

รอบที่ 2 หามวลอะตอม ระบุจำนวนเหรียญในกล่องและมวลที่แท้จริงของกล่องทั้ง 13 กล่อง ในหน่วยกรัม โดยจะได้รับตาชั่ง 2 แขนจำนวน 1 เครื่อง กล่องเปล่า จำนวน 1 กล่อง และเหรียญจำนวน 50 เหรียญ โดยนักเรียนได้รับข้อมูลว่าเหรียญ 1 เหรียญมีมวล 1.66×10^{-24} กรัม โดย 1 คำตอบที่ถูกต้องเท่ากับ 1 คะแนน ผู้ที่ได้คะแนนมากที่สุดเป็นผู้ชนะ (ใช้เรียนเรื่องมวลอะตอม)

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241171

แผนภาพที่ 11 ตาชั่ง 2 แขนที่ใช้ในการเล่นเกม



รอบที่ 3 หามวลอะตอม ระบุค่ามวลเฉลี่ยของกล่อง P และ O โดยในรอบนี้ใช้แผ่นกระดาษสีเหลืองแทนกล่องสีเหลืองและกระดาษสีม่วงแทนกล่องสีม่วง โดย 1 คำตอบที่ถูกต้องเท่ากับ 1 คะแนนผู้ที่ได้คะแนนมากที่สุดเป็นผู้ชนะ (ใช้เรียนเรื่องมวลอะตอมเฉลี่ย)

แผนภาพที่ 12 กระดาษสีม่วงที่ใช้แทนกล่องสีม่วง

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

รอบที่ 4 หามวโมเลกุล ระบุมวลโมเลกุล จากผลรวมของมวลของพืช 3 ชนิด คือ กะหล่ำปลี กุหลาบ ชบา ที่เกิดจากกระดาษสีเหลืองผสมกับสีม่วง โดย 1 คำตอบที่ถูกต้องเท่ากับ 1 คะแนน ผู้ที่ได้คะแนนมากที่สุดเป็นผู้ชนะ

ตารางที่ 22 จำนวนกระดาษสีม่วงและสีเหลืองในพืชแต่ละชนิด

พืช	จำนวนกระดาษสีม่วง (แผ่น)	จำนวนกระดาษสีเหลือง (แผ่น)	มวลพืช (จำนวนเหรียญ)
กะหล่ำปลี	1	2	66.6
กุหลาบ	4	8	266.4
ชบา	2	3	119.7

หมายเหตุ มวลพืชหมายถึงมวลโมเลกุล และจำหน่วยเหรียญหมายถึงค่ามวลอะตอม amu

แผนภาพที่ 13 รูปภาพของกะหล่ำปลี และดอกกุหลาบ

รายละเอียดของเกมที่ 2 เกมภาชนะบรรจุโมล เป็นเกมที่นักเรียนต้องค้นหาคำตอบว่า 1 โมล ของธาตุมีมวลกี่กรัมและมีจำนวนอนุภาคเท่าไร ผ่านการใช้ภาชนะที่บรรจุน้ำตาลทราย

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

รอบที่ 1 ชั่งอะตอม ผู้เล่นได้รับภาชนะที่มีความกว้าง : ยาว : สูง เป็น 2.8 : 6.5 : 2.2 cm จำนวน 3 ชิ้น โดยต้องบรรจุสารทั้ง 3 ชนิดให้เต็มภาชนะและชั่งน้ำหนักของแต่ละสาร โดยผู้ที่ส่งคำตอบที่ใกล้เคียงมากที่สุดเป็นผู้ชนะ

แผนภาพที่ 14 ภาชนะสำหรับบรรจุสารปริมาณ 1 โมล (ด้านซ้ายมือ) และมวลของสารจำนวน 1 โมล (ด้านขวามือ)

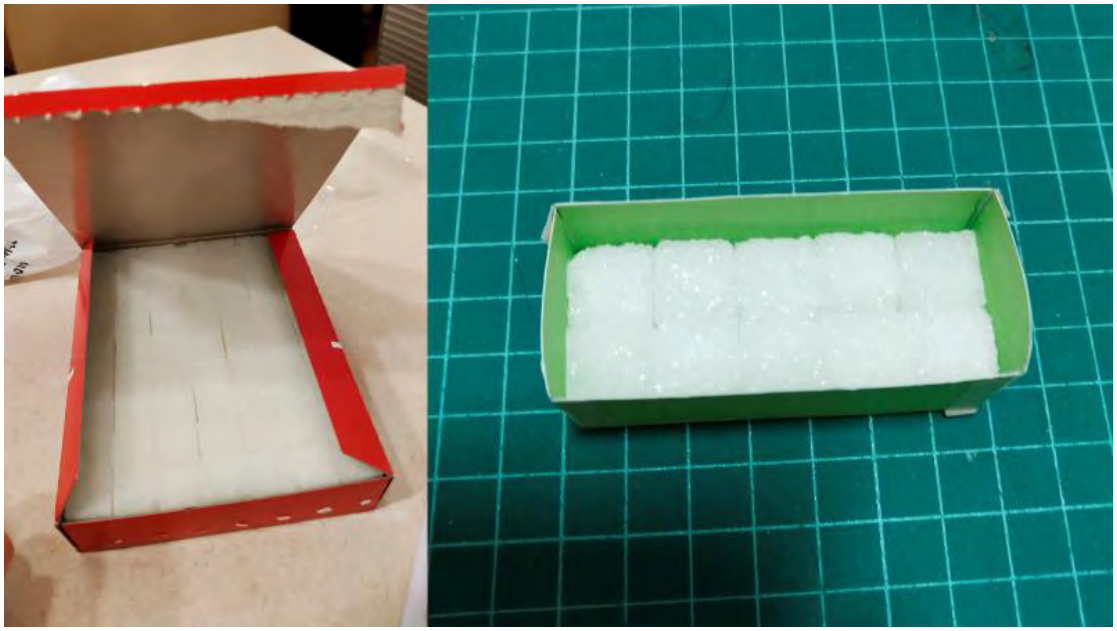
ตารางที่ 23 มวลของสารทั้ง 3 ชนิดปริมาณ 1 โมล

