

การพัฒนาวัตกรรมการเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลด้วย
รูปแบบการบูรณาการสำหรับนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 4

ปริญญานิพนธ์

ของ

พันเอกหญิง อลิสา เสนามนตรี

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุขฎิบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

พฤษภาคม 2551

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนานวัตกรรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลด้วย
รูปแบบการบูรณาการสำหรับนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 4

ปริญญานิพนธ์

ของ

พินเอกหญิง อลิสา เสนามนตรี

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุขฎิบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

พฤษภาคม 2551

การพัฒนาวัตกรรมการเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลด้วย
รูปแบบการบูรณาการสำหรับนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 4

บทคัดย่อ

ของ

พันเอกหญิง อลิสา เสนามนตรี

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาดุขฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

พฤษภาคม 2551

อลิสสา เสนามนตรี. (2551). การพัฒนานวัตกรรมการเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลด้วยรูปแบบการบูรณาการสำหรับนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 4. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ด.(วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
คณะกรรมการควบคุม : ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ, รองศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา ชูครุวงศ์, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรินทร์ ชัยวิสุทธิทางกูร.

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายหลัก เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องสารชีวโมเลกุลแบบบูรณาการสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 และมีความมุ่งหมายรองคือ ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย และเจตคติของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องชีวโมเลกุล เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย ทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เจตคติที่มีต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุล และความคิดขั้นสูงในด้านความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ กับนักเรียนที่เรียนด้วยการสอนปกติ

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องสารชีวโมเลกุลนี้พัฒนาขึ้นด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Authorware บทเรียนแบ่งเป็น 3 หน่วย คือ 1) อะตอม และโมเลกุล 2) ชนิดโครงสร้าง ความสำคัญและการประกอบเป็นโครงสร้างใหญ่โดยสารชีวโมเลกุล ประกอบด้วย 5 หัวข้อ คือ ส่วนประกอบของเยื่อเซลล์ คาร์โบไฮเดรต ลิพิด โปรตีน และกรดนิวคลีอิก 3) การทดสอบสารชีวโมเลกุลเป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการหลังจากศึกษาเนื้อหาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์เรียก “off screen” บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ และทดสอบได้ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

วิธีการดำเนินการวิจัยทำดังนี้คือ การสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 และนำบทเรียนที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนโรงเรียนสุวรรณารามวิทยาคม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 2 ห้องเรียน ที่มีคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับเดียวกัน นักเรียนห้องหนึ่งเป็นกลุ่มทดลองเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน อีกห้องหนึ่งเป็นกลุ่มควบคุมเรียนโดยการสอนปกติ ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลการวิจัยพบว่า 1) บทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 2) ค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .00 3) นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ อยู่ในระดับเห็นด้วย ($\bar{X} = 4.14$) 4) คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ของแบบทดสอบชีวโมเลกุลของกลุ่มทดลองมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .00 5) คะแนนเฉลี่ยทักษะการทดลองและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และ ความคิดริเริ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ 6) กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนชีวโมเลกุลสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .00

THE DEVELOPMENT OF AN INNOVATIVE CAI WITH MULTIMEDIA SYSTEM AND
INTEGRATED MODEL ON BIOMOLECULES FOR LEVEL 4 STUDENTS

AN ABSTRACT

BY

COL. ALISA SANAMONTRE

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Doctor of Education Degree in Science Education
at Srinakharinwirot University

May 2008

Alisa Sanamontre. (2008). *The Development of an Innovative CAI with Multimedia System and Integrated Model on Biomolecules for Level 4 Students*. Dissertation, Ed.D. (Science Education). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University.
Advisor Committee: Acting Sub Lt. Dr.Manat Boonprakob, Assoc. Prof. Dr.Kanjana Chookruvong, Assist. Prof. Dr.Parin Chaivisuthangkura.

The main purpose of this research was to develop an effectively innovative Computer Assisted Instruction (CAI) with multimedia system and integrated model on Biomolecules for level 4 students. There were two subsidiary objectives. These were firstly to compare the learning outcomes before and after the learning experience with the CAI, and secondly to compare students who had studied using the CAI lessons with those who had followed the regular approach with respect to the learning outcomes, their experimental skills, the creative thinking in science and their attitudes towards learning about Biomolecules. The research was carried out by constructing some multimedia CAI lessons followed by evaluation before conducting the experimental teaching. The CAI software was developed using the program Macromedia Authorware. The lessons were comprised of 3 units; (1) Atom and Molecules (2) Biomolecules: [Types, Structure, Importance and Assembly of Biomolecules] (3) Experiments on Tests of Biomolecules. The CAI lessons were evaluated by experts and achieved the 80/80 criteria upon try-out. For the phase of experimental teaching; two classes of students at Suwannaramvithayakom School were randomly selected from the Mathematics – Science streams. In one room, the experimental group studied using the developed CAI while in the other room, the control group studied using the regular approach. Then the data were collected and statistically analyzed.

The results were as the followings: (1) The CAI on Biomolecules lessons achieved the 80/80 criteria. (2) The post-test average score was significantly higher than the pre-test at the level of .00. (3) The attitude of the experimental students to CAI was at the level "Agreement" ($\bar{X} = 4.14$). (4) The post-test average score of the experimental group was significantly higher than that of the control group at the level of .00. (5) The experimental group and the control group were not significantly different in their average scores with respect to experimental skills and creative thinking. (6) The average score with respect to attitudes to learning about Biomolecules of the experimental group was significantly higher than that of the control group at the level of .00.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาวัตกรรมการบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุล
ด้วยรูปแบบการบูรณาการสำหรับนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 4

ของ

พันเอกหญิง อลิสา เสนามนตรี

ได้รับการอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษาดุष्ฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)

วันที่ เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2551

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ประธาน

(ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ)

..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา ชูครุวงศ์)

..... กรรมการ

(ว่าที่ร้อยตรี ดร.มนัส บุญประกอบ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรินทร์ ชัยวิสุทธิทางกูร)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา ชูครุวงศ์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรินทร์ ชัยวิสุทธิทางกูร)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณสรณ์ ผลโภาค)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จได้เป็นเพราะผู้วิจัยได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจากท่านอาจารย์ ว่าที่ ร.ต.ดร.มนัส บุญประกอบ ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา ชูวงศ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรินทร์ ชัยวิสุทธิทางกูร กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ได้ช่วยให้คำปรึกษาแนะนำในการจัดทำงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ประยงค์ พงษ์ทองเจริญ ที่ให้ความช่วยเหลือดูแลและแนะนำในสิ่งต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการศึกษา ท่านอาจารย์ ดร.พรณี บุญประกอบ และ Professor Dr. Edward Wood ที่กรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์ ทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากขึ้น ขอขอบพระคุณท่านผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุล และเครื่องมือวิจัยต่าง ๆ ที่ผู้วิจัยได้สร้างและพัฒนาขึ้น ขอขอบคุณ ท่านอาจารย์ ทศนา ทองภักดี ที่ให้ความช่วยเหลือในการแนะนำโรงเรียนสำหรับทดลองสอน และคุณวรวิชนี อิ่มใจจิตต์ ที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือด้านการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งขอขอบคุณ คุณสุทธิศักดิ์ ตันติวิทิตพงศ์ ที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือเป็นอย่างมากในการทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจนสำเร็จไปด้วยดี

นอกจากนี้ ขอขอบคุณ ว่าที่ ร.ต. ดร.สุวิทย์ สรณารักษ์ ผู้อำนวยการโรงเรียนสุวรรณารามวิทยาคม อาจารย์สมศรี คงสุวรรณ หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ อาจารย์ห่มดวงวิชา วิทยาศาสตร์ทุกท่าน และนักเรียนทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณ ภาควิชาชีวเคมี วิทยาลัยแพทยศาสตร์พระมงกุฎเกล้า ที่ให้การสนับสนุนกระทั้งงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จ

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา คุณกิติ และคุณสุดสงวน บุรพรัตน์ รวมถึงครอบครัวที่เป็นพลังใจสำคัญยิ่ง ส่งเสริม และสนับสนุนจนกระทั่งผู้วิจัยประสบความสำเร็จในการศึกษาระดับปริญญาเอก

หากคุณค่าและประโยชน์อันใดที่เกิดขึ้นจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่ บุพการี บุรพจารย์ทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบันที่ได้ให้ความกรุณาอบรมสั่งสอน และเกื้อหนุนตลอดระยะเวลาที่ศึกษาและทำงานวิจัย

พันเอกหญิง อลิสา เสนามนตรี

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง.....	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	7
	ความสำคัญของการวิจัย.....	8
	ขอบเขตของการวิจัย.....	8
	นิยามศัพท์เฉพาะ.....	11
	สมมติฐานการวิจัย.....	13
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	14
	เอกสารเกี่ยวกับเนื้อหาและการสอนเรื่องสารชีวโมเลกุลแบบบูรณาการ.....	14
	ความหมายของการบูรณาการ.....	14
	ความสำคัญของการบูรณาการ.....	15
	ลักษณะของหลักสูตรบูรณาการที่ดี.....	16
	รูปแบบของการบูรณาการ.....	17
	เนื้อหาและการสอนเรื่องสารชีวโมเลกุลแบบบูรณาการ.....	18
	เอกสารเกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	19
	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์.....	19
	ทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์.....	21
	การวัดผลสัมฤทธิ์ตามวัตถุประสงค์ทางการศึกษา.....	21
	เอกสารเกี่ยวกับนวัตกรรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสม.....	24
	ความหมายของนวัตกรรม.....	24
	ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสม.....	25
	ลักษณะของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	27
	ข้อดีของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	28
	ข้อจำกัดของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	29
	การนำเสนอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	29
	เอกสารเกี่ยวกับการออกแบบ การสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	
	แบบสื่อประสม.....	31
	การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	31
	การสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสม.....	39
	การประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	43

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
2 (ต่อ)	
การหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	45
เอกสารที่เกี่ยวกับความคิดขั้นสูงด้านความคิดสร้างสรรค์.....	48
ความหมายของความคิดสร้างสรรค์	48
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์.....	49
องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์.....	52
ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์.....	53
แนวทางในการจัดกิจกรรมเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์..	54
วิธีการวัดความคิดสร้างสรรค์.....	59
เอกสารที่เกี่ยวกับเจตคติ.....	61
ความหมายของเจตคติ.....	61
องค์ประกอบของเจตคติ.....	62
การวัดพฤติกรรมด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์.....	63
การสร้างแบบทดสอบเจตคติ.....	64
งานวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษาค้นคว้าทั้งในและต่างประเทศ.....	66
งานวิจัยที่เกี่ยวกับการวิจัยและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน.....	66
งานวิจัยในต่างประเทศ.....	66
งานวิจัยในประเทศ.....	70
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดขั้นสูงด้านความคิดสร้างสรรค์ทาง	73
วิทยาศาสตร์	
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	76
การสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีว	
โมเลกุล	80
การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	90
การทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุล.....	93
การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	94
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	98
ตอนที่ 1 การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีว	
โมเลกุลสำหรับนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์80/80	98
ตอนที่ 2 การนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลที่	
พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน.....	101

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
5 สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ	118
สังเขปความมุ่งหมาย สมมติฐาน และวิธีการวิจัย.....	118
วิธีดำเนินการวิจัย.....	118
สรุปผลการวิจัย.....	119
อภิปรายผล	120
ข้อเสนอแนะ	131
 บรรณานุกรม	 135
 ภาคผนวก.....	 146
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ.....	147
ภาคผนวก ข แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯโดยผู้เชี่ยวชาญ.....	150
ภาคผนวก ค แบบประเมินแบบวัดเจตคติโดยผู้เชี่ยวชาญ.....	155
ภาคผนวก ง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	160
ภาคผนวก จ ผลการประเมินคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	186
ภาคผนวก ฉ ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติ.....	202
ภาคผนวก ช แผนผังเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ.....	213
ภาคผนวก ซ ภาพตัวอย่างเนื้อหาในบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ.....	223
ภาคผนวก ฎ ภาพกิจกรรมการเรียนการสอน.....	239
ประวัติย่อผู้วิจัย	242

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงจุดประสงค์การเรียนรู้และน้ำหนักพฤติกรรมการเรียนรู้.....	81
2 แสดงรูปแบบโปรแกรมที่ใช้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์.....	86
3 แสดงคำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยของกลุ่มย่อยจากการทดสอบระหว่างเรียนในหัวข้อต่างๆของทุกหน่วยในบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯหลังการปรับปรุงแก้ไข.....	98
4 แสดงคำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มย่อยจากการทดสอบหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ.....	99
5 แสดงคำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มนักเรียน 30 คนจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน ในหัวข้อต่างๆของทุกหน่วยในบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ.....	100
6 แสดงคำร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มนักเรียน 30 คนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ.....	101
7 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในหัวข้อต่างๆของเรื่องชีวโมเลกุลก่อนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯของนักเรียนกลุ่มทดลอง.....	102
8 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องชีวโมเลกุลก่อนทดลองคิดเป็นร้อยละของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	103
9 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในหัวข้อต่างๆของเรื่องชีวโมเลกุลของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม.....	104
10 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยทักษะการทดลองเรื่องการทดสอบสารชีวโมเลกุลของผู้เรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง.....	107
11 แสดงผลวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง.....	108
12 แสดงคะแนนเฉลี่ยเจตคติของนักเรียนกลุ่มทดลองที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ.....	109
13 แสดงผลวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุลในแต่ละข้อในองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน ระหว่างนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง.....	112
14 แสดงผลวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนชีวโมเลกุลในองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน และค่าเฉลี่ยรวม ของนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง.....	117

บัญชีตาราง(ต่อ)

ตาราง	หน้า
15 แสดงแบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ด้านเนื้อหา.....	151
16 แสดงแบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา.....	153
17 แสดงแบบประเมินความสอดคล้องของแบบวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ.....	156
18 แสดงแบบประเมินความสอดคล้องของแบบวัดเจตคติต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุล.....	158
19 แสดงการจำแนกข้อสอบเรื่องชีวโมเลกุลตามจุดประสงค์การเรียนรู้และจุดประสงค์เชิง พฤติกรรม.....	161
20 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ฉบับที่ 1.....	187
21 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ฉบับที่ 2.....	189
22 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ฉบับที่ 1.....	191
23 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ฉบับที่ 2.....	193
24 แสดงผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี การศึกษา.....	195
25 แสดงผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา.....	197
26 แสดงผลประเมินความสอดคล้องของแบบวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ.....	199
27 แสดงผลประเมินความสอดคล้องของแบบวัดเจตคติต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุล.....	201
28 แสดงค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบฉบับ 1	203
29 แสดงค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบฉบับ 2.....	204
30 แสดงค่าคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของคะแนนจากแบบทดสอบระหว่างเรียนในหัวข้อ ต่างๆของทุกหน่วยในบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯของนักเรียน 9 คน.....	206
31 แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ย จากการทดสอบหลังเรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ของนักเรียน 9 คน.....	207
32 แสดงค่าคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของคะแนนจากแบบทดสอบระหว่างเรียนในหัวข้อ ต่างๆของทุกหน่วยในบทเรียนฯ ของนักเรียน 30 คน.....	208
33 แสดงค่าคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียนด้วย บทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ของนักเรียน 30 คน.....	210
34 แสดงผลการวิเคราะห์การประเมินการสอนปฏิบัติการเรื่องการทดสอบชีวโมเลกุลของ นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ(กลุ่มทดลอง)และนักเรียนที่เรียนด้วย การสอนปกติ(กลุ่มควบคุม).....	212

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	77
2 การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์.....	78
3 กระบวนการนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ไปทดลองสอน.....	79
4 ตัวอย่างเนื้อหาในบทเรียนคอมพิวเตอร์.....	224
5 การเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์.....	240
6 การทดลองในห้องปฏิบัติการ.....	241

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศไทยมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาเป็นเวลามากกว่า 10 ปี ดังปรากฏในแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติฉบับที่ 7 (พ.ศ.2535 -2539) และแผน พัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ.2540-2544) อย่างไรก็ตามการพัฒนาประเทศในช่วงที่ผ่านมาพบว่าฐานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของไทยยังคงอยู่ในสภาพที่อ่อนแอ อันดับขีดความสามารถการแข่งขันด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอยู่ในลำดับต่ำมาก สาเหตุเนื่องมาจากการวิจัยและพัฒนาที่ยังมีน้อยมากทั้งในภาครัฐและเอกชน ทำให้ต้องพึ่งพาการซื้อเทคโนโลยีจากต่างประเทศ นักวิจัยที่มีคุณภาพมีปริมาณน้อยไม่สามารถพัฒนานวัตกรรมเพื่อเพิ่มขีดความสามารถของตนเองได้ แม้ศักยภาพและระดับคุณภาพชีวิตโดยรวมดีขึ้น มีการศึกษาสูงขึ้น โดยจำนวนปีที่ได้รับการศึกษาโดยเฉลี่ยของคนไทยอายุ 15 ปีขึ้นไปเพิ่มขึ้นจาก 6.4 ปี ในปี 2535 เป็น 7 ปี ในปี 2540 และอัตราการเข้าเรียนหนังสือของเด็กมีแนวโน้มดีขึ้นทุกระดับชั้น แต่คุณภาพการศึกษายังไม่ก้าวหน้าเท่าที่ควร เนื่องจากระดับการศึกษาของคนไทยที่มีอายุ 13 ปีขึ้นไป ร้อยละ 70 อยู่ในระดับประถมศึกษาและต่ำกว่า อีกทั้งระบบการศึกษาและกระบวนการเรียนรู้อยู่ปรับเปลี่ยนไม่ทันการเปลี่ยนแปลง คุณภาพไม่ได้มาตรฐาน ไม่ได้สร้างคนให้คิดเป็นทำเป็นและมีคุณธรรมจริยธรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขาดกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำให้ไม่สามารถพัฒนานวัตกรรมและนำเทคโนโลยีมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขาดการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นของไทยมาปรับใช้อย่างเหมาะสม มีผลให้คนไทยไม่สามารถพัฒนาตนเองได้สอดคล้องกับเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไปในระดับสูงได้เท่าที่ควร กล่าวได้ว่าคุณภาพการศึกษาเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ยังคงเป็นจุดอ่อนของการพัฒนาประเทศ (กรอบวิสัยทัศน์และทิศทางแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 9, 2543) ดังนั้นเพื่อให้บรรลุการเสริมสร้างขีดความสามารถของประชาชนจากฐานรากของสังคมให้เข้มแข็ง แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 9 (พ.ศ.2545-2550) จึงได้กำหนดเป้าหมายในการพัฒนาคุณภาพคนรวมทั้งมีการกำหนดยุทธศาสตร์การพัฒนาความเข้มแข็งทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยให้ความสำคัญกับการประยุกต์ใช้และการพัฒนาเทคโนโลยี การพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยการปฏิรูปการศึกษาที่เน้นกระบวนการเรียนรู้ตามหลักวิทยาศาสตร์ให้เพิ่มคุณภาพการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทุกระดับให้ได้มาตรฐาน โดยมีแนวทางการพัฒนาที่เสริม สร้างความรู้ความเข้าใจและกำหนดแนวทางปฏิบัติให้ชัดเจนเกี่ยวกับการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสำคัญที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์และการคิดตามหลักวิทยาศาสตร์ ให้ผู้เรียนได้ทดลองปฏิบัติจริง เลือกเรียนได้ตามความถนัดและสนใจ สามารถแสวงหาและสร้างความรู้ด้วยตนเองที่นำไปสู่การรู้จักคิด วิเคราะห์ ควบคู่กับการปรับปรุงวิธีการสอบและการวัดผลให้สะท้อนถึงความรู้ความเข้าใจและสติปัญญาของผู้เรียนอย่างแท้จริง และ

ให้มีการใช้สื่อการศึกษาทุกรูปแบบ นอกจากนั้นการปรับหลักสูตรควรให้มีความหลากหลาย ยืดหยุ่น สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่นโดยเพิ่มเนื้อหาสาระที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ เพื่อความเหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงของวิทยาการสมัย ใหม่ ที่เน้นด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อขยายฐานความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีให้ได้มาตรฐานสากลและการรู้เท่าทันโลก (แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 9 พ.ศ. 2545-2550 : 38-42)

ปัจจุบันการจัดหลักสูตรการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ควรเป็นแบบบูรณาการ นั่นคือการนำศาสตร์ต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันมาผสมผสานกันเพื่อให้เกิดองค์รวมของเนื้อหามากกว่าองค์ความรู้ราย วิชาและเน้นถึงการสร้างความรู้ของผู้เรียนมากกว่าการให้เนื้อหาจากผู้สอน โดยมุ่งให้ผู้เรียนมีการพัฒนา ตนเองได้อย่างเต็มที่ให้รู้จักตนเอง สามารถใช้ความคิดเห็นอย่างเสรีในการเลือก และรับผิดชอบในสิ่งที่ตนตัดสินใจ เนื่องจากในกระบวนการของการศึกษาผู้เรียนคือผู้ที่สำคัญที่สุด (ศักดิ์ดา ปรารงค์ประทานพร. 2526 : 143) เป็นไปตามแนวทางในการจัดการศึกษา พระราชบัญญัติ การศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 (กรมสามัญศึกษา. 2542 :13) มาตราที่ 22 ให้ยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ

ในยุคโลกาภิวัตน์ ความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเจริญรุดหน้าไปอย่างรวดเร็ว ส่งผลกระทบต่อสังคมความเป็นอยู่ของมนุษย์ในหลายๆทางโดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้าน การศึกษาที่ต้องมุ่งให้มีการพัฒนาศักยภาพให้เท่าเทียมหรือสูงกว่าอารยประเทศทั้งหลาย ได้มีการนำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อการพัฒนาทางการศึกษา หรือที่เรียกว่า “เทคโนโลยีทางการศึกษา” (Educational Technology) มาใช้เพื่อเพิ่มพูนประสิทธิภาพ และประสิทธิผลการเรียนรู้แก่ผู้เรียน ได้มากยิ่งขึ้น โดยในหมวด 9 ของพระ ราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545 (สำนักงานคณะ กรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2545 : 37) ได้บรรจุ เรื่องเทคโนโลยีการศึกษามีความว่ารัฐบาลจะต้องส่งเสริมสนับสนุนให้มีการผลิตและพัฒนาสื่อ การสอนทุกรูปแบบ จะต้องส่งเสริมให้มีการวิจัยการผลิตและ การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา มีการ ประเมินคุณภาพและประสิทธิภาพของการผลิต และการใช้เทคโนโลยี ในทศวรรษนี้คอมพิวเตอร์ จัดเป็นอุปกรณ์ที่เป็นเทคโนโลยีระดับสูงที่เข้ามามีบทบาทมากในชีวิตประจำวัน สามารถนำมา ประยุกต์ใช้ในการศึกษาได้เป็นอย่างดีเนื่องจากสามารถนำมาใช้ในการค้นคว้าหาความรู้จากแหล่ง ของข้อมูลทั่วโลกได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพยิ่งโดยการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศผ่าน เครือข่ายอินเทอร์เน็ตในลักษณะเว็ลด์ไวด์เว็บ นอกจากนั้นการให้คอมพิวเตอร์มีบทบาทช่วยสอน โดยการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (Computer-Assisted Instruction or CAI) ระบบสื่อ ประสมซึ่งมีลักษณะเป็นสื่อหลายมิติที่สามารถเสนอเนื้อหาข้อมูลได้ทั้งภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหวที่เห็น เป็น 3 มิติและเสียงประกอบ (sound effects) อันจะทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจ สนุกสนาน โดยมิ การโต้ตอบระหว่างผู้เรียนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ได้เป็นอย่างดี และสามารถตอบสนองต่อข้อมูลที่

ผู้เรียนป้อนเข้าไปได้ทันทีเป็นการเสริมแรงให้แก่ผู้เรียน (กิดานันท์ มลิทอง.2536 : 187) นอกจากนี้การที่องค์ความรู้มีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วเกินกว่าที่จะใช้วิธีการสอนปกติ อีกทั้งการที่ผู้เรียนมีความสามารถต่างกัน บางคนต้องใช้เวลาในการทำความเข้าใจ ในขณะที่บางคนสามารถเข้าใจได้ทันที เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดความเหลื่อมล้ำ เบื่อหน่ายและไม่อยากเรียน ดังนั้นสื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพจะสามารถช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวนี้ได้ คอมพิวเตอร์ช่วยให้การเรียนมีทั้งประสิทธิภาพและประสิทธิผล โดยประสิทธิภาพจะสามารถช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่าย ส่วนในด้านประสิทธิผลจะช่วยให้ผู้เรียนบรรลุจุดมุ่งหมาย (วารินทร์ รัตมีพรหม. 2531 :192) ให้มีการบรรลุวัตถุประสงค์เป็นรายบุคคล การศึกษารายบุคคลเป็นวิธีการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยผู้เรียนสามารถเรียนได้ช้าหรือเร็วตามความสามารถและความสนใจโดยไม่ต้องรอซึ่งกันและกันระหว่างผู้เรียนในกลุ่ม ซึ่งสื่อที่ใช้เรียนต้องได้รับการทดสอบและทดลองมาแล้วว่ามีประสิทธิภาพดี การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะเป็นสื่อที่มีการโต้ตอบกับผู้เรียนด้วย และการที่เนื้อหาบทเรียนมักเป็นหน่วยผู้เรียนจึงสามารถเลือกเนื้อหาที่สนใจเรียนก่อนได้ตามต้องการ (กิดานันท์ มลิทอง. 2536 :166) ประการสำคัญคอมพิวเตอร์สามารถปรับเนื้อหาได้จึงสามารถให้ความรู้ได้ทัดเทียมกับการเรียนการสอนในห้องปกติ โดยผู้เรียนสามารถทบทวนเนื้อหาซ้ำได้ตามต้องการทำให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น (Sims. 1991:18) การที่บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นสื่อที่สร้างโดยได้รับอิทธิพลจากจากแนวความคิดของนักจิตวิทยากลุ่มพฤติกรรมนิยมที่เชื่อว่าการสอนที่ได้กำหนดวัตถุประสงค์เอาไว้ล่วงหน้าเป็นอย่างดี มีความเหมาะสมกับผู้เรียนแต่ละคน โดยจัดรูปแบบการนำเสนอความรู้เป็นหน่วยที่สัมพันธ์กันเป็นลำดับจะช่วยทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์และบรรลุผลในการเรียนที่ต่อเนื่อง เกิดการเรียนรู้แบบเอกัตภาพ (Individual Learning) (วุฒิชัย ประสานสอย. 2543 : 1) นอกจากนี้การใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนรวมกับการสอนแบบบรรยายและการอภิปรายจะทำให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชานั้นมากขึ้น (Soyibo K;& Hudson A. 2000 : 191-199) ตามที่กล่าวมาข้างต้นนั้นจะเห็นได้ว่าการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนช่วยส่งเสริมแนวทางการปฏิรูปการศึกษาที่ต้องการให้ผู้เรียนได้มีบทบาทในการเรียนรู้ด้วยตนเองเป็นสำคัญ

จากการประชุมสมัชชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนา ครั้งที่ 3 ในเรื่องทิศทางอนาคตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทยใน 10 ปี (พ.ศ.2547-2556) กลุ่มการเรียนการสอนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ได้เสนอกรอบพิจารณา 3 กลุ่มเป้าหมายคือการพัฒนาเด็กและเยาวชนสู่อาชีพทางด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (ครอบคลุมถึงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)และศักยภาพกระบวนการเรียนรู้ การพัฒนานักวิชาชีพ/นักวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และการพัฒนาสังคมไทยให้ตระหนักในสำคัญของวิทยาศาสตร์ ในด้านการพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์และศักยภาพกระบวนการเรียนรู้ มีข้อหนึ่งให้พัฒนาสื่อด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสำหรับการศึกษาในระบบและนอกระบบโดยมีองค์ประกอบการพัฒนาที่สำคัญ คือหลักสูตรการศึกษาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานขั้น

อุดมศึกษาและอาชีวศึกษาทั้งในและนอกระบบมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ทักษะกระบวนการเรียนรู้/ทักษะการใช้ความคิด/ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สารสนเทศ (ทิศทางอนาคตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทยใน 10 ปี กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. พ.ศ.2547 : 178-181) นอกจากนี้ยังมีโครงการพัฒนาสื่อส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์สำหรับเด็กและเยาวชนเพื่อผลิตสื่อส่งเสริมการเรียนรู้ระดับอนุบาล ประถมศึกษาและ มัธยมศึกษา โดยสื่อต้องเน้นเนื้อหาวิทยาศาสตร์ร่วมสมัย วิทยาศาสตร์ทันสมัย วิทยาศาสตร์ล้ำสมัย และวิทยาศาสตร์ในอนาคต (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.พ.ศ.2547 : 231-232) กลุ่มที่มีความสำคัญอีกกลุ่มหนึ่งคือ กลุ่มนาโนเทคโนโลยีซึ่งมีเป้าหมายหลักคือ 1) ประเทศไทยมีผลิตภัณฑ์ ที่ใช้นาโนเทคโนโลยี คิดเป็นมูลค่าประมาณร้อยละ 1 ของผลิตภัณฑ์มวลรวม 2) ยกระดับสุขภาพและ สิ่งแวดล้อมด้วยนาโนเทคโนโลยี และที่สำคัญคือ 3) การเป็นศูนย์กลางด้านนาโนเทคโนโลยีของ ภูมิภาคอาเซียนในอีก 10 ปีข้างหน้า

ในช่วงศตวรรษที่ 21 รัฐบาลทั่วโลกต่างทุ่มเทงบประมาณในการศึกษาวิจัยด้านนาโนไป มาก กว่า เจ็ดหมื่นล้านเหรียญดอลลาร์อเมริกัน การค้นคว้าวิจัยในการพัฒนาด้านนาโนเกี่ยวข้องกับ ครอบคลุมศาสตร์สาขาต่างๆ ทั้ง เคมี ชีววิทยา การแพทย์ ฟิสิกส์ วิศวกรรมศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ (Ratner, Mark. ;& Daniel Ratner. 2003). การที่ประเทศไทยต้องการเป็นศูนย์กลางด้านนาโนของ ภูมิภาคอาเซียนในอีก 10 ปีข้างหน้า จึงควรจัดให้มีการศึกษาด้าน"นาโนศาสตร์ (nanoscience)" คือ การศึกษาหลักการพื้นฐานของโมเลกุลและโครงสร้างขนาด 1 ถึง 100 นาโนเมตร โครงสร้างเหล่านี้ เรียกรวมกันว่าโครงสร้างนาโน (nanostructure) นาโนเทคโนโลยี ในทางหนึ่งคือการทำให้อะตอม โครงสร้างนาโนเหล่านี้กลายเป็นวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นเพื่อให้มีความเข้าใจเบื้องต้น จึงควรให้ความ รู้เกี่ยวกับโครงสร้างอะตอมถึงโมเลกุลแก่นักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 4 ในที่นี้จะมุ่งเน้น ไปทางระบบชีวภาพเป็นสำคัญ การเรียนรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและคุณสมบัติของชีวโมเลกุลเป็นรากฐาน ของการศึกษาเคมีในสิ่งมีชีวิตและเป็นพื้นฐานที่จะนำไปสู่ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งนาโนเทคโนโลยีซึ่งกำลังเป็นที่สนใจอยู่ในขณะนี้

ในระดับช่วงชั้นที่ 4 หรือมัธยมศึกษาตอนปลาย เนื้อหาของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ทั้งวิชา เคมี ชีววิทยา และฟิสิกส์มีองค์ความรู้ที่ขยายตัวเพิ่มขึ้นกว่าเดิมมาก เนื้อหาบางส่วนของทั้ง 3 วิชา มีความซ้ำซ้อนกัน ในขณะเดียวกันต่างเป็นพื้นฐานของกันและกันและมีการเชื่อมโยงกัน ดังนั้นจึงเป็น การดีหากมีการบูรณาการเนื้อหาหลักสูตรให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้เนื้อหาทั้งเคมี ชีววิทยาและฟิสิกส์ ไปได้ในเวลาเดียวกันซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจซึมซาบเนื้อหา และมองเห็นความสำคัญ ของวิชาที่เป็นพื้นฐานเหล่านี้มากขึ้น ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ จุดประสงค์หลักที่ต้องการ คือการพัฒนาผู้เรียนทาง ด้านหลักการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิด วิเคราะห์และการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ การสื่อสารและการสามารถตัดสินใจเลือกใช้ข้อมูลได้ อย่างเหมาะสม รวมทั้งการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในชีวิต มีเจตคติทาง วิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2538

: ค บทนำ) นอกจากนั้นยังต้องการให้เกิดความสามารถในการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา (Problem solving) มีความคิดขั้นสูง (Higher-order thinking) และมีทักษะในการสื่อสาร (Communication skills) (หน่วยศึกษานิเทศก์. 2539 : 24) ดังนั้นในปีพ.ศ. 2546 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงได้กำหนดเป้า หมายที่สำคัญของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในสถานศึกษาได้แก่ การให้เกิดความเข้าใจในหลักการ ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในวิทยาศาสตร์ ขอบเขต ธรรมชาติและข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์ ให้มีทักษะที่สำคัญ ในการศึกษา ค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พัฒนาระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการ ทักษะในการสื่อสารและความสามารถในการตัดสินใจ ให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน ให้มีการนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต ให้เป็นคนที่มีจิตวิทยาศาสตร์มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.2546 :4)

ชีววิทยาเป็นสาขาวิชาวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์ที่มีความสำคัญยิ่งเนื่องจากเป็นรากฐานที่สำคัญต่อการวิจัยและพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพ ความรู้ทางด้านชีววิทยาส่วนใหญ่เป็นการศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างการทำงานของระบบต่างๆของสิ่งมีชีวิต กระบวนการดำรงชีวิต การเจริญเติบโตและความเป็น อยู่ของสิ่งมีชีวิตเป็นส่วนใหญ่ อย่างไรก็ตามการศึกษาวิชาชีววิทยาจะต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิชาเคมีและฟิสิกส์ที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตด้วยจึงจะทำให้เกิดความเข้าใจในหลักการ ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานในวิทยาศาสตร์ได้อย่างลึกซึ้ง จากเนื้อหาในหนังสือสาระการเรียนรู้พื้นฐาน และเพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธ ศักราช 2544 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. 2546 :41-59) ที่ได้พัฒนาขึ้นตามมาตรฐานการเรียนรู้เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตและกระบวนการดำรงชีวิตและชีวิตกับสิ่งแวดล้อมซึ่งสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้พื้นฐาน และเพิ่มเติม โดยในบทที่ 3 เป็นเรื่องเคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับสารชีวโมเลกุลได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน และกรดนิวคลีอิกและ ในวิชาวิทยาศาสตร์สาระที่ 3 เรื่องสารและสมบัติของสาร ตามมาตรฐานช่วงชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามผังมโนทัศน์สาระการเรียนรู้พื้นฐานวิทยาศาสตร์ (เคมี) ช่วงชั้น ม.4 - ม.6 จะมีเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่องสารชีวโมเลกุลเช่นเดียวกัน ทำให้มีเนื้อหาบางส่วนที่ซ้ำซ้อนกัน จึงจะเป็นการดีที่จะนำเนื้อหาเหล่านั้นมาบูรณาการเข้าด้วยกันและเพิ่มเติมการเรียนรู้พื้นฐานเรื่องโครงสร้างของอะตอมซึ่งสามารถแทรกสาระทางฟิสิกส์เข้าไปได้พร้อม ๆกัน สารชีวโมเลกุลมีความสำคัญมากต่อสิ่งมีชีวิต แม้จะเป็นสารอินทรีย์ที่ไม่มีชีวิตแต่สามารถประกอบเข้าด้วยกันเพื่อทำหน้าที่ต่างๆในร่างกาย เช่นโครงสร้างผนังเซลล์และการประกอบกันในการทำงานของกล้ามเนื้อ เป็นต้น นอกจากนั้นยังสามารถเกิดการผลักดันกัน กระทบกันทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีเพื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นในสิ่งมีชีวิต ตามปกติการศึกษาโครงสร้างของสาร

ชีวโมเลกุลเหล่านี้จากหนังสือ ผู้เรียนจะเห็นเป็นเพียงภาพนิ่ง 2 มิติเท่านั้น จึงทำให้ผู้เรียนไม่สามารถเข้าใจโครงสร้างและเนื้อหาได้อย่างลึกซึ้ง แม้แต่ภาพบางภาพในหนังสือเรียนก็ยังสื่อความหมายได้ไม่ถูกต้องและไม่เป็นสากล ผลคือทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน จากประสบการณ์ของผู้วิจัยพบว่า เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาต่อเนื่องไปถึงการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านแพทยศาสตร์ เกษตรศาสตร์และวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยต้องการที่จะพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น โดยการนำคอมพิวเตอร์ มาใช้ร่วมในการสอนในรูปแบบที่เรียกว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในลักษณะสื่อประสมเชิงโต้ตอบเพื่อเพิ่มปฏิสัมพันธ์ระหว่างสื่อกับผู้เรียน การพัฒนาดังกล่าวจัดเป็นนวัตกรรม เนื่องจากเป็นการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์แบบสื่อประสมมาสร้างบทเรียนเพราะสามารถช่วยกระตุ้นความสนใจให้ผู้เรียน เกิดความอยากเรียนรู้ อีกทั้งผู้วิจัยจะสร้างโมเลกุลในรูปแบบโครงสร้าง 3 มิติ โดยใช้โปรแกรมไฮเปอร์เคมี (HyperChem) อัลเคมี (Alchemy) และราสมอล (Rasmol) จัดทำให้อยู่ในรูปแบบภาพกราฟิกและโดยเฉพาะอย่างยิ่งภาพเคลื่อนไหวเพื่อแสดงให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจในบทเรียนซึ่งมีเฉพาะรูปภาพ 2 มิติได้ง่ายยิ่งขึ้นและมีความถูกต้องเป็นสากล โดยแสดงให้เห็นถึงสิ่งที่อยู่ในจินตนาการของผู้เรียนซึ่งเป็นนามธรรมออกมาเป็นรูปธรรมได้ โดยโครงสร้างโมเลกุลที่สร้างประกอบด้วยอะตอมต่างชนิดมีสีต่างกันเป็นภาพเคลื่อนไหว 3 มิติพร้อมทั้งมีเสียงบรรยายประกอบ พร้อมให้มีการศึกษาโครงสร้างโมเลกุล 3 มิติ โดยใช้โปรแกรมหาดังกล่าว จะทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจลักษณะพันธะชนิดต่างๆ ในโมเลกุล stereochemistry ของสารโมโนเมอร์และโครงสร้างของสารโพลิเมอร์ได้อย่างชัดเจน อีกทั้งการจัดลำดับเนื้อหาสามารถทำจากสิ่งที่ยากไปสู่สิ่งที่ง่ายได้ ทำให้สามารถจดจำเนื้อหาได้นานเพราะเกิดความเข้าใจในบทเรียนได้ดีขึ้น รวมทั้งให้มีการเชื่อมโยงเนื้อหากันด้วย ปกติการเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยส่วนมากทั่วไปจะเป็นกิจกรรม on screen คือผู้เรียนต้องอยู่เฉพาะหน้าจอเท่านั้น ทำให้ไม่สามารถตอบสนองให้ผู้เรียนมีทักษะปฏิบัติได้ครบถ้วน ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบให้มีการเรียนแบบ off screen คือออกคำสั่งในจอคอมพิวเตอร์ให้ผู้เรียนละจากจอภาพไปปฏิบัติงานตามคำสั่ง ในที่นี้กำหนดให้ผู้เรียนทำการทดสอบคุณสมบัติของสารชีวโมเลกุลชนิดต่างๆ ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีการเรียนแบบกลุ่มร่วมมือเพื่อเพิ่มทักษะการปฏิบัติภายหลังจากการเรียนรู้ด้วยตนเองจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และเชื่อมโยงความรู้พื้นฐานนี้ไปสู่ความรู้วิทยาศาสตร์สมัยใหม่โดยเฉพาะด้านนาโนเทคโนโลยีที่ทั่วโลกกำลังสนใจและประเทศไทยต้องการเป็นศูนย์กลางด้านนาโนเทคโนโลยีในภูมิภาคเอเชีย ที่สำคัญได้ส่งเสริมให้มีการค้นคว้าด้วยตนเองด้วยการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสารชีวโมเลกุลจากอินเทอร์เน็ตผ่านเครือข่ายเว็บไซต์เว็บ ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย (meaningful learning) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้เน้นถึงการให้ผู้เรียนสามารถทบทวนบทเรียนได้ด้วยตนเอง ทั้งยังทำให้ผู้เรียนเพิ่มสมรรถภาพความคิดขั้นสูงด้านความคิดสร้างสรรค์ (Higher order thinking on creativity) ถึงแม้ว่าในประเทศไทยจะมีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอน และมีการศึกษาพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมาเป็นเวลากว่าสิบปีแล้วก็ตาม แต่ผู้วิจัยยังไม่พบว่า มีบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมในเรื่องชีวโมเลกุลแบบ

บูรณาการดังกล่าว ที่เป็นภาษาไทยและเหมาะสมสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย แต่จะพบได้จาก ซีดี-รอม ที่มาพร้อมกับหนังสือของต่างประเทศ (textbook) นอกจากนั้นผู้เขียนโปรแกรมบทเรียนส่วนใหญ่ก็ไม่ค่อยมีความรู้ในเรื่องเนื้อหาที่ออกแบบจึงทำให้ได้ผลงานที่ไม่ค่อยถูกต้องสมบูรณ์นัก และที่สำคัญคือรูปแบบกระบวนการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยจะนำเสนอตามที่ได้กล่าวมาเบื้องต้นนั้น ยังไม่ปรากฏว่ามีผู้ได้นำมาใช้ในระบบการเรียนการสอนมาก่อน

สำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ระบบสื่อประสมนี้ จะสามารถนำมาใช้ในระบบการเรียนรู้อย่างดีทั้งในลักษณะของการประกอบการเรียนตามหลักสูตร และการเสริมประสิทธิภาพการเรียนการสอนโดยเน้นการเรียนรู้หรือทบทวนบทเรียนด้วยตนเอง โดยจัดบันทึกข้อมูลเนื้อหาอยู่ในแผ่นซีดี-รอม เนื่องจากปัจจุบันแผ่นซีดี-รอม มีรูปแบบมาตรฐานเดียวกันทั้งหมด อายุการใช้งานทนทาน และข้อมูลมีความคงทนตลอดไปไม่มีการติดไวรัส ที่สำคัญแผ่นซีดี-รอม มีขนาดเล็ก สามารถพกพาและส่งไปยังที่ต่างๆ ได้สะดวก การเรียกดูข้อมูลภาพต่างๆ ที่มีขนาดใหญ่ สามารถทำได้รวดเร็วกว่าการเรียกดูจากอินเทอร์เน็ต นอกจากนั้นการผลิตแผ่นและเครื่องเล่นมีราคาไม่แพงจึงมีใช้กันอย่างแพร่หลาย (กิตานันท์ มลิทอง. 2543 : 295-296) ดังนั้นผู้วิจัยจึงประสงค์ที่จะทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลแบบบูรณาการให้อยู่ในรูปแบบแผ่นซีดี-รอม เพื่อให้สถานศึกษาหรือผู้เรียนสามารถนำไปใช้ในการเรียนได้อย่างทั่วถึง

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลในรูปแบบบูรณาการให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด สำหรับเนื้อหาบทเรียนที่ผู้วิจัยทำการค้นคว้าเพื่อบูรณาการขึ้นใหม่นั้นจะมีผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และสาระการเรียนรู้พื้นฐานตามที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กำหนดไว้ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานโดยให้มีความเชื่อมโยงกับวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ในเรื่องที่เกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1.จุดมุ่งหมายหลัก

เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องสารชีวโมเลกุลแบบบูรณาการให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์

2.จุดมุ่งหมายรอง

2.1 เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย และเจตคติของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลแบบบูรณาการ

2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับนักเรียนที่เรียนด้วยการสอนปกติ

2.3 เพื่อเปรียบเทียบเจตคติที่มีต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุลของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับนักเรียนที่เรียนด้วยการสอนปกติ