สาร	คำอธิบายเกี่ยวกับมวล
สาร A (น้ำตาลทราย)	1 เม็ด แทน อะตอม P สีม่วงมีมวลเฉลี่ยเท่ากับ 39.6
สาร B (กาแฟ)	1 เม็ด แทน อะตอม O เหลืองมีมวลเฉลี่ยเท่ากับ 13.5
สาร C (เกลือ)	1 เม็ด แทน อะตอมสีเทาที่เกิดจากกล่องสีขาว 1 กล่องต่อกับอะตอมสีดำ 2 อะตอม โดยมวลเฉลี่ยของอะตอมสีขาว และอะตอมสีดำเท่ากับ 30.5 และ 15.0

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

รอบที่ 2 นับอะตอม นับจำนวนอะตอมของสาร 1 โมล
กำหนดให้ ก้อนน้ำตาล 1 คิวบ์ คือ อะตอมสีม่วงจำนวน 3.01×10^{22} อะตอม โดยผู้ที่ตอบถูกและใช้เวลาน้อยที่สุดเป็นผู้ชนะ

แผนภาพที่ 15 น้ำตาลคิวบ์ (ด้านซ้ายมือ) และจำนวนอะตอมของสาร 1 โมล (ด้านขวามือ)

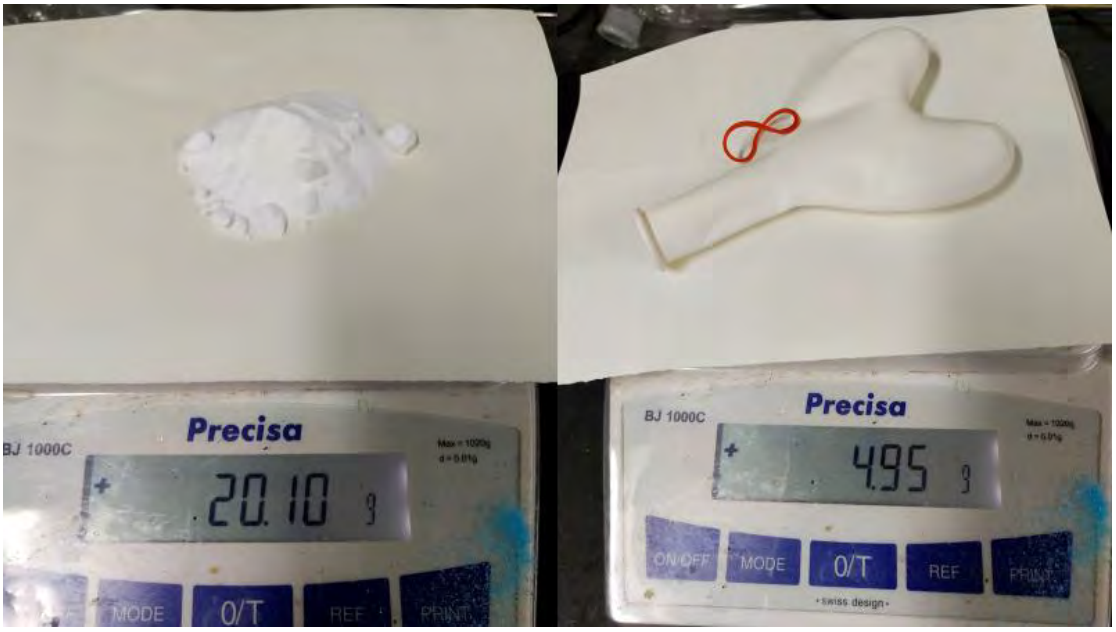


รายละเอียดของเกมที่ 3 เกมตาชั่งแก๊ส เป็นเกมที่นักเรียนต้องหามวลและปริมาตรของแก๊สเพื่อนำไปสู่ค่าปริมาตรต่อโมลของแก๊สที่ STP ผ่านปฏิกิริยาระหว่างน้ำส้มสายชูและผงฟู