2.4 เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วย
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับนักเรียนที่เรียนด้วยการสอนปกติ

ความสำคัญของการวิจัย

- 1.ได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลที่มีประสิทธิภาพ เป็น
ฐาน ข้อมูลการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ในมาตรฐานช่วงชั้นที่ 4 หรือมัธยมตอนปลาย ในรูปแบบซีดี-
รอม
- 2.ผู้เรียนมีแหล่งการเรียนรู้ที่เป็นประโยชน์ เพื่อเพิ่มความเข้าใจในเนื้อหาวิชา ใช้บททวน
และสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้อย่างเต็มความสามารถ
- 3.บทเรียนสามารถนำไปจัดทำให้อยู่ในรูปแบบ E-learning courseware โดยการนำ
บทเรียนขึ้นเว็บทำให้ผู้เรียนมีโอกาสเรียนรู้ ในลักษณะทางไกล ช่วยแก้ปัญหาในเรื่องข้อจำกัดด้าน
สถานที่และเวลาในการเรียน อีกทั้งยังสามารถจัดให้มีการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน และ
ผู้เรียนด้วยกันอีกด้วย
- 4.เป็นแนวทางในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในเนื้อหาวิชาต่างๆซึ่งเป็น
ประโยชน์ต่องานด้านการศึกษาต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา (Research and Development) ที่มุ่งพัฒนาบทเรียน
คอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลแบบบูรณาการ 3 วิชา ได้แก่ ชีววิทยา เคมีและ
ฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยกำหนดขอบเขตและมีขั้นตอนในการดำเนินงาน
ดังนี้

1.การกำหนดเนื้อหา ผู้วิจัยเลือกเนื้อหาบทเรียนเรื่องสารชีวโมเลกุลได้แก่ คาร์โบไฮเดรต
ไขมัน โปรตีน และ กรดนิวคลีอิก เนื่องจากเป็นพื้นฐานสำคัญในการเรียนวิทยาศาสตร์ของสิ่งมีชีวิต
ที่ผู้เรียนควรมีความเข้าใจตั้งแต่โครงสร้างของสารชีวโมเลกุลเหล่านี้ให้ถูกต้อง และเป็นการยากที่
ผู้สอนจะแสดงให้เห็นโครงสร้างที่เป็น 3 มิติ อย่างชัดเจน อีกทั้งเนื้อหาเรื่องนี้มีความซ้ำซ้อน
ใน 3 วิชาดังกล่าวโดยเฉพาะอย่างยิ่ง เคมีและชีววิทยามีความซ้ำซ้อนกันมาก ผู้วิจัยแบ่งเนื้อหา
ออกเป็น 3 หน่วยย่อย รวม 20 คาบดังนี้

หน่วยที่ 1 โครงสร้างอะตอม โมเลกุล และพันธะเคมี	3 คาบ
หน่วยที่ 2 ชนิด โครงสร้าง ความสำคัญและ การประกอบเป็นโครงสร้างใหญ่โดยสารชีวโมเลกุล	14 คาบ
หน่วยที่ 3 การทดสอบสารชีวโมเลกุล	3 คาบ

การจัดทำเนื้อหานี้เกิดจากการค้นคว้าหาข้อมูลจากตำราต่างประเทศและในประเทศรวมถึงการ
สืบค้นจากอินเทอร์เน็ตเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและทันสมัย โดยสาระการเรียนรู้พื้นฐานและขอบเขต

เนื้อหาจะอยู่ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานที่จัดทำขึ้นโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.) เป็นหลัก

2.ระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

2.1. คอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ (Computer hardware) มีคุณลักษณะดังนี้

2.1.1 หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit: CPU) รุ่น อินเทล เพนเทียม เอ็ม โปรเซสเซอร์ (Intel Pentium M processor) ความเร็ว 1.70 GHz

2.1.2 หน่วยความจำชั่วคราว (Read Access Memory: RAM) มีขนาด 512 MB (Mega-bytes)

2.1.3 ฮาร์ดดิสก์มีความจุ 60 GB (Giga-bytes)

2.1.4 เครื่องอ่านซีดี รอม ความเร็ว 52X

2.1.5 เครื่องเขียน ซีดี รอม (CD-Writer) ความเร็ว 52X

2.1.6 การ์ดเสียง (Sound card) พร้อมลำโพงเสียงและไมโครโฟน

2.1.7 โมเด็ม (Modem) ความเร็ว 56BPS (Bit per second)

2.1.8 เครื่องสแกนเนอร์ (Scanner)

2.1.9 เครื่องพิมพ์แบบหมึกพ่น (Inkjet)

2.2 คอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์ (Computer software)

2.2.1 ระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์วินโดวส์ XP version 2002

2.2.2 โปรแกรมสำเร็จรูปประเภท Authoring system ใช้ โปรแกรมออดิเธอร์แวร์ (Authorware)

2.2.3 โปรแกรมสำเร็จรูปอื่นๆที่ใช้ในการทำภาพโมเลกุล 3 มิติได้แก่ ไฮเปอร์เคมี (HyperChem) อัลเคมี (Alchemy) และ ราสมอล (Rasmol)

2.2.4 โปรแกรมสำเร็จรูปอื่นๆที่ใช้ในการทำ ปรับปรุง ตัดต่อ แก้ไข ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และบันทึกเสียง ได้แก่ เพนท์ (Paint) โฟโตชอป (Photoshop) อะโดบี พรีเมียร์ (Adobe Premiere) แฟลช (Flash) และสแนกอิท (SnagIt)

3.การตรวจสอบคุณภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินในด้านเนื้อหาและด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา จากนั้นนำมาให้ทดลองเพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องและปรับปรุงแก้ไขให้ได้ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 ก่อนนำไปใช้ในการทดลองสอนเปรียบเทียบกับการสอนปกติ ในการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานนั้นกำหนดโดยอิงหลักการทางทฤษฎีหรือผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเป็นหลัก ในที่นี้ผู้วิจัยใช้เกณฑ์ 80/80 โดยอ้างอิงจากผลการวิจัยการหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดียสำหรับสอนวิชาฟิสิกส์ ในการวิจัยของ สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก(2541) และการหาประสิทธิภาพบทเรียน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนอเนกทัศน์เรื่องมรดกทางพันธุกรรมจากงานวิจัยของ สุนันทา มนัสมงคล (2542) ตลอดจนค่าประสิทธิภาพฐานข้อมูลการเรียนรู้แบบมัลติมีเดียที่ใช้ประกอบการสอนปฏิบัติการชีววิทยาจากการวิจัยของ ชาตรี เกิดธรรม(2542) ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมานั้นใช้เกณฑ์ 80/80

4.ประชากรที่ใช้ในการวิจัย นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 โรงเรียนสุวรรณารามวิทยาคม กรุงเทพมหานคร

5.กลุ่มตัวอย่าง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 วิชาเอกวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนสุวรรณารามวิทยาคม กรุงเทพมหานคร จำนวน 42 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่ายจากประชากร นำมาแบ่งเป็นกลุ่มตามระดับความสามารถเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มสูง ปานกลาง และต่ำ โดยใช้เทคนิค ร้อยละ 33 ของ เคอร์ตัน (Marry ;& Yem. 1979 :12; citing Cureton. 1957.) จากนั้นแบ่งกลุ่มตัวอย่างเพื่อทำการทดลองดังนี้

5.1.กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุล จำนวน 42 คน

5.1.1.ใช้ในการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ครั้งที่ 1 จำนวน 3 คน เป็นนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มสูง ปานกลาง และต่ำ อย่างละ 1 คน

5.1.2.ใช้ในการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ครั้งที่ 2 จำนวน 9 คน เป็นนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มสูง ปานกลาง และต่ำ อย่างละ 3 คน

5.1.3.ใช้ในการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ครั้งที่ 3 จำนวน 30 คน เป็นนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มสูง ปานกลาง และต่ำ อย่างละ 10 คน

5.2.กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองสอนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสม เรื่องชีวโมเลกุลและการสอนตามปกติ ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย จำนวน 2 ห้องเรียน

6.ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

6.1.ตัวแปรอิสระได้แก่รูปแบบของการเรียนประกอบด้วย

6.1.1. การเรียนการสอนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ

6.1.2. การเรียนการสอนแบบปกติเรื่องชีวโมเลกุล

6.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

6.2.1.ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องชีวโมเลกุลแบบบูรณาการในด้านต่างๆ ดังนี้

6.2.1.1 พุทธิพิสัยด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ

6.2.1.2 ทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์

6.2.2 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

6.2.3 เจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ

6.2.4 เจตคติต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุล

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสม หมายถึง การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเสนอเนื้อหาบทเรียนด้วยการบันทึกโปรแกรมเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ซึ่งมีการผสมผสานสื่อหลายลักษณะเข้าด้วยกันได้แก่ คำบรรยาย ภาพกราฟิก ภาพเคลื่อนไหวและเสียง สามารถให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองโดยอาศัยคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องช่วยผู้สอน

2. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมประกอบการทดลอง หมายถึง การนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเสนอเนื้อหาบทเรียนปฏิบัติการด้วยการบันทึกโปรแกรมเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อประกอบการทดลอง ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองในแต่ละขั้นตอนของการทดลอง รวมถึงแสดงผลการทดลองที่ถูกต้อง จากนั้นให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง โดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบที่มีการทำกิจกรรมนอกจอภาพ (off screen)

3. ชีวโมเลกุล หมายถึง โมเลกุลของสารเคมีที่พบในสิ่งมีชีวิต ในการวิจัยนี้จะกล่าวถึงคาร์โบไฮเดรต ลิพิด กรดนิวคลีอิก และโปรตีน

4. ชีวโมเลกุลในรูปแบบบูรณาการ หมายถึง การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของวิชาต่างๆ ได้แก่ ชีววิทยา เคมี และ ฟิสิกส์ในการจัดทำเนื้อหาสาระเรื่องชีวโมเลกุล รวมถึงการผสมผสานกระบวนการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพทางการศึกษาสูงสุด

5. การพัฒนานวัตกรรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสม หมายถึง การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมและนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มทดลอง นำข้อมูลจากการสอบถามและประเมินผลมาปรับปรุงบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

6. ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุล หมายถึง ค่าคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการคาดหวังจากการวิจัยตามเกณฑ์ 80/80

80 ตัวแรก หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนจากกิจกรรมและแบบทดสอบในเนื้อหาย่อยต่างๆ ที่มีในบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ระหว่างเรียน ซึ่งได้จากค่าเฉลี่ยของคะแนนของผู้เรียนทั้งหมดที่ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

80 ตัวหลัง หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียน ซึ่งได้จากค่าเฉลี่ยของคะแนนของผู้เรียนทั้งหมดที่ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

7. รูปแบบการเรียนแบบรายบุคคล หมายถึง การจัดให้ผู้เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ 1 คน ต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง

8. การสอนปกติ หมายถึง การสอนโดยมีอาจารย์ทำหน้าที่บรรยายเนื้อหาตามหลักสูตร รวมถึงการจัดกิจกรรมให้กับผู้เรียน โดยไม่ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลประกอบการสอน

9. นักเรียนกลุ่มความสามารถสูง หมายถึง นักเรียนที่มีผลการเรียนในวิชาวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของทั้งห้อง ของอยู่ในตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 67 ขึ้นไป

10. นักเรียนกลุ่มความสามารถปานกลาง หมายถึง นักเรียนที่มีผลการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของทั้งห้องอยู่ในตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 34-66

11. นักเรียนกลุ่มความสามารถต่ำ หมายถึง นักเรียนที่มีผลการเรียนในวิชาวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของทั้งห้อง อยู่ในตำแหน่งเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 33 ลงมา

12. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ การเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ซึ่งได้จากการทดสอบโดยใช้แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยพิจารณาจากผลสัมฤทธิ์ด้านต่างๆดังนี้

1. พุทธิพิสัยได้แก่ ด้านความรู้ ความจำ ความเข้าใจ หมายถึงความสามารถของนักเรียนในการระลึกถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้ว เป็นความรู้ที่เป็นหลักการพื้นฐานในเรื่องชีวโมเลกุล

2. ทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงความสามารถของนักเรียนในการใช้กระบวนการ การทดลองเพื่อหาคำตอบที่ตั้งไว้ โดยมีการวางแผนการทดลองก่อนปฏิบัติจริง บันทึกข้อมูลจากการปฏิบัติการทดลอง วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูลได้ถูกต้อง

13. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงความสามารถของแต่ละบุคคลในการคิดและกระทำในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ได้หลายแบบ เป็นการคิดที่ก่อให้เกิดผลผลิตหรือสิ่งแปลกใหม่ โดยไม่มีใครทำมาก่อน หรือเป็นการปรับปรุงดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่เดิมโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของแต่ละบุคคล มีได้หลากหลายแนวทาง ซึ่งจะทำให้ได้ผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ทั้งที่เป็นนามธรรมและ/หรือรูปธรรม โดยเน้นถึงคุณค่าและประโยชน์และก่อให้เกิดสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ที่สร้างสรรค์ต่อสังคม

14. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึงความสามารถของนักเรียนในการใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่จะคิดหาคำตอบได้คล่องแคล่ว และมีปริมาณหรือจำนวนของประเด็นความคิดที่คิดได้ในเรื่องใดเรื่องหนึ่งหรือสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่งโดยไม่ซ้ำกัน

15. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึงความสามารถของนักเรียนที่จะคิดหาคำตอบจากการใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้หลายแนวทาง หลายกลุ่ม หลายประเภท หรือหลายหมวดหมู่ โดยใช้หลักเกณฑ์ที่เหมาะสมในการจัดเป็นจำนวนกลุ่ม ประเภทหรือหมวดหมู่ของรายการคำตอบ

16. ความคิดริเริ่ม(Originality) หมายถึงความสามารถของนักเรียนจากการใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีอยู่มาดัดแปลงให้เกิดเป็นความคิดแปลกใหม่หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ที่มีประโยชน์ไม่ซ้ำกับผู้อื่น

17. เจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลและต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุล หมายถึง ความรู้สึกนึกคิด ความคิดเห็น ความรู้เชิงประมาณค่า และ

แนวโน้มที่นักเรียนจะตอบสนองในทิศทางใดทางหนึ่ง ภายหลังจากการเรียนรู้เรื่องชีวโมเลกุลโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และการเรียนปกติ

สมมติฐานการวิจัย

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลแบบบูรณาการที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลแบบบูรณาการมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
3. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลแบบบูรณาการมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย และทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสอนปกติ
4. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลแบบบูรณาการมีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างจากนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสอนปกติ
5. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลแบบบูรณาการมีเจตคติต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุลดีกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสอนปกติ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้เสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวกับเนื้อหาและการสอนเรื่องสารชีวโมเลกุลแบบบูรณาการ
2. เอกสารที่เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
3. เอกสารที่เกี่ยวกับนวัตกรรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสม
4. เอกสารที่เกี่ยวกับการสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อ

ประสม

5. เอกสารที่เกี่ยวกับความคิดขั้นสูงด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
6. เอกสารที่เกี่ยวกับเจตคติ
7. งานวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษาค้นคว้าทั้งในและต่างประเทศ

1. เอกสารเกี่ยวกับเนื้อหาและการสอนเรื่องสารชีวโมเลกุลแบบบูรณาการ

1.1 ความหมายของการบูรณาการ

สาโรช บัวศรี (2529: 7) ให้ความหมายของ “บูรณาการ” ว่า หมายถึง การทำให้สมบูรณ์ การทำให้เต็มหน่วยเบ็ดเสร็จในตัว สมดุลและนำไปใช้ประโยชน์ได้

วิชัย ดิสสระ (2535: 23) กล่าวว่า การบูรณาการ เป็นการจัดรวมประสบการณ์การเรียนรู้ต่างๆ เข้าด้วยกัน โดยที่ประสบการณ์นั้นๆ ได้ถูกคัดเลือกมาจากหลายวิชา แล้วมาจัดเป็นกลุ่มหรือหมวดหมู่ของประสบการณ์นั้น

วัฒนาพร ระเบียบทุกข์ (2542: 46) กล่าวว่า บูรณาการ หมายถึง การนำศาสตร์ต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันมาผสมผสานกันเพื่อประโยชน์ในการดำเนินการจัดการเรียนการสอนซึ่งคล้าย คลึงกับแนวคิดของ ธีระชัย ปุณณโชติ (2544 : 1) ที่กล่าวว่า การสอนแบบบูรณาการ หมายถึง การเชื่อมโยงวิชาหนึ่งเข้ากับวิชาอื่น ๆ ในการสอน

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2542: 338) กล่าวว่า หน่วยการเรียนรู้แบบหัวเรื่อง (Thematic Unit) หรือเรียกอีกอย่างว่าหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ (Integrated unit) หรือแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary Unit) คือ หน่วยการเรียนรู้ที่มุ่งศึกษามโนทัศน์ (Concept) หรือหัวเรื่อง (Theme) ใด ๆ โดยนำสาระการเรียนรู้ของวิชาต่าง ๆ มาเชื่อมโยงและความสัมพันธ์กัน ทำให้ต้องใช้สื่อ กิจกรรมและเทคนิคที่หลากหลายของวิชาต่าง ๆ มาผสมผสานหรือบูรณาการเข้าด้วยกัน

จอห์นเซน (Johnsen. 1994: 37) กล่าวว่า การบูรณาการเป็นความพยายามที่จะหาความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาของหลายๆ วิชากับหัวข้อ ความคิดรวบยอด หรือปัญหาที่ต้องการให้ผู้เรียนศึกษา

เลค (Lake. 2000) กล่าวว่า การบูรณาการหลักสูตรเป็นการเชื่อมโยงความรู้ ความคิดรวบยอดในวิชาต่างๆหรือทักษะเข้าด้วยกันเพื่อให้เกิดการเรียนรู้โดยองค์รวม ทั้งด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัยและจิตพิสัย การเรียนรู้แบบบูรณาการเป็นการเรียนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยมีการเชื่อมโยงเนื้อหาสาระทั้งหลายเข้าด้วยกันอย่างมีความหมายและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้

เลมเลช(Lemlech. 2002) กล่าวว่า การบูรณาการมิใช่การเน้นเนื้อหาวิชาใดวิชาหนึ่งแต่เป็นการเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาและกระบวนการเรียนรู้ เป็นการสร้างสิ่งเรียนรู้ที่มีความเกี่ยวข้องกันมากสำหรับผู้เรียนเพื่อที่จะได้รับประสบการณ์และการใช้บริบทของสังคมสำหรับการเรียนรู้อยู่เสมอ

สิริพัชร เจษฎาวิโรจน์ (2546: 16) สรุปความหมายของหลักสูตรบูรณาการไว้ว่า เป็นการรวมเนื้อหาของวิชาต่างๆในหลักสูตรที่มีลักษณะเหมือนหรือคล้ายกัน มีทักษะในการเรียนรู้เชื่อมโยงกันนำมาสัมพันธ์เป็นสิ่งเดียวโดยตั้งเป็นหัวข้อใหม่มีข้อย่อยตามเนื้อหาสาระ และสอดคล้องกับบริบทการเรียนของสังคมอย่างมีสมดุล มีความหมายและให้โอกาสผู้เรียนได้ปฏิบัติมากที่สุด การสอนแบบบูรณาการเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนต่างๆที่ใช้วิธีสอนหลายวิธีโดยให้มีการฝึกทักษะที่หลากหลาย

พูนสุข อุดม(2546: 36) ให้ความหมายของ การบูรณาการ” ว่าหมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่มีการนำเอาความรู้จากวิชาต่างๆ ตั้งแต่สองวิชาขึ้นไปที่มีความสัมพันธ์และเชื่อมโยงกันมาผสมผสานกันทั้งเนื้อหาวิชาและกิจกรรม การเรียนการสอนทำให้เอกลักษณ์ของแต่ละรายวิชาหมดไปเกิดเป็นเอกลักษณ์ใหม่ของหลักสูตรโดยรวมซึ่งจะเน้นที่องค์รวมของเนื้อหา มากกว่าองค์ความรู้ของแต่ละรายวิชา และเน้นที่กระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นสำคัญยิ่งกว่าการบอกเนื้อหาของครู เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพจริงของผู้เรียน

สรุปได้ว่า “การบูรณาการ” หมายถึงการเชื่อมโยงผสมผสานเนื้อหาสาระในรายวิชาตั้งแต่สองวิชาขึ้นไปที่มีความสัมพันธ์ต่อเนื่องกันหรือคล้ายคลึงกันเข้าด้วยกันเป็นเรื่องใหม่เรื่องเดียวโดยมีหัวข้อย่อยตามเนื้อหาสาระใหม่เป็นการจัดหลักสูตรแบบบูรณาการ (Integrated curriculum) รวมทั้งกระบวนการเรียนการสอนที่ใช้เทคนิคหลายวิธีร่วมกันให้มีการถ่ายทอดความรู้อย่างชัดเจน และสอดคล้อง กับสภาพจริง ให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะต่างๆและปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองให้ได้มากที่สุด เป็นการเรียนการสอนที่ดำเนินการด้วยวิธีบูรณาการ เรียกว่า การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ (Integrated instruction)

1.2 ความสำคัญของการบูรณาการ

จอห์น ดิวอี้ (Dewey. 1933) นักการศึกษาผู้มีชื่อเสียงชาวอเมริกันได้อธิบายถึงความจำเป็นที่โรงเรียนต้องจัดให้มีการจัดการเรียนการสอนโดยใช้หลักสูตรบูรณาการ (Integrated curriculum) หรือการเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาการศึกษาต่างๆ เข้าด้วยกันโดยไม่เน้นการเรียนเป็นรายวิชาแต่อาศัยปรัชญาที่ว่า การศึกษาจะต้องพัฒนาผู้เรียนในลักษณะเบ็ดเสร็จในตัว มิใช่พัฒนาเพียงเรื่องใดเรื่องหนึ่งหรือด้านใดด้านหนึ่งเท่านั้น ในเวลาต่อมา นักการศึกษาที่มีชื่อเสียงหลายคนได้ให้การสนับสนุนแนวคิดของหลักสูตรและการเรียนการสอนแบบบูรณาการ การจัดการเรียนรู้แบบบูรณา

การมีความสำคัญ โดยสามารถลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาวิชา ลดจำนวนเวลาเรียน เป็นการแบ่งเบาภาระของผู้สอน รวมทั้งส่งเสริมผู้เรียนให้มีโอกาสใช้ความคิดสามารถตอบสนองต่อความสามารถของผู้เรียนซึ่งมีหลายด้าน เรียกว่า พหุปัญญา (Multiple intelligence) โดย Gardner(1983) เสนอทฤษฎีพหุปัญญา ซึ่งสรุปได้ว่า ทุกคนมีความ สามารถทางสติปัญญาหลายด้านและแตกต่างกัน สามารถนำสติปัญญาไปใช้สร้างสรรค์และแก้ ปัญหาต่างๆโดยสติปัญญาแต่ละด้านเป็นอิสระต่อกัน ทุกคนสามารถพัฒนาสติปัญญาเหล่านี้ได้ ดังนั้น ในการจัดการเรียนการสอนควรจัดให้มีกิจกรรม และวิธีสอนที่หลากหลายรูปแบบเพื่อส่งเสริมสติปัญญาต่างๆ เหล่านี้ให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติให้สอดคล้องกับสติปัญญาด้านต่างๆ เป็นการสนองตอบต่อความ สามารถที่จะแสดงออกและนอกจากนั้นยังเป็นการตอบสนองทางอารมณ์ (Emotional intelligence) ก่อให้เกิดองค์รวมของความรู้ ผู้เรียนจะได้ประสบการณ์ ความสามารถ ตลอดจนได้เรียนรู้ทักษะ กระบวนการ และเนื้อหาสาระไปพร้อมกัน ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อย่างมีความหมาย จะช่วยให้เกิดความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างความคิดรวบยอดในศาสตร์ต่างๆ ที่สำคัญที่สุดคือช่วยให้เกิดการถ่ายโอนการเรียนรู้ (Transfer of learning) สามารถเห็นความเชื่อมโยงของมวลความรู้และประสบการณ์ต่าง ๆ ซึ่งเป็นการเรียนในความหมายของการศึกษาที่แท้จริง สำหรับกระบวนการเรียนการสอนที่ใช้ในหลักสูตรแบบบูรณาการนั้นจะสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้โดยผู้เรียน (Constructivism) นอกจากนั้นยังได้ให้เหตุผลที่ต้องมีการบูรณาการเชื่อมโยงวิชาต่าง ๆ เข้าด้วยกันว่าไม่มีหลักสูตรวิชาใดเพียงวิชาเดียวที่สำเร็จรูปสามารถนำไป ใช้ในการแก้ปัญหาทุกอย่างที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง จึงต้องใช้ความรู้และทักษะจากหลายๆสาขาวิชามาร่วมกันในการแก้ปัญหา การเรียนรู้เนื้อหาวิชาต่าง ๆ ในลักษณะเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชา และความสัมพันธ์ของวิชาต่างๆเหล่านั้นกับชีวิตจริง และก็จะสามารถเชื่อมโยงเรื่องของชีวิตจริงภายนอกห้องเรียนเข้ากับสิ่งที่เรียนได้ (ไพฑูริ ลิขิตสุนทร. 2543: 22; เพราพรณ โกมลมาลย์. 2541: 65-66; ชีระชัย ปุณณโชติ. 2544: 1-2)

1.3 ลักษณะของหลักสูตรบูรณาการที่ดี

ในการบูรณาการหลักสูตรหรือผสมผสานสาขาวิชาต่างๆ ยูเนสโก (Unesco. 1981: 7-10) และ ชำรง บัวศรี (2542: 200-201) ได้เสนอ 5 ลักษณะสำคัญเพื่อให้ได้การบูรณาการที่ดี ดังนี้

1. การบูรณาการระหว่างความรู้และกระบวนการเรียนรู้ (Integration of knowledge and learning process) กระบวนการเรียนรู้ต้องมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับความรู้ ผู้เรียนควรทราบว่าแสวงหาความรู้ได้อย่างไรและด้วยกระบวนการอย่างไรเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ
2. การบูรณาการระหว่างพัฒนาการด้านความรู้และพัฒนาการด้านจิตใจ (Integration of cognition and affection) ในกระบวนการเรียนการสอนควรให้ความสำคัญแก่จุดประสงค์ของการศึกษาด้านจิตพิสัย (Affective domain) เท่าเทียมกับ ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) การบูรณาการหลักสูตรจึงควรบูรณาการการจัดการศึกษาทั้งด้านความรู้และด้านจิตใจ
3. การบูรณาการระหว่างความรู้และการกระทำ(Integration of knowledge and conduct) ความรู้และการกระทำควรสัมพันธ์ไปด้วยกันไม่ควรแยกกันเป็นส่วนๆ

4. การบูรณาการระหว่างสิ่งที่เรียนในห้องเรียนกับสิ่งที่ป็นอยู่ในชีวิตประจำวันของผู้เรียน (Integration of School Learning with the actual life of the learners) ผลที่เกิดแก่คุณภาพของชีวิตของผู้เรียนเป็นสิ่งบอกว่าหลักสูตรดีหรือไม่ ดังนั้นสิ่งที่ได้รับจากห้องเรียนต้องมีคุณค่าต่อชีวิตเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของผู้เรียน

5. การบูรณาการระหว่างวิชาต่าง ๆ (Integration of subject areas) เป็นวิธีการที่บูรณาการเพื่อให้เป็นเนื้อหาวิชาใหม่ที่มีความสัมพันธ์กันเชื่อมโยงเข้าเป็นเรื่องเดียวกัน เพื่อให้ผู้เรียนได้รับความรู้ และเกิดเจตคติตามที่ต้องการ หรือโดยกำหนดปัญหาเป็นหัวข้อ แล้วกำหนดหลักสูตรหรือโปรแกรมการเรียนการสอนขึ้น โดยอาศัยเนื้อหาของหลายวิชามาช่วยในการแก้ปัญหา นั้น การบูรณาการในลักษณะนี้เป็นรูปแบบที่สำคัญและนิยมใช้กันมาก

1.4 รูปแบบของการบูรณาการ

รูปแบบของการบูรณาการมีการจำแนกได้หลายแบบโดยการพิจารณาในด้านต่าง ๆ กัน ยูเนสโก(UNESCO . 1981: 19-20) จำแนกโดยพิจารณาตามระดับของการบูรณาการได้เป็น 2 รูปแบบ คือ (1) การบูรณาการตามแนวดิ่ง (Vertical integration) เป็นการบูรณาการเนื้อหาของการศึกษาในระดับต่าง ๆ เข้าด้วยกัน และ (2) การบูรณาการตามแนวราบ (Horizontal integration) เป็นการบูรณาการความรู้ ทักษะและทัศนคติที่ต้องการเข้าด้วยกัน โดยมีแนวโน้มที่จะนำสาขาวิชาที่ใกล้เคียงกันมาบูรณาการเข้าด้วยกันเพื่อให้ไม่มีการแบ่งแยกสาขาวิชาอีกต่อไป การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางโดยนำกระบวนการเรียนรู้จากกลุ่มสาระเดียวกัน หรือต่างกลุ่มสาระมาบูรณาการ ซึ่งกรมวิชาการ(รายงานปฏิรูปการศึกษาไทย. 2545)ได้แบ่งการบูรณาการหลักสูตรและการสอนเป็น 4 แบบ ดังนี้ (1) การบูรณาการแบบผู้สอนคนเดียว (2) การบูรณาการแบบคู่ขนาน (3) การบูรณาการแบบสหวิทยาการ และ (4) การบูรณาการแบบโครงการ นอกจากนี้ สุวิทย์ มูลคำและอรทัย มูลคำ(2543:158-159)ได้แบ่งประเภทการบูรณาการหลักสูตรและการเรียนการสอนได้สองแบบ ดังนี้

1.การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary) เป็นการกำหนดหัวข้อ (Theme) ขึ้นมาแล้วนำเนื้อหาจากวิชาต่าง ๆ มาโยงสัมพันธ์กับหัวข้อนั้น อาจเรียกวิธีการบูรณาการแบบนี้ว่า สหวิทยาการแบบมีหัวข้อ (Thematic interdisciplinary studies) หรือบูรณาการที่เน้นการนำไปใช้เป็นหลัก (Application-first approach) หัวข้อที่กำหนดจะต้องเป็นเรื่องที่ผู้เรียนสนใจมีประสบการณ์เดิม และสอดคล้องกับชีวิตจริงมีแหล่งความรู้ให้ศึกษาค้นคว้าอย่างหลากหลายสามารถโยงความสัมพันธ์ได้หลายวิชาและโยงความสัมพันธ์ของท้องถิ่นกับความรู้สากล มีความเหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียน

2.การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary) เป็นการนำเรื่องที่ต้องการจะให้ผู้เรียนได้เรียนรู้สอดแทรก (infusion) ไว้ในวิชาต่าง ๆ หรือบูรณาการเน้นเนื้อหาของวิชาเป็นแกนแล้วนำสิ่งที่ต้องการให้เกิดแก่ผู้เรียนไปสอดแทรกในวิชาแกนดังกล่าว บางครั้งเรียกวิธีการบูรณาการแบบนี้ว่าการบูรณาการที่เน้นเนื้อหาวิชาเป็นหลัก (Discipline first approach)

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยจะทำการบูรณาการทั้งเนื้อหาวิชาและรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ สำหรับเนื้อหาวิชาจะใช้การบูรณาการแบบสหวิทยาการโดยการกำหนดหัวข้อเรื่องสารชีวโมเลกุล แล้วนำเนื้อหาจากวิชาชีววิทยา เคมีและฟิสิกส์ที่มีความสัมพันธ์อยู่ในหัวข้อนี้มาเชื่อมโยงกัน โดยทำให้อยู่ในรูปบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน การที่ผู้วิจัยต้องการจัดการเรียนการสอนให้อยู่ในรูปแบบบูรณาการทั้งเนื้อหาและกิจกรรมนั้น ทั้งนี้ก็เพื่อให้เกิดผลดีที่สุด ดังที่สุวิทย์ มูลคำและอรทัย มูลคำ (2543: 156-157) แสดงในผลของความสัมพันธระหว่างหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนโดยใช้การบูรณาการเป็นตัวแปรนั้น พบว่าการบูรณาการทั้งหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนจะให้ผลดีที่สุด

1.5 เนื้อหาและการสอนเรื่องสารชีวโมเลกุลแบบบูรณาการ

เนื้อหาและการสอนเรื่องสารชีวโมเลกุลพบว่าส่วนใหญ่จะอยู่ในหลักสูตรวิชาชีววิทยาและวิชาเคมีและสำหรับวิชาฟิสิกส์จะเกี่ยวข้องในเรื่องโครงสร้างอะตอม การจัดทำเนื้อหาการเรียนสอนจะใช้เนื้อหาตามสาระการเรียนรู้พื้นฐาน และขอบเขตเนื้อหาจะอยู่หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานที่จัดทำขึ้น โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เป็นหลัก การนำเนื้อหาทั้ง 3 วิชามาบูรณาการเป็นการตัดความซ้ำซ้อนของเนื้อหา และการนำทั้ง 3 วิชามาสอนในเวลาเดียวกันยังเป็นการเสริมให้ผู้เรียนเกิดจินตนาการที่สมบูรณ์และเพิ่มความเข้าใจมากขึ้น สำหรับรายละเอียดของบทเรียนเรื่องสารชีวโมเลกุล ผู้วิจัยได้กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยใช้หนังสือเรียนวิชาชีววิทยา ม.4 เล่ม 2 ว.041 (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. 2542: 2-16) หนังสือสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ชีววิทยาเล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. 2546: 41-59) หนังสือสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม เคมีเล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. 2546:41-59) หนังสือเรียนวิชาเคมี เล่ม 4 ว.038 (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. 2546) หนังสือเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 6 ว.025 ของกระทรวงศึกษาธิการ (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2544) หนังสือปฏิบัติการชีวเคมีสำหรับนักเรียนพยาบาล (ภาควิชาชีวเคมี วิทยาลัยแพทยศาสตร์พระมงกุฎเกล้า. 2546) นอกจากการใช้เนื้อหาจากหนังสือเรียนแล้ว ผู้วิจัยได้ค้นคว้าเพิ่มเติมจากหนังสืออ่านประกอบทั้งในและต่างประเทศรวมทั้งเว็บไซต์ต่างๆ

ผู้วิจัยศึกษาเนื้อหาที่เกี่ยวกับเรื่องที่ต้องการในแต่ละรายวิชาของหลักสูตรมาศึกษาวิเคราะห์ดูรายละเอียดรวมถึงแผนการเรียนการสอน คำอธิบายรายวิชา เอกสารประกอบการสอน หนังสือ ตำรา และเนื้อหาที่ได้จากการสืบค้นจากอินเทอร์เน็ต นำมากำหนดวัตถุประสงค์ทั่วไป และทำการเรียบเรียงบูรณาการเนื้อหาที่ต้องการในแต่ละรายวิชาให้มีความสัมพันธ์กัน ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็นหัวข้อย่อย ดังนี้

หน่วยที่ 1 โครงสร้างอะตอม โมเลกุลและพันธะเคมี

หน่วยที่ 2 ชนิด โครงสร้าง ความสำคัญและการประกอบเป็นโครงสร้างใหญ่โดยสารชีวโมเลกุล

หน่วยที่ 3 การทดสอบสารชีวโมเลกุล

จุดประสงค์การเรียนรู้ตามเนื้อหาที่แบ่งเป็นหน่วยย่อย

1. อธิบายโครงสร้างอะตอมและโมเลกุลได้
2. อธิบายและจำแนกพันธะเคมีชนิดต่างๆได้
3. วิเคราะห์หมู่ที่ทำหน้าที่(functional group) ในสารชีวโมเลกุลได้
4. วิเคราะห์โครงสร้างโมเลกุลและจำแนกประเภทของสารชีวโมเลกุลได้
5. บอกผลที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆที่มีต่อสารชีวโมเลกุลได้
6. บอกความสำคัญและยกตัวอย่างของสารชีวโมเลกุล แต่ละประเภทได้
7. ทดสอบสมบัติบางประการของสารชีวโมเลกุลได้
8. วิเคราะห์สารชีวโมเลกุลที่มาประกอบเป็นโครงสร้างใหญ่เพื่อทำหน้าที่บางอย่างได้

ในการจัดการเรียนการสอน นอกจากให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้วิจัยได้จัดให้ผู้เรียนได้ศึกษาโครงสร้างโมเลกุลสามมิติของสารชีวโมเลกุลที่ผู้วิจัยได้เตรียมไว้ให้ได้โดยใช้โปรแกรม Hyperchem ซึ่งผู้เรียนจะได้หมุนดูโครงสร้างโมเลกุลด้วยตนเองทำให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น และเพื่อส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศผู้วิจัยได้จัดให้มีการสืบค้นทางอินเทอร์เน็ตอีกด้วย นอก จากนั้นได้จัดให้ผู้เรียนได้ทำการทดลองร่วมกันเพื่อส่งเสริมทักษะพิสัย จะเห็นได้ว่าในการวิจัยนี้ผู้วิจัยได้บูรณาการทั้งเนื้อหาวิชาและกระบวนการจัดการเรียนการสอนเพื่อให้ได้ลักษณะของบูรณาการที่ดีที่สุด

2. เอกสารเกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.1 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ประกอบด้วยความรู้และกระบวนการแสวงหาความรู้ ซึ่งต้องใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และต้องมีเจตคติที่ดีทางวิทยาศาสตร์ด้วย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยอาศัยตามแนวทางของสมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (American Association for the Advancement of Science – AAAS) กำหนดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 13 ทักษะ ประกอบด้วยทักษะขั้นพื้นฐาน(Basic science process skills) 8 ทักษะ และทักษะขั้นผสมหรือบูรณาการ (Integrated science process skills) 5 ทักษะ ดังนี้ (ภพ เลหาไพบุลย์. 2542: 15-30)

ทักษะขั้นพื้นฐาน

1. ทักษะการสังเกต (Observation) หมายถึงความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันแต่ควรใช้ให้มากที่สุดทำการสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือ

ปรากฏการณ์ต่างๆ ควรสังเกตอย่างละเอียดหลายครั้ง โดยไม่ต้องใช้ประสบการณ์หรือความคิดเห็นส่วนตัวอธิบายหรือตีความหมายสิ่งที่สังเกตได้

2.ทักษะการวัด (Measurement) หมายถึงความสามารถในการใช้เครื่องมือวัดหาปริมาณของสิ่งต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง สามารถเลือกใช้เครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัดและสามารถอ่านค่าจากการวัดได้ถูกต้องรวดเร็วและใกล้เคียงกับความเป็นจริงพร้อมทั้งมีหน่วยกำกับเสมอ

3.ทักษะการคำนวณ (Using numbers) หมายถึงความสามารถในการบวก ลบ คูณหารหรือจัดกระทำกับตัวเลขที่แสดงค่าปริมาณของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

4.ทักษะการจำแนกประเภท (Classification) หมายถึงความสามารถในการจัดจำแนกหรือเรียงลำดับวัตถุ หรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ต่างๆ ออกเป็นหมวดหมู่ โดยมีเกณฑ์ในการจัดจำแนก

5.ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ และสเปซกับเวลา หมายถึงความสามารถในการระบุ 1) ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติกับ 3 มิติ 2) สิ่งที่อยู่หน้ากระจกเงากับภาพที่ปรากฏในกระจกเงาจะเป็นซ้ายขวาของกันและกันอย่างไร 3) ตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง 4) การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของกับเวลา

6.ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Organizing data and communication) หมายถึงความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลองจากแหล่งอื่นๆ มาจัดกระทำใหม่เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลนั้นดีขึ้น

7.ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Inferring) หมายถึงความสามารถในการอธิบายข้อมูลที่มีอยู่อย่างมีเหตุผลโดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

8.ทักษะการพยากรณ์ (Prediction) หมายถึงความสามารถในการทำนายหรือคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้าโดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำๆ หรือความรู้ที่เป็นหลักการกฎและทฤษฎีมาช่วย

ทักษะขั้นผสมหรือบูรณาการ

1.ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating hypothesis) หมายถึงความสามารถในการให้คำอธิบายสิ่งซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง

2.ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining operationally) หมายถึงความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่างๆ ให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตและวัดได้

3.ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and controlling variables) หมายถึงความสามารถในการที่จะบ่งชี้ได้ว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรตาม หรือเป็นตัวแปรที่ควบคุมการหาความสัมพันธ์ ที่เกิดขึ้นระหว่างตัวแปรในสมมติฐานหนึ่งๆ

4.ทักษะการทดลอง (Experimenting) หมายถึงความสามารถในการดำเนินการตรวจสอบสมมติฐานโดยการทดลองซึ่งประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติ การทดลองตามที่ออกแบบไว้ โดยการใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง และการบันทึกผลการทดลอง

5.ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting data and conclusion) หมายถึง ความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลที่ได้จัดกระทำและอยู่ในรูปแบบที่ใช้ในการสื่อความหมายแล้วรวมทั้งบอกความหมายของข้อมูลในเชิงสถิติด้วย และสามารถลงข้อสรุปโดยการนำเอาความหมายของข้อมูลที่ได้ทั้งหมด สรุปให้เห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ต้องการศึกษาภายในขอบเขตการทดลองนั้น

2.2 ทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์

การทดลอง(Experiment) และการปฏิบัติการในห้องทดลอง(Laboratory work) เป็นส่วนสำคัญในโปรแกรมการสอนวิทยาศาสตร์ซึ่งมีจุดมุ่งหมายที่จะเน้นการพัฒนาวิธีการทดลองและรูปแบบของการปฏิบัติการ เพื่อที่จะให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เป็นข้อเท็จจริง กฎหลักการหรือทฤษฎีได้ถูกต้อง เป็นการทดลองเพื่อทดสอบหรือยืนยันสิ่งที่ทราบคำตอบแล้ว และเป็นการปฏิบัติเพื่อเสาะแสวงหาความรู้ใหม่ เป็นแนวทางให้ผู้เรียนทำการทดลองเพื่อค้นหาคำตอบด้วยตนเอง ขั้นตอนของการสอนแบบทดลอง ในการวิจัยนี้จะเป็นแบบง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน สามารถวิเคราะห์ขั้นตอนในการสอนแบบทดลอง ดังนี้ (ภพ เลหาไพบูลย์. 2542: 168-169)

- 1.ขั้นกำหนดปัญหาเป็นการระบุปัญหาที่เกิดขึ้นจากความต้องการเสาะแสวงหาคำตอบ
- 2.ขั้นทดลองและสังเกตเป็นการดำเนินการทดลองและสังเกตผลการทดลองว่ามี

เหตุการณ์อะไรเกิดขึ้น

- 3.ขั้นสรุปผลการทดลอง เป็นการสรุปผลที่ได้จากการทดลองและการสังเกตผล

หากเป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ดำเนินการศึกษาค้นคว้า จะเพิ่มขั้นตอนการตั้งสมมติฐานเพื่อคาดคะเนคำตอบที่อาจเป็นไปได้แล้วก่อนทำการดำเนินการทดลองและสรุปผลการทดลองต่อไป ข้อดีของการสอนแบบทดลอง คือ ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงโดยได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.3 การวัดผลสัมฤทธิ์ตามวัตถุประสงค์ทางการศึกษา

ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะวัดความสามารถของผู้เรียนในการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ทางการศึกษาซึ่ง บลูม (Benjamin S. Bloom.1956) และคณะจำแนกออกเป็น 3 ด้าน ซึ่งสมหวัง ชุรรัตนะ(2539: 51-63) และ ภพ เลหาไพบูลย์(2542:97-99) ให้คำอธิบายไว้ดังนี้

1.ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain)เป็นการแสดงความรู้ความจำและทักษะทางปัญญา ได้แก่ ความเข้าใจในเนื้อหาการจัดระบบความคิด การวิเคราะห์และการสังเคราะห์ข้อมูล การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้และประเมินคุณค่าความคิดหรือการกระทำนั้น บลูม จำแนกวัตถุประสงค์การเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยออกเป็น 6 ชั้นตามระดับความซับซ้อนจากต่ำไปสูงได้ดังนี้

1.1 ความรู้ (Knowledge) เป็นความสามารถทางสมองในการรับรู้จดจำเรื่องราวต่างๆ วัดได้จากความสามารถในการระลึกออกของบุคคลนั้น แบ่งย่อยเป็น

1.1.1 ความรู้ในเนื้อเรื่อง (Knowledge of specifics) เป็นความรู้ในคำศัพท์และนิยาม กฎและความจริง เป็นความหมาย คำจำกัดความของสิ่งต่างๆ กฎ สูตร ทฤษฎีและข้อเท็จจริงต่างๆ

1.1.2 ความรู้ในวิธีดำเนินการ (Knowledge of ways and means of dealing with specifics) เป็นความรู้เกี่ยวกับระเบียบแบบแผนที่เป็นแบบฟอร์มหรือระเบียบปฏิบัติ ลำดับขั้นตอนและแนวโน้มในการกระทำหรือการเกิดขึ้นของสิ่งต่างๆ การจำแนกประเภทตามความเหมือน ความต่าง หรือคุณสมบัติและหน้าที่ เกณฑ์ที่ใช้ในการวินิจฉัยและเทคนิควิธีการที่ได้มาซึ่งผลลัพธ์ที่ต้องการ

1.1.3 ความรู้รวบยอดในเนื้อเรื่อง (Knowledge of the universals and abstractions in a field) จำแนกเป็นความรู้เกี่ยวกับหลักวิชาซึ่งเป็นใจความสำคัญของเรื่องและการอ้างสรุปครอบคลุมเป็นการนำหลักไปอภิปรายเรื่องอื่นๆ ที่คล้ายคลึงกัน นอกจากนั้นมีความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีและโครงสร้างเป็นความสามารถในการนำหลายๆ หลักวิชาในสกุลเดียวกันมาสัมพันธ์กันจนได้เป็นโครงสร้างของเนื้อหาความใหญ่ในเรื่องนั้น

1.2 ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นความสามารถในการจับใจความของเรื่อง แบ่งเป็น 3 ข้อย่อยได้แก่

1.2.1 การแปลความ (Translation) เป็นความสามารถในการบอกความหมายตามนัยของเรื่องราวนั้น

1.2.2 การตีความ (Interpretation) เป็นการถอดความจากหลายๆ ความหมายตามนัยของเรื่องราวนั้น

1.2.3 การขยายความ (Extrapolation) เป็นการคาดคะเนหรือพยากรณ์โดยอาศัยข้อเท็จจริงที่เป็นอยู่

1.3 การนำไปใช้ (Application) เป็นความสามารถในการนำความรู้ ทฤษฎี หลักการ ข้อเท็จจริง ฯลฯ ไปแก้ปัญหาใหม่ที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ใหม่ได้

1.4 การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการแยกแยะความรู้ต่างๆ ออกเป็นส่วนย่อยว่าประกอบกันอยู่อย่างไร แต่ละอันคืออะไร มีความสำคัญและเกี่ยวพันกันอย่างไร จำแนกได้ 3 ข้อย่อย ดังนี้

1.4.1 วิเคราะห์ความสำคัญ (Analysis of element) เป็นความสามารถในการหาส่วนประกอบที่สำคัญหรือหัวใจของเรื่อง

1.4.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of relationship) เป็นความสามารถในการหาความสัมพันธ์ของส่วนต่างๆ

1.4.3 วิเคราะห์หลักการ (Analysis of organizational principles) เป็นความสามารถในการหาหลักการของความสัมพันธ์ของส่วนสำคัญในเรื่องนั้น

1.5 การสังเคราะห์ (Synthesis) เป็นความสามารถในการประกอบส่วนย่อยๆ ให้เข้ากันได้โดยจัดระบบโครงสร้างให้มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากขึ้น จำแนกพฤติกรรมเป็น 3 ข้อย่อย ดังนี้

1.5.1 สังเคราะห์ข้อความ เป็นความสามารถในการเรียบเรียงถ้อยคำให้ผูกเป็นเรื่องราวได้โดยต้องอาศัยข้อมูลหลายอย่างมาสนับสนุน และมีตัวอย่างความคิดเห็นเพื่อให้ได้ความหมายชัดเจนตามต้องการ

1.5.2 สังเคราะห์แผนงาน เป็นความสามารถในการสร้างโครงการหรือแผนการในการทำงานต่างๆ

1.5.3 สังเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นความสามารถในการจัดระบบของส่วนประกอบให้เป็นสิ่งใหม่ที่มีประโยชน์หรือประสิทธิภาพมากขึ้น

1.6 การประเมินค่า(Evaluation) เป็นความสามารถในการตัดสินเกี่ยวกับคุณค่าโดยอาศัยเกณฑ์และมาตรฐานเป็นหลัก พฤติกรรมการประเมินค่าสามารถจำแนกได้เป็นการประเมินโดยอาศัยข้อเท็จจริงภายในและการประเมินโดยอาศัยข้อเท็จจริงภายนอก

2.ด้านทักษะพิสัย(Psychomotor domain) เป็นวัตถุประสงค์ทางการศึกษาที่ใช้การวัดความสามารถในการกระทำอย่างมีทักษะของผู้เรียน เป็นการเรียนรู้การปฏิบัติงาน เช่น การใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่างๆ เกณฑ์ในการวัดความสำเร็จของทักษะที่ออกมาจะสัมพันธ์กับผลที่ออกมาจริงซึ่งจะเกี่ยวข้องกับความสามารถถูกต้องแม่นยำ ความรวดเร็ว ระดับความดีของผลงานซึ่งอาจเปรียบเทียบโดยอาศัยข้อมูลจากภายนอกเป็นเกณฑ์ตัดสิน

3.ด้านเจตพิสัยเป็นวัตถุประสงค์ทางการศึกษาที่เกี่ยวกับการแสดงความรู้สึก เจตคติ คุณธรรม หรือค่านิยมต่อคน ความคิดหรือสิ่งของ สามารถวัดได้จากพฤติกรรมความรู้สึกที่แสดงออกมา สามารถแบ่งระดับการเรียนรู้ด้านเจตพิสัยออกเป็น 5 ด้าน ได้แก่ การรับรู้ (Receiving) การตอบสนอง(Responding) การสร้างค่านิยม (Valuing) การจัดระบบค่านิยม (Organization) และการสร้างลักษณะนิสัยตามค่านิยม (characterization)

นอกจากนั้น คลอปเฟอร์ (Leopold E.Klopper) ได้กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จากการศึกษาของบลูม เพื่อให้ได้ทั้งเนื้อหาที่เป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์และพฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดในตัวผู้เรียน โดย ภพ เลหาไพบูลย์ (2542 : 99 -110) ได้ให้คำอธิบายเกี่ยวกับวัตถุประสงค์การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคลอปเฟอร์ ไว้ดังนี้

1. ความรู้และความเข้าใจ (Knowledge and comprehension) แบ่งเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์หมายถึงเนื้อหาที่เป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับข้อเท็จจริง คำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ มโนคติทางวิทยาศาสตร์ ข้อตกลง แนวโน้มและลำดับขั้นตอน การจัดจำแนกประเภทโดยใช้เกณฑ์ เทคนิคและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์ หลักการกฎและ ทฤษฎีวิทยาศาสตร์ สำหรับ

ความเข้าใจวิทยาศาสตร์เป็นการนำความรู้ไปใช้ในสิ่งใหม่ และสามารถแปลความหมายของความรู้ในรูปของสัญลักษณ์หนึ่งไปเป็นรูปของสัญลักษณ์อื่นได้

2. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Process of scientific inquiry) ได้แก่ การสังเกตและการวัด การมองเห็นปัญหาและหาทางที่จะแก้ปัญหา การตีความหมายข้อมูล และการสร้างข้อสรุป การสร้าง ทดสอบและปรับปรุงแบบจำลองทฤษฎี

3. การนำความรู้และวิธีการวิทยาศาสตร์ไปใช้ (Application of scientific knowledge and methods)

4. ทักษะปฏิบัติในการใช้เครื่องมือ (Manual skills) ผู้เรียนควรมีการพัฒนาทักษะในการใช้เครื่องมือปฏิบัติการและสามารถใช้เทคนิคการทดลองทั่วไปได้อย่างถูกต้องรอบคอบและปลอดภัยตลอดการทดลอง

5. เจตคติและความสนใจ (Attitudes and interests)

6. การมีแนวโน้มทางวิทยาศาสตร์ (Orientation)

3. เอกสารเกี่ยวกับนวัตกรรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสม

3.1 ความหมายของนวัตกรรม

กิดานันท์ มลิทอง (2543: 255-278) ให้ความหมายว่านวัตกรรมเป็นแนวความคิด การปฏิบัติหรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆที่ยังไม่เคยมีใครใช้มาก่อนหรือเป็นการพัฒนาดัดแปลงจากของเดิมที่มีอยู่แล้วให้ทันสมัยและใช้ได้ผลดีมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงกว่าเดิมทั้งยังช่วยประหยัดเวลาและแรงงานอีกด้วยสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากในวงการศึกษาเรียกว่า นวัตกรรมการศึกษา (Educational innovation)

นวัตกรรมการศึกษา หมายถึงนวัตกรรมที่จะช่วยให้การศึกษาและการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็วมีประสิทธิผลสูงกว่าเดิม เกิดแรงจูงใจในการเรียนด้วยนวัตกรรมเหล่านั้นและประหยัดเวลาในการเรียน ปัจจุบันนำมาใช้ร่วมกับคอมพิวเตอร์ในลักษณะการสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นฐาน (Computer-based Instruction - CBI) โดยมีการเสนอในลักษณะสื่อประสมเชิงโต้ตอบ (Interactive multimedia) ซึ่งเดิมหมายถึงการนำสื่อหลายประเภทมาใช้ร่วมกันทั้งวัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ แต่ปัจจุบันมีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ร่วมด้วยจึงหมายถึง การนำอุปกรณ์ต่างๆเช่น เครื่องเล่นซีดี-รอม เครื่องเสียงระบบดิจิทัล เครื่องเล่นแผ่นวิดีโอทัศน์ ฯลฯ มาร่วมกันเสนอเนื้อหาข้อมูลที่เป็นตัวอักษร ภาพกราฟิก ภาพเคลื่อนไหวและเสียงเป็นต้น โดยเนื้อหาในสื่อประสมมีลักษณะที่จะไม่เรียงลำดับเป็นเส้นตรง สามารถเชื่อมโยงกันได้ตลอดเวลา โดยเป็นการอ่านในลักษณะข้อความหลายมิติ (hypertext) และสื่อหลายมิติ (hypermedia) นอกจากนั้นนวัตกรรมในลักษณะสื่อประสมยังให้สารสนเทศในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ แผ่นวิดีโอทัศน์เชิงโต้ตอบ ความเป็นจริงเสมือน อินเทอร์เน็ต ดีวีดี ซีดี และการสอนบนเว็บ

3.2 ความหมายของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสม

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เรียกกันทั่วไปว่า CAI (Computer-Assisted Instruction) มีชื่อเรียกได้หลายชื่อที่แพร่หลายได้แก่ CAL (Computer Accessed Learning) และ CML (Computer Managed Learning) ปัจจุบันในอเมริกานิยมใช้คำว่า CBT (Computer Based Training หรือ Computer Based Teaching) ส่วนในยุโรปจะใช้คำว่า CBE (Computer-Based Education) นอกจากนั้นยังมีกลุ่มคำที่มีความหมายคล้ายกันอีกมากเช่น Computer Aided Instruction, Computer Aided Teaching, Computer Assisted Education และ Computer Based Instruction เป็นต้น สำหรับในประเทศไทยมักใช้คำว่า บทเรียน CAI บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน บทเรียนช่วยสอนด้วยคอมพิวเตอร์ บทเรียนสำเร็จรูปด้วยคอมพิวเตอร์ โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์หรืออื่นๆ ในที่นี้จะใช้คำว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นหลัก

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจัดเป็นสื่อการเรียนการสอนทางคอมพิวเตอร์รูปแบบหนึ่ง หมายถึง การนำคอมพิวเตอร์มาใช้เป็นเครื่องมือในการเรียนการสอนโดยที่เนื้อหาวิชา แบบฝึกหัด การทบทวน และการทดสอบจะถูกพัฒนาขึ้นในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถเสนอเนื้อหาวิชาในรูปแบบของสื่อประสม (multimedia) ซึ่งหมายถึง การนำสื่อหลายประเภทมาใช้ร่วมกัน เพื่อให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพสูงสุด ในปัจจุบันจะหมายถึงสื่อประสมเชิงโต้ตอบ (Interactive multimedia) เป็นการเพิ่มปฏิสัมพันธ์ระหว่างสื่อกับผู้เรียนในที่นี้คอมพิวเตอร์จะเป็นฐานในการผลิตบทเรียนด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งเนื้อหาประกอบด้วยข้อมูลหลายลักษณะได้แก่ ข้อความ ภาพนิ่ง กราฟิก แผนภูมิ กราฟ ภาพเคลื่อนไหว วิดีทัศน์ และเสียง ผู้เรียนจะเรียนบทเรียนจากคอมพิวเตอร์ซึ่งมีเนื้อหาวิชาและลำดับวิธีการสอนรวมทั้งกิจกรรมการเรียนที่บันทึกไว้มาเสนอในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับนักเรียนแต่ละคน โดยผู้เรียนสามารถตรวจคำตอบและแสดงผลการเรียนในรูปของข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) และสื่อสามารถมีปฏิสัมพันธ์ตอบสนองซึ่งกันและกันได้ทันทีที่ผู้เรียนได้บรรลุผลการเรียนรู้เนื้อหาวิชาต่างๆ ได้บรรลุผลตามความมุ่งหมายของรายวิชา (เย็น ภูววรรณ. 2531: 121); (ทักษิณา สวานนท์. 2529: 56 – 59); (ขนิษฐา ชานนท์. 2532: 8); (จริยา เหนียนเฉลย. 2546: 171-173); (กิดานันท์ มลิทอง. 2536: 80-81); และ(กิดานันท์ มลิทอง. 2543 : 267-274) การใช้โปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์มาช่วยในการสอนสามารถจำแนกรูปแบบต่างๆ ได้ดังนี้ (ขนิษฐา ชานนท์. 2532: 9-10); (สถาพร สาธุการ. 2539:118-119) ; (ถนอมพร (ตันพิพัฒน์) เลหาจรัสแสง. 2541: 11-12); (กิดานันท์ มลิทอง 2543: 243-248)

1.การสอนหรือทบทวนบทเรียน (Tutorial instruction) เป็นโปรแกรมที่เสนอเนื้อหาความรู้เป็นเนื้อหาย่อยๆ ให้แก่ผู้เรียนในรูปแบบของคำถาม ภาพ เสียงหรือทุกรูปแบบรวมกัน แล้วมีการตั้งคำถามให้ผู้เรียนตอบโดยคำตอบนั้นจะได้รับการวิเคราะห์ให้เป็นข้อมูลป้อนกลับทันที แต่ถ้าผู้เรียนตอบคำถามนั้นผิดจะมีการให้เนื้อหาเพื่อทบทวนใหม่จนกว่าผู้เรียนจะตอบถูก แล้วจึงให้ตัดสินใจว่าจะเรียนเนื้อหาในบทนั้นอีกหรือหรือจะเรียนบทใหม่ต่อไป ผู้เรียนสามารถเลือกที่จะเรียนเนื้อหาส่วนใดเรื่องลำดับในรูปแบบใดก็ได้ตามความต้องการ บทเรียนนี้จัดเป็นบทเรียนขั้นพื้นฐาน

ของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่เสนอบทเรียนในรูปแบบสาขา โดยสามารถนำไปใช้ในการสอนได้เกือบทุกวิชา และเป็นบทเรียนที่เหมาะสมในการเสนอเนื้อหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริง เพื่อการเรียนรู้ทางด้านกฎเกณฑ์หรือการแก้ปัญหาต่างๆ สำหรับเนื้อหาหนึ่งๆที่เป็นส่วนประกอบของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทนี้ ควรคำนึงถึงสิ่งต่างๆดังนี้ (สุลัดดา ลอยฟ้า. 2537: 21-23)

1.1 การกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน โดยภาพกราฟิก ภาพเคลื่อนไหวและสีที่ช่วยเร้าความสนใจให้ผู้เรียนอยากเรียนและติดตามบทเรียนต่อไป

1.2 การเสนอวัตถุประสงค์ของบทเรียน ควรให้ผู้เรียนได้ทราบถึงวัตถุประสงค์ก่อนเข้าสู่เนื้อหาบทเรียน เพื่อจะได้รู้ว่าเมื่อจบบทเรียนแล้วผู้เรียนควรจะทราบอะไร

1.3 การทบทวนความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อบทเรียนใหม่ โปรแกรมที่ดีควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนระลึกหรือทบทวนความรู้พื้นฐานในเวลาที่เหมาะสม และด้วยกิจกรรมที่เหมาะสม

1.4 การเสนอบทเรียนควรประกอบด้วยการเสนอสิ่งเร้าและเสนอแนวทางเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจบทเรียนง่ายขึ้น

1.5 การกระตุ้นให้ผู้เรียนให้ได้แสดงออกและจัดผลสะท้อนกลับที่เหมาะสมทุกคำตอบของผู้เรียน ควรจัดให้มีโปรแกรมซ่อมเสริมและแยกสาขาออกจากบทเรียน

1.6 การประเมินผล ควรมีการประเมินให้ผู้เรียนทราบว่าได้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่ โปรแกรมสำเร็จรูปควรเก็บ บันทึก สรุปและรายงานผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนแต่ละคน

2.การฝึกหัด (Drills and practice) เป็นโปรแกรมที่เสนอเฉพาะคำถามหรือปัญหาเท่านั้น ไม่มีการเสนอเนื้อหาความรู้แก่นักเรียนก่อน สำหรับคำถามหรือปัญหานั้นได้คัดเลือกมาจากการสุ่มหรือออกแบบมาโดยเฉพาะ โดยการนำเสนอคำถามนั้นซ้ำแล้วซ้ำเล่าเพื่อให้ผู้เรียนตอบ แล้วมีการให้คำตอบที่ถูกต้องเพื่อการตรวจสอบยืนยันหรือแก้ไขและพร้อมให้คำถามหรือปัญหาต่อไปอีกจนกว่าผู้เรียนจะสามารถตอบคำถามหรือแก้ปัญหานั้นจนถึงระดับที่น่าพอใจ ดังนั้นการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อการฝึกหัดนี้ผู้เรียนจึงจำเป็นต้องมีความคิดรวบยอดและมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องราวและกฎเกณฑ์เกี่ยวกับเรื่องนั้นๆเป็นอย่างดีมาก่อนแล้วจึงจะสามารถตอบคำถามหรือแก้ปัญหานั้นได้ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทแบบฝึกหัดนี้จะสามารถใช้ได้ในสาขาต่างๆ เช่น คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภูมิศาสตร์ ประวัติศาสตร์ การเรียนคำศัพท์และการแปลภาษา เป็นต้น บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประเภทนี้ได้รับความนิยมมากเฉพาะในระดับอุดมศึกษา ทั้งนี้เพื่อเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนอ่อนหรือเรียนไม่ทันคนอื่นได้มีโอกาสทำความเข้าใจบทเรียนที่สำคัญได้โดยครูผู้สอนไม่ต้องเสียเวลาในชั้นเรียนอธิบายเนื้อหาเดิมซ้ำอีก

3.สถานการณ์จำลอง (Simulation) เป็นโปรแกรมที่เป็นการจำลองความเป็นจริงเพื่อการฝึกทักษะ หรือปฏิบัติเพื่อให้เกิดความชำนาญและเรียนรู้โดยไม่ต้องเสี่ยงภัยหรือเสียค่าใช้จ่ายมากนัก หรืออาจเป็นโปรแกรมสาธิตที่เป็นเพียงการแสดงให้ผู้เรียนได้ชมเท่านั้นรูปแบบของบทเรียนอาจประกอบด้วยการเสนอข้อมูล การแนะนำผู้เรียนเกี่ยวกับทักษะ การฝึกปฏิบัติเพื่อเพิ่มพูนความ

ชำนาญและความคล่องแคล่ว หรือให้ผู้เรียนตัดสินใจแก้ปัญหา (problem solving) และให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้

4. เกมเพื่อการสอน (Instructional games) เป็นโปรแกรมที่ใช้เกมในการสอนเพื่อช่วยกระตุ้นผู้เรียน

5. การค้นพบ (Discovery) โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะให้ข้อมูลแก่ผู้เรียน โดยผู้เรียนจะได้รับปัญหาและต้องค้นพบคำตอบที่ถูกต้องด้วยตนเอง

6. การแก้ปัญหา (Problem-solving) เป็นโปรแกรมที่ให้ผู้เรียนเขียนเองหรือมีผู้เขียนให้ เป็นการเรียนการสอนที่เน้นให้ฝึกคิดและตัดสินใจ

7. การทดสอบ (Tests) เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับการทดสอบหรือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องหนึ่งสามารถสร้างวิธีสอนหลายแบบดังกล่าวรวมกันได้ (combination) ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้สอนในการกำหนดวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอน ลักษณะผู้เรียน องค์ประกอบและกิจกรรมการเรียน

3.3 ลักษณะของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นการเรียนการสอนที่มีจุดมุ่งหมายที่จะตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียนเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ทางการศึกษาเป็นรายบุคคล เป็นการผสมผสานหลักการของบทเรียนโปรแกรม (Program Instruction) ของสกินเนอร์ (Skinner) และเครื่องช่วยสอนของเพรสซี่ (Pressey) การใช้คอมพิวเตอร์เป็นสื่อแทนสิ่งพิมพ์ทำให้บทเรียนมีความสมบูรณ์มากขึ้น การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีลักษณะการเรียนที่เป็นขั้นตอนดังนี้ (บุญเกื้อ ควรหาเวช. 2542: 69-71)

1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน เริ่มจากการทักทายผู้เรียน บอกวิธีและวัตถุประสงค์ของการเรียนโดยการเสนอรูปแบบที่น่าสนใจ บางครั้งอาจมีแบบทดสอบวัดความพร้อมของผู้เรียนก่อนหรือมีรายการสารบัญเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเลือกเรียนและจัดลำดับเนื้อหาการเรียนก่อนหลังได้ด้วยตนเอง

2. ขั้นการเสนอเนื้อหา เมื่อผู้เรียนเลือกเรียนเรื่องใดแล้ว คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะเสนอเนื้อหานั้นออกมาเป็นกรอบ(Frame)ในรูปแบบสื่อประสมที่ช่วยกระตุ้นความสนใจ มีการเรียงลำดับเนื้อหาจากง่ายไปยากการชี้แนะช่วยเหลือผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ที่ดีขึ้น โดยผู้เรียนสามารถควบคุมความเร็วในการดำเนินการเรียนได้ด้วยตนเอง ทำให้เกิดความเข้าใจในการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. ขั้นคำถามและคำตอบ เป็นการวัดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่ผู้เรียนได้เรียนผ่านไปแล้วโดยให้ทำแบบฝึกหัด คอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถเสนอแบบฝึกหัดที่น่าสนใจมากกว่าแบบทดสอบธรรมดาและผู้เรียนตอบคำถามผ่านทางแป้นพิมพ์หรือเมาส์ นอกจากนี้ยังสามารถจับเวลาในการตอบคำถามของผู้เรียนได้ด้วย หากผู้เรียนไม่สามารถตอบคำถามได้ตามกำหนดเวลาหรือตอบคำถามผิด คอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถแสดงความช่วยเหลือได้

4.ขั้นการตรวจคำตอบ เมื่อคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้รับคำตอบจากผู้เรียนแล้วก็จะตรวจคำตอบและแจ้งผลให้ผู้เรียนทราบในทันที โดยอาจแจ้งเป็นแบบข้อความ เสียงหรือรูปภาพ หากตอบถูกการได้รับเสียงปรบมือ คำชมเชยหรือภาพสวยๆจะเป็นการเสริมแรง (Reinforcement) หากตอบผิดจะให้การซ่อมเสริมเนื้อหาแล้วให้คำถามนั้นใหม่เมื่อตอบถูกจึงจะให้เข้าสู่เนื้อหาต่อไปได้

5.ขั้นของการปิดบทเรียน เมื่อเรียนจบบทเรียนแล้ว คอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะทำการประเมินผลผู้เรียนโดยการทำแบบทดสอบซึ่งจุดเด่นของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนคือสามารถสุ่มข้อสอบออกมาจากคลังข้อสอบที่ได้สร้างเก็บไว้และเสนอให้ผู้เรียนแต่ละคนโดยที่ไม่เหมือนกันได้ หลังจากทำแบบ ทดสอบแล้วผู้เรียนจะได้รับทราบคะแนนของตนเองทันทีว่าผ่านตามเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้หรือไม่และสามารถบอกเวลาที่ใช้ในการเรียนหน่วยนั้นด้วย

3.4 ข้อดีของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ข้อดีของคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีหลายด้านสามารถสรุปได้ดังนี้(ฤทธิ์ชัย อ่อนมิ่ง. 2547: 7-8); (นิพนธ์ ศุขปรีดี. 2531: 22, 27-28); (อรพันธ์ ประสิทธิ์รัตน์. 2530: 7-8); (กิดานันท์ มลิทอง. 2543: 253-254); (สมชาย ทยานยง. 2526: 53-61); (นิตยา กาญจนะวรรณ. 2526: 80); (Hall. 1982: 362)

1. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นตัวกระตุ้นในการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี เพราะการเรียนด้วยคอมพิวเตอร์เป็นประสบการณ์ที่แปลกใหม่ และความสามารถในการสร้างภาพสี ภาพเคลื่อนไหว เสียง การเพิ่มความเหมือนจริง ช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ และความเข้าใจให้แก่ผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนมีความสนใจอยากเรียนรู่มากขึ้น

2. คอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) และให้การเสริมแรง (Reinforcement) แก่ผู้เรียนได้รวดเร็ว ทั้งในรูปของข้อความ เสียง หรือรูปภาพ เมื่อผู้เรียนทำผิดหรือยังไม่เข้าใจบทเรียนก็สามารถแก้ไขข้อบกพร่องหรือกลับไปทบทวนในส่วนที่ยังไม่เข้าใจได้ทันที เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ทันทั่วทั้งที่

3.คอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถนำมาใช้ในการตอบสนองต่อการศึกษารายบุคคลเป็นอย่างดี เพราะลักษณะของโปรแกรมให้ความเป็นส่วนตัว ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนตามความสามารถของตนเองโดยสะดวก โดยผู้ที่เรียนช้าสามารถเรียนไปได้โดยไม่ต้องรอหรือรีบเร่ง ผู้เรียนแต่ละคนได้มีโอกาสโต้ตอบกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยตนเองทำให้ไม่เกิดความเบื่อหน่ายและ สามารถวัดผลการเรียนได้ทันทีภายหลังการทดสอบและไม่ต้องอายเมื่อตอบคำถามผิด

4.คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเก็บข้อมูลได้มากทำให้ประหยัดพื้นที่ เมื่อผู้เรียนต้องการจะเรียนเรื่องอะไรก็สามารถค้นหาและดึงเอาบทเรียนออกมาแสดงได้อย่างรวดเร็ว ทั้งยังสามารถสุ่มแบบฝึกหัด ข้อสอบ หรือกิจกรรมต่าง ๆ ที่ทำให้ผู้เรียนแต่ละคนเรียนโดยไม่ซ้ำกันได้ มีความแม่นยำ ไม่มีความลำเอียง ไม่รู้จักเหน็ดเหนื่อย และไม่รู้เบื่อ

5.คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นการสอนที่มีแบบแผน เพราะมีการวางแผนการสร้างบทเรียนทุกขั้นตอนสามารถตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขบทเรียนได้

6. ความสามารถของหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยบันทึกคะแนนและพฤติกรรมต่างๆของผู้เรียนไว้ เพื่อใช้ในการวางแผนบทเรียนในขั้นต่อไปได้

3.5 ข้อจำกัดของคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแม้จะมีข้อดีดังกล่าวมาแล้วข้างต้นแต่ก็มีข้อจำกัดในการใช้งาน เนื่องจากการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในวงการการศึกษาต้องใช้งบประมาณสูง แม้ราคาเครื่องจะลดลง แต่ก็ต้องมีค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา การสร้างและออกแบบบทเรียนโดยผู้สอนเองต้องอาศัยเวลาและความสามารถมาก เป็นภาระแก่ผู้สอนอย่างยิ่ง จึงทำให้โปรแกรมที่ใช้ในการเรียนการสอนยังมีน้อยและขาดคุณภาพเมื่อเทียบกับการออกแบบโปรแกรมเพื่อใช้ในการด้านอื่นๆ ไม่สามารถวิเคราะห์ผลการเรียนรู้และความเข้าใจของผู้เรียนได้ถูกต้อง หากผู้สอนมีความรู้ทางคอมพิวเตอร์น้อยและเกิดความรู้สึกว่าคอมพิวเตอร์มีความสำคัญมากกว่า การใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะไม่ได้ผลดีมีประสิทธิภาพ นอกจากนั้นการเรียนโดยใช้คอมพิวเตอร์ไม่สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้เพราะเป็นการสอนบทเรียนตามขั้นตอนที่วางโปรแกรมไว้ล่วงหน้าซึ่งผู้เรียนบางคนที่เป็นผู้ใหญ่อาจไม่ชอบทำให้เป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ได้ (กิตานันท์ มลิทอง. 2543 : 254); (ฤทธิ์ชัย อ่อนมิ่ง. 2547:8)

3.6 การนำเสนอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การนำเสนอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถแบ่งตามโครงสร้างออกเป็น 2 รูปแบบ คือ (ทักษิณา สวานนท์. 2530: 216-220); (บุปผชาติ ทัพพิกรณ์. 2535: 53-61); (Renold. 1995:18-25)

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบเส้นทางเดียว (Linear program) เป็นการสร้างกรอบเนื้อหาหรือคำถามที่มีลำดับการตอบสนองอย่างต่อเนื่องไปในทิศทางเดียว

2. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบแตกกิ่ง (Branching program) เหมาะต่อการเรียนรู้ของผู้เรียนเพราะสามารถเลือกตามระดับความรู้ความเข้าใจและความสามารถของผู้เรียน มีหลายรูปแบบดังนี้

2.1 แบบย้อนกรอบ (Linear format with repetition) คล้ายแบบเส้นทางเดียว แต่มีคำถามแทรกระหว่างกรอบเนื้อหาหากผู้เรียนไม่สามารถตอบคำถามได้ถูกต้องจะไม่สามารถเข้าสู่เนื้อหากรอบถัดไปได้

2.2 แบบสอบก่อนข้าม (Pretest and skip format) ผู้เรียนต้องทำการทดสอบก่อนเรียนเนื้อหา หากทดสอบผ่านก็ไม่ต้องเข้าสู่เนื้อหาบทนั้นแต่สามารถเข้าสู่กรอบเนื้อหาจุดประสงค์อื่นได้เลย มักใช้บทเรียนลักษณะนี้เพื่อตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล

2.3 แบบข้ามและย้อนกรอบ (Gate frames) กรอบเนื้อหาที่มีลำดับลักษณะเดียวกับแบบเส้นทางเดียว แต่ให้ผู้เรียนไปยังกรอบต่างๆได้ตามความสามารถและความรู้ความเข้าใจ โดยอาจข้ามกรอบหรือกลับ มาทบทวนกรอบเนื้อหาที่ผ่านไปแล้วได้

2.4 แบบทางเดินหลายเส้น (Secondary tracks) ประกอบด้วยเส้นทางเดินหลายระดับซึ่งแต่ละระดับมีการเชื่อมต่อกัน เส้นทางเดินระดับหนึ่ง จะประกอบด้วยกรอบเนื้อหาหลักที่มีคำอธิบายรายละเอียดไม่มาก เส้นทางเดินระดับอื่นจะประกอบด้วยกรอบเนื้อหาที่เป็นเรื่องเดียวกัน แต่จะเพิ่มเติมรายละเอียดหรือขยายความหมายของคำให้ชัดเจนมากขึ้นตามระดับของเส้นทางเดิน

2.5 แบบกรอบซ่อมเสริมเดี่ยว (Single remedial branch) คล้ายแบบย้อนกรอบ ผู้เรียนต้องตอบคำถามให้ถูกต้องจึงจะได้เข้าสู่กรอบเนื้อหาถัดไป หากตอบผิดจะต้องเข้าสู่กรอบซ่อมเสริมซึ่งมีกรอบเดี่ยวก่อนจึงจะเข้าสู่กรอบเนื้อหาถัดไปได้

2.6 แบบมีห่วงกรอบซ่อมเสริม (Remedial loops) มีลักษณะคล้ายแบบกรอบซ่อมเสริมเดี่ยวแต่ต่างที่การตอบผิดจะต้องเข้าสู่กรอบซ่อมเสริมซึ่งมีลักษณะเป็นกรอบหลายกรอบ ประกอบกันเป็นชุดเรียนบทย่อยก่อนเพื่อให้ผู้เรียนมีการเสริมความรู้ที่ยังขาดอยู่ก่อนจึงเข้าสู่กรอบเนื้อหาถัดไปได้

2.7 แบบกรอบซ่อมเสริมหลายกิ่ง (Multiple remedial branches) ประกอบด้วยกรอบเนื้อหา แล้วตามด้วยกรอบคำถาม หากตอบคำถามถูกต้องจะได้เข้าสู่กรอบเนื้อหาถัดไป แต่หากตอบผิดจะมีกิ่งแยกเป็นกรอบซ่อมเสริมออกมาหลายกิ่ง ตามจำนวนตัวเลือกในคำถาม เมื่อผู้เรียนศึกษาเนื้อหาในกรอบซ่อมเสริมแล้วจะต้องกลับมาตอบคำถามในกรอบคำถามเดิมอีกครั้ง เมื่อตอบถูกจึงเข้าสู่กรอบเนื้อหาใหม่ได้

2.8 แบบแตกกิ่งคู่ (Branching frame sequence) ประกอบด้วยกรอบเนื้อหาที่แต่ละกรอบมีการแตกออกเป็นกรอบซ่อมเสริม 2 กรอบ ผู้เรียนจะต้องศึกษาข้อมูลในกรอบเนื้อหาและตอบปัญหาซึ่งมี 3 ตัวเลือกโดยมีตัวเลือกที่ถูกต้องเพียง 1 ตัวเลือกเท่านั้น หากตอบถูกจะได้เข้าสู่กรอบเนื้อหาใหม่ แต่ถ้าตอบผิดจะต้องเข้าสู่กรอบซ่อมเสริมเพื่อศึกษาและกลับมายังกรอบเนื้อหาเดิมเพื่อตอบปัญหาอีกครั้ง ในการสร้างบทเรียนนี้ควรมีแรงจูงใจโดยในกรอบเนื้อหาใหม่นอกจากจะมีข้อความที่แสดงให้ทราบว่าผู้เรียนตอบถูกต้องแล้ว ควรเสริมคำชมเชย ก่อนเข้าสู่เนื้อหาใหม่ต่อไป ส่วนกรอบซ่อมเสริมควรมีข้อความในลักษณะให้กำลังใจที่ผู้เรียนตอบผิด ก่อนเข้าสู่คำอธิบายเหตุผล ประโยคสุดท้ายในกรอบนี้จะบอกให้ผู้เรียนกลับไปยังกรอบเนื้อหาเดิมเพื่ออ่านเนื้อหาและตอบปัญหาเดิมอีกครั้ง

2.9 แบบกิ่งประกอบ (Compound branches) ประกอบด้วยกรอบเนื้อหา แล้วตามด้วยกรอบคำถามซึ่งมีคำตอบ 2 รูปแบบคือใช่และไม่ใช่ คำตอบแต่ละรูปแบบจะแยกไปสู่กรอบเนื้อหาใหม่ตามระดับความรู้ของผู้เรียน

รูปแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนต่าง ๆ เหล่านี้สามารถนำมาใช้ร่วมกันในการออกแบบและการสร้าง ตลอดจนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้เหมาะสมกับเนื้อหาและวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

4. เอกสารเกี่ยวกับการออกแบบ การสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสม

4.1 การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีองค์ประกอบสำคัญสองส่วน กล่าวคือ องค์ประกอบด้านการออกแบบการสอน ให้ความสำคัญในการนำแนวความคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนและทฤษฎีด้านจิตวิทยามาประยุกต์ใช้ และองค์ประกอบด้านการออกแบบหน้าจอ (Screen Design) เกี่ยวข้องกับเทคนิคการนำเสนอเนื้อหาบนจอภาพคอมพิวเตอร์ การจัดองค์ประกอบของหน้าจอ การใช้ภาพ กราฟิก สี เสียง และตัวอักษรเพื่อการนำเสนอเนื้อหาที่สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้และการรับรู้ นอกจากนั้นยังเกี่ยวข้องกับการออกแบบหน้าจอเพื่อให้ผู้เรียนสามารถควบคุมกิจกรรมการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามความถนัดและความสามารถของแต่ละคนอีกด้วย

ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หลักการ ทฤษฎีการเรียนรู้และทฤษฎีการสอนส่วนใหญ่ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ได้จากการศึกษาค้นคว้าและการวิจัยโดยนักจิตวิทยาการศึกษา (บุปผชาติ ทัพพิกรณ์ ; และคณะ. 2544: 35-43) ; (พงษ์พันธ์ พงษ์โสภา. 2544 : 84-85) ได้แก่

ทฤษฎีพฤติกรรมนิยม(Behavioral theories) เชื่อว่าพฤติกรรมของมนุษย์เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ซึ่งสามารถสังเกตพฤติกรรมได้ในรูปแบบต่าง ๆ กัน และเชื่อว่าตัวเสริมแรง(Reinforcer)จะช่วยกระตุ้นให้เกิดพฤติกรรมตามต้องการได้ โดยสกินเนอร์ (B.F. Skinner : 1904)ให้แนวคิดว่าการกระทำใด ๆ ถ้าได้รับการเสริมแรงจะมีแนวโน้มให้เกิดการกระทำนั้นอีก การเสริมแรงสามารถเป็นไปได้ในรูป แบบรางวัลหรือความพึงพอใจที่เกิดจากความสำเร็จในการเรียนหรือการทำกิจกรรม และตัวเสริมแรงเป็นตัวแปรสำคัญในการเปลี่ยนพฤติกรรมหรือการเรียนรู้ของผู้เรียน หลักการของสกินเนอร์ได้ถูกนำไปพัฒนาเป็นรูปแบบบทเรียนโปรแกรมซึ่งมีแนวคิดหลักได้แก่ การแบ่งบทเรียนแต่ละบทเป็นขั้นย่อยเรียก ว่ากรอบแต่ละกรอบประกอบด้วยเนื้อหาที่มีความคิดรวบยอดให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และเข้าใจ โดยมีการเรียงลำดับจากกรอบที่มีเนื้อหาง่ายไปหายากเพื่อให้เกิดการเรียนรู้เป็นขั้นตอน ซึ่งผู้เรียนต้องตอบคำถามในแต่ละกรอบให้ถูกต้องก่อนจึงจะไปในกรอบต่อไปได้ ทุกครั้งที่มีการตอบคำถามผู้เรียนจะได้รับการเสริมแรงและได้รับผลป้อนกลับว่าตอบถูกผิดในทันที และใช้เวลาในการศึกษาแต่ละกรอบนั้นจะขึ้นกับตัวผู้เรียน สำหรับตัวเสริมแรงที่ทำให้เกิดแรงจูงใจมี 3 ลักษณะคือ ตัวเสริมแรงที่เป็นวัตถุสิ่งของ ตัวเสริมแรงภายในตนเองและตัวเสริมแรงทางสังคม และจากการศึกษาพบว่าองค์ประกอบของตัวเสริม แรงที่ทำให้เกมคอมพิวเตอร์ได้รับความนิยมและเป็นแรงจูงใจที่ทำให้เด็กนิยมเล่นมากคือ ความท้าทาย(challenge) ความอยากรู้อยากเห็น (curiosity) และจินตนาการเพ้อฝัน (fantasy) จากแนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้จากกลุ่มพฤติกรรมนิยมสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้ดังนี้

- 1.การแบ่งเนื้อหาบทเรียนเป็นหน่วยย่อยและบอกเป้าหมายและวัตถุประสงค์ให้ชัดเจน

2. ผู้เรียนสามารถเลือกความยากง่ายของเนื้อหาและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความต้องการและความสามารถของตน

3. เกณฑ์วัดผลมีความชัดเจนและต่อเนื่อง บอกตำแหน่งของผู้ทดสอบได้โดยเทียบกับเกณฑ์ปกติ

4. ควรให้ข้อมูลป้อนกลับในรูปแบบที่น่าสนใจ ทำให้เกิดแรงจูงใจ ภาพและเสียงมีความเหมาะสมและความแปลกใหม่ กระตุ้นให้เกิดจินตนาการที่เหมาะสม

5. ควรเสนอข้อมูลในลักษณะความขัดแย้งทางความคิด และสอดแทรกคำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย โดยให้หลักเกณฑ์หรือตัวอย่างเพื่อให้ผู้เรียนสามารถคิดหาคำตอบได้เอง

ทฤษฎีปัญญานิยม(Cognitive theories) นักทฤษฎีกลุ่มนี้มีแนวความคิดว่าการเรียนเป็นการผสมผสานข้อมูลเดิมเข้ากับข้อมูลใหม่ หากผู้เรียนมีการเชื่อมโยงข้อมูลการรับรู้จะง่ายขึ้นโดยผู้เรียนจะมีความสามารถในการรับรู้ การเรียนรู้และการนำไปใช้ต่างกัน ดังนั้นจึงมีความสนใจในองค์ประกอบที่ส่งผลต่อความจำระยะสั้น ความจำระยะยาว และความคงทนในการจำ นักจิตวิทยาในกลุ่มนี้ที่รู้จักกันมากได้แก่ เปียเจต์ (Piaget) บรูเนอร์ (Bruner) และออสเชล (Ausubel)

เปียเจต์ (Piaget. 1971) ได้ศึกษาและสร้างทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาโดยพบว่าพัฒนาการทางสติปัญญาและความคิดเกิดขึ้นจากการที่บุคคลได้ปะทะสังสรรค์กับสิ่งแวดล้อมและเกิดกระบวนการการซึมซาบ(Assimilation) และปรับโครงสร้างทางสติปัญญา(Accommodation)ที่มีอยู่แล้วให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมนั้นได้ (สรวงศ์ ใ้วตระกูล. 2545: 48-49). ผู้สอนจึงควรจัดสภาพแวดล้อมให้ผู้เรียนได้คิด รู้จักวิธีการและให้เกิดการค้นพบด้วยตนเอง จะช่วยให้มีความรู้คงทนและเกิดการถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเปียเจต์ได้ถูกนำมาเป็นแนวคิดในการสร้างทฤษฎีของบรูเนอร์ โดยบรูเนอร์ได้เสนอแนวความคิดใหม่เกี่ยวกับหลักสูตรแบบเกลียว (Spiral curriculum) ซึ่งเป็นหลักสูตรที่สอนพื้นฐานทุกวิชาให้เด็กทุกระดับและการเรียนรู้จากการค้นพบด้วยตนเอง (Discovery learning) นอกจากนั้นยังเสนอหลัก 4 ประการสำหรับหลักสูตรและการสอน ได้แก่ โครงสร้างของความรู้ (Structure of knowledge) ให้เกิดการจัดระเบียบความสัมพันธ์ของความรู้เดิมกับความรู้ใหม่โดยให้สอดคล้องกับพัฒนาการทางสติปัญญา ความพร้อม (Readiness) โดยการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพต้องมีหลักสูตรที่เหมาะสมกับระดับความพร้อมของผู้เรียน การหยั่งรู้ (Intuitive) เป็นการใช้เทคนิคการหาเหตุผลทางปัญญาแบบมีหลักเกณฑ์โดยปราศจากการวิเคราะห์ตามกระบวนการ และการจูงใจ(Motivation) เป็นการเน้นการสร้างแรงจูงใจภายในมากกว่าภายนอกซึ่งจะมีผลให้กิจกรรมทางสติปัญญาประสบผลสำเร็จอย่างเต็มที่จากหลักดังกล่าวนำมาเชื่อมโยงกับทฤษฎีการสอน โดยกำหนดลักษณะสำคัญ ตามแนว ความคิดของบรูเนอร์ ได้แก่ 1) การสร้างความสนใจ (Predispositions) ให้ผู้เรียนเกิดความพึงพอใจอยากเรียน 2) โครงสร้างและรูปแบบของความรู้ (Structure and the form of knowledge) จะต้องจัดระเบียบโครงสร้างของเนื้อหาวิชาให้เป็นระเบียบ ให้มีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่อง กันเพื่อให้ผู้เรียน

สามารถจำแนก เข้าใจง่ายและเกิดความคิดรวบยอดได้ดี 3) การจัดลำดับและประโยชน์ (Sequence and its uses) เป็นการบอกลำดับขั้นของการเสนอเนื้อหา รวมทั้งการใช้วัสดุอุปกรณ์ให้สอดคล้องกับหลักพัฒนาทางสติปัญญาของเด็กและ 4) รูปแบบ และจังหวะการเสริมแรง (The form and pacing of reinforcement) (ประสาธ อิศรภักดี. 2523: 120-139); (ภพ เลหาไพบูลย์. 2542 : 72-78)

ออซูเบล(Ausubel. 1968) เสนอทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย (A theory of meaningful verbal learning) โดยการเรียนรู้แบ่งเป็น 2 มิติ มิติที่หนึ่งเป็นวิธีการเรียนรู้ มีสองแบบ ได้แก่การเรียนรู้แบบรับรู้ไว้ (Reception learning) และการเรียนรู้แบบค้นพบด้วยตนเอง(Discovery learning) มิติที่สองเป็นกระบวนการเรียนรู้ภายใน ได้แก่การเรียนรู้แบบท่องจำ (Rote learning) และการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Meaningful learning) ผู้เรียนเมื่อเรียนรู้แล้วสามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่ให้สัมพันธ์กับความรู้เดิมเป็นการเรียนรู้แบบรับรู้ไว้เพื่อให้ได้ความหมาย ดังนั้นในการสอนต้องคำนึงถึงโครงสร้างความรู้ความคิดของผู้เรียน ต้องมีการจัดการล่วงหน้า วัสดุอุปกรณ์ต้องมีความ

หมายน่าสนใจ และผู้เรียนต้องเตรียมพร้อมที่จะเรียน (ภพ เลหาไพบูลย์. 2542 : 78-82 ; และ Collette. 1973.)