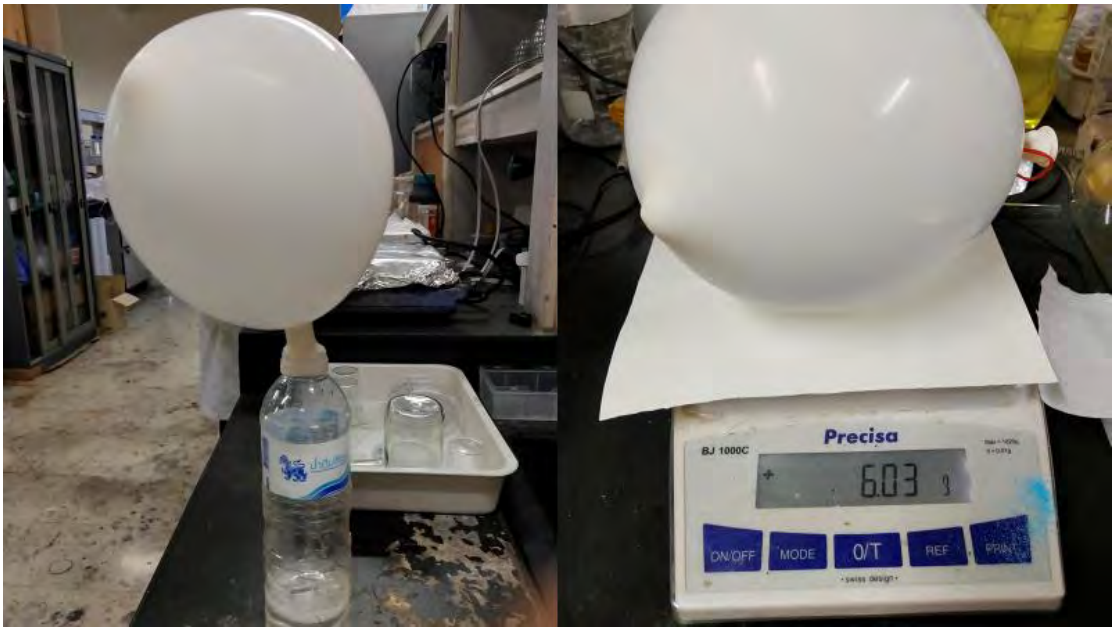
รอบที่ 1 สร้างแก๊ส ผู้เล่นรับอุปกรณ์ที่ประกอบด้วย ขวดน้ำขนาด 1.5 L ผงฟู 20 g น้ำส้มสายชู 5% โดยปริมาตร 100 mL ลูกโป่งทรงกลม หนังยาง และสายวัด โดยต้องผลิตแก๊ส CO_2 ปริมาณ 1 L ที่เตรียมได้จากปฏิกิริยาของผงฟูและน้ำส้มสายชู และหามวลของแก๊ส โดยผู้ที่ส่งคำตอบที่ใกล้เคียงมากที่สุดเป็นผู้ชนะ

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

แผนภาพที่ 16 การชั่งมวลผงฟู (ด้านซ้ายมือ) การชั่งมวลลูกโป่งและหนังยาง (ด้านขวามือ)



แผนภาพที่ 17 ลูกโป่งที่บรรจุแก๊ส CO_2 (ด้านซ้ายมือ) การชั่งมวลลูกโป่งบรรจุแก๊ส CO_2 (ด้านขวามือ)



9992824171 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

รอบที่ 2 บรรจุอากาศ เป่าลูกโป่งโดยใช้ที่สูบลมมือ (hand pump) ให้มีขนาด 1 L โดยคำนวณจากเส้นผ่านศูนย์กลาง
แล้วหามวลของลูกโป่ง โดยผู้ที่ส่งคำตอบที่ใกล้เคียงมากที่สุดเป็นผู้ชนะ

ตารางที่ 24 ส่วนผสมของอากาศ

ส่วนประกอบของอากาศ			
แก๊ส	**ไนโตรเจน (N_2)**	**ออกซิเจน (O_2)**	**อาร์กอน (Ar)**
มวลอะตอม/มวลโมเลกุล	28	32	40
ร้อยละโดยปริมาตร	78	21	1

รายละเอียดของเกมที่ 4 เกมค้นหาของวิเศษ เป็นเกมที่ผู้เล่นต้องระบุสัดส่วนของวิเศษแต่ละชนิดพร้อมกับบอกปริมาณของส่วนผสมในค่าร้อยละโดยมวล

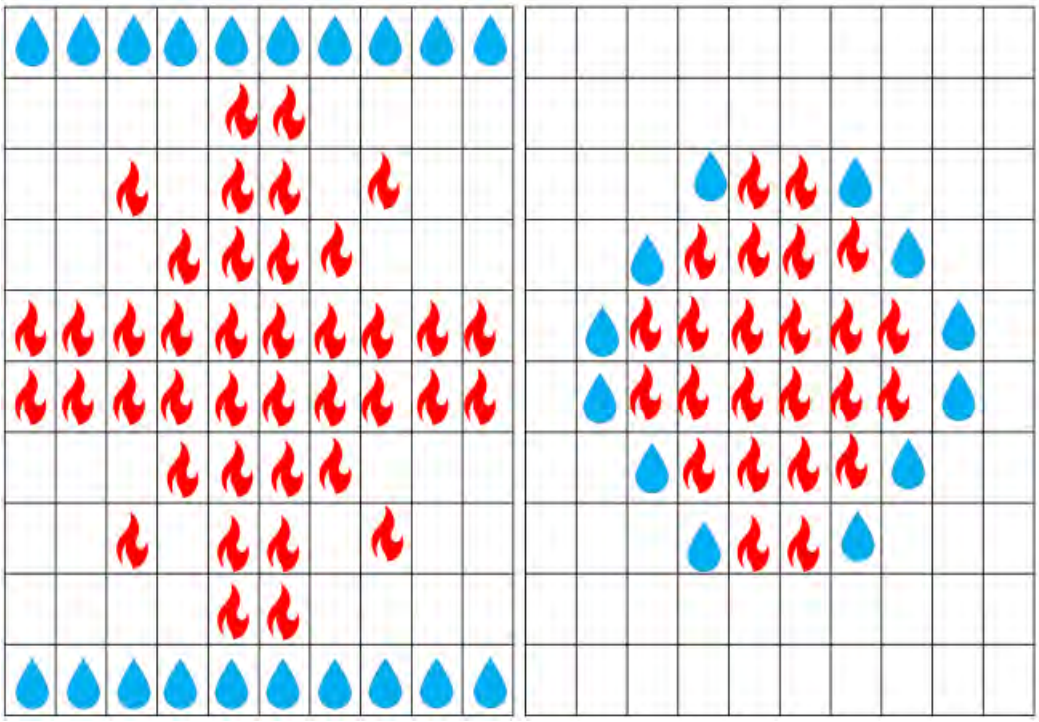
รอบที่ 1 ของวิเศษ รับรายการส่วนผสมและการ์ด Accio แอ๊กซิโอ จำนวน 10 ใบ โดยด้านหลังของการ์ดแสดงปริมาณและชนิดของส่วนผสม และด้านหน้า แสดงชื่อการ์ด A - J และชื่อของของวิเศษ นอกจากนั้นบางการ์ดแสดงมวลของวิเศษในหน่วยกรัม นักเรียนต้องระบุชื่อของของวิเศษและสัดส่วนโดยมวลของส่วนผสมที่ปรากฏในการ์ดลงในกระดาษคำตอบ ผู้ที่ตอบถูกมากที่สุดและรวดเร็วที่สุดเป็นผู้ชนะ

แผนภาพที่ 18 ชื่อและมวลของส่วนผสมของของวิเศษ

ภาพส่วนผสม	ชื่อส่วนผสม	มวล/ชิ้น		ภาพส่วนผสม	ชื่อส่วนผสม	มวล/ชิ้น
	หยดน้ำ	32			เปลงไฟ	16
	หมู่ดาว	30			ใบไม้	15
	ขวดรูปชมพู่	20			ก้อนเมฆ	12
	ดอกไม้	25			แอปเปิล	10
					หอย	1