จากแนวคิดและทฤษฎีการเรียนรู้จากกลุ่มปัญญานิยมสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้ดังนี้

1.การสร้างความสนใจให้แก่ผู้เรียนก่อนเริ่มเรียน รวมถึงในบทเรียนควรมีอย่างต่อเนื่องด้วยรูปแบบและวิธีการที่แตกต่างกันไป

2.การใช้ภาพและกราฟิกประกอบการสอนต้องสอดคล้องกับเนื้อหา และการเลือกเนื้อหาบทเรียน กิจกรรมการเรียนต้องคำนึงถึงความแตกต่างของผู้เรียน โดยผู้เรียนควรได้รับการชี้แนะในรูปแบบที่เหมาะสม

3.เปิดโอกาสให้ผู้เรียนทบทวนความรู้เดิมที่สัมพันธ์กับความรู้ใหม่ กิจกรรมการสอนควรมีการผสมผสานการให้ความรู้กับการให้คำถามเพื่อให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์หาคำตอบ

4.สร้างแรงจูงใจโดยเน้นความพึงพอใจที่เกิดจากความสำเร็จในการเรียนรู้

หลักการทั่วไปเกี่ยวกับการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน (รุจโรจน์ แก้วอุไร 2545. ออนไลน์); (บุปผชาติ ทัพพิกรณ์ ; และคณะ. 2544: 47-55); (ฤทธิชัย อ่อนมิ่ง. 2547:27-37) ให้หลักการออกแบบเพื่อให้ออกมาในลักษณะการเรียนการสอนจริง โดยยึดหลักการนำเสนอเนื้อหาและจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์ตามแนวคิดของกาเย่ มี 9 ขั้นตอน ได้แก่

1. เร่งเร้าความสนใจ (Gain attention) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนควรมีการเร่งเร้าความสนใจตั้งแต่เรื่องการนำเสนอเนื้อหาบทเรียนในที่นี้หมายถึงบทนำเรื่อง(Title) ของบทเรียนนั่นเอง ดังนั้นการใช้สื่อหลายอย่างประกอบกันจะเป็นการเร่งเร้าความสนใจของผู้เรียนและยังช่วยให้ผู้เรียนมีความพร้อมที่จะศึกษาเนื้อหาต่อไปด้วย หลักสำคัญประการหนึ่งของการออกแบบในส่วนนี้

คือ ควรให้สายตาของผู้เรียนอยู่ที่จอภาพ โดยไม่พะวงอยู่ที่แป้นพิมพ์หรือส่วนอื่นๆ นอกจากนั้นควรเลือกใช้ภาพกราฟฟิกที่มีขนาดใหญ่ชัดเจน ง่าย ไม่ซับซ้อน และเสียงที่สอดคล้องเกี่ยวข้องกับเนื้อหา ระดับความรู้ และเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน เทคนิคการนำเสนอภาพต่างๆ ควรรวดเร็ว และง่าย เพื่อไม่ให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่าย และควรสร้างความคุ้นเคยให้กับผู้เรียนโดยให้ผู้เรียนกดแป้นพิมพ์ใดๆ เพื่อเป็นการเข้าสู่หน้าอื่นๆต่อไป

2. บอกวัตถุประสงค์ (Specify objective) ในกระบวนการเรียนรู้อาจจะต้องมีการกำหนดวัตถุประสงค์ของบทเรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้ทราบถึงความคาดหวังของบทเรียนจากผู้เรียนหรือพฤติกรรมขั้นสุดท้ายของตนเองหลังจบบทเรียน เป็นการบอกให้ผู้เรียนทราบถึงเนื้อหา รวมทั้งขอบเขตเค้าโครงของเนื้อหาอย่างคร่าวๆ วัตถุประสงค์บทเรียนจำแนกได้ 2 ชนิด ได้แก่ วัตถุประสงค์ทั่วไป และวัตถุประสงค์เฉพาะ หรือวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม การบอกวัตถุประสงค์บทเรียน ควรเลือกใช้ประโยคสั้นๆ แต่ได้ใจความ และเป็นสิ่งที่เข้าใจของผู้เรียนทั่ว โดยวัตถุประสงค์ทั่วไปควรใช้ในบทเรียนหลัก และตามด้วยรายการให้เลือก และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมใช้บอกในแต่ละบทเรียนย่อยๆ การนำเสนอวัตถุประสงค์อาจให้ปรากฏบนจอภาพทีละข้อๆ ก็ได้ แล้วแต่เวลาที่ใช้ในการนำเสนอ อย่างไรก็ตามควรทำให้น่าสนใจ โดยใช้กราฟิกง่ายๆ เข้าช่วย เช่น การตีกรอบ การใช้ลูกศร และรูปทรงเรขาคณิต แต่ไม่ควรใช้การเคลื่อนไหวเข้าช่วย โดยเฉพาะกับตัวหนังสือ

3. ทบทวนความรู้เดิม (Activate prior knowledge) ก่อนนำเสนอเนื้อหาใหม่ควรมีการทบทวนความรู้เดิมแก่ผู้เรียน เพื่อไม่ให้ผู้เรียนเกิดปัญหาในการเรียนรู้และพร้อมที่จะรับเนื้อหาใหม่สำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิธีปฏิบัติโดยทั่วไปจะทำการทดสอบก่อนบทเรียน (Pre-test) มาประเมินความรู้ของผู้เรียน นอกจากจะเป็นการตรวจวัดความรู้พื้นฐานแล้ว อาจใช้ผลจากการทดสอบก่อนบทเรียนมาเป็นเกณฑ์จัดระดับความสามารถของผู้เรียนได้ อย่างไรก็ตามการทบทวนอาจทำได้โดยนำเสนอเนื้อหาเดิมที่ต้องการให้เป็นพื้นฐานความรู้ สำหรับการศึกษาเนื้อหาใหม่หรือกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดย้อนกลับไปคิดถึงสิ่งที่เคยเรียนมาแล้ว การใช้ภาพประกอบและเสียง จะทำให้บทเรียนน่าสนใจยิ่งขึ้น

4. นำเสนอเนื้อหาใหม่ (Present new information) การนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนควรนำเสนอภาพที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาพร้อมคำอธิบายสั้นๆง่ายๆและให้ได้ใจความมากที่สุดจึงจะทำให้เกิดความคงทนในการจำได้ดีกว่ามีคำอธิบายเพียงอย่างเดียว โดยมีหลักการว่าภาพจะช่วยอธิบายสิ่งที่เป็นนามธรรมให้เห็นเป็นรูปธรรมจึงเกิดความเข้าใจได้ดียิ่งขึ้น สำหรับเนื้อหาที่ยากซับซ้อน ควรอธิบายเป็นลำดับขั้นหรือเป็นขั้นตอนที่ต่อเนื่องกันไป และควรเน้นส่วนข้อความที่มีความสำคัญโดยการตีกรอบ การกระพริบ การเปลี่ยนสีพื้น การใช้ลูกศร การใช้สีหรือคำพูด สำหรับการอธิบายควรจบเป็นตอนๆ ภาพไม่ควรมีรายละเอียดมากเกินไปและต้องเกี่ยวกับเนื้อหา ไม่ยากหรือซับซ้อนมากเกินไป ที่สำคัญในการนำเสนอเนื้อหาใหม่ผู้เรียนควรมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนโดยการพิมพ์หรือตอบคำถามบ้าง

5. ชี้นำแนวทางการเรียนรู้ (Guide learning) การออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ ควรพยายามให้ผู้เรียนได้เห็นถึงความสัมพันธ์ของสิ่งย่อยกับสิ่งใหญ่และสัมพันธ์กับความรู้เดิมของผู้เรียนโดยการเรียนรู้อย่างมีความหมาย(Meaningful learning) จะเกิดขึ้นโดยผู้เรียนต้องวิเคราะห์และตีความเนื้อหาใหม่เข้ากับความรู้พื้นฐานเดิม แล้วรวมกันเกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ทำให้มีความชัดเจนและเกิดความเข้าใจมากขึ้น อาจใช้เทคนิคการให้ตัวอย่างหรือไม่ใช้ตัวอย่างเพื่อให้ผู้เรียนสามารถแยกแยะความแตกต่างและเข้าใจความคิดรวบยอดของเนื้อหาต่างๆ ได้อย่างชัดเจนขึ้น นอกจากนั้นผู้ออกแบบอาจใช้วิธีชี้นำการค้นพบ(Guide discovery) ให้ผู้เรียนสืบค้น คัดวิเคราะห์ หาคำตอบด้วยตนเองเป็นวิธีการนำไปสู่ความรู้ได้อีกวิธีหนึ่ง

6. กระตุ้นการตอบสนองบทเรียน (Elicit response) การเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพมากขึ้นหากผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนเป็นการกระตุ้นการตอบสนองต่อบทเรียน การให้นักเรียนได้ร่วมกิจกรรมในส่วนที่เกี่ยวกับเนื้อหาและการตอบคำถามจะทำให้ผู้เรียนมีความจำดีกว่าการเรียนโดยวิธีอ่านหรือหรือลอกข้อความจากผู้อื่นเพียงอย่างเดียว บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถออกแบบให้ผู้เรียนสามารถร่วมกิจกรรมได้หลายลักษณะโดยอาจเป็นแบบต่อเนื่อง ทำให้ผู้เรียนไม่เกิดความเบื่อหน่ายมีความเข้าใจและสามารถจำได้ดีขึ้น

7. ให้ข้อมูลย้อนกลับ (Provide feedback) การให้ข้อมูลย้อนกลับเป็นการกระตุ้นแรงจูงใจความสนใจของผู้เรียนให้ดีขึ้น การให้ข้อมูลย้อนกลับควรกระทำทันทีหลังจากผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนโดยบอกให้ผู้เรียนทราบว่าตอบถูกหรือผิด คำถามคำตอบควรแสดงอยู่บนกรอบเดียวกัน โดยอาจใช้เป็นภาพหรือเสียงก็ได้

8. ทดสอบความรู้ใหม่ (Assess performance) เมื่อผู้เรียนศึกษาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสร็จสิ้นแล้ว ควรให้ทำการทดสอบความรู้ที่ได้เรียกว่า การทดสอบหลังบทเรียน (Post-test) ซึ่งเป็นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนดหรือไม่ หากผ่านก็ให้ไปศึกษาบทเรียนใหม่ต่อไปหากไม่ผ่านต้องย้อนกลับไปศึกษาเนื้อหาเดิมอีกครั้ง การทดสอบหลังบทเรียนมีความจำเป็นสำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทุกประเภท เพราะนอกจากเป็นการประเมินผลการเรียนรู้แล้วยังมีผลต่อความคงทนในการจดจำเนื้อหาของผู้เรียนด้วย คำถามในแบบทดสอบควรถามเรียงลำดับตามวัตถุประสงค์ของบทเรียนโดยแยกออกเป็นส่วนๆ หากบทเรียนมีหลายเรื่องย่อย และควรมีแบบทดสอบรวมหลังบทเรียนอีกชุดหนึ่ง อย่างไรก็ตามจะต้องทำการชี้แจงวิธีการตอบคำถาม และรายละเอียดที่เกี่ยวข้องทั้งหมดให้ผู้เรียนทราบอย่างชัดเจน โดยแบบสอบถามต้องวัดพฤติกรรมให้ตรงกับวัตถุประสงค์ของบทเรียนและเรียงลำดับจากง่ายไปหายาก คำถามคำตอบและคำเฉลยควรอยู่บนกรอบเดียวกันและควรมีคำถามเดียว การนำเสนอควรทำอย่างต่อเนื่องรวดเร็ว ไม่ควรใช้แบบทดสอบแบบอัตนัยที่ให้ผู้เรียนพิมพ์คำตอบยาวหากไม่ใช้การทดสอบทักษะการพิมพ์ แบบทดสอบชุดหนึ่งควรใช้ภาพประกอบบ้างไม่ควรใช้ข้อความเพียงอย่างเดียวและต้องเป็นแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้ว

9. สรุปและการนำไปใช้ (Review and transfer) ขั้นตอนสุดท้ายของบทเรียนจะต้องมีการสรุปความคิดรวบยอดของเนื้อหาเฉพาะประเด็นสำคัญรวมทั้งข้อเสนอนี้ต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้ทบทวนเนื้อหาความรู้ต่าง ๆ ที่ได้ศึกษามาแล้ว และควรแนะนำเนื้อหาอื่นที่เกี่ยวข้องหรือให้ข้อมูลอ้างอิงเพิ่มเติมเพื่อเป็นแนวทางในการ ศึกษาบทเรียนใหม่หรือนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

การออกแบบบทเรียนและนำบทเรียนไปใช้ในการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนได้รับผลสำเร็จตามจุด มุ่งหมายควรคำนึงถึงองค์ประกอบในด้านต่าง ๆ ดังนี้ (สินีนาถ ตลิ่งผล. 2541: 32-54)

1. ลักษณะผู้เรียน ผู้เรียนแต่ละคนมีความแตกต่างกันทั้งในด้านลักษณะทั่วไปและลักษณะเฉพาะของผู้เรียนแต่ละคน(กิดานันท์ มลิทอง. 2540) ลักษณะทั่วไปของผู้เรียนได้แก่ เพศ บุคคลิกภาพ อายุ แบบการคิด แบบการเรียนรู้ สังคม เศรษฐกิจและวัฒนธรรม แม้จะไม่เกี่ยวกับเนื้อหาบทเรียนแต่ก็ช่วยให้ผู้สอนตัดสินระดับของบทเรียนและรูปแบบที่เหมาะสมกับผู้เรียนได้ สำหรับลักษณะ เฉพาะของผู้เรียนแต่ละคน เป็นส่วนที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับเนื้อหาบทเรียนตลอดจน สื่อการสอน และวิธีการสอน

2. อัตราความก้าวหน้าหรือการควบคุมบทเรียน ได้แก่การควบคุมลำดับการเรียนรู้ เนื้อหา ประเภทของบทเรียน การกำหนดอัตราความก้าวหน้ามี 3 ลักษณะคือ

2.1 การกำหนดอัตราความก้าวหน้าโดยโปรแกรม (External - paced program or program control) ในการกำหนดเป้าหมาย วัตถุประสงค์ เงื่อนไขการเรียนรู้ ขั้นตอนการเรียนรู้ และอัตราการความก้าวหน้าในการเรียนขึ้นอยู่กับโปรแกรมเป็นผู้กำหนด ผู้เรียนต้องตั้งใจเรียนเพื่อเรียนเพื่อให้ทันกับเวลาที่โปรแกรมกำหนด โปรแกรมจะมีส่วนร่วมในการกำหนดความสำเร็จให้แก่ผู้เรียน

2.2 การกำหนดอัตราความก้าวหน้าโดยผู้เรียน (Self – paced program or learner control) ผู้เรียนมีอิสระและสามารถเลือกแนวทางในการเรียน ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดเป้าหมาย วัตถุประสงค์ เงื่อนไขการเรียนรู้ ขั้นตอนการเรียนรู้ด้วยตนเอง อัตราความก้าวหน้าขึ้นอยู่กับความสนใจและความสามารถของผู้เรียน ผู้เรียนจะเป็นผู้กำหนดความสำเร็จในการเรียน

2.3 การผสมผสานระหว่างโปรแกรมและผู้เรียน (Combination)

3. การชี้นำ (Cueing) การให้ตัวชี้นำจะช่วยดึงดูดให้ผู้เรียนสนใจกับสิ่งเร้าและอาจมีผลต่อความคงทนในการจำและผลสัมฤทธิ์ในการเรียนด้วย

4. รูปแบบการนำเสนอ

5. วิธีการและกิจกรรม วิธีการจัดการเรียนในการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบ่งเป็นการจัดการเรียนแบบรายบุคคลและการจัดการเรียนแบบกลุ่มย่อย สำหรับวิธีการสอนจะมีการสอนแบบค้นพบและแบบบอกให้รู้

6. ผลป้อนกลับ (Feedback) เป็นองค์ประกอบสำคัญในด้านการออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพราะมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอน

แบ่งตามลักษณะการให้ได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ การให้ผลป้อนกลับทางบวก (Positive feedback) และการให้ผลป้อนกลับทางลบ (Negative feedback)

แบ่งตามเวลาในการให้ผลป้อนกลับจะมี 2 ประเภทคือ ผลป้อนกลับแบบทันที (Immediate feedback) และ ผลป้อนกลับแบบชะลอการให้ (Delayed feedback)

แบ่งตามลักษณะการแสดงผลข้อมูล สามารถแบ่งได้เป็นแบบผลป้อนกลับแบบแสดงข้อความ (Text feedback) ผลป้อนกลับแบบกราฟิก (graphic feedback) และ ผลป้อนกลับแบบใช้เครื่องหมาย (Markup)

แบ่งตามลักษณะการปรากฏ (appearance) ได้ 4 ประเภท ได้แก่ แบบไม่เคลื่อนไหว (Passive feedback) แบบเคลื่อนไหว (Active feedback) แบบโต้ตอบ (Interactive feedback) และแบบทำเครื่องหมาย (Markup feedback)

แบ่งตามธรรมชาติของเนื้อหาได้เป็น ผลป้อนกลับพร้อมคำอธิบาย (Constructive feedback) และผลป้อนกลับไร้คำอธิบาย (Non -constructive feedback)

แบ่งตาม Information feedback มี 4 ประเภท คือ ไม่มีข้อมูลป้อนกลับ ข้อมูลป้อนกลับบอกว่าถูกหรือผิด (Correct / incorrect message) ผลป้อนกลับแบบบอกคำตอบถูก (Presentation of correct answer) หรือ อาจเรียกว่า KCR (Knowledge of correct result feedback) และผลป้อนกลับแบบให้รายละเอียด (Elaboration feedback) ซึ่งมี 3 รูปแบบ คือ แบบอธิบาย (Explanation feedback) แบบแนะนำ (Direction feedback) และแบบให้ตรวจคำตอบด้วยตนเอง (Monitoring feedback)

หลักการให้ข้อมูลป้อนกลับ (สินีนาถ ตีลังผล. 2541: 53-54 อ้างอิงจาก Alessi ;& Trollip. 1991) มีดังนี้

1. ข้อมูลป้อนกลับเมื่อมีรูปแบบการตอบที่ผิดพลาด ข้อมูลป้อนกลับจะเตือนให้ผู้เรียนได้ทราบถึงรูปแบบที่ถูกต้องและให้ตอบอีกครั้ง

2. ผลป้อนกลับเมื่อตอบถูก โดยปกติจะให้เพียงคำสั้นๆ แต่บทเรียนที่ใช้สำหรับเด็กอาจใช้คำที่ทำให้กำลังใจหรือใช้ภาพนิ่งหรือภาพเคลื่อนไหวที่น่าสนใจก็ได้ การเสริมแรงควรมีหลากหลายและไม่ควรใช้เวลามาก หากมีการเสริมแรงบ่อยๆ

3. ผลป้อนกลับเมื่อมีการตอบสนองที่เป็นกลาง เป็นการตอบสนองที่ไม่ถูกไม่ผิด

4. ข้อมูลป้อนกลับเมื่อเนื้อหาผิดพลาด ผลป้อนกลับจะบอกถึงความผิดพลาดนั้นๆซึ่งมีผลอย่างมากต่อความสำเร็จในการสอน

5. ผลป้อนกลับทางบวกและการตรวจให้ถูกต้อง ผลป้อนกลับควรเป็นทางบวกไม่ควรใช้ทางลบแก่ผู้เรียนโดยเฉพาะผู้ที่เรียนช้า ไม่มีความมั่นใจและมีเจตคติต่ำจะทำให้เกิดความรู้สึกท้อแท้ ไม่ควรใช้คำตลกเพราะบางคนอาจไม่ชอบ หลักในการให้คำป้อนกลับที่ดีควรให้เพื่อช่วยในการสื่อสาร ให้ผู้เรียนทราบผลการกระทำของตนโดยการให้ข้อมูลป้อนกลับอย่างง่าย

6. เวลาของการให้ผลป้อนกลับ ต้องคำนึงถึงเนื้อหาวิชาเรียน วิธีการเสนอเนื้อหาหรือรูปแบบบทเรียนด้วย คูลิกและคูลิก (Kulik; & Kulik. 1989) กล่าวว่าในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทั่วๆไปการให้ข้อมูลป้อนกลับแบบทันที จะเป็นประโยชน์มากกว่าการให้ข้อมูลป้อนกลับแบบชะลอการให้

สินีนาก ตีพิมพ์ (2541 :104-108) สังเคราะห์วิทยานิพนธ์เกี่ยวกับองค์ประกอบในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528-2540 เพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับองค์ประกอบในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในแต่ละด้านที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเรียนการสอน 6 ด้าน ได้แก่ ด้านลักษณะของผู้เรียน ด้านการชี้แนะ ด้านการกำหนดอัตราความก้าวหน้า ด้านรูปแบบการนำเสนอด้านวิธีการและกิจกรรม และด้านการให้ผลป้อนกลับและการเสริมแรง ข้อมูลที่ใช้ในการสังเคราะห์ คือวิทยานิพนธ์จำนวนทั้งหมด 112 เรื่อง นำมาวิเคราะห์ค่าขนาดอิทธิพลจำนวน 100 เรื่อง ผลการสังเคราะห์งานวิจัยพบว่า ตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเรียนการสอนจากการเรียนการสอนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มีดังนี้

1. ด้านลักษณะของผู้เรียน พบว่าผู้เรียนที่มีความถนัดทางการเรียน ความถนัดทางภาษา ระดับความรู้พื้นฐาน ความคิดสร้างสรรค์ในระดับสูง มีประสิทธิภาพทางการเรียนการสอนสูงกว่าผู้เรียนที่มีความถนัดทางการเรียน ความถนัดทางภาษา ระดับความรู้พื้นฐาน ความคิดสร้างสรรค์ในระดับต่ำ

2. ด้านการชี้แนะ พบว่าการชี้แนะทำให้ประสิทธิภาพทางการเรียนสูงขึ้น

3. ด้านการกำหนดอัตราความก้าวหน้า พบว่า การกำหนดอัตราความก้าวหน้าโดยผู้เรียนส่งผลต่อประสิทธิภาพทางการเรียนการสอนสูงกว่าการกำหนดอัตราความก้าวหน้าโดยโปรแกรม

4. ด้านรูปแบบการนำเสนอ พบว่าตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเรียนการสอน อย่างมีนัยสำคัญ คือ ลักษณะของแบบฝึกหัด ถ้ามีลักษณะเป็นเกมจะมีผลต่อประสิทธิภาพการเรียนการสอนสูงกว่าลักษณะแบบฝึกหัดที่เป็นเนื้อหา การนำเสนอแบบมีเสียงประกอบและหลายวิธีร่วมกันจะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ให้ได้ผลดีขึ้น รูปแบบการเสนอเนื้อหาแบบส่วนย่อยส่งผลต่อประสิทธิภาพการเรียนสูงกว่าการเสนอเนื้อหาทั้งกรอบ ถ้าเนื้อหามีความซับซ้อนควรแบ่งเป็นขั้นตอนย่อยๆ การเสนอเนื้อหาบทเรียนควรเสนอข้อมูลเท่าที่จำเป็นตามวัตถุประสงค์ และควรสรุปใจความสำคัญเพื่อให้ผู้เรียนใช้เวลาน้อยลง

5. ด้านวิธีการและกิจกรรม สรุปได้ว่าการเรียนแบบกลุ่มมีประสิทธิภาพทางการเรียนสูงกว่าการเรียนแบบรายบุคคล

6. ด้านผลป้อนกลับและการเสริมแรง สรุปได้ว่ารูปแบบผลป้อนกลับมีผลต่อประสิทธิภาพการเรียนการสอน โดยรูปแบบผลป้อนกลับที่เป็นข้อความมีผลต่อประสิทธิภาพทางการเรียนสูงกว่าผลป้อนกลับที่เป็นภาพและผลป้อนกลับที่มีการอธิบายคำตอบมีประสิทธิภาพสูงกว่าผลป้อนกลับที่ไม่มีการอธิบายคำตอบ

4.2 การสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสม

การสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนให้มีประสิทธิภาพนั้น ต้องอาศัยบุคลากรด้านต่าง ๆ ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและเนื้อหา ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน ผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อและวัสดุการสอน และผู้เชี่ยวชาญด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ยังต้องอาศัยเทคนิคการสร้างบทเรียนโปรแกรมเข้ามาช่วย สำหรับเทคนิคการสร้างบทเรียนโปรแกรมนี้มี 3 รูปแบบ คือ

- 1.แบบธรรมชาติ (Spiral) เป็นบทเรียนที่สร้างขึ้นโดยเน้นการเรียนรู้ที่ได้จากความจำในสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปแล้ว และจัดลำดับในการเรียนรู้จากสิ่งที่ย่างไปจนถึงสิ่งที่ยากและซับซ้อนมากขึ้น
- 2.แบบสืบสวนหรือค้นพบ (Discovery) เป็นแบบที่ให้นักเรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง (Self – Evident Information) และกระตุ้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ความคิดรวบยอดได้ด้วยตนเอง
- 3.แบบนักเรียนทำกิจกรรมหาคำตอบเอง (Heuristic technique) เป็นแบบที่เปิดโอกาสให้นักเรียนทำกิจกรรมแล้วค้นพบคำตอบในแต่ละกรอบด้วยตนเอง

ลำดับขั้นของกิจกรรมของนักเรียนขณะเรียนจากบทเรียนโปรแกรม มีดังนี้คือ

- 1.นักเรียนต้องอ่าน (Read) และศึกษาข้อความในแต่ละกรอบ เรียงตามลำดับจากกรอบแรกถึงกรอบสุดท้ายนักเรียนจะต้องคิดตามบทเรียนไปขณะที่ศึกษาในแต่ละกรอบ
- 2.นักเรียนจะต้องตอบคำถาม (Response) โดยตอบคำถามที่มีในแต่ละกรอบ
- 3.นักเรียนต้องตรวจสอบคำตอบ (Check) ในทันทีว่าถูกต้องหรือไม่

การสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถดำเนินการเป็นขั้นตอนตามรายละเอียดดังนี้ (Nix. 1990: 165-203); (Brock. 1994: 187-198); (Renold. 1995: 167-269); (Agnew ;& others.1996: 58-173); (सानิตย์ ภายผาด. 2539: 2-31-41); (สถาพร สาธุการ. 2540: 119-119); (กิดานันท์ มะลิทอง. 2543: 271-274)

1. การกำหนดเป้าหมายในการพัฒนาบทเรียน

เป็นสิ่งสำคัญที่จะควบคุมให้สร้างโปรแกรมเป็นไปตามวัตถุประสงค์และใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการ การกำหนดเป้าหมายในการพัฒนาบทเรียนมีข้อที่ต้องพิจารณาดังนี้

- 1.1 หัวข้อของงานที่จะนำมาพัฒนาโปรแกรม
- 1.2 วัตถุประสงค์ที่ต้องการ
- 1.3 ผู้ใช้ที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย
- 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการใช้โปรแกรม

2. การวิเคราะห์เนื้อหา

ขั้นตอนนี้เน้นว่าสำคัญที่สุดที่จะทำให้การสื่อความหมายด้วยระบบมัลติมีเดียบรรลุตามวัตถุประสงค์และสอดคล้องกับความต้องการของกลุ่มเป้าหมายก่อนที่จะนำไปสร้างเป็นโปรแกรมนำเสนอ ในขั้นตอนนี้มีประเด็นที่ต้องพิจารณาดังนี้

- 2.1 ขอบเขตและรายละเอียดของเนื้อหาที่จะนำเสนอ
- 2.2 วิธีการนำเสนอ
- 2.3 ระยะเวลาในการนำเสนอ
- 2.4 การเลือกสื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
- 2.5 วิธีการโต้ตอบระหว่างโปรแกรมกับผู้ใช้ตามหลักการสื่อความหมาย
- 2.6 วิธีการตรวจสอบและปรับปรุงเนื้อหา
- 2.7 การเสริมแรงและสร้างสรรค์บรรยากาศร่วม
- 2.8 วิธีการประเมิน

3. การเขียนบทหรือเค้าโครงเรื่องราว

เมื่อได้รายละเอียดเนื้อหา ตามขั้นตอนต่างๆและตามความต้องการของกลุ่มเป้าหมายแล้ว ผู้พัฒนาโปรแกรมจำเป็นต้องเขียนบทหรือเค้าโครงเรื่องราว เพื่อกำหนดแนวการดำเนินเรื่องของเนื้อหาที่จะนำเสนอ สำหรับการเขียนบทนั้นมีขั้นตอนดังนี้

3.1 การสร้างผังดำเนินงาน (Flowchart)

ผังดำเนินงานมีความจำเป็นในการควบคุมหรือกำหนดขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม การสร้างผังดำเนินงานจะมีความสัมพันธ์กับวิธีการออกแบบว่าจะให้บทเรียนมีการทำงานเป็นแบบใด

3.2 การจัดทำบท

การเขียนบทเป็นการแจกแจงรายละเอียดลงไปว่าในแต่ละส่วนของโปรแกรมจะประกอบด้วยภาพ ข้อความ ภาพเคลื่อนไหว เสียงหรือเพลงประกอบมีหรือไม่ การเรียงลำดับการทำงาน การวางหน้าจออกเป็นอย่างไร การกำหนดแหล่งข้อมูลว่าได้อะไรมาจากไหน

4. การเตรียมข้อมูลสำหรับบท

ข้อมูลที่บรรจุลงไปในบท มีได้ทั้งภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว ข้อความ และอื่นๆ โดยต้องมีการจัดเตรียมขึ้นมาก่อนที่จะนำไปบรรจุในโปรแกรม มีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องดังนี้

4.1 การจัดเตรียมภาพสำหรับโปรแกรม

ภาพสำหรับการวาดด้วยโปรแกรมกราฟิกเอดิเตอร์ (Graphic Editor) เช่น โปรแกรมเพ้นท์บริช (Paint brush) โปรแกรมประพันธ์ (Authoring system) เช่น ทูลบุค (ToolBook) และ ออธอร์แวร์ (Authorware) จะมีคำสั่งสำหรับการวาดรูปเช่นกัน หรืออาจจะมาจากการใช้หลายโปรแกรมร่วมกันโดยเฉพาะอย่างยิ่งโปรแกรมที่ทำงานภายใต้ระบบไมโครซอฟต์วินโดวส์

ทำให้การแลกเปลี่ยนข้อมูลทำได้ง่าย การนำภาพจากหนังสือหรือตำราทำได้โดยใช้เครื่องสแกนภาพ (Scanner) หรือกล้องถ่ายภาพดิจิทัล ภาพนิ่งที่นิยมใช้กันมากจะมี 2 รูปแบบ คือ

กราฟิกแผนที่บิต (Bitmapped graphics) หรือ กราฟิกแรสเตอร์ (Raster graphics) เป็นกราฟิกที่แสดงด้วยจุดภาพในแนวตั้งและแนวนอนเพื่อประกอบรวมเป็นภาพ ภาพที่อยู่ในรูปแบบนี้จะมีชื่อลงท้ายด้วย .gif, .tiff, และ .bmp

กราฟิกเส้นสมมติหรือกราฟิกเชิงวัตถุ (Object-oriented graphics) การทำภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหวที่ใช้ในสื่อประสมหมายถึงภาพกราฟิกเคลื่อนไหว หรือภาพแอนิเมชัน (Animation) เป็นการนำภาพกราฟิกหรือภาพนิ่งมาสร้างให้ดูเหมือนเคลื่อนไหวโดยใช้โปรแกรมสร้างภาพเคลื่อนไหว อีกทั้งยังมีการใช้วิธีการหลอมภาพ (Morphing) เป็นเทคนิคการทำให้เคลื่อนไหวโดยใช้การเติมช่องว่างระหว่างภาพที่ไม่เหมือนกัน เพื่อให้ดูเหมือนว่าภาพหนึ่งถูกหลอมละลายไปเป็นอีกภาพหนึ่ง สำหรับภาพเคลื่อนไหวแบบดิจิทัลสามารถทำได้โดยใช้โปรแกรมและอุปกรณ์เฉพาะ โดยเครื่องคอมพิวเตอร์จะต้องมีการจัดเก็บภาพซึ่งทำหน้าที่จับสัญญาณดิจิทัล โปรแกรมที่ใช้ได้แก่ Snagit 5 จับภาพที่แสดงการเคลื่อนไหวในเครื่องคอมพิวเตอร์ โปรแกรมอะโดบี พรีเมียร์ (Adobe Premiere) ใช้ในการทำภาพเคลื่อนไหวจากการนำภาพนิ่งหลายภาพมาเรียงต่อเนื่อง ปกติแล้วแฟ้มภาพดิจิทัลมีขนาดใหญ่มาก จึงต้องลดขนาดแฟ้มลงโดยใช้เทคนิคการบีบอัดภาพ (Compression) รูปแบบของภาพดิจิทัลบีบอัดที่ใช้ทั่วไปได้แก่ Quicktime AVI และ MPEG ด้วยวิธีต่างๆเหล่านี้ทำให้สามารถได้ภาพต่างๆเข้ามาใช้ในโปรแกรมบทเรียนได้ตามความต้องการ

การออกแบบหน้าจอภาพควรทำแบบร่าง (layout) ก่อนโดยพิจารณาหลักเบื้องต้นในการออกแบบ 3 ประการดังนี้

- 1.การจัดภาพ (Arrangement) ภาพและคำอธิบายควรจัดให้ดึงดูดความสนใจของผู้ชม และนำไปสู่รายละเอียดที่เกี่ยวข้องได้ด้วย ดังนั้น เส้นนำ ช่องว่างและวัสดุในการจัดภาพจึงเป็นองค์ประกอบเบื้องต้น

- 2.ความสมดุล (Balance) แบบและรูปร่างของภาพที่ใช้ต้องมีความสมดุล การจัดความสมดุลของภาพอาจเป็นแบบFormal เป็นการทำให้ภาพดูมีระเบียบและนิ่ง (Static) ส่วนการจัดสมดุลแบบ Informal จะทำให้ภาพออกมาดูมีชีวิตชีวา (Dynamic)

- 3.สี (Color) ช่วยในการออกแบบและจัดภาพได้หลายประการได้แก่ การทำภาพให้ดูเป็นจริง การเน้นย้ำในเรื่องความแตกต่าง ความเหมือน ความสำคัญและการอ่านง่าย รวมไปถึงการให้อารมณ์ความรู้สึกต่างๆ นอกจากนั้นผู้จัดทำควรมีความรู้และทักษะพื้นฐานเกี่ยวกับการประดิษฐ์ตัวอักษรโดยต้องพิจารณาถึง แบบอักษร ควรเป็นแบบที่อ่านง่าย มีขนาดตัวอักษรโตพอเหมาะ ช่องไฟต้องเหมาะสมและมีสีที่ควรตัดกับสีพื้นเพื่อให้อ่านง่าย ย้ำความสำคัญและดึงดูดความสนใจ

4.2 การจัดเตรียมเสียง

ในการบันทึกเสียงโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำได้โดยใช้โปรแกรมบันทึกเสียง (Sound recorder) ซึ่งมีอยู่ในโปรแกรมไมโครซอฟต์วินโดวส์ อย่างไรก็ตามเครื่องคอมพิวเตอร์จะต้อง

มีการ์ดเสียง (Sound card) เช่น ซาวด์ บลาสเตอร์ (Sound blaster) เสียงที่ใช้ในสื่อประสมถูกเก็บเป็นแฟ้มข้อมูล โปรแกรมประพันธ์สามารถนำไปใช้ประกอบการทำบทเรียนได้ ที่นิยมใช้มี 2 รูปแบบ คือ Waveform (WAV) เป็นแฟ้มเสียงจริงมีขนาดใหญ่ต้องได้รับการบีบอัดก่อนนำไปใช้ และ Musical Instrument Digital Interface (MIDI) เป็นการสังเคราะห์เสียงเพื่อสร้างเสียงใหม่ มีขนาดแฟ้มเล็กกว่า WAV แต่คุณภาพเสียงด้อยกว่า

4.3 การลงข้อมูลที่เป็นข้อความ

การลงข้อมูลที่เป็นข้อความสามารถลงได้โดยตรงในโปรแกรมประพันธ์ หรืออาจนำจากแฟ้มข้อมูลตัวหนังสือ (Text File) เข้าไปได้

5. การสร้างโปรแกรม

การสร้างโปรแกรมเป็นขั้นตอนที่รวบรวมเอาสิ่งต่างๆ ที่ได้จัดเตรียมไว้ ได้แก่ ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว ภาพวีดิทัศน์ ข้อความ และเสียงมารวมกันโดยใช้โปรแกรมประพันธ์ สำหรับการจัดเรียง ลำดับการทำงานและรายละเอียดต่างๆ ได้ทำตามผังงานและเค้าโครงเรื่องราวที่กำหนดไว้ หากไม่ใช้โปรแกรมประพันธ์ ขั้นตอนนี้จะยากและใช้เวลานานมากหากผู้ทำไม่ใช่นักเขียนโปรแกรม (Programmer) ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยตนเองโดยผู้สร้างซึ่งส่วนใหญ่เป็นครูและอาจารย์นั้น โปรแกรมที่ช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนควรมีรูปแบบที่ง่าย เหมาะสมกับทักษะความสามารถของครู/อาจารย์ และมีความเหมาะสมกับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่ในโรงเรียนทั่วไป นอกจากนี้โปรแกรมควรมีลักษณะและความสามารถต่างๆ ที่สนับสนุนการสร้างบทเรียนตามทฤษฎีและหลักการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สุกรี รอดโพธิ์ทอง อรรถวิทย์ ต๊ะแก้ว และวิชุดา รัตนเพียร (2542:52-66) ได้ทำการวิจัยเพื่อวิเคราะห์โปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจำนวน 6 โปรแกรม ได้แก่ โปรแกรมจุฬาซีเอไอ โปรแกรมไทยทัศน์ โปรแกรมไทยโซว์ โปรแกรมออเธอร์แวร์ (Authorware) โปรแกรมทูลบุค (ToolBook) และโปรแกรมไฮเปอร์การ์ด (HyperCard) ผลการวิเคราะห์พบว่าโดยภาพรวมแล้วโปรแกรมออเธอร์แวร์ มีลักษณะการใช้งานตรงตามประเด็นที่กำหนดไว้สูงสุดโดยเฉพาะอย่างยิ่งความง่ายของโปรแกรมในการสร้างงานที่ซับซ้อน อีกทั้งยังเป็นที่นิยมใช้ในกลุ่มผู้ผลิตโปรแกรม กลุ่มครู อาจารย์ และนักวิชาการทั่วโลก

6. การทดสอบโปรแกรม

การทดสอบโปรแกรมมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความสมบูรณ์ของเนื้อหาและหาข้อผิดพลาดของโปรแกรม ถึงแม้ว่าในระหว่างการสร้างผู้สร้างจะทำการทดสอบการทำงานของโปรแกรมที่ละส่วนอยู่แล้ว แต่สุดท้ายจะต้องทดสอบทั้งหมดเพื่อดูการทำงานที่สัมพันธ์กันของทุกหน่วย ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ จากนั้นเป็นการทดสอบหาประสิทธิภาพของโปรแกรมให้ได้ตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ การทดสอบ แต่ละขั้นตอนหากเกิดปัญหา ไม่ว่าจะเป็นบทหรือเค้าโครงเรื่องทั้งหมด จะต้องกลับไปแก้ไขในส่วนนั้นใหม่ และจะต้องทำการทดสอบเช่นเดิมจนกระทั่งบรรลุตามวัตถุประสงค์

7. การทำเอกสารประกอบบทเรียน

เอกสารบทเรียนที่ทำได้ต้องชัดเจนดีและอ่านเข้าใจง่าย เพราะเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการแก้ไขปรับปรุงโปรแกรมในอนาคต การบำรุงรักษาและการแก้ปัญหาทำได้อย่างรวดเร็ว เอกสารนี้จะรวมถึงผังงานและเค้าโครงเรื่องราว

8. การจัดเตรียมบทเรียนสำหรับผู้ใช้

เมื่อผ่านการทดสอบก็ถึงขั้นตอนการจัดส่งโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ระบบ สื่อประสมไปยังผู้ใช้งานจะบรรจุลงในสื่อบันทึกเช่นแผ่นข้อมูลซีดี-รอม ดีวีดีหรือ ในอินเทอร์เน็ต ซึ่งพบได้ตามเว็บเพจต่าง ๆ โดยต้องใช้โปรแกรมอื่นร่วมด้วยหรือไม่ การดำเนินการต่าง ๆ นี้ควรต้องมีคู่มือในการติดตั้งและการเรียกใช้โปรแกรมด้วย

4.3 การประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องของบทเรียนและการทำงานของโปรแกรม ประสิทธิภาพและประสิทธิผลของบทเรียน และอาจรวมถึงความคุ้มค่าในการใช้ด้วย การประเมินผลบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่นิยมใช้มี 2 วิธีคือ

1.การประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องด้านเนื้อหา เป็นการหาข้อบกพร่องของบทเรียนและการทำงานของโปรแกรมตลอดจนคุณภาพด้านเทคนิค ผู้เชี่ยวชาญที่มีบทบาทสำคัญในการประเมินผลได้แก่ นักเทคโนโลยีการศึกษาหรือผู้ออกแบบการสอน ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอน และโปรแกรมเมอร์

2.การประเมินผลบทเรียนโดยผู้เรียน มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียน สำหรับการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลนี้ผู้วิจัยจะใช้แนวทางของการปรับปรุงแก้ไขสื่อการสอนและบทเรียนสำเร็จรูปของ เอสพิช และวิลเลียมส์ (Espich ;& Williams. 1967: 75 – 79) มาประยุกต์ใช้ตามขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การทดสอบทีละคน (One to one testing) ใช้นักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน ซึ่งเป็นนักเรียนความสามารถสูง นักเรียนความสามารถปานกลาง และนักเรียนกลุ่มความสามารถต่ำอย่างละ 1 คน มาศึกษาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลที่ได้พัฒนาขึ้น จากนั้นให้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับข้อบกพร่องของสื่อ