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241T1

แผนภาพที่ 19 ด้านหลังของการ์ด A และการ์ด B

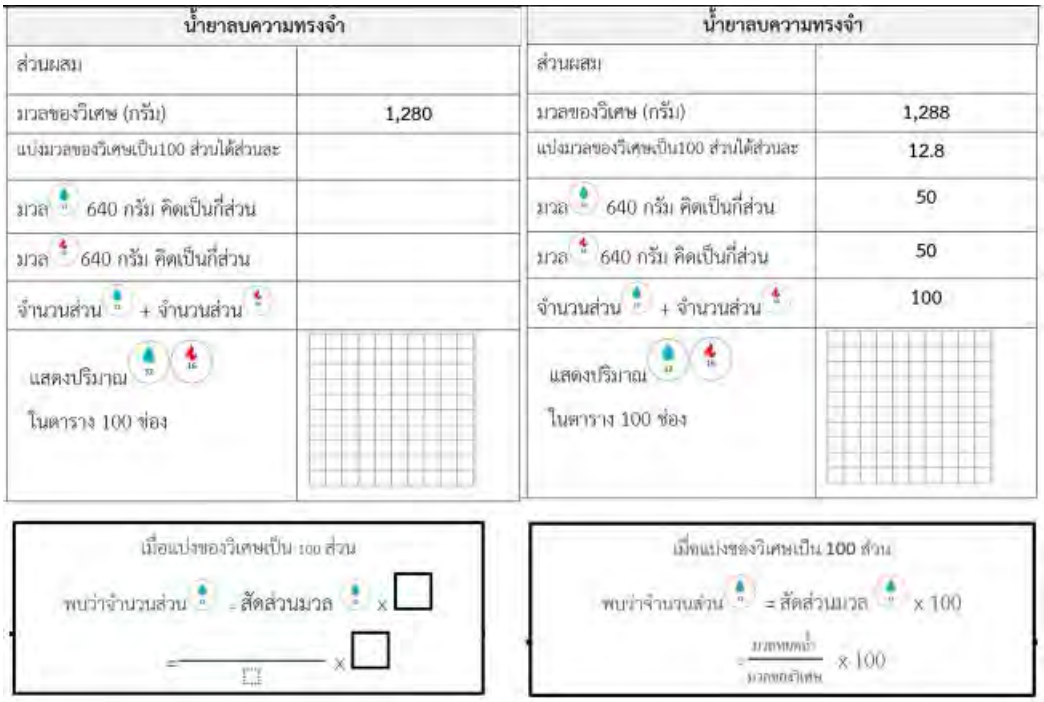


แผนภาพที่ 20 ด้านหน้าของการ์ด A และการ์ด B

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241711

รอบที่ 2 วิเคราะห์ส่วนผสม ใช้ข้อมูลรอบที่ 1 มาวิเคราะห์เพื่อระบุปริมาณส่วนผสมในของวิเศษโดยการระบายสีลงในตาราง และเติมข้อมูลให้ครบทุกช่อง ระบายสีลงในตารางและเติมข้อมูลให้ครบทุกช่อง ผู้ที่หาความสัมพันธ์ระหว่าง สัดส่วนโดยมวลของหยดน้ำในของวิเศษ กับจำนวนส่วนของหยดน้ำในของวิเศษ 100 ส่วนได้เร็วที่สุดและเติมคำตอบถูกต้องทุกช่องเป็นกลุ่มที่ชนะ

แผนภาพที่ 21 กระดาษคำตอบของการวิเคราะห์ส่วนผสม (ด้านซ้ายมือ) และเฉลย (ด้านขวามือ)

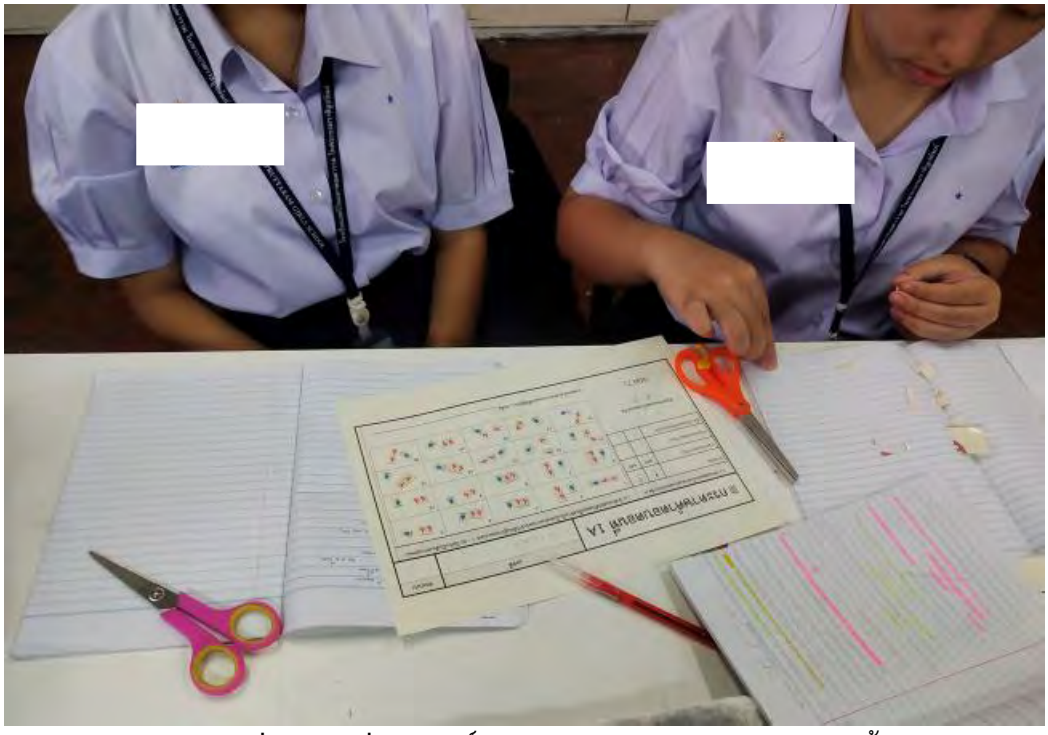


รายละเอียดของเกมที่ 5 เกมแอคซิโอ (Accio) เป็นเกมสถานการณ์จำลองที่ผู้เล่นต้องสร้างน้ำยาวิเศษจากส่วนผสมและระบุสูตรของส่วนผสมที่เทียบเคียงไปสู่สูตรเอมพิริคัลและสูตรโมเลกุล

รอบที่ 1 สูตรอย่างง่าย ตัดการ์ด A ตามช่องสี่เหลียมเพื่อให้ได้หยดน้ำจำนวน 20 ก้อนและเปลวไฟ 40 ก้อน แล้วนำมาสร้างเป็นน้ำยาลบความทรงจำเพื่อแจกจ่ายให้กับผู้ป่วยที่เคยเผชิญกับความทรงจำอันโหดร้าย โดยเมื่อแจกจ่ายน้ำยาลบความทรงจำให้ผู้ป่วย 1 คนจะได้รับคะแนน 1 คะแนน ภายใน 20 นาทีกลุ่มที่มีคะแนนมากที่สุดเป็นผู้ชนะ

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

แผนภาพที่ 22 การเล่นเกมในรอบที่ 1 สูตรอย่างง่าย



รอบที่ 2 สูตรที่ออกฤทธิ์ จากการเปิดตำราเวทมนต์พบว่าน้ำยาลบความทรงจำ 1 หยดมีมวล 128 กรัม และน้ำยาปริศนา 1 หยด มีมวล 378 กรัม จงหาสูตรที่แท้จริงของของวิเศษทั้ง 2 ชนิดนี้ กลุ่มที่เสร็จสิ้นภารกิจเป็นกลุ่มแรกคือผู้ชนะ

แผนภาพที่ 23 การเล่นเกมในรอบที่2 สูตรที่ออกฤทธิ์

9992824171 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

ภาคผนวก ค

คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจคุณภาพของเกณฑ์การประเมินมโนทัศน์ทางเคมี

ตารางที่ 25 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจเกณฑ์การวัดมโนทัศน์ทางเคมีฉบับก่อนเรียน

ข้อคำถาม	ความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคำตอบ	ความเหมาะสมของระดับคะแนนกับระดับคำตอบ
1. มวลอะตอม	1.00	1.00
2. มวลอะตอม	0.75	0.75
3. มวลอะตอมเฉลี่ย	0.75	0.75
4. มวลอะตอมเฉลี่ย	1.00	0.75
5. มวลโมเลกุล	1.00	1.00
6. มวลโมเลกุล	1.00	1.00
7. มวลต่อโมล	0.75	0.75
8. มวลต่อโมล	1.00	1.00
9. อนุภาคต่อโมล	1.00	1.00
10. อนุภาคต่อโมล	0.75	0.75
11. ปริมาตรต่อโมล	0.75	1.00
12. ปริมาตรต่อโมล	0.75	1.00
13. กฎสัดส่วนคงที่	1.00	0.75
14. กฎสัดส่วนคงที่	0.75	0.75
15. ร้อยละโดยมวล	1.00	0.75
16. ร้อยละโดยมวล	0.75	0.75
17. สูตรอย่างง่าย	1.00	1.00
18. สูตรอย่างง่าย	1.00	1.00
19. สูตรโมเลกุล	1.00	1.00

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

ตารางที่ 26 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจเกณฑ์การวัดมโนทัศน์ทางเคมีฉบับหลังเรียน

ข้อคำถาม	ความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคำตอบ	ความเหมาะสมของระดับคะแนนกับระดับคำตอบ	เป็นแบบวัดคู่ขนานกับแบบวัดก่อนเรียน
1. มวลอะตอม	1.00	1.00	1.00
2. มวลอะตอม	1.00	1.00	1.00
3. มวลอะตอมเฉลี่ย	1.00	1.00	1.00
4. มวลอะตอมเฉลี่ย	1.00	1.00	1.00
5. มวลโมเลกุล	1.00	1.00	1.00
6. มวลโมเลกุล	1.00	1.00	1.00
7. มวลต่อโมล	1.00	1.00	1.00
8. มวลต่อโมล	1.00	1.00	1.00
9. อนุภาคต่อโมล	1.00	1.00	1.00
10. อนุภาคต่อโมล	0.75	1.00	1.00
11. ปริมาตรต่อโมล	0.75	1.00	1.00
12. ปริมาตรต่อโมล	1.00	1.00	1.00
13. กฎสัดส่วนคงที่	0.75	1.00	1.00
14. กฎสัดส่วนคงที่	1.00	1.00	1.00
15. ร้อยละโดยมวล	1.00	1.00	1.00
16. ร้อยละโดยมวล	1.00	1.00	1.00
17. สูตรอย่างง่าย	0.75	0.75	1.00
18. สูตรอย่างง่าย	1.00	1.00	1.00
19. สูตรโมเลกุล	1.00	1.00	1.00

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อ ของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีฉบับก่อนเรียน

ตารางที่ 27 ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อ ของแบบวัดมโนทัศน์เรื่องโมลและสูตรเคมีฉบับก่อนเรียน

ข้อคำถาม	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1. มวลอะตอม	0.50	0.38
2. มวลอะตอม	0.28	0.44
3. มวลอะตอมเฉลี่ย	0.22	0.31
4. มวลอะตอมเฉลี่ย	0.50	0.38
5. มวลโมเลกุล	0.44	0.25
6. มวลโมเลกุล	0.13	0.13
7. มวลต่อโมล	0.25	0.25
8. มวลต่อโมล	0.25	0.25
9. อนุภาคต่อโมล	0.22	0.19
10. อนุภาคต่อโมล	0.22	0.44
11. ปริมาตรต่อโมล	0.31	0.25
12. ปริมาตรต่อโมล	0.25	0.13
13. กฎสัดส่วนคงที่	0.38	0.13
14. กฎสัดส่วนคงที่	0.44	0.13
15. ร้อยละโดยมวล	0.25	0.25
16. ร้อยละโดยมวล	0.34	0.19
17. สูตรอย่างง่าย	0.31	0.38
18. สูตรอย่างง่าย	0.34	0.19
19. สูตรโมเลกุล	0.41	0.19

992824171 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ
ในการตรวจเกณฑ์แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

ตารางที่ 28 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจเกณฑ์แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเกมเป็นฐาน

รายการประเมิน	ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้				
	1	2	3	4	5
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้					
1.1 การกำหนดองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ครบตามรูปแบบแผนการจัดการเรียนรู้ (ประกอบด้วยผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการเรียนการสอน)	1.0	0.8	0.8	0.8	1.0
1.2 แผนการจัดการเรียนรู้มีการลำดับขั้นตอนเป็นระบบ	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2. จุดประสงค์การเรียนรู้					
2.1 สอดคล้องกับเนื้อหา	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3. สาระการเรียนรู้					
3.1 สอดคล้องกับ	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