ขั้นที่ 2 การทดสอบกับกลุ่มย่อย (Small group testing) ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 9 คน ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มความสามารถสูง นักเรียนกลุ่มความสามารถปานกลาง และนักเรียนกลุ่มความสามารถต่ำอย่างละ 3 คน ศึกษาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุล ในช่วงการเรียนรู้ด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะเป็นการเรียนรู้ในรูปแบบรายบุคคล และในช่วงการทำการทดลองปฏิบัติการจะเป็นการเรียนรู้ในรูปแบบกลุ่มร่วมมือ หลังจากการศึกษาให้ผู้เรียนได้รับการทดสอบเพื่อนำผลไปวิเคราะห์ทดสอบประสิทธิภาพของสื่อตามเกณฑ์ 80/80 หากผลไม่เป็นไปตามเกณฑ์ ต้องทำการปรับปรุงแก้ไข แล้วนำไปทดลองขั้นต่อไป

ขั้นที่ 3 การทดสอบภาคสนาม (Field testing) ในขั้นตอนนี้ เป็นการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุล โดยนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่ได้ปรับปรุงแล้วจากขั้นตอนที่ 2 นี้ไปทำการทดลองสอน กลุ่มตัวอย่างทั้งชั้นเรียนจำนวน 30 คนเป็นนักเรียนกลุ่มความสามารถสูง นักเรียนกลุ่มความสามารถปานกลาง และนักเรียนกลุ่มความสามารถต่ำอย่างละ 10 คน โดยใช้วิธีการเดียวกับในขั้นตอนที่ 2

เมื่อได้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ผู้วิจัยจะนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมที่ได้ประสิทธิภาพตามเกณฑ์นี้ไปทำการทดลองสอน และทำการวัดผลการเรียนก่อนและหลังการทดลองในกลุ่มทดลอง (One Group Pre-test-Post-test Design) นอกจากนั้นผู้วิจัยจะเปรียบเทียบกับการสอนปกติโดยแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งนักเรียนทั้งสองกลุ่มจะมีความสามารถใกล้เคียงกัน โดยทำการวัดผลการเรียนหลังการทดลองเพียงอย่างเดียว (Randomized Control Group Post-test-Only Design) (ลัวัน-อังคณา สายยศ. 2536: 216) สำหรับการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะเป็นการเรียนในรูปแบบรายบุคคล และในช่วงการทำการทดลองจะเป็นการเรียนในรูปแบบกลุ่มร่วมมือ

การเรียนในรูปแบบรายบุคคล (เสาวณีย์ สิกขาบัณฑิต. 2528: 156) เป็นการจัดการศึกษาที่ผู้เรียนสามารถศึกษาได้ด้วยตนเองตามขีดความสามารถ ความสนใจและความพร้อมนั้นคือการสอนจะยึดความแตกต่างระหว่างบุคคล ให้ผู้เรียนได้เรียนอย่างอิสระ วัตถุประสงค์ในการเรียนรายบุคคลจึงมุ่งให้ผู้เรียนรู้จักรับผิดชอบในการเรียนรู้ สามารถแก้ปัญหาและตัดสินใจเอง สนองความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน ให้ผู้เรียนมีเสรีภาพในการเรียนรู้ โดยมีกระบวนการและวิธีการเสนอความรู้ต่างๆและมุ่งแก้ปัญหาความยากของบทเรียน อย่างไรก็ตามผู้สอนต้องช่วยแนะนำ แก้ไขหรือจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนเข้าใจและกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจอยากเรียน

การเรียนในรูปแบบกลุ่มร่วมมือ (เสาวณีย์ สิกขาบัณฑิต. 2528:159) เป็นการเรียนร่วมกันเป็นกลุ่มในการค้นคว้าปฏิบัติกิจกรรมตามความสามารถ ฝึกให้ทำงานร่วมกันตามหลักประชาธิปไตย โดยทุกคนต้องรับผิดชอบในการทำงานร่วมกัน รู้จักแบ่งงานและช่วยเหลือกัน ให้รู้จักการทำงานอย่างเป็นระบบและมีระเบียบวินัย มีทักษะการแก้ปัญหาตามวิธีวิทยาศาสตร์ และส่งเสริมการศึกษาค้นคว้าหาความรู้

4.4 การหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน หมายถึงความสามารถของบทเรียนในการสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ถึงระดับเกณฑ์ที่คาดหวังไว้ และครอบคลุม ความเชื่อถือได้ (Reliability) ความพร้อมที่จะใช้งาน (Availability) ความมั่นคงปลอดภัย (Security) และความถูกต้องสมบูรณ์ (Integrity) ดังนั้นการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงต้องเริ่มจากการตรวจสอบคุณภาพและหาค่าความเชื่อมั่นให้ได้มาตรฐาน

ก่อนนำไปใช้โดยการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญดังกล่าวมาแล้วในเบื้องต้น โดยสร้างเครื่องมือประเมินความเหมาะสมให้ครอบคลุมองค์ประกอบในด้านต่างๆ (วุฒิชัย ประสารสอย. 2543: 39)

เนื่องจากพื้นฐานของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมาจากบทเรียนโปรแกรมโดยเฉพาะอย่างยิ่งหลักการและทฤษฎีการสร้างบทเรียนที่ใช้ความแตกต่างระหว่างบุคคล การมีปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนรวมถึงการเสริมแรง เกณฑ์ที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของบทเรียน (เสาวณีย์ ศึกษาบัณฑิต. 528: 284.) ใช้มากเป็นการพิจารณาจากร้อยละที่ได้จากการทำแบบฝึกหัดหรือกระบวนการปฏิสัมพันธ์ กับร้อยละที่ได้จากการทำแบบทดสอบเมื่อจบบทเรียน แสดงเป็นตัวเลข 2 ตัวที่เรียกว่า The 90/90 standard เลขตัวแรกเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละที่ได้จากการตอบคำถามทุกกรอบหรือแบบฝึกหัดของบทเรียนถูกต้องถือเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ สำหรับเลขตัวหลังเป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละที่ได้จากการทำแบบ ทดสอบหลังการเรียนรู้ถูกต้องถือเป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ มีสูตรการคิดดังนี้

$$E_1 (\text{Efficiency}_1) : \frac{\left(\frac{\sum x}{N} \right)}{A} \times 100$$

E_1 = ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในบทเรียน คิดเป็นร้อยละ จากการตอบคำถามทุกแบบทดสอบในบทเรียนได้ถูกต้อง

$\sum x$ = คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบ

N = จำนวนผู้เรียน

A = คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียน

$$E_2 (\text{Efficiency}_2) = \frac{\left(\frac{\sum F}{N} \right)}{B} \times 100$$

E_2 = ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ คิดเป็นร้อยละ จากการตอบคำถามทุกแบบทดสอบหลังเรียนได้ถูกต้อง

$\sum F$ = คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน

N = จำนวนผู้เรียน

B = คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะมาจากผลลัพธ์การคำนวณ E_1 และ E_2 เป็นตัวเลขตัวแรกและตัวหลังตามลำดับ ถ้าตัวเลขเข้าใกล้ 100 มากยิ่งถือว่ามีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยมีค่าสูงสุดที่ 100 และเกณฑ์ที่ใช้พิจารณาการรับรองมาตรฐานประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ตามแนวคิดในการหาประสิทธิภาพแบบนี้จะอยู่ในระดับ 80/80 ขึ้นไปจึงจะถือว่ามีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้เป็นบทเรียนได้ เครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้แก่ แบบทดสอบที่ผ่านการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องกับเนื้อหาและมีความเชื่อมั่นว่าสามารถนำไปวัดความรู้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ และทำการวิเคราะห์หาความยากง่าย (Difficulty) และค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ด้วย

ปัจจุบันการหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนได้มีการพัฒนาให้มีรูปแบบของการเรียน การนำเสนอ การถ่ายทอดสารสนเทศ การปฏิสัมพันธ์ การประเมินและอื่นๆ แตกต่างไปจากการเรียนด้วยบทเรียนโปรแกรมไปอย่างมาก แม้จะมีหลักการและทฤษฎีพื้นฐานคล้ายคลึงกัน ดังนั้นการประเมินประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจึงควรมีการปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับความแตกต่างที่เป็นอยู่ กฤษมันต์ วัฒนานรงค์ (2542:61-65) ได้สังเคราะห์จากแนวคิดการหาประสิทธิภาพของบทเรียนโปรแกรมที่ใช้อยู่ในปัจจุบันและลักษณะ เฉพาะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน นำมาสร้างเป็นสูตรและกระบวนการหาประสิทธิภาพ ดังนี้

สูตร KW-A หาค่าเฉลี่ยอัตราส่วนของคะแนนแบบฝึกหัด

$$E_a = \frac{\sum_{i=1}^n (X)_i}{\frac{A}{N}}$$

E_a = ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนคะแนนแบบฝึกหัด

X = คะแนนแบบฝึกหัด

A = คะแนนเต็มของแบบฝึกหัด

N = จำนวนผู้เรียน

สูตร KW-B หาค่าเฉลี่ยอัตราส่วนของคะแนนแบบทดสอบ

$$E_b = \frac{\sum_{i=1}^n (X)_i}{\frac{B}{N}}$$

E_b = ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนคะแนนแบบทดสอบ

X = คะแนนแบบทดสอบ

B = คะแนนเต็มของแบบทดสอบ

N = จำนวนผู้เรียน

การหาประสิทธิภาพรวมของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะพิจารณาค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยอัตราส่วนของคะแนนแบบฝึกหัดกับค่าเฉลี่ยอัตราส่วนของคะแนนแบบทดสอบโดยนำมาคำนวณเป็นร้อยละ ตามสูตร KW-CAI ดังนี้

$$E-CAI = \frac{Ea+Eb}{2} \times 100$$

E-CAI = ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การประเมินค่า E-CAI ซึ่งมีหน่วยเป็นร้อยละ แทนค่าในการแปลความหมายของประสิทธิภาพบทเรียนดังนี้

ร้อยละ 95-100 หมายถึงบทเรียนมีประสิทธิภาพ ดีมาก

ร้อยละ 90-94 หมายถึงบทเรียนมีประสิทธิภาพ ดี

ร้อยละ 80-89 หมายถึงบทเรียนมีประสิทธิภาพ พอใช้

ต่ำกว่าร้อยละ 80 หมายถึงบทเรียนนี้ ควรปรับปรุงแก้ไข

เกณฑ์ที่ใช้แสดงประสิทธิภาพของบทเรียนได้มีการทดสอบความสัมพันธ์กับการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญแล้วพบว่า ค่าประสิทธิภาพเชิงปริมาณที่คำนวณได้จากสูตรมีความสอดคล้องกับค่าการประเมินเชิงคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญอย่างมีนัยสำคัญ

อย่างไรก็ตามการหาประสิทธิภาพของบทเรียนควรคำนึงถึงความรู้เดิมของผู้เรียน จึงใช้เกณฑ์มาตรฐานของ Meguigans ซึ่งคำนึงถึงคะแนนการทดสอบก่อนการเรียนบทเรียนนั้น (Pre-test) โดยใช้สูตรดังนี้ (เสาวณีย์ สิกขาบัณฑิต. 2528: 285)

$$\text{Meguigans ratio} = \frac{M_2-M_1}{P-M_1} + \frac{M_2-M_1}{P}$$

เมื่อ M_1 หมายถึง ผลของคะแนนเฉลี่ยจากการสอบก่อนการเรียน (Pre-test)

M_2 หมายถึง ผลของคะแนนเฉลี่ยจากการสอบหลังการเรียน (Post-test)

P หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบ

ค่าอัตราส่วนที่ได้จะมีค่าอยู่ในช่วง 0-2 หากคำนวณได้ค่ามากกว่า 1 ถือว่าบทเรียนนั้นได้เกณฑ์มาตรฐาน

ในการวิจัยนี้ผู้วิจัยจะหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนโดยใช้สูตร E_1 / E_2 (เสาวณีย์ สิกขาบัณฑิต. 2528: 284) เนื่องจากเป็นที่ยอมรับและใช้กันมากในวงการการศึกษา

5. เอกสารที่เกี่ยวกับความคิดขั้นสูงด้านความคิดสร้างสรรค์

5.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

การคิดแบ่งออกเป็น 2 ประเภท (พงษ์พันธ์ พงษ์โสภา. 2544 : 139). คือ 1. การคิดอย่างไว้จุดหมายมีลักษณะของการคิดจากเรื่องหนึ่งไปอีกรื่องหนึ่งโดยไม่มีข้อสรุป เป็นการคิดแบบเพื่อฝันเรื่อยเปื่อยไม่มีจุดหมาย 2. การคิดอย่างมีจุดมุ่งหมาย เป็นการคิดเรื่องใดเรื่องหนึ่งอย่างมีแนวทางอันแน่วแน่ด้วยสติสัมปชัญญะใช้เหตุผลและเข้าใจในสิ่งต่างๆได้ถูกต้องโดยพิจารณาถึงสถานการณ์หรือข้อมูลต่างๆว่าเหมาะสมหรือไม่ การคิดแบบนี้ได้แก่ การคิดสร้างสรรค์(Creative thinking)

ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองในการคิดที่มีอยู่ในแต่ละตัวบุคคล สามารถส่งเสริมหรือกระตุ้นให้เกิดขึ้นได้โดยการฝึก ซึ่งจะมีผลให้เกิดการคิดค้นสิ่งแปลกใหม่และเกิดผลผลิตใหม่ขึ้น นักการศึกษา นักจิตวิทยาหลายท่านได้ให้ความหมายไว้ดังนี้

กิลฟอร์ด (Guilford. 1967: 61) อธิบายว่าเป็นความสามารถทางสมองเป็นการคิดแบบอเนกนัย (Divergent thinking) คือความคิดหลายทิศทาง หลายแง่หลายมุม คิดได้กว้างไกล ความคิดเช่นนี้จะนำไปสู่การประดิษฐ์สิ่งใหม่ รวมถึงการคิดค้นวิธีการแก้ปัญหาได้สำเร็จ

ทอแรนซ์ (อารี พันธุ์มณี. 2537: 9 -10; อ้างอิงจาก Torrance. 1965) ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ในรูปกระบวนการของความรู้สึกไวต่อปัญหาหรือต่อข้อมูลที่บกพร่องมีสิ่งที่ขาดหายไป โดยพยายามที่จะหาคำตอบให้ผู้อื่นเกิดความเข้าใจ กระบวนการคิดของทอแรนซ์ นั้นไม่ได้เน้นด้านใดโดยเฉพาะ แต่มีการตั้งสมมติฐานที่เกี่ยวกับปัญหานั้น รวบรวมข้อมูลต่างๆและทดสอบสมมติฐานจนพบคำตอบ แล้วจึงยอมรับผลที่ได้นั้น กระบวนการดังกล่าวนับว่าสอดคล้องกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาก ความคิดสร้างสรรค์จึงเป็นกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์นั่นเองโดยทอแรนซ์เรียกกระบวนการลักษณะนี้ว่ากระบวนการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์หรือ creative problem solving

เทย์เลอร์ (Taylor. 1964) ให้ความหมายว่าเป็นความสามารถที่จะนำสิ่งหรือความรู้ที่ไม่สัมพันธ์กันมารวมกันเพื่อแก้ปัญหาในแนวทางใหม่ โดยความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วยความคล่องในการคิดเป็นตัวกระตุ้นความคิดภายในและร่วมกันใช้ความคิดเหล่านี้ นอกจากนั้นยังมีความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่มเป็นตัวช่วยให้พิจารณาปัญหาได้หลายแง่และในทางที่แปลกใหม่

วอลเลซและโคแกน (Wallace ;& Kogan. 1965) ให้ความหมายว่าหมายถึง ความสามารถที่จะเชื่อมโยง (Association) สิ่งหนึ่งสิ่งใดเข้ากับสิ่งอื่นได้เสมอ โดยเมื่อนึกถึงสิ่งใดก็จะสามารถเชื่อมโยงให้ระลึกถึงสิ่งอื่นที่มีความสัมพันธ์กันเสมือนเป็นลูกโซ่ต่อเนื่องกันไป

เดอโบโน (de Bono: 1982) กล่าวถึงความคิดสร้างสรรค์ว่า เป็นความสามารถในการคิดนอกกรอบ (Lateral thinking) เพื่อสร้างแนวคิดใหม่ที่จะนำมาใช้แก้ปัญหาได้หลายๆแนวคิดและนำแนวคิดเหล่านี้ไปพัฒนาเพื่อให้สามารถใช้แก้ปัญหาได้

วิชัย วงษ์ใหญ่ (2523: 4) ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ว่า เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างลึกซึ้งของบุคคล เป็นลักษณะภายในของบุคคลในการที่จะคิดหลายแง่หลายมุม ผสม ผสานกันจนได้ผลผลิตใหม่ที่ถูกต้องสมบูรณ์ เป็นการคิดที่นอกเหนือไปจากการคิดปกติ

อารี รังสินนท์ (2532 : 5) กล่าวว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการทางสมองที่คิดในลักษณะอเนกนัย นำไปสู่การค้นพบสิ่งแปลกใหม่ด้วยการคิดดัดแปลง ประยุกต์จากความคิดเดิมก่อให้เกิดผลผลิตใหม่ รวมถึงการประดิษฐ์ วิธีการคิด ทฤษฎี หลักการต่างๆ ได้สำเร็จโดยต้องควบคู่ไปกับการพยายามสร้างจินตนาการและนำมาประยุกต์ใช้จึงจะเกิดเป็นผลงานจากความคิดสร้างสรรค์

อารี พันธุ์ณี (2537 : 266) สรุปว่าความคิดสร้างสรรค์หมายถึงลักษณะความคิดอเนกนัย ความคิดจินตนาการซึ่งเกิดจากความรู้สึกลึกซึ้งและมีปฏิกิริยาตอบสนองอันนำไปสู่กระบวนการคิดค้นสิ่งประดิษฐ์แปลกใหม่ ทฤษฎีต่างๆ อันเป็นประโยชน์ต่อสังคมและเป็นไปในทางสร้างสรรค์ จึงเป็นความคิดที่มุ่งความสำเร็จของงานและงานนั้นจะต้องมีผลสืบเนื่องและนำไปสู่การเกิดงานอื่นต่อไป

พงษ์พันธ์ พงษ์โสภา (2544 : 139). กล่าวถึงธรรมชาติของความคิดสร้างสรรค์ว่าเป็นกระบวนการทางสมองของมนุษย์ที่สามารถคิดได้กว้างไกลหลายทิศทาง โดยการเชื่อมโยงผสมผสานความคิดตั้งแต่สองเรื่องเข้าด้วยกันแล้วจัดระเบียบความคิดออกมาในรูปที่แปลกใหม่ ไม่ซ้ำแบบเดิม แต่จะต้องเป็นสิ่งที่มีความค่าและให้ประโยชน์แก่ชีวิต โดยทั่วไปความคิดสร้างสรรค์จะเกิดขึ้นได้สองลักษณะ คือ ลักษณะหนึ่งเกิดจากการคิดค้นประดิษฐ์สิ่งใหม่ๆ โดยไม่มีใครคาดคิดมาก่อน และอีกลักษณะหนึ่งเกิดจากการดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่แล้วให้เป็นประโยชน์แก่มนุษย์

จากที่กล่าวมาอาจสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถของแต่ละบุคคลในการคิดได้หลายแบบ เป็นการคิดที่ก่อให้เกิดผลผลิตหรือสิ่งแปลกใหม่ หรือเป็นการปรับปรุงดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่เดิมให้มีรูปแบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าเดิมโดยไม่มีใครทำมาก่อน ดังนั้นผลจากพลังความคิดสร้างสรรค์จึงก่อให้เกิดสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ที่ทำให้นักมนุษย์มีชีวิตสะดวกสบายและมีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น

5.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์

อารี รังสินนท์(2532:56) กล่าวถึงทฤษฎีการสร้างสรรค์ไว้ 5 ทฤษฎี ดังนี้

1.ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของนักจิตวิทยาจิตวิเคราะห์ ฟรอยด์ (Freud) จิตแพทย์ชาวเวียนนา ให้ความเห็นว่าความคิดสร้างสรรค์เกิดจากความขัดแย้งระหว่างแรงขับทางเพศ ซึ่งถูกผลักดันออกมาโดยจิตใต้สำนึกกับความรู้สึกรับผิดชอบชั่วดีในสังคมเพื่อให้แรงขับทางเพศได้แสดงออกมาในรูปที่สังคมยอมรับได้

2.ทฤษฎีโครงสร้างทางเชาว์ปัญญา (The structure of intellect) กิลฟอร์ด(Guildford) (อารี พันธุ์ณี. 2537: 29-34); (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2541: 87-91) ได้อธิบายโครงสร้างของสมรรถภาพทางสมองในลักษณะ 3 มิติ ดังนี้

มิติที่ 1 เนื้อหา (Content) หมายถึงข้อมูลหรือสิ่งเร้าที่เป็นสื่อให้สมองรับเข้าไปใช้ในการคิดแบ่งออกเป็น 4 ลักษณะ ได้แก่

1. ภาพ (Figure) หมายถึงข้อมูลที่เป็นรูปธรรมที่จะรับรู้และเกิดความรู้สึกนึกคิดและสามารถบอกได้โดยตรงว่าเป็นอะไร

2. สัญลักษณ์ (Symbol) หมายถึงข้อมูลที่อยู่รูปของเครื่องหมายต่างๆ ซึ่งจะบอกว่าเป็นอะไรโดยตรงยังไม่ได้

3. ภาษา (Semantic) หมายถึงข้อมูลที่อยู่ในรูปถ้อยคำที่มีความหมายต่างๆ สามารถใช้ติดต่อสื่อสารได้

4. พฤติกรรม (Behavioral) หมายถึงข้อมูลที่เป็นการแสดงออก เป็นกริยาอาการ การกระทำที่สามารถสังเกตเห็น รวมถึงทัศนคติ การรับรู้ และการคิด

มิติที่ 2 การคิด (Operation) หมายถึง มิติที่แสดงกระบวนการทำงานของสมองในลักษณะต่างๆ แบ่งเป็น 5 ลักษณะ คือ

1. การรู้การเข้าใจ (Cognition) หมายถึงความสามารถของสมองในการตีความ เมื่อได้รับสิ่งเร้าแล้วเกิดความเข้าใจสามารถบอกได้ทันทีว่าเป็นอะไร

2. การจำ (Memory) หมายถึง ความสามารถในการเก็บสะสมข้อมูลความรู้ต่างๆ และสามารถย้อนระลึกได้ในรูปเดิมเมื่อต้องการนำออกมาใช้

3. การคิดแบบอบเนกนัย (Divergent thinking) เป็นความคิดตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้หลายรูปแบบ คิดหาคำตอบได้โดยไม่จำกัดจำนวนในเวลาจำกัด

4. การคิดแบบเอกนัย (Convergent thinking) เป็นความสามารถทางสมองของบุคคลที่สามารถสรุปข้อมูลที่ดีที่สุดจากข้อมูลที่กำหนดให้และการตอบสรุปจะเน้นคำตอบที่ดีที่สุดเพียงคำตอบเดียว

5. การประเมินค่า (Evaluation) หมายถึงความสามารถของบุคคลที่สามารถหาเกณฑ์ที่สมเหตุ สมผลเกี่ยวกับความดี ความงาม ความเหมาะสม จากข้อมูลที่กำหนดให้ จะเป็นความคิดในเชิงสรุป

มิติที่ 3 ผลของการคิด (Product) หมายถึงมิติที่แสดงถึงผลในการตอบสนองต่อสิ่งเร้า จากวิธีการคิดตามมิติ 2 แบ่งผลของการคิด เป็น 6 ลักษณะ คือ

1. หน่วย (Units) หมายถึงส่วนย่อยๆที่ถูกแยกออกมาโดยมีคุณสมบัติเฉพาะของตนเอง ซึ่งแตกต่าง จากสิ่งอื่น

2. จำพวก (Classes) หมายถึงกลุ่มของสิ่งที่มีคุณสมบัติบางประการร่วมกัน

3. ความสัมพันธ์ (Relations) หมายถึง ผลของการเชื่อมโยงความคิดแบบต่างๆเข้าด้วยกันตั้งแต่ 2 หน่วยขึ้นไป โดยอาศัยลักษณะบางประการเป็นเกณฑ์

4. ระบบ (System) หมายถึงการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของผลที่ได้หลายๆคู่เข้าด้วยกันอย่างเป็นมีระบบ

5. การแปลงรูป (Transformation) หมายถึง การแปลงรูป การปรับปรุง การให้นิยามใหม่ การตีความหมาย การขยายความหรือการจัดองค์ประกอบของข้อมูลที่กำหนดให้เสียใหม่เพื่อนำไปใช้ในวัตถุประสงค์อื่น

6. การประยุกต์ หรือการแสดงนัย (Implications) หมายถึง ความเข้าใจในการนำข้อมูลไปใช้ขยายเพื่อการพยากรณ์หรือคาดคะเนข้อความโดยอาศัยเหตุและผล เป็นการคาดคะเนหรือทำนายจากข้อมูลที่ยังไม่ชัดเจนว่าเป็นอะไร

จากทฤษฎีแบบโครงสร้างทางสติปัญญาการ ซึ่ง กิลฟอร์ด (Guilford, 1967) อธิบายว่าความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดแบบอนเอกนัย อันจะนำไปสู่การประดิษฐ์สิ่งแปลกใหม่เพิ่มขึ้นในวงการการศึกษาจึงใช้ทฤษฎีนี้เป็นพื้นฐานในการศึกษาเรื่องความคิดสร้างสรรค์อย่างกว้างขวาง

3 ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของนักมนุษยนิยม

มาสโลว์ (Maslow) และโรเจอร์ (Roger) เป็นผู้ที่มีบทบาทสำคัญโดยอธิบายว่าผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์ต้องรู้จักตนเอง ยอมรับตนเอง ยอมรับจุดอ่อนและรู้ถึงความสามารถของตนเองสามารถพึ่งพาตนเองได้ สามารถพัฒนาศักยภาพของตนเองและตัดสินใจเลือกทำสิ่งต่างๆ ได้อย่างมีอิสระโดยไม่ทำให้อื่นและตนเองเดือดร้อน รู้คุณค่าของตนเองและสามารถสร้างสรรค์ประโยชน์สุขให้เกิดแก่ตนและสังคม ดังนั้นบุคคลที่จะพัฒนาไปได้จะต้องมีสถานการณ์ที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งประกอบด้วย ภาวะความปลอดภัยทางจิต และภาวะที่มีเสรีภาพในการแสดงออก

4 ทฤษฎีความคิดสองลักษณะ

ทฤษฎีนี้มีลักษณะเกี่ยวข้องกับการทำงานของสมองมนุษย์ โดยสมองทั้งสองซีกคือซ้ายและขวามีการแบ่งหน้าที่การทำงานแตกต่างกันอย่างชัดเจน สำหรับความคิดสร้างสรรค์เกิดจากการทำงานของสมองซีกขวาทำหน้าที่เกี่ยวกับการจินตนาการความคิดแปลกใหม่ ดนตรีและศิลปะ เป็นต้น ส่วนสมองซีกซ้ายเป็นส่วนที่ใช้สำหรับคิดและทำงานที่เป็นรูปธรรม

5 ทฤษฎีความคิดสร้างสรรค์โอตา

เป็นทฤษฎีที่เดวิส(Davis) และ ซัลลิแวน(Sullivan) คิดขึ้นโดยอธิบายว่าการส่งเสริมการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ สามารถทำได้ตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. การตระหนัก (Awareness) รู้ถึงความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์
2. ความเข้าใจ (Understanding) อย่างลึกซึ้งในเนื้อหา สาระที่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์
3. เทคนิค (Techniques) วิธีการที่ส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เช่น การระดมพลังสมอง (Brainstroming) การคิดเชิงเทียบเคียง (Metaphoric thinking) และการฝึกจินตนาการ (Imaginery training)
4. การตระหนักในความจริงของสิ่งต่างๆ (Actualization) การรู้จักตนเองตรงตามสภาพที่เป็นจริง จะเป็นการพัฒนาให้ได้ผลสูงสุด

5.3 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

ได้รับอิทธิพลมาจากทฤษฎีแบบโครงสร้างทางสติปัญญาการของกิลฟอร์ด ซึ่งได้กล่าวถึงลักษณะต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ดังนี้ (อาร์ พันธ์มณี. 2537: 34-39); (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542:192)

1.ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึงลักษณะความคิดที่แปลกใหม่แตกต่างจากความคิดธรรมดาหรือความคิดอื่นๆโดยทั่วไป เป็นความคิดที่ไม่ซ้ำใคร โดยต้องเป็นความคิดที่เป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม อาจเกิดจากการนำเอาความรู้เดิมมาดัดแปลงและประยุกต์ให้เกิดเป็นสิ่งใหม่ จึงเป็นลักษณะความคิดที่เกิดขึ้นเป็นครั้งแรก ซึ่งมีความแตกต่างจากความคิดเดิม และอาจไม่มีใครเคยคิดถึงมาก่อน ความคิดริเริ่มจึงต้องอาศัยลักษณะความกล้าคิด กล้าลอง เพื่อทดสอบความคิดของตนบางครั้งจำเป็นต้องใช้จินตนาการเข้ามาร่วมด้วยเพื่อสร้างให้ได้ผลงาน ดังนั้น ความคิด จินตนาการ และความพยายามที่จะสร้างผลงานจึงเป็นสิ่งเดียวกัน โดยทั่วไปมักพิจารณาจากค่าความถี่ของคำตอบของกลุ่มผู้ตอบ ถ้าคำตอบมีความถี่ต่ำจะได้คะแนนความคิดริเริ่มสูง

2.ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง ปริมาณของประเด็นความคิดที่คิดได้ในเรื่องใดเรื่องหนึ่งหรือสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่งเดียวกันที่ไม่ซ้ำกัน แบ่งเป็นด้านต่างๆดังนี้

2.1 ความคิดคล่องแคล่วทางด้านถ้อยคำ (Word fluency) เป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำ ได้อย่างคล่องแคล่ว

2.2 ความคิดคล่องแคล่วทางการโยงสัมพันธ์ (Associational fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดหาถ้อยคำที่เหมือนกันหรือคล้ายกันให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ภายในเวลาที่กำหนด

2.3 ความคล่องแคล่วทางการแสดงออก (Expressional fluency) เป็นความสามารถในการใช้วลีหรือประโยค นั่นคือความสามารถในการนำคำมาเรียงกันให้เป็นประโยคที่ต้องการได้อย่างรวดเร็ว

2.4 ความคล่องแคล่วในการคิด (Ideational fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดในสิ่งที่ต้องการให้ได้ภายในเวลาที่กำหนด

3. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึงความพร้อมที่จะเปลี่ยนแปลงแนวทางหรือดัดแปลงข้อมูลซึ่งเกี่ยวข้องกับผลของการคิดเรื่องจำนวนและการแปลงรูป เป็นจำนวนกลุ่มหรือหมวดหมู่ของรายการคำตอบ

4. ความคิดละเอียดละออ (Elaboration) หมายถึง ความสามารถที่จะต่อเติมความคิดให้สมบูรณ์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับผลของการคิดในเรื่องการแสดงความหมาย เป็นความคิดที่มีรายละเอียดหรือแสดงความลุ่มลึกซึ่งมักจะพิจารณาจากคุณภาพของชิ้นงานที่เป็นรูปธรรม

กิลฟอร์ดและเฮิฟเนอร์ (สฺรางค์ ไคว้ตระกูล. 2545: 141; อ้างอิงจาก Guilford ;& Hoepfner.1971) ได้บ่งลักษณะพิเศษของผู้มีความคิดสร้างสรรค์ ดังนี้

1. ไวต่อปัญหาที่พบ (Sensitivity to problem)

2. สามารถให้คำตอบหรือแสดงพฤติกรรมตอบสนองต่อสถานการณ์ที่เป็นปัญหาได้อย่างคล่องแคล่ว (Fluency)
3. สามารถปรับตัวและเปลี่ยนแปลงตามกาลเทศะ (Flexibility)
4. คำตอบหรือพฤติกรรมของผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์ มักแสดงความคิดริเริ่มหรือความใหม่ ไม่มีคนอื่นคิดมาก่อน (Originality)
5. สามารถมองเห็นประโยชน์ หรือการใช้วัตถุสิ่งของได้หลายอย่าง (Redefinition)
6. มีความรู้คิดลึกซึ้งมองเห็นสิ่งที่คนอื่นมองไม่เห็นและสามารถเปลี่ยนแปลงความหมายหรือแปลงรูป (Penetration)

การคิดสร้างสรรค์แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ (พงษ์พันธ์ พงษ์โสภา. 2544: 140)

1. ขั้นเตรียมการ (Preparation) เป็นระยะของการเก็บรวบรวมข้อมูล และเป็นขั้นของการคิดพิจารณาอย่างละเอียดรอบคอบ
2. ขั้นฟักตัว (Incubation) เป็นขั้นของการพยายามคิดมองหาถึงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่าง ๆ ที่นำมาพิจารณาเพื่อทำการเชื่อมโยงหรือผสมผสานต่อไป
3. ขั้นการกระจ่างชัด (Insight) เป็นขั้นที่สามารถคิดได้ เกิดความกระจ่างชัด มองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่าง ๆ ที่มีอยู่
4. ขั้นตรวจสอบ (Verification) เป็นขั้นของการลงมือตรวจสอบว่าความคิดนั้นเป็นจริงหรือไม่ ผลที่เกิดขึ้นนั้นเป็นอย่างไร เหมาะสมหรือไม่ เพื่อตั้งเป็นกฎเกณฑ์ต่อไป

5.4 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ความคิดสร้างสรรค์ไม่ได้มีเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับงานทางด้านศิลปะและมนุษยศาสตร์ตามที่เชื่อกันในระยะแรกเท่านั้น แต่ก็เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นได้ในทางวิทยาศาสตร์เช่นกัน มีนักจิตวิทยาและนักการศึกษาหลายท่านให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะกล่าวถึงโดยสังเขปดังนี้

พิลซ์ และซันด์ (Piltz ;& Sund. 1969) ให้ความหมายไว้ว่าเป็นแนวทางการคิดและการกระทำของบุคคลในการเรียนรู้ปัญหา โดยใช้หลักและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นอกจากจะเน้นถึงความริเริ่มในการพัฒนาเพื่อให้ได้สิ่งใหม่ ยังจะต้องมีคุณค่าอีกด้วย ดังนั้นการจะตัดสินใจว่าเป็นความคิดทางวิทยาศาสตร์หรือไม่นั้นจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบ 2 ประการคือ 1).ความคิดริเริ่ม (Originality) และ 2).ลีลาและความงดงาม (Esthetics)

โมราฟสีก (Moravesik. 1981: 222-223) กล่าวถึง ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง การคิดค้นเพื่อหาความรู้ใหม่อันจะเป็นการตอบสนองจุดมุ่งหมายของวิทยาศาสตร์ 3 ประการ คือ 1) เป็นพื้นฐานของเทคโนโลยี 2) สนองความอยากรู้อยากเห็นของมนุษย์ที่ต้องการคำอธิบายสิ่งรอบตัวได้ 3) ก่อผลกระทบต่อทัศนคติของคนในสังคมและต่อโลก

อนันต์ จันทะกู (2525: 3-10) กล่าวว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถในการคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆทางวิทยาศาสตร์ สามารถค้นคว้าทดลองและแสวงหาคำตอบหลายๆวิธีซึ่งคุณลักษณะนี้ได้จากการสังเกตพฤติกรรม การตรวจรายงานหรือโครงการวิทยาศาสตร์ และ/หรือคะแนนจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

จุลจักร โนพันธ์ (2529: 36) ให้ความหมายว่าเป็นความสามารถทางสมองของมนุษย์ ที่จะทำให้เกิดการคิดแก้ปัญหาได้หลายแนวทาง การแก้ปัญหานั้นจะสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีโดยใช้กระบวนการคิดและทำตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ จนสามารถให้ผลผลิตที่แปลกใหม่ มีคุณภาพ และได้มาตรฐาน

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2541: 111) ได้สรุปนิยามความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จากเอกสารทางวิชาการต่างๆได้ว่า ส่วนใหญ่ให้ความสำคัญแก่ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งในส่วนที่เป็น “กระบวนการ” และ “ผลผลิต” โดยในส่วนกระบวนการมีทั้งส่วนที่อธิบายกระบวนการตามตามนัยของความคิดสร้างสรรค์ทั่วไป คือเน้นในเรื่องความริเริ่มแปลกใหม่ ความคล่องและความยืดหยุ่น และส่วนที่อ้างอิงกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในส่วนของผลผลิตมีทั้งส่วนที่เน้นผลผลิตในเชิงนาม ธรรมคือองค์ความรู้ และผลผลิตในเชิงรูปธรรมคือสิ่งประดิษฐ์ นอกจากนี้ ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2541: 115-116) ยังเสนอนิยามของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามมโนทัศน์แนวกว้างไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ คือ คุณลักษณะของมนุษย์ที่สำแดงออกมาในรูปของการคิดค้นที่นำไปสู่ผล ผลิตทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม เพื่อประโยชน์ของมนุษยชาติโดยใช้สมรรถวิสัยทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นพื้นฐาน

อาจสรุปได้ว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นการคิดและกระทำในการแก้ปัญหาต่างๆ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของแต่ละบุคคลที่มีได้หลากหลายแนวทาง ซึ่งจะทำให้ได้ผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ทั้งที่เป็นนามธรรมและ/หรือรูปธรรม โดยเน้นถึงคุณค่าและประโยชน์ใน ทางที่สร้างสรรค์ต่อสังคม ซึ่งจะเป็นการผลักดันให้โลกมีความเจริญรุดหน้ายิ่งขึ้น

5.5 แนวทางในการจัดกิจกรรมเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

คลอสไมเออร์ (สุรางค์ ไคว้ตระกูล. 2545: 141; อ้างอิงจาก Klausmeier.1984) ได้รวบรวมหลักการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ไว้ 5 อย่าง คือ

1. การสร้างสถานการณ์ หรือสิ่งแวดล้อมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงออก รวมทั้งจัดอุปกรณ์การเรียนการสอนหลายอย่างเพื่อนักเรียนจะได้แสดงออกทั้งทางด้านความคิดเห็น การเขียนและทางด้านศิลปะ
2. พยายามส่งเสริมทัศนคติที่ดีของครูและของนักเรียนต่อความคิดสร้างสรรค์ เช่นมีใจกว้างที่จะรับความคิดริเริ่มใหม่ๆ ไม่หวั่นหวาดคนที่มีความคิดที่แปลกไปจากตน
3. ส่งเสริมการใช้ความคิดอเนกนัย

4. ส่งเสริมให้สร้างผลงาน โดยไม่คำนึงถึงอายุแต่ให้สนับสนุนตามความสามารถ ไม่ควรให้เกณฑ์จำกัดว่างานบางอย่างเป็นของผู้ใหญ่หรือเด็กโตเท่านั้น ผลงานเป็นส่วนสำคัญที่จะให้กำลังใจแก่ผู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์

5. ควรให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) เพื่อให้นักเรียนทราบว่าตนเองทำดีหรือไม่อย่างไร แต่ควรระวังไม่ตักเตือนให้เสียกำลังใจ

สมจิต สวชนไพบูลย์ (2527: 30) สรุปวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

1. จัดสถานการณ์ยั่วๆ ซึ่งอาจประกอบด้วยข้อความ คำถาม การบรรยาย การอภิปราย รูปภาพ แผนภูมิ หรือข้อความก้าวก้าวทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2. จัดกิจกรรมแบบระดมสมอง เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้ร่วมกันคิดหลายทาง คิดได้มากในเวลาจำกัด อีกทั้งยังเป็นการฝึกให้นักเรียนรู้กระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม

3. การจัดกิจกรรมแบบให้ปฏิบัติจริงเป็นการจัดกิจกรรมให้เกิดความคิดโดยการกระทำ

4. การจัดกิจกรรมให้ประสบความสำเร็จ โดยให้ทำกิจกรรมจากง่ายไปหายาก เพื่อให้ นักเรียนประสบผลสำเร็จ นับเป็นการสร้างบรรยากาศทางจิตวิทยาที่มีผลให้เกิดแรงจูงใจภายใน ช่วยให้นักเรียนเกิดความมั่นใจ กระตือรือร้นในการหาความรู้เพิ่มเติม

5. จัดกิจกรรมให้ฝึกเป็นรายบุคคล เอาการพัฒนาความสามารถของแต่ละบุคคลให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ตามเอกัตภาพ

ประทุม อัตชู (2535: 12-14) เสนอกิจกรรมง่ายๆซึ่งมีผู้ศึกษาวิจัยแล้วว่าสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ให้กับนักเรียนได้ ดังนี้

1. การฝึกโดยใช้คำถาม ลักษณะคำถามควรเป็นปลายเปิด แนวทางและตัวอย่างคำถามอาจเป็นการสมมติเหตุการณ์ การแก้ปัญหา การคิดประดิษฐ์ และการค้นคว้าทดลอง

2. การประกวดสิ่งประดิษฐ์

3. การใช้ภาพปริศนา

4. การระดมพลังสมอง

5. การใช้ปริศนาคำทาย

6. การแต่งนิยายวิทยาศาสตร์จากภาพที่กำหนดให้

7. การออกแบบต่อภาพ

8. การศึกษานอกสถานที่

อารี พันธุ์ณี(2537: 236) ให้ความเห็นว่าการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์วิธีหนึ่งสามารถทำได้โดยการฝึกเด็กให้รู้จักคิดในลักษณะดังต่อไปนี้ คือ

1. ความคิดยืดหยุ่น หมายถึงการคิดให้ได้ปริมาณมากในช่วงเวลาที่จำกัด เพราะจะเป็นจำนวนความคิดเป็นที่ยอมรับและเน้นให้เกิดขึ้น

2. ความคิดคล่องตัว หมายถึงประเภทของความคิดยิ่งมากยิ่งดี

3. ความคิดริเริ่ม หมายถึงความคิดแปลกใหม่ ไม่ซ้ำ แตกต่างจากความคิดธรรมดา เป็นความคิดที่มีคุณค่า

4. ความคิดละเอียดละออ หมายถึง ความคิดในรายละเอียดที่นำมาตกแต่งความคิด ครั้งแรกให้สมบูรณ์ เกิดเป็นภาพที่ชัดเจนและได้ความหมายดี

แนวทางในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน (พงษ์พันธ์ พงษ์โสภา.2544 : 143).
มีดังนี้

1. สอนให้นักเรียนรู้จักคิด คิดเป็น คิดหลายๆแง่มุม และสามารถคิดแก้ปัญหาได้สำเร็จ
2. กระตุ้นให้นักเรียนกล้าแสดงความรู้สึกรักคิดออกมาในวิถีทางที่สร้างสรรค์
3. ส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักใช้จินตนาการของตนเองตลอดจนความสามารถต่างๆอันจะนำไปสู่ความคิดสร้างสรรค์
4. เปิดโอกาสให้นักเรียนรู้จักค้นคว้าด้วยตนเองอยู่เสมอ
5. ส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักถามในระหว่างการเรียนการสอน โดยครูต้องให้ความสนใจต่อคำถามของนักเรียน
6. ควรใช้วิธีสอนให้เกิดความคิดสร้างสรรค์อย่างต่อเนื่องทุกวัน
7. ควรสนับสนุนให้นักเรียนแสดงออกทางความคิดเชิงสร้างสรรค์ในเนื้อหาทุกๆวิชา
8. ควรสร้างบรรยากาศแห่งความอิสระทางวิชาการไม่ควรเข้มงวดกวดขันเกินไป
9. ควรจัดสภาพห้องเรียนให้ดูแปลกใหม่อยู่เสมอ เพื่อให้การเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีชีวิตชีวา

10. ไม่ควรกำหนดรูปแบบความคิดและบุคลิกภาพของนักเรียนในชั้นให้เหมือนพิมพ์เดียวกัน แต่ควรส่งเสริมความคิดและการผลิตสิ่งแปลกใหม่ที่มีประโยชน์ต่อชีวิต

วิลเลียมส์(Williams) ได้เสนอรูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ที่รู้จักกันดีในชื่อว่า Williams Cube CAI Model อันเป็นรูปแบบในการส่งเสริมพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ทั้งทางด้านความรู้ ความคิด ความรู้สึกหรือเจตคติในห้องเรียน รูปแบบการสอนนี้แบ่งเป็น 3 มิติ ดังนี้ (อารี พันธุ์ณี.2537: 128 -146)

มิติที่ 1 ด้านเนื้อหา (Content) หมายถึง ในการสอนเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์นั้นยังคงยึดหลักสูตรเป็นแกนและจัดการสอนให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่กำหนดไว้ในหลักสูตร

มิติที่ 2 ด้านพฤติกรรมการสอนของครู (Teacher behavior) หมายถึง ในการสอนของครูเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของเด็กนั้น วิลเลียมส์ เน้นเทคนิควิธีสอน และการเสนอกิจกรรมอันเป็นหัวใจสำคัญในการเสริมสร้างพฤติกรรมสร้างสรรค์ โดยเสนอเทคนิควิธีสอนและจัดกิจกรรมไว้ 18 ลักษณะด้วยกัน ดังนี้

1. การสอน Paradox หมายถึงการสอนเกี่ยวกับความคิดในลักษณะ ความคิดเห็นซึ่งขัดแย้งในตัวเอง ความคิดเห็นซึ่งค้านกับสามัญสำนึก ความจริงที่ยากจะเชื่อถือหรืออธิบายได้

ความเห็นหรือความเชื่อที่ฝังใจมานาน โดยการใช้ลักษณะนี้จะเป็นการฝึกวิธีการประเมินค่าระหว่างข้อมูลที่แท้จริงอีกทั้งยังช่วยให้คิดในสิ่งที่แตกต่างออกไป และเป็นการส่งเสริมความคิดเห็นไม่คล้อยตามกันโดยปราศจากเหตุผล

2. การพิจารณาลักษณะ (Attribute) หมายถึงการสอนให้นักเรียนคิดพิจารณาถึงลักษณะต่างๆที่ปรากฏอยู่ทั้งของมนุษย์ สัตว์ สิ่งของ ในลักษณะที่แปลกแตกต่างไปกว่าที่เคยคิด รวมทั้งในลักษณะที่คาดไม่ถึงด้วยก็ได้

3. การเปรียบเทียบอุปมาอุปมัย (Analogies) หมายถึงการเปรียบเทียบสิ่งของหรือสถานการณ์ที่เหมือนกัน คล้ายคลึงกันแตกต่างกันหรือตรงกันข้าม อาจเป็นคำเปรียบเทียบ คำพังเพย

4. การบอกสิ่งที่คลาดเคลื่อนไปจากความจริง (Discrepancies) หมายถึงการแสดงความเห็น ระบุ บ่งชี้ถึงสิ่งที่คลาดเคลื่อนจากความจริงหรือขาดตกบกพร่องผิดปกติหรือสิ่งที่ยังไม่สมบูรณ์

5. การใช้คำถามยั่วและกระตุ้นให้ตอบ (Provocation question) หมายถึงการตั้งคำถามแบบปลายเปิดและเป็นคำถามที่ยั่วและเร้าความรู้สึกนึกคิดให้ชวนคิดค้นคว้าเพื่อให้ได้ความหมายที่ลึกซึ้งสมบูรณ์ที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ คำถามลักษณะเช่นนี้จะสามารถตอบได้ถูกมากกว่าหนึ่งข้อ ไม่มีคำตอบถูกเพียงคำตอบเดียวแต่มีหลายคำตอบ

6. การเปลี่ยนแปลง (Example of change) หมายถึงการฝึกให้คิดถึงการเปลี่ยนแปลง จัดแปลง การปรับปรุงสิ่งต่างๆที่คงสภาพมานานให้เป็นไปในรูปแบบอื่น และเปิดโอกาสให้เปลี่ยนแปลงด้วยวิธีต่างๆอย่างอิสระ

7. การเปลี่ยนแปลงความเชื่อ (Example of habit) หมายถึงการฝึกให้นักเรียนเป็นคนมีความยืดหยุ่น ยอมรับการเปลี่ยนแปลง คลายความยึดมั่นต่างๆเพื่อปรับตัวเข้ากับสภาพการณ์ใหม่ๆ

8. หมายถึงการฝึกให้นักเรียนรู้จักสร้างสิ่งใหม่ กฎเกณฑ์ใหม่ ความคิดใหม่โดยอาศัยโครงสร้างหรือกฎเกณฑ์เดิมที่เคยมี แต่พยายามคิดพลิกแพลงให้ต่างไปจากเดิม

9. ทักษะการค้นคว้าหาข้อมูล (The skill of search) หมายถึงการฝึกให้นักเรียนรู้จักการสำรวจเพื่อหาข้อมูล ซึ่งแบ่งออกเป็น การค้นคว้าแบบนักประวัติศาสตร์ (Historical search) การค้นคว้าแบบบรรยาย (Descriptive search) การค้นคว้าแบบนักวิทยาศาสตร์ (Experimental search)

10. การค้นหาคำตอบจากคำถามที่กำกวมไม่ชัดเจน (Tolerance of ambiguity) เป็นการฝึกให้นักเรียนมีความอดทนพยายามที่จะค้นหาคำตอบต่อปัญหาที่กำกวมหรือเป็นสองนัย

11. การแสดงออกจากการหยั่งรู้ (Intuitive expression) เป็นการฝึกให้รู้จักการแสดงความรู้สึก ความคิด ความรู้สึกที่เกิดจากการมีสิ่งมาเร้าอวัยวะรับสัมผัสทั้งห้า

12. การพัฒนาตน (Adjustment for development) หมายถึงการฝึกให้นักเรียน รู้จักพิจารณาศึกษาความผิดพลาดพลั้ง ล้มเหลวซึ่งเกิดขึ้นโดยตนเองหรือผู้อื่น หรือใช้ความผิดพลาด เป็นบทเรียนไปสู่ความสำเร็จโดยตั้งใจหรือไม่ก็ตาม แล้วหาประโยชน์จากความผิดพลาดหรือข้อบกพร่องของตนเอง

13. ลักษณะบุคคลและกระบวนการคิดสร้างสรรค์ (Creative person and process) หมายถึงการให้ศึกษาประวัติบุคคลสำคัญทั้งในแง่ลักษณะพฤติกรรมและกระบวนการคิดตลอดจนวิธีการและประสบการณ์ของเขาด้วย

14. การประเมินสถานการณ์ (Evaluate situation) หมายถึงการฝึกให้หาคำตอบ โดยคำนึงถึงผลที่เกิดขึ้นและความหมายเกี่ยวเนื่องกัน ด้วยการตั้งคำถามว่าสิ่งนี้เกิดขึ้นแล้วจะเกิดผลอย่างไร

15. พัฒนาทักษะการอ่านอย่างสร้างสรรค์ (A creative reading skill) หมายถึงการฝึกให้รู้จักคิด แสดงความคิดเห็น แสดงความรู้สึกนึกคิดต่อเรื่องที่อ่านในหนังสือประกอบทุก ๆ วิชา ควรส่งเสริมและให้โอกาสเด็กได้แสดงความคิดเห็นและความรู้สึกต่อเรื่องที่อ่านมากกว่าและมุ่งหมายทบทวนข้อมูลต่าง ๆ ที่จำได้หรือเข้าใจ

16. พัฒนาการฟังอย่างสร้างสรรค์ (A creative listening skill) หมายถึงการฝึกให้ เกิดความรู้สึกนึกคิดในขณะที่ฟังหลังจากการฟังบทความเรื่องราว ดนตรีเพื่อเป็นการศึกษาข้อมูล ความรู้ซึ่งโยงไปหาสิ่งอื่นต่อไป

17. พัฒนาการเขียนอย่างสร้างสรรค์ (A creative writing skill) หมายถึงการฝึกให้ แสดงความคิด ความรู้สึกและจินตนาการด้านการเขียน บรรยายหรือพรรณนาให้เห็นภาพชัดเจน

18. ทักษะของการมองภาพในมิติต่างๆ (Visualization skill) หมายถึงการฝึกให้ แสดงความรู้สึกนึกคิดจากภาพในแง่มุมแปลก ๆ ใหม่ ๆ ไม่ซ้ำของเดิม

มิติที่ 3 ด้านพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน (Pupil behaviors) หมายถึง ในการสอน เพื่อพัฒนาพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ วิลเลียมส์แบ่งพฤติกรรมออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

ลักษณะที่ 1 ด้านความรู้ความเข้าใจ หรือสติปัญญา (Cognitive behavior) เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมทางด้านกลไกและการทำงานของสมอง แบ่งเป็น 4 ด้าน ดังนี้

1.1 ความคิดคล่องตัว (Fluent thinking) หมายถึง ความคล่องแคล่วหรือความคล่อง ตัวในการคิดตอบสนองต่อสิ่งเร้าให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เน้นที่ปริมาณความคิดมากเท่าใดก็ยิ่งจะดีเท่านั้น

1.2 ความคิดยืดหยุ่น (Flexible thinking) หมายถึงความยืดหยุ่นในความคิด และการกระทำ ปรับความคิดให้เข้ากับสถานการณ์ต่าง ๆ ในที่นี้หมายถึง ปริมาณของจำพวก กลุ่ม หรือประเภทที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้า เน้นที่ปริมาณของประเภทยิ่งมากยิ่งดี

1.3 ความคิดริเริ่ม (Original thinking) หมายถึงความคิดแปลกใหม่ไม่ซ้ำกับ
ของความคิดของคนอื่นและแตกต่างจากความคิดธรรมดา อาจเกิดจากความคิดเดิมที่มีอยู่แล้วคิดให้
แปลกแตกต่างจากเดิมหรือพลิกแพลงให้เป็นสิ่งใหม่ที่ไม่เคยคาดคิด

1.4 ความคิดละเอียดละออ (Elaborative thinking) หมายถึงความคิดใน
รายละเอียด คิดเป็นขั้นตอน สามารถอธิบายให้เห็นภาพพจน์ชัดเจนเป็นผลงานที่สมบูรณ์ขึ้น

ลักษณะที่ 2 ด้านความรู้สึกหรือด้านจิตใจ (Affective behavior) เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมทางด้านความรู้สึก เจตคติ ค่านิยม เป็นต้น แบ่งออกเป็น 4 ด้านดังนี้

- 2.1 ความอยากรู้อยากเห็น (Curiosity)
- 2.2 ความพร้อมใจที่จะเสี่ยง (Risk taking)
- 2.3 ความพอใจที่จะทำสิ่งที่ซับซ้อน (Complexity)
- 2.4 ความคิดจินตนาการ (Imagination)

5.6 วิธีการวัดความคิดสร้างสรรค์

สามารถประมวลสรุปได้ดังนี้ (อาร์ พันธ์มณี. 2537: 185-194)

1. การสังเกต หมายถึง การสังเกตพฤติกรรมของบุคคลที่แสดงออกเชิงสร้างสรรค์
เช่นจากพฤติกรรมการเล่นและการทำกิจกรรม
2. การวาดภาพ หมายถึง การให้เด็กวาดภาพจากสิ่งเร้าที่กำหนด เป็นการถ่ายทอด
ความคิดเชิงสร้างสรรค์ออกมาเป็นรูปธรรมและสามารถสื่อความหมายได้
3. รอยหยดหมึก (Inkblots) หมายถึง การให้เด็กดูรอยภาพหยดหมึกแล้วคิดตอบจาก
ภาพที่เด็กเห็น มักใช้กับเด็กวัยประถมศึกษาเพราะเด็กสามารถอธิบายได้ดี
4. การเขียนเรียงความและงานศิลปะ หมายถึงการให้เด็กเขียนเรียงความจากหัวข้อที่
กำหนดและการประเมินจากงานศิลปะของนักเรียน
5. แบบทดสอบ หมายถึง การให้เด็กทำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์มาตรฐาน ซึ่ง
เป็นผลมาจากการวิจัยเกี่ยวกับธรรมชาติของความคิดสร้างสรรค์ แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์มีทั้ง
ใช้ภาษาเป็นสื่อและที่ใช้ภาพเป็นสื่อ เพื่อเราให้เด็กแสดงออกเชิงความคิดสร้างสรรค์ แบบทดสอบที่มี
การกำหนด เวลาด้วยปัจจุบันนิยมใช้มากขึ้น

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่

- 1.แบบทดสอบความคล่องแคล่วของของกิลฟอร์ดและคริสเตนเสน (Chritensen Guilford Fluency Tests) ใช้วัดความคิดกระจาย (divergent thinking) โดยมุ่งวัดตัวประกอบในแต่ละ
เซลล์ตามโครงสร้างสมรรถภาพทางสมอง แบบทดสอบชุดนี้ประกอบด้วย แบบทดสอบย่อย 4 ชุด 11
ฉบับ แบ่งออกเป็นทางด้านภาษาเขียน 7 ฉบับ ทางด้านรูปภาพ 3 ฉบับ และเป็นโจทย์ปัญหา 1 ฉบับ
แบบทดสอบนี้เหมาะกับนักเรียนระดับมัธยมและผู้ใหญ่

2. แบบทดสอบของวอลลาซและโคแกน

3. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ (Torrance test of creative thinking) มีดังต่อไปนี้

3.1 แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพ (Thinking creatively with pictures)

3.2 แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษา (Thinking creatively with words)

3.3 แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยเสียงและภาษา (Thinking creatively with sounds words: sounds and images)

3.4 แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยการปฏิบัติและการเคลื่อนไหว (Thinking creatively in action and movement)

ในการทดสอบ ผู้ทำการทดสอบควรสร้างความคุ้นเคยเป็นกันเองกับนักเรียน ไม่ให้นักเรียนเกิดความหวาดกลัว ตื่นเต้นและคำนึงคะแนนได้ตก การใช้คำพูดกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจให้เด็กเห็นความจำเป็นในการทำแบบทดสอบ ให้เกิดความสนุกสนานมุ่งขจัดความกลัว และพยายามให้เด็กเกิดความสะดวก สบายและกระตุ้นให้เกิดความอบอุ่นทางจิตใจแบบทดสอบนี้ใช้เป็นแบบทดสอบกลุ่มหรือรายบุคคลก็ได้

การตรวจให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ แบ่งออกเป็น 4 ด้านดังนี้

1. ความคิดคล่องตัว หมายถึงความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบให้ได้ อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็วและมีปริมาณการตอบสนองได้มากในเวลาจำกัด คะแนนความคิดคล่องตัวคือคะแนนที่ได้จากการวาดภาพที่ชัดเจนสื่อความหมายได้ในแต่ละกิจกรรม เช่น กิจกรรมชุดที่ 1 ความคิดคล่องตัวมีเพียง 1 คะแนน กิจกรรมชุดที่ 2 คะแนนความคิดคล่องตัวสูงสุด 10 คะแนน กิจกรรมชุดที่ 3 คะแนนความคิดคล่องตัว 30 คะแนน

2. ความคิดริเริ่ม หมายถึงความสามารถของบุคคลในการคิดสิ่งแปลกใหม่ ไม่ซ้ำกับผู้อื่น โดยใช้เกณฑ์คำตอบที่เด็กตอบมากตั้งแต่ 1-5 เปอร์เซ็นต์ จัดเป็นความคิดแปลกและได้คะแนนมากที่สุด คำตอบที่นักเรียนตอบมากกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ จัดเป็นความคิดธรรมดา ได้คะแนนต่ำตั้งแต่ศูนย์ขึ้นไป

3. ความคิดยืดหยุ่น หมายถึงความยืดหยุ่นในความคิดและการกระทำ ปรับความคิดให้เข้ากับสถานการณ์ต่างๆ ในที่นี้หมายถึง ปริมาณของจำพวก กลุ่มหรือประเภทที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้า เน้นที่ปริมาณของประเภทยิ่งมากยิ่งดี เช่น บอกประโยชน์ของกระป๋องได้ 5 กลุ่ม จะได้คะแนน 5

4. ความคิดละเอียดละออ มีเกณฑ์การตรวจให้คะแนน 1 คะแนนต่อส่วนละเอียดแต่ละส่วนที่ต่อเติมภาพให้สมบูรณ์ขึ้น ไม่ว่าจะต่อเติมสิ่งเร้าหรือขอบ หรือที่ว่างรอบๆ อย่างไรก็ตามสิ่งที่ต่อเติมต้องดูสมจริงและมีความหมาย

นอกจากนี้ ฌ็องฟงซ์ เจริญพิทย์ (2542: 210) ได้ให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. การให้คะแนนความคล่องของการคิด

1.1 พิจารณาคำตอบที่เป็นไปตามเงื่อนไขของข้อทดสอบถือว่าเป็นคำตอบที่เป็นไปได้

1.2 ให้คะแนนคำตอบที่เป็นไปได้คำตอบละ 1 คะแนน ไม่ว่าคำตอบนั้นจะซ้ำกับคำตอบของผู้อื่นหรือไม่

2. การให้คะแนนความยืดหยุ่นของการคิด

2.1 จัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนแต่ละคนตามแนวความคิดที่แตกต่างกัน

2.2 ให้คะแนนคำตอบกลุ่มละ 1 คะแนน ไม่ว่าคำตอบนั้นจะซ้ำกับคำตอบของผู้อื่นหรือไม่

3. การให้คะแนนความคิดริเริ่ม

3.1 บันทึกคำตอบแต่ละข้อของนักเรียนทั้งหมด

3.2 หาความถี่ของคำตอบแต่ละคำตอบ

คำตอบที่มีความถี่เกิน 5 ขึ้นไปให้ 0 คะแนน

คำตอบที่มีความถี่เป็น 5 ให้ 1 คะแนน

คำตอบที่มีความถี่เป็น 4 ให้ 2 คะแนน

คำตอบที่มีความถี่เป็น 3 ให้ 3 คะแนน

คำตอบที่มีความถี่เป็น 2 ให้ 4 คะแนน

คำตอบที่มีความถี่เป็น 1 ให้ 5 คะแนน

4. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แต่ละข้อของนักเรียนแต่ละคนหาได้จากผลบวกของคะแนนความคล่องของการคิด คะแนนความยืดหยุ่นของการคิดและคะแนนความคิดริเริ่ม

5. คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหาได้จากผลรวมของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทุกข้อ

6. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเจตคติ

6.1 ความหมายของเจตคติ

เจตคติ (Attitude) มาจากคำว่า “Aptus” ในภาษาละติน ซึ่งหมายถึง ความเหมาะสม (Fitness) หรือการปรองดอง (ศักดิ์ สุนทรเสณี 2531: 1) และในพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2542: 321) คำว่า “เจตคติ” หมายถึงท่าทีหรือความรู้สึกของบุคคลต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง นอกจากนั้นยังมีผู้ให้ความหมายของเจตคติไว้อีกมากมาย ดังตัวอย่างต่อไปนี้

เชดส์กั๊ตส์ โฆวาสินธุ์ (2520: 41) สรุปความหมายของเจตคติว่าเป็นความรู้สึกของบุคคลต่อสิ่งต่างๆ อันเป็นผลเนื่องจากการเรียนรู้ประสบการณ์ หรือแนวโน้มที่จะตอบสนองต่อสิ่งเร้าในทิศทางใดทางหนึ่ง

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2540: 106) ให้ความหมายว่าเป็นความรู้สึกของบุคคลอันเกิดจากการเรียนรู้และประสบการณ์ เป็นตัวกระตุ้นให้บุคคลแสดงพฤติกรรมต่อสิ่งต่างๆไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งซึ่งอาจเป็นไปในทางสนับสนุนหรือต่อต้านก็ได้

ประสาธ อิศรปรีดา(2523:177) ให้ความเห็นว่าเจตคติเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับความรู้สึกนึกคิด ความเชื่อ ความคิดเห็นและความรู้หรือความจริง รวมถึงความรู้สึกที่เราประเมินค่าออกมาทั้งในทางบวกและทางลบ เป็นเรื่องเกี่ยวกับความร่วมมือ ไม่ร่วมมือ ความกล้า ความอดกลั้น ไม่อดกลั้น เป็นเรื่องของความรู้สึกที่เรามีต่อผู้อื่น ต่อตัวเราและสิ่งแวดล้อมรอบตัวเรา

อลพอร์ต (Allport. 1935: 810) ให้ความหมายของเจตคติว่า หมายถึง สภาวะความพร้อมของจิตใจและประสาทที่เกิดจากประสบการณ์ ซึ่งจะเป็นสิ่งกำหนดทิศทางหรือมีอิทธิพลในการสนองตอบของบุคคลต่อสถานการณ์หรือสิ่งเร้าที่มาที่มาจากเกี่ยวข้องกับ บุคคลจะสร้างหรือเกิดเจตคติได้จากการพูดจากับครอบครัว เพื่อนฝูงและเรียนรู้จากประสบการณ์โดยตรง

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (ทบวงมหาวิทยาลัย. 2525 : 55) ได้แบ่งเจตคติออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. เจตคติเชิงบวก เป็นความพร้อมที่จะตอบสนองในลักษณะของความพึงพอใจและเห็นด้วย อาจทำให้บุคคลอยากกระทำ อยากได้หรืออยากใกล้ชิดสิ่งนั้น
2. เจตคติเชิงลบ เป็นความพร้อมที่จะตอบสนองในลักษณะของความไม่พึงพอใจ ไม่เห็นด้วย อาจทำให้บุคคลไม่อยากกระทำ ไม่อยากได้หรือไม่อยากเข้าใกล้สิ่งนั้น

6.2 องค์ประกอบของเจตคติ

เจตคติ ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ประการ (Freeman. 1970: 248) กล่าวคือ

1. องค์ประกอบด้านความรู้ (Cognitive component) เป็นเรื่องของความรู้ของบุคคลในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง อาจเป็นการรับรู้เกี่ยวกับวัตถุ สิ่งของ บุคคล หรือเหตุการณ์ต่างๆว่ารู้ได้อย่างไร รู้ในทางดีหรือไม่ ทางบวกหรือทางลบ อันจะก่อให้เกิดเจตคติขึ้น หากรู้สิ่งหนึ่งในทางดีก็จะมีผลให้เกิดเจตคติต่อสิ่งนั้นในทางดี แต่ถ้ารู้สิ่งใดสิ่งหนึ่งในทางไม่ดีก็จะมีเจตคติที่ไม่ดีต่อสิ่งนั้นด้วย ถ้าไม่เคยรู้จักสิ่งใดเลยก็จะไม่เกิดเจตคติขึ้นและหากไม่มีสิ่งใดในโลกก็จะไม่เกิดเจตคติต่อสิ่งใดเลย

2. องค์ประกอบด้านความรู้สึก (Affective component or feeling) เป็นองค์ประกอบที่เกี่ยวกับด้านอารมณ์ เป็นความรู้สึกที่ถูกเร้าจากการรู้นั้นโดยเมื่อรู้อะไรจะทำให้เกิดความรู้สึกในทางดีหรือไม่ดี หากรู้สึกไม่ดีต่อสิ่งนั้น ก็จะมีผลให้ไม่ชอบและเกิดความไม่พอใจในสิ่งนั้น ดังนั้นความรู้สึกนี้จะทำให้เกิดเจตคติในทางใดทางหนึ่ง

3. องค์ประกอบทางด้านแนวโน้มในเชิงพฤติกรรมหรือการกระทำ (Action tendency component or behavioral component) เป็นความพร้อมที่จะตอบสนองต่อสิ่งนั้นๆในทางใดทางหนึ่ง เช่นสนับสนุน ส่งเสริม ช่วยเหลือ หรือ ขัดขวางต่อสู้และทำลาย เป็นต้น

ในการวัดเจตคติของบุคคลที่มีต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่ง สามารถเลือกวัดองค์ประกอบทางด้านใดด้านหนึ่งหรือทั้งสามด้านพร้อมกันได้ ในที่นี้ผู้วิจัยจะเลือกวัดทั้ง 3 องค์ประกอบ

คณะอนุกรรมการพัฒนาหลักสูตรและผลิตอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (ทบวงมหาวิทยาลัย. 2525: 57-58) ได้เสนอแนวทางในการในการพัฒนาเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์เพื่อการเรียนรู้อย่างเต็มที่ โดยเน้นวิธีการเรียนรู้จากการทดลองให้นักเรียนมีโอกาใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
2. มอบหมายให้ทำกิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ฝึกการทำงานเป็นกลุ่มเพื่อทำงานร่วมกับผู้อื่น ฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ฝึกรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมายและขณะนักเรียนทำการทดลอง ครูต้องให้ความช่วยเหลือและสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน
3. การใช้คำถามหรือการสร้างสถานการณ์เป็นการช่วยกระตุ้นให้นักเรียนสามารถสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ได้ดี
4. ในขณะที่ทำการทดลองควรนำหลักจิตวิทยามาใช้ในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้เด็กได้ฝึกประสบการณ์หลายๆทาง ได้แก่ กิจกรรมที่มีการเคลื่อนไหว สถานที่แปลกใหม่ การให้ความเอาใจใส่ของครู เป็นต้น ในการสอนแต่ละครั้งพยายามสอดแทรกลักษณะเจตคติตามความเหมาะสมของเนื้อหาบทเรียนและวัยของนักเรียน

6.3 การวัดพฤติกรรมด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2534: 214-215) ให้ความเห็นว่า การที่เจตคติค่อนข้างไปทางนามธรรมมากกว่ารูปธรรม เป็นความรู้สึกหรือความเชื่อของบุคคลซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงได้ จึงไม่สามารถวัดเจตคติได้โดยตรง แต่วัดได้จากแนวโน้มของบุคคลที่แสดงออกทางภาษาและวัดในรูปของการแสดงความคิดเห็น หรืออาจสังเกตจากการกระทำ คำพูด การแสดงสีหน้า ท่าทาง การสัมภาษณ์ ความรู้สึกนึกคิด แต่แบบวัดหรือเครื่องมือที่นักจิตวิทยานิยมใช้กันมากจะอยู่ในรูปแบบสอบถามหรือแบบสำรวจที่เรียกว่า แบบวัดเจตคติ ในการสร้างเครื่องมือวัดเจตคตินั้นจะต้องมีความชัดเจนหรือระบุว่าเป็นเจตคติต่ออะไร ดังนั้นในการสร้างเครื่องมือวัดผลด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์จะต้องกำหนดขอบเขตของส่วนที่เป็นเป้าหมาย ว่าเป็นเจตคติต่อสิ่งใดให้ชัดเจนแน่นอนก่อน แล้วจึงต้องกำหนดโครงสร้างของพฤติกรรมด้านเจตคติอีกด้วย ฌ็อง-ฌัก เจริญพิทย์ (2542: 150-151) อ้างถึงสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2538: 29-30) ได้กล่าวถึงการวัดพฤติกรรมด้านเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ไว้ 2 ลักษณะ ดังนี้

1. พฤติกรรมในระดับความรู้สึกนึกคิด ประกอบด้วยพฤติกรรมต่างๆ ดังนี้
 - 1.1 พอใจในประสบการณ์การเรียนรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์
 - 1.2 ศรัทธาและซาบซึ้งในผลงานทางวิทยาศาสตร์
 - 1.3 เห็นคุณค่าและประโยชน์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
 - 1.4 ตระหนักในคุณค่าและโทษของการใช้เทคโนโลยี
2. พฤติกรรมในระดับการแสดงออก ประกอบด้วยพฤติกรรมย่อย 2 ส่วนคือ
 - 2.1 การแสดงออกในระดับการศึกษาเล่าเรียน ประกอบด้วยพฤติกรรมต่างๆ ดังนี้

2.1.1 ตั้งใจเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

2.1.2 เรียนหรือเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์อย่างสนุกสนาน

2.1.3 เลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการคิดและปฏิบัติ

2.2 การแสดงออกในระดับการนำไปใช้

2.2.1 ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรม

2.2.2 ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยใคร่ครวญไตร่ตรองถึง

ผลดีและผลเสีย

6.4 การสร้างแบบทดสอบเจตคติ

แบบทดสอบประเภทนี้เป็นการวัดความรู้สึกต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง การวัดประเภทนี้จะกำหนดตัวเลขเป็นสิ่งที่ใดสิ่งหนึ่งโดยอาศัยกฎเกณฑ์ แล้วนำไปวัดบุคคลเพื่อแปลความหมายตามกฎเกณฑ์ของเครื่องมือนั้น การวัดเจตคติที่นิยมมีหลายวิธี (ล้วน-อังคณา สายยศ. 2536: 152-162); (พวงรัตน์-ทวีรัตน์. 2540: 107); (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542: 154-163.) คือ

1. วิธีของเทอร์สโตน (Thurstone's method) บางทีเรียกว่า Priori approach หรือ Method of equal - appearing intervals วิธีนี้จะหาค่าของแต่ละมาตรา (scale) ของข้อความทางเจตคติก่อนที่จะนำไปรวบรวมข้อมูลที่จะวิจัยจึงเรียกวิธีการนี้ว่า Priori approach และกำหนดคุณลักษณะคนมีมากที่สุดถึงน้อยที่สุดให้ระยะห่างเท่าๆกัน จึงเรียกวิธีนี้อีกชื่อหนึ่งว่า Method of equal - appearing intervals หรือ “ มาตรฐานตรรกภาพปรากฏที่เท่ากัน ” ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือวัดเจตคติของเทอร์สโตน มีดังนี้

1.1 รวบรวมหรือสร้างข้อความต่าง ๆ ที่เป็นคำกล่าวเกี่ยวข้องกับการแสดงเจตคติในเรื่องที่จะทำการ ศึกษาให้มากพอ การรวบรวมอาจได้จากคนหลายกลุ่มโดยการให้เขียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับเรื่องที่จะศึกษา โดยข้อความที่ได้จะต้องมีข้อความที่แสดงเจตคติด้านบวก (Favorable items) เป็นกลาง (Neutral items) และข้อความที่แสดงเจตคติด้านลบ(Unfavorable items) ลักษณะของข้อความควรเป็นดังนี้

1.1.1 ข้อความสั้นๆมีความเป็นปรนัย

1.1.2 เป็นข้อความที่เป็นปัจจุบัน

1.1.3 ไม่ควรใช้ข้อความปฏิเสธซ้อนปฏิเสธ

1.1.4 ไม่ควรใช้ข้อความที่มีแนวโน้มว่าคนส่วนใหญ่จะเห็นด้วยหรือไม่เห็น

ด้วย

1.1.5 หลีกเลี่ยงข้อความที่ถามข้อเท็จจริงของเรื่องนั้น

1.1.6 เน้นข้อความที่วัดได้เป็นส่วนตัวมากกว่าข้อความทั่วไป

1.1.7 ข้อความทุกข้อที่เขียนควรครอบคลุมเรื่องที่ศึกษา

1.2 ประเมินผลข้อความที่รวบรวมมาว่าจะอยู่ตำแหน่งใดในมาตราวัดเจตคติโดยอาศัยผู้พิจารณาตัดสิน (Judge)

1.3 ผู้ที่จะพิจารณาดัดสินเป็นผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในเรื่องนั้นโดยเฉพาะหรือจะเป็นนักศึกษาที่เรียนในสาขาวิชานั้นก็ได้

1.4 กำหนดค่า scale เมื่อได้ข้อความมาแล้ว นำมาหาค่าทางสถิติของแต่ละข้อ คือ ค่ามัธยฐาน (Median) และพิสัยควอร์ไทล์ (Quartile range)

1.5 เลือกข้อความขั้นสุดท้าย ในการใช้ข้อความนั้นจะใช้ข้อในการทำแบบทดสอบก็ได้แล้วแต่จะกำหนด

แบบทดสอบนี้เมื่อนำไปใช้จะมีแต่ข้อความอย่างเดียวไม่มีค่า Median อยู่ด้วย เมื่อนำไปทดสอบแล้วให้เอาเฉพาะข้อที่ผู้ทดสอบตอบเห็นด้วยไปเทียบมาตรฐานที่ทำไว้แล้วและนำค่าเหล่านี้มาหาค่ามัธยฐานอีกครั้งหนึ่ง

2. วิธีของลิเกิร์ต (Likert) มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่าเชิงประมวล (Summated rating scale) มีขั้นตอนการสร้างง่ายที่ง่ายกว่าวิธีของเธอร์สโตน ไม่ต้องใช้กลุ่มผู้ตัดสินเป็นผู้พิจารณา วิธีนี้กำหนดมาตราเป็น 5 ขั้น แต่ละขั้นกำหนดค่าไว้หลังจากรวบรวมข้อมูลในการวิจัยมาแล้ว จึงเรียกว่า Postteriori approach วิธีนี้มีหลักการดังนี้

2.1 ข้อความต้องครอบคลุมช่วงเจตคติทั้งหมด

2.2 การตอบแต่ละข้อความจะบอกถึงเจตคติที่มีอยู่

2.3 จุดที่ตอบนั้น อาจกำหนดได้จากจำนวนเปอร์เซ็นต์ของกลุ่มตัวอย่างที่เคยตอบข้อนั้นมาก่อน

2.4 เจตคติของแต่ละคน อาจกำหนดได้จากการรวบรวมคำตอบของผู้ทำการทดสอบจากข้อความต่างๆในมาตราวัดนั้นออกมาในรูปคะแนนเฉลี่ย

วิธีการสร้างมาตราวัดเจตคติมีขั้นตอน ดังนี้

1. รวบรวมข้อความให้มีปริมาณมากพอและครบถ้วนครอบคลุม แต่ละข้อความอาจเขียนขึ้นเองหรือนำมาจากผู้อื่น และควรเป็นข้อความที่คนมีเจตคติต่างกันจะตอบแตกต่างกันทันที ลักษณะข้อความจะเป็นทาง บวกและทางลบไม่ควรเป็นข้อความกลางๆ การเขียนข้อความมีลักษณะเหมือนของวิธีเธอร์สโตน

2. ตรวจสอบข้อความ ให้ความหมายของเจตคติต่อสิ่งที่จะศึกษานั้นให้แจ่มชัด ข้อความควรครอบคลุมลักษณะที่สำคัญของสิ่งที่จะศึกษาให้ครบถ้วนทุกแง่มุม พิจารณาว่าข้อความที่นำมาใช้นั้นสอดคล้องกับการตอบเพียงใดโดยผู้สร้างข้อความเองและนำไปให้ผู้มีความรู้ในเรื่องนั้นๆตรวจสอบ ดังนั้นจะต้องมีข้อความที่เป็นไปในทางบวกและลบมากพอที่เมื่อนำไปวิเคราะห์แล้วเหลือจำนวนข้อความที่ต้องการ

3. กำหนดการให้คะแนนคำตอบของแต่ละตัวเลือก วิธีการสร้างมาตราวัดแบบลิเกิร์ตนี้ นิยมใช้วิธีกำหนดค่าตัวเลขกับความรู้สึกแต่ละระดับ โดยทั่วไปนิยมกำหนดคะแนนเป็น 5 4 3 2 และ 1 สำหรับข้อความทางบวก ซึ่งความรู้สึกด้านดีมักมีค่าสูงกว่าด้านไม่ดี ดังนั้นถ้าความรู้สึก

1. เห็นด้วยอย่างยิ่ง ให้นำน้ำหนัก 5

2. เห็นด้วยให้น้ำหนัก 4
3. ไม่แน่ใจให้น้ำหนัก 3
4. ไม่เห็นด้วยให้น้ำหนัก 2
5. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ให้น้ำหนัก 1

หรือจะให้เป็น 4 3 2 1 0 ก็ได้ ซึ่งการแปลผลมีค่าเท่ากัน ในทางตรงข้ามถ้าให้แสดงความรู้สึกในทางลบควรเรียงตัวเลขกลับกันคือ 1 2 3 4 5 เพื่อไม่ให้เกิดปัญหา ข้อความแต่ละข้อเป็นการให้ผู้ตอบแสดงความรู้สึก ซึ่งเป็นความรู้สึกต่อเนื้อที่กำหนดให้แต่ละช่วงเท่าๆกันถือเป็นคะแนนอันดับภาค ดังนั้นต้องคำนึงถึงการกำหนดช่วงและกำหนดระยะตัวเลขไม่ให้ผิดจากข้อตกลงเบื้องต้น การกำหนดตัวเลขแบบนี้เรียกว่าวิธี Arbitrary weighting method

4. ทำการทดลองขั้นต้นก่อนนำไปใช้จริง โดยนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างหรือแหล่งข้อมูลที่ใช้จริงจำนวนหนึ่งเพื่อตรวจสอบความชัดเจนของภาษา และตรวจสอบคุณภาพด้านอื่นๆได้แก่ ค่าอำนาจจำแนก

5. เลือกข้อความที่มีอำนาจจำแนกมาใช้เป็นข้อความวัดเจตคติ โดยมีจำนวนข้อความทางบวกหรือเชิงนิมิตและทางลบหรือเชิงนิเสธพอๆกันมาเป็นข้อความวัดเจตคติ อาจเรียกว่า แบบทดสอบฉบับร่าง

6. นำแบบทดสอบฉบับร่างไปหาค่าความเชื่อมั่นทั้งชุด

ในปัจจุบันเครื่องมือวัดเจตคติตามวิธีของลิเกิร์ตเป็นที่นิยมมาก เพราะสร้างง่ายใช้สะดวก ผู้ตอบสามารถแสดงความคิดเห็นได้ทั้งทางบวกและลบ ในลักษณะที่เทียบเป็นมาตราส่วนประมาณค่าได้ ยิ่งกว่านั้นเครื่องมือตามแนวของลิเกิร์ต ยังสามารถดัดแปลงเพื่อใช้วัดลักษณะทางจิตพิสัยอื่นๆได้

3. วิธีของออสกูด เป็นวิธีที่มีลักษณะพิเศษที่ใช้คำคุณศัพท์ในการบรรยายโดยมีความเชื่อพื้นฐานว่าคำ คุณศัพท์จะสื่อความหมายทางภาษาได้ตรงกับเจตคติหรือความรู้สึกนึกคิดของบุคคลได้ดีกว่า จึงเรียกรวีนีว่า “ มาตราจัดช่วงต่างจากนัยทางภาษา” (Semantic differential scale)

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยต้องการวัดเจตคติของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุล และเจตคติของนักเรียนที่มีต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุล โดยแบบวัดเจตคติที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นพิจารณาจากองค์ประกอบ 3 ด้าน คือ องค์ประกอบด้านความรู้ องค์ประกอบด้านความรู้สึก และ องค์ประกอบทางด้านแนวโน้มในเชิงพฤติกรรมหรือการกระทำ

7. งานวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษาค้นคว้าทั้งในและต่างประเทศ

7.1 งานวิจัยที่เกี่ยวกับการวิจัยและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

7.1.1 งานวิจัยในต่างประเทศ

เดนซ์(Dence.1980: 50-54) ได้รวบรวมงานวิจัยเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตั้งแต่ปี ค.ศ. 1969-1978 พบว่า วิชาที่เหมาะสมและใช้สอนได้อย่างมีประสิทธิภาพคือวิชาวิทยาศาสตร์โดย

บทเรียนแบบที่ให้ผลดีที่สุดเป็นบทเรียนแบบสาขาและแบบฝึกทักษะ โดยให้ผลดีกว่าแบบเดิม ประหยัด เวลาในการสอนและนักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

ทอโร (Tauro. 1981: 643 A) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการสอน วิชาเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักศึกษาที่เลือกลงเรียนวิชาเคมี 127 มหาวิทยาลัยคอนเนคติกัต ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน กลุ่มที่สองใช้การเรียนการสอนตามปกติ ผลการวิจัยพบว่านักศึกษาที่เรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อวิชาเคมีในเชิงบวกสูงกว่ากลุ่มที่ใช้การเรียนการสอนตามปกติ และนักศึกษายังแสดงความคิดเห็นว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาเคมีเป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพช่วยเพิ่มความกระตือรือร้นและแรงจูงใจในการเรียนยิ่งขึ้น

โอเดน (Oden. 1981: 1063-A) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชา คณิตศาสตร์และวัดเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนเกรด 9 โดยการเรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอน และเรียนจากการสอนแบบบรรยาย พบว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนจากคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาคณิตศาสตร์และมีคะแนนสูงกว่ากลุ่มที่เรียนจากการสอนแบบบรรยายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เควิน ชาร์ลส์ ไวส์ (Kevin Charles Wise. 1984: 2432-A) ได้ทำการวิจัยเรื่อง "อิทธิพลของการใช้แบบจำลองไมโครคอมพิวเตอร์ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติของนักเรียนวิทยาศาสตร์ ภายใต้อำนาจระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย" โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะเปรียบเทียบผลของ การเลือกใช้แบบจำลองปฏิบัติการไมโคร คอมพิวเตอร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย นักเรียนวิทยาศาสตร์ กายภาพ 3 ห้องเรียน ได้สุ่มวิธีการเรียนการสอนอย่างใดอย่างหนึ่ง ได้แก่ใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ก่อนปฏิบัติการ ใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์หลังปฏิบัติการ และวิธีการเรียนการสอนตามปกติ ผลการวิจัยพบว่าทั้งกลุ่มที่ใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์ก่อนปฏิบัติการและกลุ่มที่ใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์หลังปฏิบัติการ มีผลสัมฤทธิ์สูงกว่ากลุ่มที่มีการเรียนการสอนด้วยวิธีปกติ และในขณะเดียวกันกลุ่มที่ทำการวิจัยมีเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ในเชิงบวกที่สูงกว่า

รีด บาร์บารา บานส์ (Reed.Barbara Barnes. 1986: DAO-8613510) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการทบทวนวิชาชีววิทยาสำหรับนักเรียนเกรด 10 ของโรงเรียน แพร่งคลิน เคาน์ตี ใน คาร์เนสวิลล์ ในปีการศึกษา 1984-1985 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาต่ำ โดยใช้สองรูปแบบ ได้แก่ การทบทวนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับใช้แบบฝึกปฏิบัติ (worksheet) ในที่นี้ผู้วิจัยทำการทบทวนเรื่องการสืบพันธุ์และการถ่ายทอดพันธุกรรมซึ่งมี 4 บท การวัดผลทำเมื่อเรียนจบแต่ละบทและเมื่อเรียนจบทุกบทแล้ว ผู้วิจัยได้แบ่งนักเรียนออกเป็นสามกลุ่ม กลุ่มที่หนึ่งจะได้รับการทบทวนโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนทั้งหมด กลุ่มที่สองทบทวนโดยใช้แบบฝึกปฏิบัติ และกลุ่มสุดท้ายจะได้รับการทบทวนโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการใช้แบบฝึกปฏิบัติอย่างละครึ่ง ผลการวิจัยพบ ว่าผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนที่ได้รับการทบทวนโดยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสูง

กว่าที่ได้รับการทบทวนโดยใช้แบบฝึกปฏิบัติ แสดงว่าคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสามารถพัฒนานักเรียนที่มีผลการเรียนต่ำได้ดีขึ้น แต่การทบทวนโดยใช้ทั้งคอมพิวเตอร์ช่วยสอนร่วมกับแบบฝึกปฏิบัติให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีที่สุด

เคิร์ทและโอส์ตัน (Curt .& Owston : 1988) ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน สามารถสรุปได้ว่าคอมพิวเตอร์สามารถใช้สอนด้านแก้ปัญหา(Problem solving) ได้เป็นอย่างดี และช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาสูงขึ้น

กิซารา (Gizara. 1989: 3236-B) ได้วิจัยเรื่องการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีจากการเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและการเรียนแบบปกติ โดยกลุ่มหนึ่งให้เรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอน อีกกลุ่มหนึ่งเรียนด้วยโปรแกรมการเรียน ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนดีกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยโปรแกรมการเรียน

ฮุนเชลและฮิล (Hounshell .& Hill. 1989: 543-549) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาจากการเรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและการเรียนแบบปกติ ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติของกลุ่มที่เรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนดีกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยการเรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญ

เคททิงเจอร์ (Kettinger. 1991) ได้ทำการศึกษาถึงความเหมาะสมในการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียนการสอน พบว่าสามารถใช้ได้ในหลายกรณี เช่น ใช้ในการนำเสนอข้อมูลประกอบการทำปฏิบัติการ ใช้จำลองสถานการณ์ ปรากฏการณ์ต่างๆ ในวิชาเคมี ฟิสิกส์ ฝึกปฏิบัติงานด้านต่างๆ ใช้ในการศึกษาค้นคว้า พบว่าผู้เรียนมีการเรียนรู้ดีขึ้นและสนใจการเรียนมากขึ้น