9928241171 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

รายการประเมิน	ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้				
	1	2	3	4	5
วัตถุประสงค์การเรียนรู้					
3.2 สาระการเรียนรู้ครบถ้วนและถูกต้อง	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4. กิจกรรมการเรียนรู้					
4.1 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4.2 สอดคล้องกับเนื้อหา	0.8	1.0	1.0	1.0	0.8
4.3 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมเหมาะสมกับเวลา	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4.4 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมมีความชัดเจน	0.6	0.6	0.8	0.8	0.6
5. สื่อการเรียนรู้					
5.1 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8
5.2 เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8
6. การประเมินผลการเรียนรู้					
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
6.2 สอดคล้องกับเนื้อหา	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
6.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ
ในการตรวจเกณฑ์แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป

ตารางที่ 29 สรุปผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ในการตรวจเกณฑ์ แผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป

รายการประเมิน	**ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้**				
	1	**2**	**3**	**4**	**5**
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้					
1.1 การกำหนดองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ครบตามรูปแบบแผนการจัดการเรียนรู้ (ประกอบด้วยผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการเรียนการสอน)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
1.2 แผนการจัดการเรียนรู้มีการลำดับขั้นตอนเป็นระบบ	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2. จุดประสงค์การเรียนรู้					
2.1 สอดคล้องกับเนื้อหา	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3. สาระการเรียนรู้					
3.1 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การ	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

9928241171 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

รายการประเมิน	ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้				
	1	2	3	4	5
เรียนรู้					
3.2 สาระการเรียนรู้ครบถ้วนและถูกต้อง	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4. กิจกรรมการเรียนรู้					
4.1 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4.2 สอดคล้องกับเนื้อหา	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4.3 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมเหมาะสมกับเวลา	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
4.4 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมมีความชัดเจน	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
5. สื่อการเรียนรู้					
5.1 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8
5.2 เหมาะสมกับกิจกรรมการเรียนรู้	0.8	0.8	1.0	0.8	0.8
6. การประเมินผลการเรียนรู้					
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
6.2 สอดคล้องกับเนื้อหา	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
6.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

บรรณานุกรม

Abraham, M. R., Williamson, V. M., & Westbrook, S. L. (1994). A cross-age study of the understanding of five chemistry concepts. *Journal of research in science teaching,* 31(2), 147-165.

Akkuzu, N., & Uyulgan, M. A. (2016). How to Improve Students' Comprehension concerning the Major Terms of Functional Groups?--In the Experiment of OrCheTaboo Game. *International Journal of Higher Education,* 5(2), 196.

Ausubel, D. P. (2012). *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*: Springer Science & Business Media.

Ben-Zvi, R., Eylon, B., & Silberstein, J. J. E. i. c. (1988). Theories, principles and laws. 25(3), 89-92.

Carin, A. A. (1997). *Teaching science through discovery*: Prentice Hall.

Charsky, D. (2010). From edutainment to serious games: A change in the use of game characteristics. *Games and culture,* 5(2), 177-198.

Cheng, M., & Gilbert, J. K. (2009). Towards a better utilization of diagrams in research into the use of representative levels in chemical education. In *Multiple representations in chemical education* (pp. 55-73): Springer.

De Cecco, J. P. (1968). The Psychology of Learning and Instruction. Englewood Cliffs, Nl. In: Prentice-Hall, Inc.

El-Said, M., & Mansour, S. S. (2009). Game Based Learning Creating a Triangle of Success: Play, Interact and Learn. *Int. J. Intell. Games & Simulation,* 5(2), 26-32.

Franco-Mariscal (2014). Students' perceptions about the use of educational games as a tool for teaching the periodic table of elements at the high school level. *Journal of Chemical Education,* 92(2), 278-285.

Franco-Mariscal, A. J., & Cano-Iglesias, M. J. (2014). Design and Implementation of a Bingo Game for Teaching the Periodic Table. *School Science Review,* 95(353), 55-59.

Ghali, R., Ouellet, S., & Frasson, C. (2015). LewiSpace: an exploratory study with a machine learning model in an educational game. *Journal of Education and*

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

Training Studies, 4(1), 192-201.

Haidar, A. H. (1997). Prospective chemistry teachers' conceptions of the conservation of matter and related concepts. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching,* 34(2), 181-197.

Jacobson, W. J., & Bergman, A. B. (1980). *Science for children: A book for teachers*: Prentice Hall.

Klopfer, L. E. (1971). *Evaluation of learning in science*: McGraw.

Knudtson, C. A. (2015). ChemKarta: A card game for teaching functional groups in undergraduate organic chemistry. *Journal of Chemical Education,* 92(9), 1514-1517.

Konicek-Moran, R., & Keeley, P. (2015). *Teaching for conceptual understanding in science*: NSTA Press, National Science Teachers Association Arlington.

Krishnan, S. R., & Howe, A. C. (1994). The mole concept: Developing an instrument to assess conceptual understanding. *Journal of Chemical Education,* 71(8), 653.