บาร์แบกชี โรสแมรี ที (Barbacci, Rosemary T. 1992: DAO 9226522) ได้ศึกษาวิจัยเปรียบเทียบการเรียนการสอนโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน(Computer assisted instruction :CAI) กับคอมพิวเตอร์ใช้สอนแบบจำลองสถานการณ์ (Computer simulated instruction:CSI) ในวิชาชีววิทยาเรื่องกรดนิวคลีอิกและการสังเคราะห์โปรตีนสำหรับนักเรียนเกรด 10 โดยแบ่งเป็นสองกลุ่ม กลุ่มหนึ่งเรียนโดยใช้CAIโดยศึกษาจากแผ่นดิสก์เรื่อง EDUTCH's Gene structure and function อีกกลุ่มหนึ่งเรียนแบบCSI โดยใช้Harley simulation construction kit ผลการวิจัยพบว่า ไม่มีวิธีใดดีกว่ากัน กลุ่มที่เรียนด้วย CAI มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์สูงกว่าวิธี CSI อย่างมีนัยสำคัญแต่ทั้งสองวิธีไม่มีความแตกต่างในการตอบคำถามแบบเขียนตอบ และนักเรียนทั้งสองกลุ่มมีเจตคติที่ดีต่อการใช้คอมพิวเตอร์

ยันชินกัลป์ (Yalcingalp. 1995) ได้ทำการทดลองใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาเคมีเรื่องโมลซึ่งเป็นเรื่องที่นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนอยู่เสมอ จากผลการทดลองพบว่านักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนเรื่องโมลโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน มีความเข้าใจเรื่องนีดีขึ้นโดยใช้เวลาในการเรียนน้อยกว่าการเรียนปกติและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยการสอนปกติ

ฟินเคิล (Finkel.1996: 345-368) ได้ศึกษาการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาพันธุกรรม ในลักษณะของการฝึกแก้ปัญหาสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่าคอมพิวเตอร์ช่วย ในการแก้ปัญหาได้เป็นอย่างดี เนื่องจากสามารถให้ข้อมูลเพิ่มเติมได้ทันทีและสามารถสร้างทางเลือก หรือแนวคิดได้หลากหลาย ช่วยให้ตัดสินใจได้อย่างถูกต้องรวดเร็ว

ทาลลูโต มาร์ก แอนโทนี (Talluto, Mark Anthony.1997: DAO 1384195) ได้ทำการ วิจัยเกี่ยวกับการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบจำลองวิชาชีววิทยาทางทะเลสำหรับนักเรียนชั้น ประถมศึกษาซึ่งปัจจุบันมีโปรแกรมทางด้านนี้ไม่มากนัก ผู้วิจัยได้ทำการวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลัง การศึกษาบทเรียนโดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 5 อายุ 10-11 ปี จำนวน 30 คน ผลการวิจัย พบว่านักเรียนมีผลการเรียนดีขึ้น การประเมินเจตคติพบว่านักเรียนร้อยละ 86.7 คิดว่ามีความรู้ เกี่ยวกับชีววิทยาทางทะเลเพิ่มมากขึ้นหลังจากได้นำไปใช้จริงได้ทะเล

อลัน ฮินชลีฟ (Alan Hinchliffe.1998: 35-39) ได้นำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการสอน โครงสร้างของโมเลกุลโดยใช้ซอฟต์แวร์ เช่น เคมีดรอว์ (Chemdraw) พร้อมทั้งอธิบายถึงปัญหา ต่างๆในการศึกษาด้วยซอฟต์แวร์นี้และได้แนะนำซอฟต์แวร์ที่เหมาะสมกว่า ได้แก่ HyperChem

โซยิโบและฮัดสัน (Soyibo K ;& Hudson A. 2000: บทคัดย่อ) ศึกษาเปรียบเทียบการ เรียนการสอนวิชาชีววิทยาโดยวิธีบรรยายและการอภิปรายกับการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มที่เรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีผลสัมฤทธิ์และเจตคติต่อวิชาชีววิทยาและ บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

ซาง (Chang C-Y. 2002: บทคัดย่อ) ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา Earth Science ของนักเรียนเกรด 10 จากการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบใช้ครูเป็น ศูนย์กลางและแบบใช้นักเรียนเป็นศูนย์กลาง ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มที่ เรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบใช้ครูเป็นศูนย์กลางดีกว่ากลุ่มที่เรียนแบบใช้นักเรียนเป็น ศูนย์กลาง

จากงานวิจัยในต่างประเทศที่ค้นคว้ามา จะเห็นว่าการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการเรียน การสอนมาเป็นเวลานานกว่า 20 ปีแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ทั้ง สาขา เคมี ชีววิทยาและ ฟิสิกส์ โดยมีการแยกเนื้อหาวิชาอย่างเด่นชัด ผลการวิจัยพบว่าผู้เรียนที่ เรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีผลสัมฤทธิ์ดีขึ้นและมีเจตคติที่ดีต่อวิชานั้นๆเพิ่มขึ้นด้วย อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในบทเรียนมากขึ้นและทำให้ความสามารถในการแก้ ปัญหาสูงขึ้น นอกจากนั้นจะพบว่าในช่วงไม่นานมานี้ได้มีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้สอน เกี่ยวกับโครงสร้างของโมเลกุลซึ่งเป็นสิ่งที่เล็กมากในระดับนาโนเมตร ทำให้เกิดผลดีคือผู้เรียนได้ เห็นภาพที่ถูกต้องและเข้าใจได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามยังไม่พบว่ามีการทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วย สอนในรูปแบบที่มีการบูรณาการเนื้อหาเรื่องสารชีวโมเลกุลและกิจกรรมการเรียนการสอนเข้าไว้ ด้วยกัน

7.1.2 งานวิจัยในประเทศ

นุชรี ปุตระเศรษฐี (2535: บทคัดย่อ) ได้วิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาบทเรียนมัลติมีเดียเพื่อช่วยสอนเรื่อง Thyroid function & diseases สำหรับนักศึกษาแพทย์ชั้นปีที่ 5 ในสาขาเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล พบว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีประสิทธิภาพที่จะใช้สอนเสริมนักศึกษาแพทย์โดยมีประสิทธิภาพสูงกว่าการศึกษาจากเอกสารทางวิชาการด้วยตนเองและนักศึกษาแพทย์มีการตอบสนองในทางบวก

บุญสืบ พันธุ์ดี (2536: 76-78) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่องโครงสร้างและการทำงานของยีน โดยได้ปรับปรุงประสิทธิภาพของบทเรียนให้เป็นไปตามเกณฑ์ 90/90 และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ประกายวรรณ มณีแจ่ม (2536: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบรายบุคคล กลุ่มย่อยและ ตามคู่มือครู สสวท. พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนที่เรียนโดยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นรายบุคคล กลุ่มย่อยและตามคู่มือครู สสวท. ไม่แตกต่างกัน แต่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นรายบุคคล กลุ่มย่อยและตามคู่มือครู สสวท. แตกต่างกัน

สุพจน์ มงคลพิชญรักษ์ (2538: บทคัดย่อ) ศึกษาผลของการกำหนดระดับการควบคุมความก้าวหน้าในการเรียนโดยโปรแกรมในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และเวลาที่ใช้ในการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ต่ำ การกำหนดระดับการควบคุมความก้าวหน้าในการเรียนโดยโปรแกรมที่ศึกษาคือ การกำหนดความก้าวหน้าโดยโปรแกรม และการกำหนดความก้าวหน้าโดยโปรแกรมและกำหนดเวลาที่ใช้ในการเรียน ผลการวิจัยพบว่าเมื่อผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ต่ำ เรียนโดยใช้การกำหนดระดับการควบคุมความก้าวหน้าในการเรียนโปรแกรมในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนต่างกัน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกัน แต่จะใช้เวลาในการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุภาพ รมณีย์พิกุล (2541) ได้วิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาบทเรียนมัลติมีเดียเพื่อช่วยสอนวิชาเคมีอินทรีย์ สำหรับนักศึกษาระดับอุดมศึกษา สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก โปรแกรมวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 2 จำนวน 49 คน เป็นกลุ่มตัวอย่าง สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องสมดุลเคมีโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปออเธอร์แวร์ และแบบสอบถามวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องสมดุลเคมี พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องสมดุลเคมีที่ได้จากการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนค่อนข้างดี และเจตคติของนักศึกษาต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้านการนำเสนอและการนำไปใช้มีความเหมาะสมและอยู่ในระดับดี

สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก (2541) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบ มัลติมีเดียสำหรับสอนวิชาฟิสิกส์ เรื่องปรากฏการณ์คลื่น ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 และพบว่าเมื่อนำไปใช้สอนในรูปแบบการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือและรายบุคคล พบว่านักเรียนที่เรียนด้วย รูปแบบการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าการเรียนรู้แบบรายบุคคลในด้านผลสัมฤทธิ์ ด้านความคิดรวบยอดทางวิทยาศาสตร์และด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ส่วนค่านิยมทาง วิทยาศาสตร์นั้นไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังได้นำไปทดลองสอนกับนักเรียนที่เรียนในโรงเรียนที่ เน้นโครงสร้างด้านวิทยาศาสตร์ ผลการทดลองสอนพบว่า ค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ทุกด้าน แต่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบกลุ่มร่วมมือมี คะแนนไม่แตกต่างจากนักเรียนที่เรียนแบบรายบุคคลในทุกด้าน

ปาริชาติ แก่นสำโรง (2541: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาผลการของการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง “หญิงและชาย” โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการสอนตามคู่มือครู ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนและเจตคติต่อการเรียนการสอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนโดยการใช้นวัตกรรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการสอนตามคู่มือครูมีผลไม่แตกต่างกัน แต่เจตคติ ต่อการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์โดยการใช้นวัตกรรมคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีค่าสูงกว่าการสอน ตามคู่มือครู

ชาติรี เกิดธรรม (2542) ได้พัฒนาฐานข้อมูลการเรียนรู้แบบมัลติมีเดียที่ใช้ประกอบการ สอนปฏิบัติ การวิชาชีววิทยา (ว042).สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีประสิทธิภาพ ผ่านเกณฑ์ 80/80 และพบว่านักเรียนที่เรียนนปฏิบัติกรวิชาชีววิทยาโดยใช้ฐานข้อมูลการเรียนรู้กับไม่ ใช้ฐานข้อมูลการเรียนรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านสมรรถภาพในการแก้ปัญหา ความคิดขั้นสูงด้าน ความคิดสร้างสรรค์และด้านทักษะในการสื่อสารแตกต่างกัน

สุนันทา มนัสมงคล (2542) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอเนกทัศน์เรื่อง มรดกทางพันธุกรรม เพื่อใช้ประกอบการเรียนด้วยตนเองในวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการเรียนตามรูปแบบ การเรียนรายบุคคล เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนของนักเรียนที่เรียนตามรูปแบบการเรียนตาม รายบุคคลกับนักเรียนที่เรียนตามแนวปฏิบัติของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และเพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนของนักเรียนที่เรียนตามรูปแบบรายบุคคลตามตัวแปร แผนการเรียน ชั้นเรียนและเพศ ผลการเรียนรู้ที่ศึกษาประกอบด้วยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย (ด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ และผลสัมฤทธิ์รวม) และเจตคติต่อเนื้อหาเรื่องมรดกทางพันธุกรรม การทดลองใช้นักเรียนชั้น มัธยมศึกษาตอนปลาย ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2540 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทร วิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 276 คน เป็นกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างได้จากการสุ่ม ตัวอย่างแบบจัดระดับชั้น (stratified random sampling) ตามตัวแปร แผนการเรียน ชั้นเรียนและ เพศ แบ่งนักเรียนเป็น กลุ่มควบคุม 3 กลุ่มและกลุ่มทดลอง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 46 คน แต่ละกลุ่ม

ประกอบด้วยนักเรียน 3 แผนการเรียน คือ แผนการเรียนศิลป์-ภาษาฝรั่งเศส แผนการเรียนศิลป์-คณิต 1 และแผนการเรียนศิลป์-คณิต 2 กลุ่มควบคุมเรียนตามแนวปฏิบัติของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กลุ่มทดลองเรียนตามรูปแบบการเรียนรายบุคคลด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเอกเทศเรื่องมรดกทางพันธุกรรม ผลการวิจัยสรุปได้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเอกเทศเรื่องมรดกทางพันธุกรรมที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ในที่นี่ได้ค่ามากกว่า 80/85 ค่าประสิทธิ- ภาพทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยอยู่ในช่วง 0.21-0.36 และเจตคติต่อเรื่องมรดกทางพันธุกรรมมีค่า 0.0874 ผลการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองแตกต่างจากกลุ่มควบคุมเฉพาะผลสัมฤทธิ์ทางด้านความเข้าใจและผลสัมฤทธิ์รวมนั้น แต่นักเรียนในแต่ละแผนการเรียนมีผลการเรียนไม่แตกต่างกันโดยนักเรียนหญิงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทุกด้านสูงกว่านักเรียนชาย สำหรับเจตคติต่อเรื่องมรดกทางพันธุกรรมไม่แตกต่างกัน

สมพงษ์ สุริยะวงศ์. (2542: บทคัดย่อ). ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง “การหมุนเวียน ของเลือดและก๊าซ” สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 2 การสร้างบทเรียนใช้โปรแกรม Authorware Professional version 4.0 การหาประสิทธิภาพใช้ตามเกณฑ์มาตรฐานของ Meguigan ได้ค่า 1.02 เมื่อนำไปทดลองสอนพบว่าผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระดับ 0.01

เชษฐพงศ์ คลองโปร่ง (2544) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่องสื่อประเภทเครื่องฉาย สำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี ที่มีประสิทธิภาพ 92/90 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

อุษา จินเจนกิจ (2544) ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประกอบการทดลอง เรื่องการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำสำหรับนักศึกษาวิศวกรรมเคมี ชั้นปีที่ 2 เมื่อนำไปทดลองใช้พบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาและทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างสูงขึ้น

วีระเดช เกิดบ้านตะเคียน (2546: บทคัดย่อ). ได้ออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียสามรูปแบบเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติต่อการเรียน และความคงทนในการจำของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่มีระดับผลการเรียนต่างกัน จากการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียรูปแบบต่างกับการสอนตามคู่มือครู ผลการวิจัยพบว่า วิธีการเรียนที่ต่างกันไม่ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน แตกต่างกัน แต่ทำให้ความคงทนในการจำของนักเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากการศึกษาผลการวิจัยในประเทศพบว่ามี การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมากกว่า ทศวรรษแล้ว โดยส่วนมากเนื้อหาที่เป็นวิทยาศาสตร์จะแยกออกเป็นแต่ละสาขา คือ เคมี ชีววิทยาและ ฟิสิกส์ และพบว่าโดยมากจะแยกการทดลองออกไปต่างหากโดยไม่มี การนำมาบูรณาการกัน แต่การใช้ คอมพิวเตอร์ช่วยสอนทำให้ผู้เรียนมีผล สัมฤทธิ์และเจตคติต่อวิชานั้นดีขึ้น อย่างไรก็ตามจากการที่ได้ ทำการสืบค้นมา ผู้วิจัยไม่พบว่ามี การทำวิจัยและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในระบบสื่อ

ประสมเรื่องชีวโมเลกุลสำหรับนักเรียนในระดับช่วงชั้นที่สี่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรูปแบบการบูรณาการทั้งเนื้อหาวิชาและกิจกรรม ที่ใช้ในกระบวนการเรียนการสอนเข้าไว้ด้วยกัน

7.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดขั้นสูงด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

อีเกลสตัน (เบญจมาศ ธัญยาวงศ์. 2524: 26; อ้างอิงจาก Egelston. 1971:818-A) ได้ใช้ระเบียบวิธีสังเกตและวิเคราะห์ศึกษาเปรียบเทียบพฤติกรรมการสอนในห้องปฏิบัติการทางชีววิทยาของครูระหว่างกลุ่มที่สอนโดยให้อิสระแก่นักเรียนในการค้นคว้าหาความรู้ ด้วยตนเองกับครูในกลุ่มควบคุมซึ่งใช้วิธีสอนแบบเดิม ผลการศึกษาพบว่าการใช้วิธีสอนที่ให้โอกาสนักเรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองมีผลทำให้นักเรียนกลุ่มทดลองแสดงพฤติกรรมอย่างสร้างสรรค์แตกต่างจากนักเรียนในกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในด้านการแสดงความคิดริเริ่มและมีผลสัมฤทธิ์ในทางการเรียนรู้สูงขึ้นแตกต่างจากกลุ่มควบคุม

บิลส์ (Bills. 1976: 417-421) ได้ศึกษาพัฒนาการของความคิดสร้างสรรค์โดยใช้วิธีสืบเสาะหาความรู้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไปเกรด 5 จำนวน 333 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 142 คน เป็นชาย 68 คน หญิง 74 คน กลุ่มควบคุม 191 คน เป็นชาย 95 คน หญิง 96 คน ใช้ครู 6 คน ให้ทำแบบทดสอบสติปัญญาก่อนและหลังการสอนด้วยแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ ตัวแปรที่ควบคุมคือ เพศ เกณฑ์ภาคเชาวน์ปัญญา และผลการปฏิสัมพันธ์ระหว่างเพศและวิธีสอน ผลการวิจัยปรากฏว่านักเรียนหญิงจากกลุ่มทดลองมีพัฒนาการของความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่านักเรียนหญิงที่สติปัญญาสูงจะทำคะแนนด้านความคล่องในการแสดงออกเพิ่มขึ้น

ศิริอร ไข่มุกพิรัตน์ (2527: 50-52) เปรียบเทียบการสอนวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยมีการฝึกแบบระดมสมองและแบบฝึกgrayบุคคล พบว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน

พรรณนา หิมารัตน์ (2527: 51) ทดลองเปรียบเทียบการสอนวิทยาศาสตร์ในการทำกิจกรรมชุมนุมวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมีกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม กลุ่มละ 30 คน กลุ่มที่ 1 ศึกษาชุดการเรียนรู้เพื่อนำไปสู่การทำโครงงานวิทยาศาสตร์ กลุ่มที่ 2 ศึกษาชุดการเรียนรู้เพื่อนำไปสู่การทำอุปกรณ์ และกลุ่มที่ 3 ศึกษาเฉพาะชุดการเรียนรู้ของการทำโครงงานกับการทำอุปกรณ์ พบว่าความคิดสร้างสรรค์ของกลุ่มที่ทำการทำโครงงานและทำอุปกรณ์วิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่ศึกษาจากชุดการเรียนรู้เพียงอย่างเดียว โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ 0.05 ตามลำดับของทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ธวัชชัย เขียนประสิทธิ์ (2528: 56) และ พจนา สังวรกิจ (2529 : 81) ทดลองเปรียบเทียบการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้ชุดการเรียนรู้ด้วยตนเองกับการสอนตามคู่มือครู พบว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ก่อศักดิ์ ศรีน้อย (2527: 79) ทดลองเปรียบเทียบการสอนวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการสอนแบบใช้คำถามเน้นทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐานและขั้นบูรณาการ กับการสอน

ตาม ปกติพบว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เอนตามคู่มือครู พบว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ลักษณะ ศรีแพ่ง (2531: 83) ทดลองสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้ชุดสไลด์ประกอบการสอนกับการสอนตามคู่มือครู พบว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ศรีผกา เจริญยศ (2533) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์กับความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้บทเรียนโมดูลกับการสอนตามคู่มือครู ผลการ ศึกษาพบว่านอกจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของทั้งสองกลุ่มจะแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แล้ว ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละด้านคือความคิดริเริ่ม ความคล่องในการคิดและความคิดยืดหยุ่นของทั้งสองกลุ่มยังแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.01

เมธี เผื่อนทอง (2534: บทคัดย่อ).ศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความคิดสร้างสรรค์กับจินตภาพในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ใช้แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ Jellen และ Urban จัดแบ่งกลุ่มจำแนกระดับความคิดสร้างสรรค์ 3 กลุ่มคือ สูง กลาง และต่ำ รูปแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่ใช้มี 3 แบบคือ แบบเอื้อให้เกิดจินตภาพ แบบไม่เอื้อให้เกิดจินตภาพและแบบเสนอภาพ การวัดผลสัมฤทธิ์ทำทันทีโดยใช้แบบทดสอบหลังการเรียน พบว่า นักเรียนที่ระดับความคิดสร้างสรรค์ต่างกัน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 นักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทั้ง 3 แบบมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่ระดับความคิดสร้างสรรค์กับจินตภาพในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีปฏิสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญ

ชาติรี เกิดธรรม (2542) ได้พัฒนาฐานข้อมูลการเรียนรู้แบบมัลติมีเดียที่ใช้ประกอบการสอนปฏิบัติการวิชาชีววิทยา (ว042) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์ 80/80 และพบว่านักเรียนที่เรียนปฏิบัติการวิชาชีววิทยาโดยใช้ฐานข้อมูลการเรียนรู้กับไม่ใช้ฐานข้อมูลการเรียนรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านสมรรถภาพในการแก้ปัญหา ความคิดขั้นสูงด้านความคิดสร้างสรรค์และด้านทักษะในการสื่อสารแตกต่างกัน

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้คอมพิวเตอร์ในการเรียนการสอนพบว่าทั้งในและต่างประเทศได้มีการวิจัยและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทางด้านวิทยาศาสตร์มาเป็นทศวรรษและพบว่าการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทางการเรียนให้ดีขึ้นไม่ว่าจะเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์แบบใด อย่างไรก็ตามยังไม่พบว่ามีการทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในลักษณะที่เป็นแบบบูรณาการทั้งเนื้อหาและกิจกรรม โดยจะเห็นว่าส่วนใหญ่จะแบ่งเนื้อหาเป็นแต่ละวิชา และแยกปฏิบัติการออกเป็นเรื่องต่างหากไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องชีวโมเลกุลสำหรับนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 4 ที่มักไม่ค่อยเห็นความสำคัญของโครงสร้างโมเลกุล แต่ใน

ต่างประเทศได้นำโปรแกรมการศึกษาโครงสร้างโมเลกุล 3 มิติมาใช้ในห้องเรียน ในขณะที่ประเทศไทยจะพบว่านำมาใช้ในระดับอุดมศึกษาเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นในที่นี้ผู้วิจัยจึงมีความตั้งใจที่จะทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องสารชีวโมเลกุลซึ่งยังไม่มีการจัดทำขึ้น ในเนื้อหาที่มีรูปแบบเป็นบูรณาการทั้ง 3 วิชาได้แก่ ชีววิทยา เคมี และฟิสิกส์ โดยเน้นในด้านโครงสร้าง 3 มิติของโมเลกุลเพื่อเป็นพื้นฐานการศึกษาของโครงสร้างนาโนชีวภาพในอนาคต โดยให้มีการฝึกใช้โปรแกรมไฮเปอร์เคมี (HyperChem) หรือราสมอล (Rasmol) อีกทั้งจะบูรณาการทั้งกิจกรรมการเรียนการสอนโดยให้มีการทดลองในห้องปฏิบัติการ และให้มีการสืบค้นทางเทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology) อีกด้วย การเรียนนี้จะกำหนดอัตราความก้าวหน้าโดยโปรแกรมและผู้เรียนเอง ทั้งบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องสารชีวโมเลกุลและรูปแบบการเรียนการสอนนี้ที่จะจัดทำขึ้นนี้นับเป็นนวัตกรรมหนึ่งเพราะเป็นการสร้างบทเรียนในรูปแบบใหม่ที่มีความทันสมัยและจะสามารถช่วยให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนานวัตกรรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลแบบบูรณาการ สำหรับนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 4 นี้ ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยและพัฒนา ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ดำเนินการดังนี้

- 1.1 การวิเคราะห์หลักสูตรและเนื้อหา
- 1.2 การวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ และจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของหน่วยต่างๆ
- 1.3 การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ
- 1.4 การตรวจสอบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ โดยผู้เชี่ยวชาญ
- 1.5 การหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ให้ได้ตามเกณฑ์ 80/80

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- 2.1 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย
- 2.2 การสร้างแบบวัดทักษะการทดลอง
- 2.3 การสร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
- 2.4 การสร้างแบบวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ และเจตคติต่อการเรียน

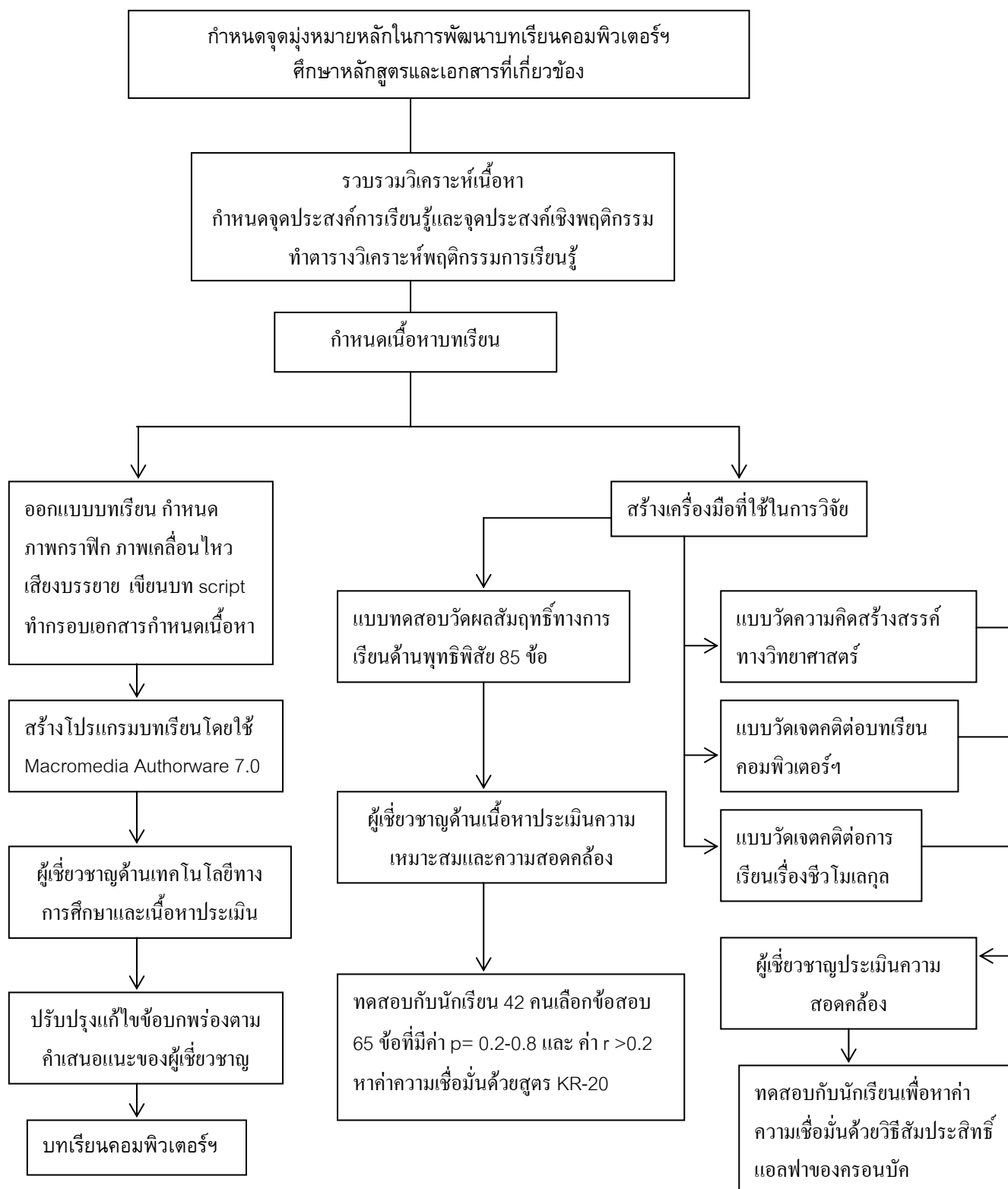
ชีวโมเลกุล

- 2.5 การสร้างแบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

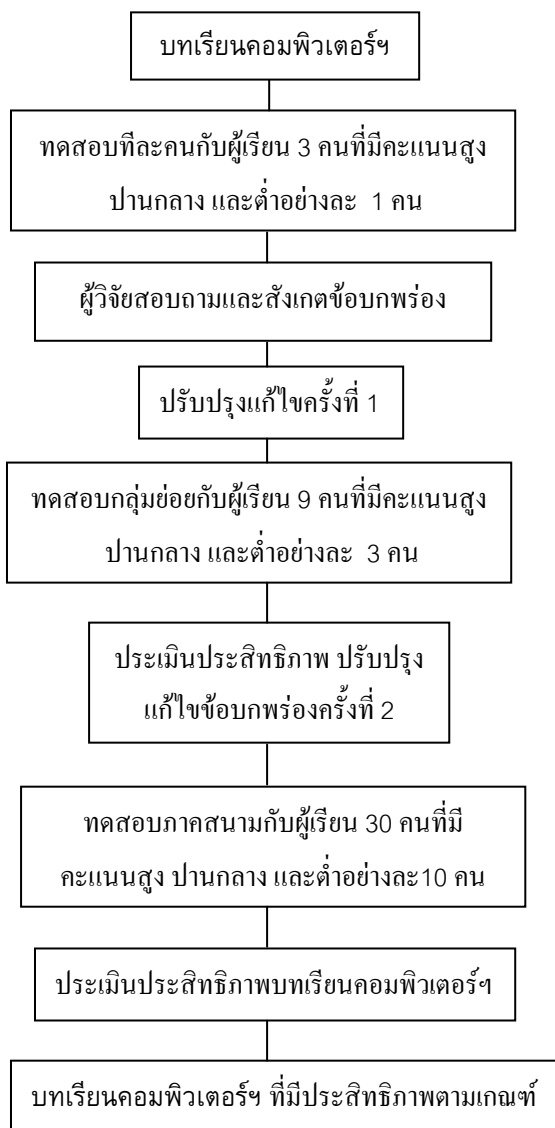
ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ และเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนที่ 4 การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

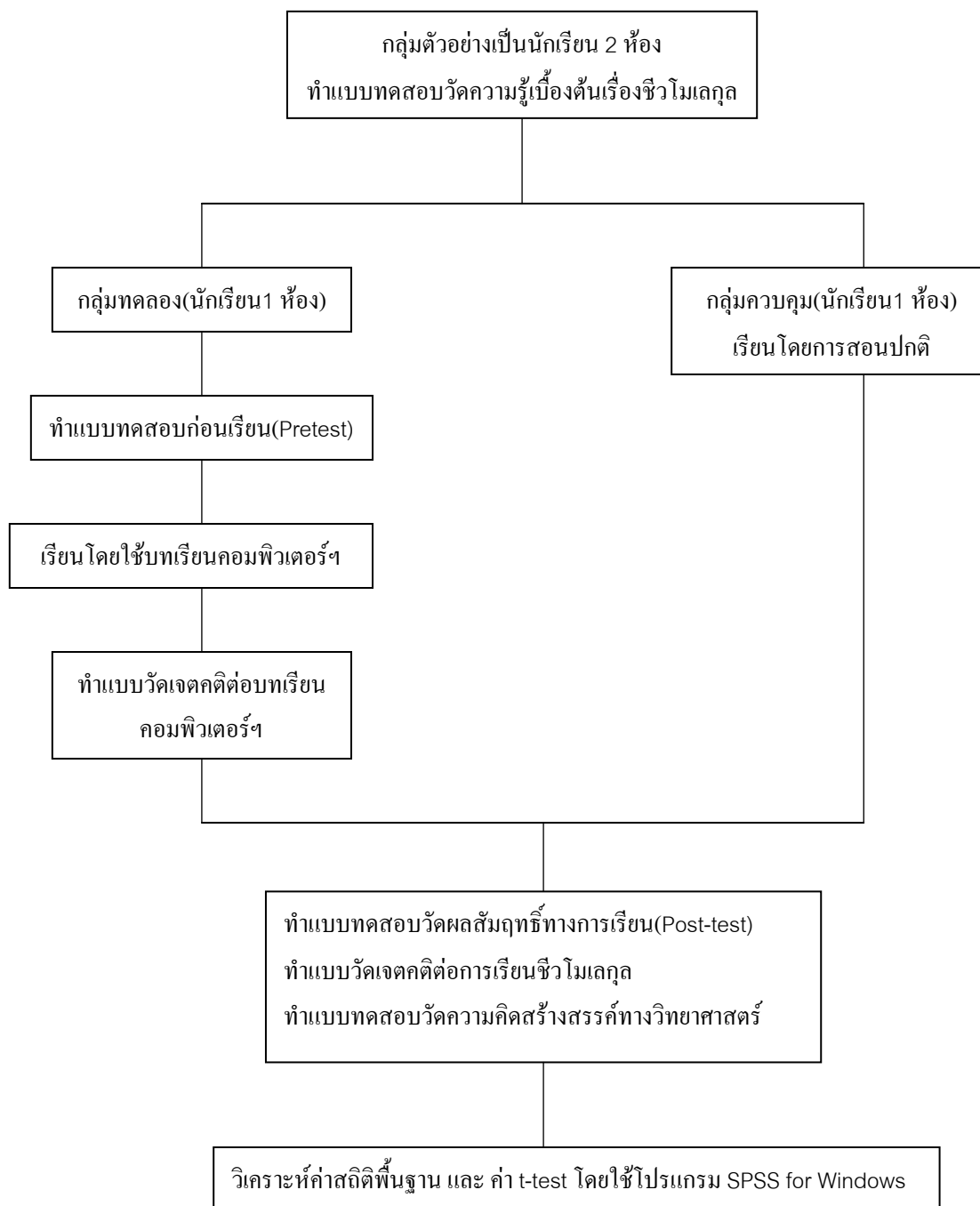
การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย สามารถเขียนสรุปเป็นแผนผังการดำเนินงานเป็นขั้นตอนได้ดังภาพประกอบ 1 ส่วนการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ให้ได้ประสิทธิภาพตามเกณฑ์สามารถเขียนสรุปเป็นแผนผังการดำเนินงานเป็นขั้นตอนได้ดังภาพประกอบ 2 และกระบวนการนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ไปทดลองสอนแสดงด้วยภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 1 การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย



ภาพประกอบ 2 การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ



ภาพประกอบ 3 กระบวนการนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯไปทดลองสอน

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ

1.1 การวิเคราะห์หลักสูตรและเนื้อหา

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลแบบบูรณาการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนได้ศึกษาให้เกิดความรู้ความเข้าใจในหลักการพื้นฐานเรื่องชีวโมเลกุลตั้งแต่ระดับอะตอมขึ้นไปถึงสารชีวโมเลกุลในสิ่งมีชีวิตได้แก่ อะตอมและโมเลกุล คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีนและกรดนิวคลีอิก โดยบูรณาการทั้งเนื้อหาในสาขาวิชา ฟิสิกส์ ชีววิทยา และเคมี และรูปแบบ กระบวน การเรียนการสอน จะบูรณาการกิจกรรมการเรียนการสอนโดยให้มีการฝึกใช้โปรแกรม Rasmol และให้มีการสืบค้นทางเทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology) นอกจากนี้ผู้วิจัยได้เพิ่มทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์โดยทำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในเรื่องปฏิบัติการ การทดสอบสารชีวโมเลกุลต่าง ๆ ให้ผู้เรียนได้ศึกษาก่อนแล้วจึงนำไปปฏิบัติจริงในห้องทดลอง ผู้เรียน จะได้ใช้ความสามารถในการทดลองเพื่อหาคำตอบโดยมีการศึกษาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วย สอนก่อน จัดเป็นกิจกรรมแบบ off screen คือการละจากหน้าจอคอมพิวเตอร์เพื่อไปทดลองในห้องปฏิบัติการ ปฏิบัติจริง ได้ลงบันทึกข้อมูลจากการทดลองวิเคราะห์ แปลความหมาย และสรุป ข้อมูลได้ถูกต้องเป็นการเพิ่มความสามารถทางด้านทักษะพิสัย และที่สำคัญคือต้องการให้ผู้เรียนมี เจตคติที่ดีต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุล ผู้วิจัยได้ศึกษาวิเคราะห์เนื้อหาจากคำอธิบายรายวิชาใน หลักสูตร จุดประสงค์ของคู่มือครู และรายละเอียดเนื้อหาจากหนังสือแบบเรียนวิชาชีววิทยา ม.4 เล่ม 2 ว 041 (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. 2542 : 2-16) หนังสือ สาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ชีววิทยาเล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยม ศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 (สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. 2546: 41-59) หนังสือสาระการเรียนรู้พื้นฐานและ เพิ่มเติม เคมีเล่ม 1 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยม ศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรการศึกษา ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวง ศึกษาธิการ. 2546: 41-59) หนังสือแบบเรียนวิชาเคมี เล่ม 4 ว 038 (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. 2546) หนังสือแบบเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 6 ว 025 ของกระทรวง ศึกษาธิการ (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2544) คู่มือชีวเคมี (ภาควิชาชีวเคมี กองการศึกษา วิทยาลัยแพทยศาสตร์พระมงกุฎเกล้า. 2546: 80-97) คู่มือปฏิบัติ การชีวเคมีสำหรับ นักเรียนพยาบาล วิทยาลัยพยาบาลกองทัพบก (ภาควิชาชีวเคมี กองการศึกษา วิทยาลัย แพทยศาสตร์พระมงกุฎเกล้า. 2546: 43-48) นอกจากการใช้เนื้อหาจากหนังสือเรียนแล้ว ผู้วิจัยได้ ค้นคว้าเพิ่มเติมจากหนังสืออ่านประกอบทั้งในและต่างประเทศและจากเว็บไซต์ต่าง ๆ รวมถึงแผนการ เรียนการสอน คำอธิบายรายวิชา เอกสารประกอบการสอน หนังสือ ตำรา และเนื้อหาที่ได้จากการ สืบค้นจากอินเทอร์เน็ต นำมากำหนดวัตถุประสงค์ทั่วไป และทำการเรียบเรียงบูรณาการเนื้อหาที่ ต้องการในแต่ละรายวิชาให้มีความสัมพันธ์กัน ผู้วิจัยแบ่งเนื้อหาออกเป็นหน่วยย่อย (รายละเอียด ดังแสดงในผนวก ข : แผนผังเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯเรื่องชีวโมเลกุล) ดังนี้

- หน่วยที่ 1 โครงสร้างอะตอม โมเลกุล และพันธะเคมี
- หน่วยที่ 2 ชนิด โครงสร้าง ความสำคัญและการประกอบเข้าด้วยกันเป็นโครงสร้างใหญ่โดยชีวโมเลกุล
- หน่วยที่ 3 การทดสอบสารชีวโมเลกุล

1.2 การวิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้และจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ผู้วิจัยกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้และจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยได้แบ่งพฤติกรรม การเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยออกเป็น ด้านความรู้ความจำ และ ด้านความเข้าใจ กำหนดน้ำหนัก พฤติกรรมการเรียนรู้ตามระดับพฤติกรรม คือกำหนดให้แต่ละพฤติกรรมมีน้ำหนักเป็น 1 หน่วย ได้ จุดประสงค์การเรียนรู้ดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงจุดประสงค์การเรียนรู้และน้ำหนักพฤติกรรมการเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้ หน่วยเนื้อหาชีวโมเลกุล	น้ำหนัก พฤติกรรมการ เรียนรู้		รวม
	ความรู้- ความ จำ	ความ เข้าใจ	
1 โครงสร้างอะตอม โมเลกุลและพันธะเคมี			11
1.1 บอกชื่อธาตุและปริมาณธาตุที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของ สิ่งมีชีวิตได้	1	1	
1.1 อธิบายโครงสร้างอะตอม ชนิดและจำนวนอนุภาคมูลฐานของ อะตอมจากสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุได้	1	1	
1.2 อธิบายการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนในระดับพลังงานต่างๆใน อะตอม	1	1	
1.3 อธิบายการเกิดสเปกตรัมได้	1	1	
1.4 อธิบายการเกิดพันธะเคมีในโมเลกุลและแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง อนุภาคของสารได้	1	1	
1.5 อธิบายความหมาย ประโยชน์และผลผลิตทางนาโนเทคโนโลยีได้	1		

ตาราง 1 (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้ หน่วยเนื้อหาชีวโมเลกุล	น้ำหนัก พฤติกรรมการณ์ เรียนรู้		รวม
	ความรู้- ความ จำ	ความ เข้าใจ	
หน่วยที่ 2 ชนิด โครงสร้าง ความสำคัญและการประกอบเข้าด้วยกันเป็น โครงสร้างใหญ่โดยสารชีวโมเลกุล			31
2.1 บอกชื่อชีวโมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบเยื่อเซลล์ได้	1	1	
2.2 คาร์โบไฮเดรต			
2.2.1 บอกองค์ประกอบและจำแนกประเภทของคาร์โบไฮเดรตได้	1		
2.2.2 อธิบายโครงสร้างโมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตแต่ละประเภทได้		1	
2.2.3 อธิบายชนิดและจำนวนของไอโซเมอร์ของน้ำตาลมอโนแซ็ก คาไรด์ได้	1	1	
2.2.4 อธิบายการเกิดปฏิกิริยาของคาร์โบไฮเดรตได้	1		
2.2.5 บอกประโยชน์ของคาร์โบไฮเดรตได้	1		
2.3. โปรตีน			
2.3.1 อธิบายโครงสร้างโมเลกุลของกรดอะมิโนได้	1	1	
2.3.2 อธิบายความหมายและความสำคัญของกรดอะมิโนจำเป็นได้	1		
2.3.3 อธิบายการเกิดพันธะเพปไทด์และบอกตำแหน่งพันธะเพปไทด์ ในโปรตีนได้	1	1	
2.3.4 อธิบายลักษณะโครงสร้างโมเลกุลของโปรตีนแต่ละระดับได้		1	
2.3.5 อธิบายปฏิกิริยาเคมีที่ใช้ในการทดสอบโปรตีนได้	1	1	
2.3.6 บอกปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพของโปรตีนได้			
2.4 ลิพิด			
2.4.1 บอกประเภทและโครงสร้างของลิพิดชนิดต่างๆได้	1		
2.4.2 อธิบายความแตกต่างของไขมันและน้ำมันได้		1	
2.4.3 เขียนสูตรแบบรหัสของกรดไขมันได้	1	1	
2.4.4 บอกคุณสมบัติของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้	1		
2.4.5 อธิบายการเกิดปฏิกิริยาบางชนิดของไขมันและน้ำมันได้		1	

ตาราง 1 (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้ หน่วยเนื้อหาชีวโมเลกุล	น้ำหนัก พฤติกรรมการณ์ เรียนรู้		รวม
	ความรู้- ความ จำ	ความ เข้าใจ	
2.4.6 อธิบายกลไกการชำระล้างสิ่งสกปรกของสบูและผงซักฟอกได้		1	
2.4.7 บอกความสำคัญของลิพิดชนิดต่างๆได้	1		
2.4.8 อธิบายโครงสร้างและรูปของคอเลสเตอรอลในร่างกาย	1		
2.4.9 บอกปริมาณคอเลสเตอรอลในอาหารได้	1		
2.4.10 บอกประโยชน์และโทษของคอเลสเตอรอลได้	1		
2.5 กรดนิวคลีอิก			
2.5.1 อธิบายโครงสร้างโมเลกุล องค์ประกอบและชนิดของกรดนิวคลีอิกได้	1	1	
2.5.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของ DNA และ RNA ได้	1	1	
2.5.3 บอกคุณสมบัติและความสำคัญของกรดนิวคลีอิกได้	1		
หน่วยที่ 3 ปฏิบัติการทดสอบสารชีวโมเลกุล			2
3.1 อธิบายวิธีการทดสอบสารคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันในห้องปฏิบัติการได้	1		
3.2 สรุปผลการทดลองได้		1	
รวมน้ำหนักพฤติกรรมการณ์เรียนรู้	26	19	45

1.3 การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องสารชีวโมเลกุลแบบบูรณาการนี้ผู้วิจัยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปประเภท Authoring system คือ Authorware version 7.01 ซึ่งมีรายงานว่า โปรแกรมออร์แวร์ (Authorware) มีลักษณะการใช้งานตรงตามประเด็นที่กำหนดไว้สูงสุดโดยเฉพาะอย่างยิ่งความง่ายของโปรแกรมในการสร้างงานที่ซับซ้อนและเป็นที่นิยมใช้กันมาก (สุกรี รอดโพธิ์ทอง ;และคณะ. 2542:52-66) ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลแบบบูรณาการ ดังนี้

1. ศึกษารวบรวมเนื้อหาเรื่องชีวโมเลกุล ในวิชาชีววิทยา เคมีและฟิสิกส์และค้นคว้ารายละเอียดที่สำคัญเพิ่มเติมจากหนังสือเรียนทั้งในและต่างประเทศ นำมาบูรณาการเข้าด้วยกันเพื่อใช้สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 โดยมีหัวข้อต่างๆ ดังแสดงในแผนผังเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์เรื่องชีวโมเลกุล(ผนวก ช)