Lower, s. (2006). Chem1 General Chemistry Virtual Textbook,. Retrieved from http://www.chem1.com/acad/webtext/pre/chemsci.html

Margolis, E., & Laurence, S. Concepts. 2014 [cited 2019 April 12]. In.

Moreno, L. F., Hincapié, G., & Alzate, M. V. (2014). Cheminoes: A didactic game to learn chemical relationships between valence, atomic number, and symbol. *Journal of Chemical Education,* 91(6), 872-875.

Oakman, H. (2016). The rise of game-based learning. *Education Technology, http://edtechnology. co. uk/Article/the-rise-of-ga me-based-learning,* 7.

Pippins, T., Anderson, C. M., Poindexter, E. F., Sultemeier, S. W., & Schultz, L. D. (2011). Element Cycles: An environmental chemistry board game. *Journal of Chemical Education,* 88(8), 1112-1115.

Plungsombat, K., Jearapan, P., Pittayanukit, T., & Wongsawang, D. (2017). *Pelement: A periodic table game for elements learning.* Paper presented at the Student Project Conference (ICT-ISPC), 2017 6th ICT International.

Rastegarpour, H., & Marashi, P. (2012). The effect of card games and computer games on learning of chemistry concepts. *Procedia-Social and Behavioral Sciences,* 31,

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241171

597-601.

Romey, W. D. (1968). *Inquiry techniques for teaching science*: Prentice Hall.

Sakulsaknimitr, W. (2019). *CHEMbond board game for learning a covalent bond*. kasetsart university.

Schunk, D. H. (2012). *Learning theories an educational perspective sixth edition*: Pearson.

Sendur, G., & Toprak, M. (2013). The role of conceptual change texts to improve students' understanding of alkenes. *Chemistry Education Research and Practice,* 14(4), 431-449.

Siswaningsih, W., Firman, H., & Khoirunnisa, A. (2017). *Development of Two-Tier Diagnostic Test Pictorial-Based for Identifying High School Students Misconceptions on the Mole Concept.* Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.

Teed, R. (2004). Game-based learning [online]. Retrieved from https://serc.carleton.edu/introgeo/games/index.html

TESS-India. (2018). Using games : the Periodic Table. Retrieved from http://www.open.edu/openlearncreate/mod/resource/view.php?id=64989

Triboni, E., & Weber, G. (2018). MOL: Developing a European-Style Board Game To Teach Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*.

Vygotsky, L. (1978). Interaction between learning and development. *Readings on the development of children,* 23(3), 34-41.

Weiman, C. (2008). *Science education in the 21st century—Using the tools of science to teach science.* Paper presented at the Forum for the Future of Higher Education.

Ye, L., & Lewis, S. E. (2014). Looking for links: examining student responses in creative exercises for evidence of linking chemistry concepts. *Chemistry Education Research and Practice,* 15(4), 576-586.

Ye, L., Oueini, R., & Lewis, S. E. (2015). Developing and implementing an assessment technique to measure linked concepts. *Journal of Chemical Education,* 92(11), 1807-1812.

Zirbel, E. L. (2004). Framework for conceptual change. *Astronomy Education Review,*

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

3(1).

ภาษาไทย

กฤษณา โภคพันธ์. (2554). การพัฒนาแนวคิดเรื่องดาราศาสตร์และอวกาศ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

กัลยรัตน์ ธนภัทรเวชพิสิฐ. (2560). การพัฒนาแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องปริมาณสัมพันธ์ และ แก๊ส โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,

ชัยยนต์ ศรีเชียงหา. (2554). การพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

ชาตรี ฝายคำตา. (2558). กลยุทธ์การสอนเคมีอย่างมืออาชีพ. กรุงเทพมหานคร: วิสต้า อินเตอร์ปรินท์.

ทิศนา แขมมณี. (2543). 14 วิธีสอนสำหรับครูมืออาชีพ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี. (2559). ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (Vol. 20). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นาตยา ปิลันธนานนท์. (2542). การเรียนรู้ความคิดรวบยอด. กรุงเทพมหานคร: เจ้าพระยาระบบการพิมพ์.

วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2552). แผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพมหานคร: แอล ที เพรส.

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2553). การใช้เกมในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา. ศุภพล อินเตอร์พริ้นติ้ง.

สุคนธ์ สินธพานนท์. (2552). นวัตกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาคุณภาพเยาวชน. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2552). จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวิทย์ มูลคำ. (2547). กลยุทธ์การสอนคิดเชิงมโนทัศน์. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัด ภาพพิมพ์.

สุวิทย์ มูลคำและอรทัย มูลคำ. (2545). 19 วิธีจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้และทักษะ. กรถงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ภาพพิมพ์.

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241 71

CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79
9928241771

992824171 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ทินกร พันเดช
วัน เดือน ปี เกิด	7 กุมภาพันธ์ 2534
สถานที่เกิด	จังหวัดอุดรธานี
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	113 หมู่ 3 ตำบลศรีสุทโธ อำเภอบ้านดุง จังหวัด อุดรธานี
รางวัลที่ได้รับ	โครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.)

9928241711 CU iThesis 5983401927 thesis / recv: 06082562 08:42:10 / seq: 79