2. เขียนบท(Script)สั้นๆแบ่งเนื้อหาออกเป็นส่วย่อยเรียงลำดับขั้นตอนจากง่ายไปยาก กำหนดภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และเสียงที่ต้องใช้ประกอบบทเรียน ได้แก่ เสียงบรรยาย เสียงเพลงก่อนเข้าบทเรียน เป็นต้น

2. สร้างผังดำเนินงาน(Flow chart)เพื่อกำหนดแนวทางวิธีการดำเนินเรื่องที่จะนำเสนอเพื่อใช้อธิบายความสัมพันธ์และเชื่อมโยงเนื้อหาหนึ่งไปอีกเนื้อหาหนึ่งครอบคลุมทั้งบทเรียน โดยเลือกสื่อที่สอดคล้องกับเนื้อหา และคำอธิบายที่ต้องการใช้

3. เขียนเอกสารกรอบความรู้ธิบายรายละเอียดเฉพาะของสื่อแต่ละประเภทที่นำมาประกอบกันเป็นสื่อประสม ได้แก่ ข้อความ กราฟิกหรือการสร้างภาพ ภาพเคลื่อนไหวและเสียง ประกอบ นำมาผสมผสานกันให้เหมาะสม กับเนื้อหาบทเรียน ที่เป็นการอธิบาย หรือแบบฝึกหัดต่างๆแล้วนำเอกสารทั้งหมดมาวางเรียงกันเพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของกรอบความรู้และสื่อประกอบชนิดต่างๆ

4. สร้างบทเรียนตามเอกสารกรอบความรู้ที่ออกแบบไว้ด้วยโปรแกรมออร์เวิร์ โดย มีขั้นตอนดังนี้

4.1 เตรียมภาพโมเลกุล 3 มิติของชีวโมเลกุลทุกชนิดและทุกประเภท ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ประเภท มอโนแซ็กคาไรด์ เช่น น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลไรโบส ลิพิด เช่น กลีเซอรอล กรดไขมันชนิดต่างๆ คอเลสเตอรอล โปรตีนและกรดอะมิโนชนิดต่างๆ เป็นต้น เตรียมภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว โดยใช้โปรแกรมอัลเคมี ไฮเปอร์แคม และราสโมล สร้างภาพโมเลกุล 3 มิติ และใช้โปรแกรมสแนคิท (Snagit) จับภาพนิ่ง เก็บไว้เป็นไฟล์ .BMP ในการสร้างภาพโมเลกุลหมุน 360 องศา เพื่อให้ให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในโครงสร้างดีขึ้น เช่นโครงสร้างไอโซเมอร์ ประเภท D- และ L- ของน้ำตาลและกรดอะมิโน ไอโซเมอร์ประเภท α และ β ของน้ำตาลมอโนแซ็กคาไรด์ และความแตกต่างของโครงสร้างกรดนิวคลีอิกชนิดต่างๆ ถ้าเป็นโครงสร้างโมเลกุลขนาดเล็ก สามารถเตรียมภาพโมเลกุลหมุนโดยใช้โปรแกรมสแนคิท เก็บไว้เป็นไฟล์ .AVI ถ้าเป็นโมเลกุลขนาดใหญ่เช่น กรดนิวคลีอิก ต้องเตรียมภาพนิ่งของโมเลกุลที่หมุนไปทุก 1 องศา จะได้ 60 ภาพแล้วนำมาทำภาพเคลื่อนไหวโดยใช้โปรแกรม อะโดเบ พรีเมียร์ (Adobe Premiere) เก็บเป็นไฟล์ .AVI

4.2 เตรียมเสียงบรรยายเพื่อให้สอดคล้องกับภาพและเนื้อหาที่เตรียมไว้ โดยใช้โปรแกรมบันทึกเสียง (sound recorder) เก็บเป็นไฟล์ .WAV

4.3 ในบทเรียนหน่วยที่ 1 เรื่องโครงสร้างอะตอม โมเลกุลและพันธะเคมี เป็นการทบทวนสิ่งที่ได้เรียนมาแล้วก่อนเข้าสู่เรื่องชีวโมเลกุล โดยส่วนใหญ่เป็นทฤษฎีและแบบฝึกหัด เช่น การเกิดสเปกตรัมจะใช้ภาพเคลื่อนไหวแสดงการเคลื่อนที่ของโฟตอนไปชนอิเล็กตรอนที่กำลัง

เคลื่อนที่เป็นวงรอบนิวเคลียสทำให้เปลี่ยนเข้าสู่ชั้นพลังงานที่สูงขึ้น และเมื่ออิเล็กตรอนกลับคืนสู่ชั้นพลังงานเดิมก็จะให้พลังงานแสงที่เรียกว่าสเปกตรัม นักเรียนจะเห็นเส้นสเปกตรัมที่เกิดขึ้นช่วยให้มีความเข้าใจมากยิ่งขึ้นและสามารถใช้ศรคลิกดูเส้นสเปกตรัมของธาตุต่างๆได้ การเตรียมภาพเคลื่อนไหวนี้ใช้โปรแกรมสแนคิท(Snagit) บันทึกภาพเคลื่อนไหวที่ค้นหาจากอินเทอร์เน็ต นำมาตัดต่อและใส่เสียงบรรยายลงไป นอกจากนั้นได้เพิ่มหัวข้อเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี ซึ่งเป็นเนื้อหาที่ทันสมัยอีกด้วย และเมื่อศึกษาบทเรียนทุกเรื่องแล้วจะมีแบบทดสอบ เมื่อนักเรียนทำแล้วจะรู้ผลทันที และให้โปรแกรมบทเรียนบันทึกคะแนนไว้เพื่อที่ผู้สอนจะสามารถติดตามดูผลคะแนนได้ในภายหลัง

4.4 หน่วยที่ 2 การประกอบโครงสร้างใหญ่โดยชีวโมเลกุล ในที่นี้ได้แสดงลำดับขั้นตอนของการเข้ามารวมตัวกันของสารชีวโมเลกุล ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ลิพิด คอเลสเตอรอล และโปรตีน มาประกอบกันเป็นโครงสร้างเยื่อหุ้มเซลล์ โดยมีเสียงบรรยายประกอบในทุกขั้นตอนซึ่งจะมีปุ่มคลิกเพื่อให้ย้อนกลับไปศึกษาใหม่ได้ตามต้องการ นักเรียนสามารถใช้ศรคลิกเพื่อไปที่สารชีวโมเลกุลแต่ละชนิดที่ประกอบกันเป็นเยื่อหุ้มเซลล์ เพื่อเข้าสู่บทเรียนเกี่ยวกับสารชีวโมเลกุลแต่ละชนิดต่อไป

4.5 เมื่อเข้าสู่เนื้อหาของสารชีวโมเลกุลแต่ละชนิด จะบอกถึงวัตถุประสงค์การเรียนรู้และแนะนำก่อนด้วยแบบทดสอบก่อนเรียน 5 ข้อ หากตอบผิดจะมีคำอธิบายให้นักเรียนตอบใหม่ให้ถูกต้องก่อนจึงจะไปข้อต่อไปได้ เนื้อหาในแต่ละหน้าจะมีทั้งคำบรรยาย เสียงบรรยาย ภาพนิ่ง และภาพเคลื่อนไหว นอกจากนั้นผู้วิจัยได้เชื่อมต่อเนื้อหาเกี่ยวกับเว็บไซต์ที่สำคัญซึ่งนักเรียนสามารถใช้หัวลูกศรเลือกเพื่อไปศึกษาเพิ่มเติมได้

4.6 จากบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯนี้ สามารถใช้หัวลูกศรเลือกเพื่อเปิดโปรแกรม ราสโมล(Rasmol) ซึ่งสามารถเรียกดู โมเลกุล 3 มิติ ชนิดต่างๆได้โดยนักเรียนสามารถหมุนโมเลกุลดูได้ตามความต้องการ และสามารถเปลี่ยนรูปแบบโครงสร้างโมเลกุลได้เช่นรูปแบบทรงกลมที่มีแขน (ball and stick model) และรูปแบบทรงกลมไร้แขน (sphere) เป็นต้น สำหรับโมเลกุลต่างๆนั้นผู้วิจัยค้นหาและรวบรวมมาจากอินเทอร์เน็ตโดยอยู่ในไฟล์ .PDB

4.7 แบบทดสอบท้ายบทเรียนทุกเรื่องจะเป็นปรนัย แบบ 4ตัวเลือก เมื่อนักเรียนตอบถูกก็จะมีคำชมเชยและให้คลิกไปหน้าต่อไป แต่หากตอบผิดจะปรากฏ hint ให้นักเรียนใช้ศรคลิกดูคำอธิบายก่อนตอบอีกครั้งหนึ่ง หากตอบผิดอีกจะปรากฏคำตอบที่ถูกต้อง นักเรียนจะต้องใช้ศรคลิกตัวเลือกที่ถูกต้องก่อนจึงจะไปข้อต่อไปได้ อย่างไรก็ตามการบันทึกคะแนนจะบันทึกเฉพาะการตอบครั้งแรกเท่านั้น

4.8 สำหรับหน่วยที่ 3 การทดสอบสารชีวโมเลกุล ผู้วิจัยบอกวัตถุประสงค์การทดลอง และขั้นตอนในการทำการทดลองทั้งหมด โดยจะมีทั้งคำบรรยาย เสียง และภาพ ทั้งภาพนิ่ง และภาพเคลื่อนไหว นักเรียนจะได้ศึกษาเรื่องการทดสอบสารชีวโมเลกุลจากคอมพิวเตอร์ก่อน แล้วจึงจะจากจอภาพไปทำการทดลองจริงในห้องปฏิบัติการ

5. การสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ เรื่องชีวโมเลกุลในแต่ละหน่วยมีโครงสร้างแบบแตกกิ่ง และมีทางเดินหลายเส้น โดยมีรูปแบบโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 แสดงรูปแบบโปรแกรมที่ใช้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในหน่วยต่างๆของบทเรียน

หน่วยที่	รูปแบบที่ใช้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน
1. โครงสร้างอะตอมโมเลกุลและพันธะเคมี	การสอนหรือทบทวนบทเรียน (Tutorial instruction) การฝึกหัด (Drills and practice) การทดสอบ (Tests)
2. ชนิด โครงสร้าง ความสำคัญและการประกอบเข้าด้วยกันเป็นโครงสร้างใหญ่โดยชีวโมเลกุล	การสอนหรือทบทวนบทเรียน (Tutorial instruction) สถานการณ์จำลอง (Simulation) การฝึกหัด (Drills and practice) การทดสอบ (Tests)
3 ปฏิบัติการทดสอบสารชีวโมเลกุล	การสอนหรือทบทวนบทเรียน (Tutorial instruction)

6. ตรวจสอบขั้นตอนการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ทุกขั้นตอนเพื่อให้บทเรียนสามารถใช้งานได้ตรงตามที่กำหนดไว้ในกรอบความรู้ที่สร้างไว้ ปรับเปลี่ยนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆในการเรียนแต่ละหน่วยย่อยจะมีแบบทดสอบ ผู้เรียนต้องพิมพ์ชื่อ เลขที่ก่อนทำแบบทดสอบ เมื่อทำแบบทดสอบเสร็จผู้เรียนจะทราบคะแนนทันที จากนั้นผู้เรียนจะกลับสู่เมนูหลักเพื่อเลือกหน่วยการเรียนรู้ใหม่

7. ทดสอบการใช้งานบทเรียนก่อนนำไปทดลองใช้ เพื่อให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ที่สร้างขึ้นทำงานได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด สามารถเข้าออกหน่วยการเรียนรู้แต่ละหน่วยได้รวดเร็ว สะดวกต่อการใช้งาน บันทึกบทเรียนที่สร้างขึ้นเป็น ซีดี-รอม สำหรับนำไปทดลองใช้กับผู้เรียน

1.4 การตรวจสอบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ โดยผู้เชี่ยวชาญ

1.4.1 การสร้างแบบประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ มีขั้นตอนดังนี้

- ศึกษาเนื้อหาสาระที่ใช้ในการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ เพื่อสร้างแบบประเมินให้มีความสอดคล้องและครอบคลุมคุณสมบัติที่ต้องการประเมิน
- ศึกษาแบบประเมินจากเอกสารและงานวิจัยต่างๆ

3. สร้างแบบประเมินคุณภาพให้มีความสอดคล้อง และครอบคลุมคุณสมบัติที่ต้องการประเมินได้แก่แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา และ แบบประเมินคุณภาพด้านเทคโนโลยีการศึกษา ดังแสดงในผนวก ข. (แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯโดยผู้เชี่ยวชาญ) โดยแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ได้กำหนดค่าระดับความคิดเห็นออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ	5	หมายถึง คุณภาพดีมาก
ระดับ	4	หมายถึง คุณภาพดี
ระดับ	3	หมายถึง คุณภาพพอใช้
ระดับ	2	หมายถึง คุณภาพต้องปรับปรุง
ระดับ	1	หมายถึง คุณภาพใช้ไม่ได้

ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมีเกณฑ์ในการแปลความหมายคะแนน ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	4.51-5.00	หมายถึง คุณภาพดีมาก
ค่าเฉลี่ย	3.51-4.50	หมายถึง คุณภาพดี
ค่าเฉลี่ย	2.51-3.50	หมายถึง คุณภาพพอใช้
ค่าเฉลี่ย	1.51-2.50	หมายถึง คุณภาพต้องปรับปรุง
ค่าเฉลี่ย	1.00-1.50	หมายถึง คุณภาพใช้ไม่ได้

ในการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องชีวโมเลกุลแบบบูรณาการนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ ในการยอมรับที่ระดับ 3.51 ขึ้นไป

1.4.2 การประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์โดยผู้เชี่ยวชาญ

นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินโดยใช้แบบประเมินคุณภาพด้านเทคโนโลยีการศึกษา และ แบบประเมินคุณภาพด้านเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา จำนวน 2 ท่านได้แก่ ดร. ขวัญหญิง ศรีประเสริฐภาพ และอาจารย์ สุทธิศักดิ์ แซ่แต้ และผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหา จำนวน 5 ท่าน ได้แก่ ดร. มนัส บุญประกอบ รศ.ดร. ณสรณ์ ผลโคก รศ.ดร. เนตรนภิส วีระวัลย์ชัย ดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์ และดร.ศิริพร มโนพิเชฐวัฒนา

1.4.2.1 ผลการประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ด้านเทคโนโลยีการศึกษา (ตาราง 23 ผนวก จ : ผลการประเมินคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย) พบว่า มีช่วงระดับความคิดเห็นอยู่ในเกณฑ์ดีถึงดีมาก (4.5 - 5.0) สามารถสรุปได้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯที่พัฒนาขึ้น โดยรวมมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X} = 4.73$) โดยในด้านภาพ มีทั้งภาพเคลื่อนไหวและภาพ 3 มิติ ช่วยให้เกิดความเข้าใจเนื้อหาภาพที่ใช้มีขนาดเหมาะสมเสียง คำศัพท์ สัญลักษณ์และการใช้ภาษา มีความสอดคล้อง สื่อความหมายชัดเจนและเหมาะสมกับเนื้อหาบทเรียนเสียงบรรยายมีความชัดเจนโดยภาพมีความสัมพันธ์กับเสียงบรรยาย และเสียงประกอบช่วยกระตุ้นความสนใจได้ดี ด้านการออกแบบระบบการเรียนการสอนมีความต่อเนื่อง ความยาวของแต่ละหน่วยย่อยที่น่าเสนอเหมาะสมให้ผู้เรียนสามารถควบคุมลำดับการเรียนรู้ได้ดี การออกแบบหน้าจอเหมาะสม ขนาด สีตัวอักษรและ

พื้นที่ที่ใช้ในบทเรียนเหมาะสมและชัดเจน มีการออกแบบโปรแกรมให้ใช้งานได้ง่ายและเหมาะสม ในการปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียน ในด้านการจัดบทเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีมาก โดยมีคำอธิบายเนื้อหาใน บทเรียนชัดเจน มีความต่อเนื่องของการนำเสนอเนื้อหา เปิดโอกาสให้ผู้เรียนควบคุมการเรียนรู้ด้วย ตนเองโดยมีวิธีการโต้ตอบกับบทเรียนได้เหมาะสม การใช้บทเรียนมีความสะดวกและความคล่องตัว การประเมินผลมีความเหมาะสม โดยมีความหลากหลายและเพียงพอ ที่สำคัญคือผู้เรียนสามารถ ทราบผลการประเมินเพื่อตรวจสอบความเข้าใจได้ทันที และเมื่อพิจารณาระดับความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญในแต่ละด้านพบว่าค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก

จากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา พบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอนระบบสื่อประสมมีสิ่งที่จะต้องปรับปรุงคือ ในช่วงไตเติลควรมีปุ่มให้ข้ามไปที่เมนูได้เพราะจะทำให้เสีย เวลาในการดูครั้งต่อไป ในแต่ละเนื้อหาควรให้ผู้เรียนสามารถควบคุมบทเรียนแต่ละหน้าได้ ภายในบท เรียนควรให้มีภาพปรากฏก่อนหรือพร้อมกับเสียงบรรยาย และให้ทำการตรวจสอบการ จัดเก็บโปรแกรมข้อมูลรวมทั้งการเชื่อมโยงให้สมบูรณ์และถูกต้อง ควรให้ผู้เรียนปิดโปรแกรมที่เปิด อยู่ก่อนใส่แผ่นใหม่ทุกครั้ง ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขตามที่ผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะ ยกเว้นการให้เสียง บรรยายก่อนภาพปรากฏเล็กน้อย เพื่อต้องการให้ผู้เรียนได้ฟังและคิดจินตนาการก่อนเห็นภาพที่ ตามมา

1.4.2.2 ผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ โดยผู้เชี่ยวชาญด้าน

เนื้อหาหลักสูตรการเรียนรู้นวัตกรรมศาสตร์ (ตาราง 24 ผนวก จ : ผลการประเมินคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ ในการวิจัย) สรุปได้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องสารชีวโมเลกุล โดยรวมมี คุณภาพอยู่ในระดับดี โดยในด้านเนื้อหาบทเรียนมีความละเอียดและครอบคลุมวัตถุประสงค์ อธิบาย เนื้อหาได้ชัดเจน ถูกต้องอีกทั้งมีแบบฝึกหัดที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ การแบ่งย่อยเนื้อหา มีความ เหมาะสม การนำเสนอมีการจัดลำดับขั้นตอนที่ดีมีความทันสมัยและน่าสนใจ เนื้อหาปฏิบัติการมี ความเหมาะสม อย่างไรก็ตามผู้เชี่ยวชาญเห็นว่าเนื้อหาบางตอนยากไปไม่เหมาะสมกับระดับของ ผู้เรียน ในด้านภาพที่ใช้ทั้งภาพเคลื่อนไหวและภาพ 3 มิติมีขนาดเหมาะสมกับเนื้อหาบทเรียน และ การใช้ภาษาทั้งคำศัพท์และสัญลักษณ์ถูกต้อง สื่อความหมายชัดเจน และเสียงสามารถกระตุ้นความ สนใจ ทั้งหมดอยู่ในระดับดีถึงดีมาก สำหรับด้านการนำไปใช้ สามารถส่งเสริมให้เกิดความคิดริเริ่ม สร้างสรรค์ ความกระตือรือร้นและทำให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียน และความเหมาะสมในการนำไปใช้ สอนแทนครู มีคุณภาพอยู่ในระดับดีถึงดีมาก เมื่อพิจารณาบทเรียนโดยรวม บทเรียนได้รับการ ประเมินให้มีคุณภาพเฉลี่ยอยู่ในระดับดี ($\bar{X} = 4.47$) ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา มีข้อเสนอแนะให้ ปรับปรุงบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ดังนี้ 1) ควรสร้างปุ่มให้ผู้ เรียนสามารถออกจากโปรแกรมได้ตาม ต้องการ ไม่ควรให้ผู้เรียนต้องดูจนครบก่อนจึงจะสามารถออกจากโปรแกรมได้ 2) คำศัพท์ที่เป็นคำ เฉพาะ ควรใช้คำอังกฤษ เพราะจะทำให้เกิดความเข้าใจได้มากกว่า 3) คำบางคำให้เลือกใช้เป็น ภาษาอังกฤษหรือภาษาไทยอย่างใดอย่างหนึ่งหรือวงเล็บภาษาอังกฤษไว้ และไม่จำเป็นต้องใช้อักษร ตัวใหญ่เสมอไป 4) มีเนื้อหาบางตอนที่ต้องแก้ไขให้ชัดเจนและถูกต้องมากขึ้น อย่างไรก็ตาม

ผู้เชี่ยวชาญให้ความเห็นว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมนี้น่าสนใจมาก สื่อความหมายได้ดี ทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ กระตุ้นให้เกิดความสนใจและกระตือรือร้นในการเรียนเป็นอย่างดี ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขตามที่ผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆ เสนอแนะและนำไปทำการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลต่อไป

1.5 การหาประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ให้ได้ตามเกณฑ์ 80/80

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการพัฒนาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังเรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 โรงเรียนสุวรรณารามวิทยาคม กรุงเทพมหานคร จำนวน 42 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่ายจากกลุ่มประชากร โดยสุ่มมาหนึ่งห้อง แบ่งกลุ่มนักเรียนตามระดับความสามารถ เป็นกลุ่มระดับความสามารถสูง กลุ่มระดับความสามารถปานกลางและกลุ่มระดับความสามารถต่ำ โดยใช้เทคนิคร้อยละ 33 ของเคอร์ตัน นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพของบทเรียนให้ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 ตามขั้นตอน ดังนี้

1.5.1 ทดสอบทีละคน ใช้นักเรียนจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 คน เป็นนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มสูง ปานกลาง และต่ำ อย่างละ 1 คน โดยทำการทดสอบทีละคนตามรูปแบบการเรียนรายบุคคล เพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่องของบทเรียนคอมพิวเตอร์ในด้านต่างๆ ได้แก่ ด้านความชัดเจนของการนำเสนอเนื้อหา ความชัดเจนของภาพ การใช้คำอธิบายประกอบภาพต่างๆ และการให้ข้อมูลป้อนกลับ โดยให้ผู้เรียนเขียนข้อบกพร่อง แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับบทเรียน และผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์ผู้เรียนเพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงบทเรียนคอมพิวเตอร์ พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในบทเรียนคอมพิวเตอร์นี้มาก แต่ได้ให้ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมดังนี้ 1) การเปลี่ยนเรื่องระหว่างหน่วยย่อยกระทำไม่ได้ไม่สะดวก เพราะจะต้องปิดเรื่องที่กำลังศึกษาอยู่ก่อนที่จะเปิดโปรแกรมเพื่อศึกษาเนื้อหาใหม่ ผู้วิจัยจึงจัดทำรวมเนื้อหาใหม่โดยเชื่อมเรื่องต่างๆ ในบทเรียนเข้าด้วยกันเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเปิดดูเนื้อหาเรื่องใดก็ได้ที่สนใจโดยไม่ต้องปิดโปรแกรมก่อน ดังนั้นจากการแยกเนื้อหาบรรจุในซีดี 5 แผ่น จึงเหลือเพียง 2 แผ่นหรือ 1 แผ่นเท่านั้นหากบรรจุในรูปแบบบีบอัดไฟล์ (Zip) 2) คะแนนรวมที่ได้จากการทำแบบทดสอบบางครั้งไม่ถูกต้อง ผู้วิจัยได้แก้ไขโดยเพิ่มคำสั่งให้ลบคะแนนเป็นศูนย์ก่อนเข้าทำแบบทดสอบครั้งต่อไป 3) การตอบคำถามโดยการเติมคำลงในช่องว่าง หากผู้เรียนไม่สามารถตอบได้ก็จะเข้าสู่หน้าต่อไปไม่ได้ ผู้วิจัยจึงเพิ่มปุ่มคำตอบ ถ้านำลูกศรมาวางที่ปุ่มนี้จะปรากฏคำตอบ เมื่อพิมพ์คำตอบที่ถูกต้องลงในช่องว่างก็จะสามารถคลิกไปหน้าต่อไปได้

1.5.2 ทดสอบกลุ่มย่อย เป็นนักเรียนจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 9 คน ที่อยู่ในกลุ่มสูง ปานกลาง และต่ำ อย่างละ 3 คน เป็นการเรียนตามรูปแบบการเรียนรายบุคคล ให้นักเรียนทำแบบทดสอบและกิจกรรมระหว่างเรียนและหลังการเรียนแล้วนำผลที่ได้มาเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียน วิเคราะห์หาค่าประมาณของประสิทธิภาพของบทเรียนในเกณฑ์ 80/80 โดยใช้สูตร E_1/E_2 (เสาวณีย์ ลิกขาบัณฑิต. 2528 : 284) ผู้วิจัยจึงทำการสัมภาษณ์นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งมี

ข้อเสนอแนะให้ปรับแก้ไขเนื้อหาบางตอนที่ยากและเกินที่กำหนดไว้ในหลักสูตรเนื่องจากทำให้ต้องใช้เวลานานในการทำความเข้าใจ จึงทำการปรับเนื้อหา รวมถึงแบบทดสอบใหม่ และให้เพิ่มปุ่มเพื่อคลิกฟังเสียงอธิบาย โดยให้สามารถใช้ลูกศรคลิกเมื่อต้องการฟัง หรือไปหน้าต่อไปได้ทันทีหากไม่ต้องการฟัง เมื่อทำการปรับแก้ไขบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ แล้วจึงนำไปใช้ในการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพต่อไป

1.5.3 ทดสอบภาคสนาม เป็นการทดสอบขั้นสุดท้ายของกระบวนการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ โดยทำการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เป็นนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มสูง ปานกลาง และต่ำ อย่างละ 10 คน ให้นักเรียนทำแบบ ทดสอบและกิจกรรมระหว่างเรียนและหลังการเรียนแล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของบทเรียนให้ได้เกณฑ์ 80/80

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยเพื่อวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ ความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ดังนี้

1. ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามแนวคิดของ บลูม และคอปเปอร์ (Bloom, Hastings ;& Madaus. 1971 : 141-159); Klopfer. 1971 : 559-641) จากเอกสารประกอบการศึกษาเรื่องการพัฒนาการเรียนวิทยาศาสตร์ (ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2542) และจากเอกสารประเมินผลการเรียนวิทยาศาสตร์ตามแนวการปฏิรูปการศึกษา ฉบับกระชับสาระ (ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2545)

2. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยแบบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยมีจำนวนข้อสอบครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด และมีความสอดคล้องกับตารางการวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ในการตรวจให้คะแนน กำหนดคะแนนรายข้อ ข้อละ 1 คะแนน จำนวนทั้งหมด 85 ข้อ

3. นำตารางการวิเคราะห์จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมและตารางวิเคราะห์รายละเอียดพฤติกรรมการเรียนรู้ เนื้อหาและแบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามตารางการวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา ได้แก่ ดร. มนัส บุญประกอบ รศ. ดร. ณสรณ์ ผลโกล รศ. ดร. เนตรนภิส วีระวัลย์ชัย ดร.ศิริพร มโนพิเชฐวัฒนา และดร.วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์ ประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (content validity) ในด้านความเหมาะสม และความสอดคล้องของแบบทดสอบ

4. นำข้อสอบจำนวน 85 ข้อ แบ่งเป็นแบบทดสอบ 2 ฉบับ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ที่เคยเรียนเรื่องชีวโมเลกุลแล้ว ตรวจให้คะแนนโดยให้คะแนนข้อที่ตอบถูกเป็น 1 คะแนน และข้อที่ตอบผิดเป็น 0 คะแนน

5. นำผลการสอบมาวิเคราะห์ความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบเป็นรายข้อ เลือกข้อคำถามจำนวน 65 ข้อ ดังแสดงใน แผนวก ง (เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย) สำหรับผลการประเมินความเหมาะสมและความสอดคล้องของแบบทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ แสดงใน ตาราง 19-22 (แผนวก จ : ผลการประเมินคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย) มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.21-0.79 และค่าอำนาจจำแนก 0.2-0.56 (ตาราง 27-28 แผนวก ฉ : ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติ) เมื่อนำมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตร KR-20 ได้ 0.80

2.2 การสร้างแบบวัดทักษะการทดลอง

ผู้วิจัยใช้ แบบวัดทักษะการทดลอง ของสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, มกราคม : 245-247) ในเรื่องการจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ ดังแสดงในแผนวก ง.

2.3 การสร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

2.3.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งหมายถึงความสามารถของแต่ละบุคคลในการคิดและกระทำในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ได้หลายแบบ เป็นการคิดที่ก่อให้เกิดผลผลิตหรือสิ่งแปลกใหม่ โดยไม่มีใครทำมาก่อน หรือเป็นการปรับปรุงดัดแปลงสิ่งที่มีอยู่เดิมโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของแต่ละบุคคล มีได้หลากหลายแนวทาง ซึ่งจะทำให้ได้ผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ทั้งที่เป็นนามธรรมและ/หรือรูปธรรม โดยเน้นถึงคุณค่าและประโยชน์และก่อให้เกิดสิ่ง ประดิษฐ์ใหม่ๆที่สร้างสรรค์ต่อสังคม

2.3.2 สร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ที่มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบปลาย เปิดเพื่อมุ่งวัดคุณภาพของคำตอบในด้านความคิดคล่อง (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) และความคิดริเริ่ม(Originality) โดยมีคำถาม 3 ข้อ

2.3.3 นำแบบวัดแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ที่สร้างขึ้นไปให้ รศ. ดร. อารี พันธุ์มณี ผู้เชี่ยวชาญด้านความคิดสร้างสรรค์ตรวจสอบ

2.3.4 นำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เคยเรียนเรื่องชีวโมเลกุลแล้ว จำนวน 45 คน ตรวจให้คะแนนดังนี้

1. ความคล่องในการคิดทางวิทยาศาสตร์ พิจารณาจากคำตอบที่เป็นไปได้ โดยให้คะแนนคำตอบที่เป็นไปได้และไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน ให้คำตอบละ 1 คะแนน

2. ความยืดหยุ่นในการคิดทางวิทยาศาสตร์ นำคำตอบทั้งหมดที่เป็นไปได้มาพิจารณาเป็นภาพรวมแล้วจัดคำตอบที่มีสาระใกล้เคียงกันหรือคล้ายกันเป็นกลุ่มเดียวกัน จากนั้นให้คะแนนคำตอบผู้เข้าสอบแต่ละราย โดยให้คะแนนตามจำนวนกลุ่มของคำตอบ กลุ่มละ 1 คะแนน

3. ด้านความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ พิจารณาจากความถี่ของคำตอบที่ซ้ำซ้อนของนักเรียนทั้งหมด ให้นักเรียนให้คะแนนคำตอบของนักเรียนเป็นรายคะแนน แล้วหาผลรวมของความถี่แต่ละคำตอบของแต่ละข้อ ในที่นี้จะใช้เกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

คำตอบที่มีความถี่ร้อยละ 5 ขึ้นไปให้	0	คะแนน
คำตอบที่มีความถี่ร้อยละ 4.01- 5.00 ให้	1	คะแนน
คำตอบที่มีความถี่ร้อยละ 3.01- 4.00 ให้	2	คะแนน
คำตอบที่มีความถี่ร้อยละ 2.01- 3.00 ให้	3	คะแนน
คำตอบที่มีความถี่ร้อยละ 1.01- 2.00 ให้	4	คะแนน
คำตอบที่มีความถี่ร้อยละ 0.01-1.00 ให้	5	คะแนน

คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ได้จากการนำคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 3 ด้านในแต่ละข้อมารวมกันเป็นคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

2.3.5. นำผลการสอบมาวิเคราะห์ความยากง่าย(p) ค่าอำนาจจำแนก(r) ของข้อสอบ เป็นรายข้อ ได้เลือกข้อคำถาม 2 ข้อที่มีค่าความยากง่าย 0.28 และ 0.39 และค่าอำนาจจำแนก 0.21 และ 0.30 นำมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยมาวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ของ ครอนบัค (Cronbach) ได้ 0.47

2.4 การสร้างแบบวัดเจตคติต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุลและแบบวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องชีวโมเลกุลแบบบูรณาการ มีการดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาวิธีการสร้างแบบวัดเจตคติจากเอกสารเรื่องการวัดผลการเรียนวิทยาศาสตร์ เอกสารการประเมินผลการเรียนวิทยาศาสตร์ตามแนวการปฏิรูปการศึกษา ฉบับกระชับสาระ (ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2545)และศึกษาวิธีการสร้างแบบสอบถามความคิดเห็นตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert)

2. สร้างแบบวัดเจตคติต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุลและแบบวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยสอนเรื่องชีวโมเลกุลแบบบูรณาการ แบบ Likert scale 5 ระดับ ให้สอดคล้องกับบทเรียน

3. นำแบบวัดเจตคติต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุลและแบบวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องชีวโมเลกุลแบบบูรณาการที่สร้างขึ้นดังแสดงใน ผผนวก ค. (แบบประเมินแบบวัดเจตคติโดยผู้เชี่ยวชาญ) ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ดร. พรณี บุญประกอบ ดร. อังคินันท์ อินทรกำแหง และรศ. ดร. อรพินท์ ชูชม ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับตัวเลือก ผลการประเมินดังแสดงในตาราง 25-26 (ผผนวก จ: ผลการประเมินคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย) ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ในการยอมรับเมื่อค่าความสอดคล้องในแต่ละรายข้อมีค่ามากกว่า 0.5 ขึ้นไป

4. นำแบบวัดเจตคติต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุลและแบบวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องชีวโมเลกุลแบบบูรณาการที่ได้ไปใช้กับผู้เรียน ภายหลังจากได้ทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องชีวโมเลกุลแล้ว นำมาวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ของ ครอนบัค (Cronbach) ได้ 0.83 และ 0.74 ตามลำดับ (จำนวนนักเรียน=42)

ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่อง ชีวโมเลกุลแบบบูรณาการ

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 ที่กำลังเรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 โรงเรียนสุวรรณารามวิทยาคม กรุงเทพมหานคร

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองเปรียบเทียบการสอนโดยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ กับการสอนปกติซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่ายเป็นห้องเรียน จากกลุ่มประชากร จำนวน 2 ห้องนำมาจัดเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยทั้งสองกลุ่มมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในระดับเดียวกัน

แบบแผนการวิจัย การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา ใช้การทดลองตามแบบแผนการวิจัยแบบสุ่ม มีการวัดผลการเรียนก่อนและหลังการทดลองในกลุ่มทดลอง (One Group Pre-test-Post-test Design) เพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัยข้อ 2 และใช้การทดลองตามแบบแผนการวิจัยแบบสุ่ม มีการวัดผลการเรียนหลังการทดลองเพียงอย่างเดียว (Randomized Control Group Post-test-Only Design) (ล้วน-อังคณา สายยศ 2536: 216) เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง เพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัยข้อ 3

ขั้นตอนในการทดลองมีดังนี้

1. ให้นักเรียนทั้งสองกลุ่มทำแบบทดสอบวัดความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเรื่องชีวโมเลกุล จำนวน 24 ข้อ ใช้เวลา 30 นาที
2. ให้นักเรียนกลุ่มทดลองทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน (Pretest) จำนวน 65 ข้อ ใช้เวลา 2 คาบ (1 คาบ = 50 นาที)
3. นักเรียนใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ 1 เครื่องต่อ 1 คน เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ 3 หน่วย หน่วยที่ 1 เรื่อง โครงสร้างอะตอมโมเลกุลและพันธะเคมีใช้เวลาเรียนรวมทั้งสิ้น 3 คาบ หน่วยที่ 2 เรื่อง ชนิด โครงสร้าง ความสำคัญ และการประกอบเข้าด้วยกันของสารชีวโมเลกุล ใช้เวลาเรียนรวมทั้งสิ้น 14 คาบ หน่วยที่ 3 เรื่อง การทดสอบสารชีวโมเลกุล ใช้เวลาเรียนรวมทั้งสิ้น 3 คาบ ให้นักเรียนทำแบบวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ และต่อการเรียนชีวโมเลกุล
4. เมื่อเรียนครบทุกหน่วยการเรียนรู้ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน(Post-test) จำนวน 65 ข้อ ใช้เวลา 2 คาบ
5. นักเรียนทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ข้อ ใช้เวลา 60 นาที
6. นำคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียนของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม คะแนนจากการวัดทักษะการทดลอง คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม และคะแนนวัดเจตคติต่อการเรียนชีวโมเลกุลของกลุ่ม

ทดลองและกลุ่มควบคุม มาวิเคราะห์เพื่อหาค่าสถิติพื้นฐานและเปรียบเทียบผลการวิจัยโดยใช้ค่าสถิติ t – test จากโปรแกรม SPSS for Windows

ขั้นที่ 4 การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีการจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติต่างๆ ดังต่อไปนี้

4.1 สถิติพื้นฐาน ประกอบด้วย

4.1.1 ค่าเฉลี่ย (Mean) คำนวณจากสูตร

$$\bar{X} = \sum X / n$$

เมื่อ $\bar{X}$ หมายถึง คะแนนเฉลี่ย

$\sum X$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n หมายถึง จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

4.1.2 ค่าความแปรปรวนของแบบทดสอบรายข้อ (S^2_i) คำนวณจากสูตร

$$S^2_i = [N\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2] / N^2$$

เมื่อ S^2_i หมายถึง คะแนนความแปรปรวนเป็นรายข้อ

$\sum X_i$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนในข้อที่ i

$\sum X_i^2$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนแต่ละคนยกกำลังสอง ในข้อที่ i

N หมายถึง จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

4.1.3 ค่าความแปรปรวนของแบบทดสอบทั้งฉบับ (S^2_t) คำนวณจากสูตร

$$S^2_t = [N\sum X^2 - (\sum X)^2] / N^2$$

เมื่อ S^2_t หมายถึง คะแนนความแปรปรวนของทั้งฉบับ

$\sum X$ หมายถึง ผลรวมทั้งหมดของคะแนนของข้อสอบทั้งฉบับ

$(\sum X)^2$ หมายถึง ผลรวมทั้งหมดของคะแนนแต่ละคนยกกำลังสอง

N หมายถึง จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

4.2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

4.2.1 ค่าความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์ (IOC หรือ Index of Item-Objective Consistency) ค่าดัชนีความสอดคล้องจะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 ถ้าค่า IOC ได้น้อยกว่า 0.5 แสดงว่าข้อสอบนั้นไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด ต้องปรับปรุงใหม่ มีสูตรดังนี้ (บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. 2526 : 89 - 91)

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

เมื่อ IOC หมายถึง ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญทางเนื้อหาวิชา

ในที่นี้ พิจารณาเลือกข้อสอบที่มีดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.50-1.00

4.2.2 ค่าความยากง่าย (Item Difficulty: p) และค่าอำนาจจำแนก (Item Discrimination : r) ของแบบ ทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยการวิเคราะห์เป็นรายข้อ (Item analysis) ใช้เทคนิค 27% ของ จุง เทห์ ฟาน (Chung Teh Fan) (ล้วน สายยศ ;และ อังคณา สายยศ. 2536 : 186-187) พิจารณาเลือกข้อสอบที่มีความยากง่ายระหว่าง 0.20-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.20 ขึ้นไป

$$p = R/N$$

$$r = \frac{(R_u - R_L)}{N/2}$$

เมื่อ p หมายถึง ค่าความยากง่าย

R หมายถึง จำนวนนักเรียนที่ทำข้อนั้นถูก

N หมายถึง จำนวนนักเรียนที่ทำข้อนั้นทั้งหมด

r หมายถึง ค่าอำนาจจำแนก

R_u หมายถึง จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มเก่ง

R_L หมายถึง จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มอ่อน

N หมายถึง จำนวนนักเรียนในกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน

4.2.3 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยคำนวณจากสูตร KR-20 ของ (Kuder Richardson-20) (ล้วน สายยศ ;และอังคณา สายยศ. 2536 : 168) มีสูตรดังนี้

$$KR-20 = [n / (n-1)] [1 - \{ \sum p_i (1-p_i) / s_i^2 \}]$$

เมื่อ	KR-20	หมายถึง ค่าความเชื่อมั่น
	n	หมายถึง จำนวนข้อคำถามในแบบทดสอบ
	s_i^2	หมายถึง คะแนนความแปรปรวนของเครื่องมือชิ้นที่ i
	p_i	หมายถึง สัดส่วนของคนตอบถูกข้อที่ i

ค่าความเชื่อมั่นที่วิเคราะห์ได้จะอยู่ระหว่าง 0.00-1.00 ถ้ามีค่าใกล้ 1.00 แสดงว่าแบบทดสอบนั้นมีความเชื่อมั่นสูง ผลการสอบเชื่อถือได้

4.2.4 ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดเจตคติต่อเรื่องชีวโมเลกุลแบบบูรณาการแบบวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องชีวโมเลกุลแบบบูรณาการ และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธีหาสัมประสิทธิ์แอลฟา ซึ่งเป็นการหาความเชื่อมั่นโดยใช้สูตร ครอนบัค (ล้วน สายยศ ;และอังคณา สายยศ. 2536 : 171) ดังนี้

$$\alpha = \{ n / (n-1) \} \{ 1 - (\sum s_i^2 / s_t^2) \}$$

เมื่อ	α	หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น
	n	หมายถึง จำนวนข้อคำถามของเครื่องมือวัด
	s_i^2	หมายถึง คะแนนความแปรปรวนเป็นรายข้อ
	s_t^2	หมายถึง คะแนนความแปรปรวนของเครื่องมือชิ้นที่ i

4.3 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

4.3.1 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ใช้เกณฑ์ 80/80

80 ตัวแรก หมายถึงค่าร้อยละของคะแนนจากกิจกรรมทั้งหมดและแบบทดสอบในเนื้อหาย่อยต่างๆที่มีในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลระหว่างเรียน ซึ่งได้จากค่าเฉลี่ยของคะแนนของผู้เรียนที่ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

80 ตัวหลัง หมายถึงค่าร้อยละของคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียน ซึ่งได้จากค่าเฉลี่ยของคะแนนของผู้เรียนที่ใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยใช้สูตร E_1/E_2 (เสาวณีย์ สิกขาบัณฑิต : 2528 : 284) ดังนี้

$$E_1 (\text{Efficiency}_1) = \frac{\left(\frac{\sum x}{N} \right)}{A} \times 100$$

E_1 หมายถึง ประสิทธิภาพของกระบวนการที่จัดไว้ในบทเรียนคิดเป็นร้อยละ จากกิจกรรมการเรียนรู้ทั้งหมดและจากการตอบคำถามทุกกรอบ(แบบฝึกหัด)ในระหว่างเรียนได้ถูกต้อง

$\sum x$ หมายถึง คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบและจากกิจกรรมระหว่างเรียน

N หมายถึง จำนวนผู้เรียน

A หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียน

$$E_2 (\text{Efficiency}_2) = \frac{\left(\frac{\sum F}{N} \right)}{B} \times 100$$

E_2 หมายถึง ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ คิดเป็นร้อยละ จากการตอบคำถามทุกแบบทดสอบหลังเรียนได้ถูกต้อง

$\sum F$ หมายถึง คะแนนรวมของผู้เรียนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน

N หมายถึง จำนวนผู้เรียน

B หมายถึง คะแนนเต็มของแบบทดสอบหลังเรียน

4.3.2 สถิติเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ใช้วิธีการของการแจกแจงที (t-test) แบบ t-dependent ดังสูตร

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

เมื่อ D หมายถึง ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

N หมายถึง จำนวนคู่

df หมายถึง degree of freedom

4.3.3 สถิติเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยไม่ทราบค่าความแปรปรวนของประชากร แต่เมื่อความแปรปรวนของประชากรเท่ากัน ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2$) จะใช้การทดสอบแบบ pooled variance t-test ถ้าความแปรปรวนของประชากรไม่เท่ากัน ($\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$) จะใช้การทดสอบแบบ separated variance t-test
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดในการวิจัยนี้ใช้วิธีคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS for windows

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในที่นี้จะนำเสนอเป็น 2 ตอน ตามลำดับ ดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องสารชีวโมเลกุล
แบบบูรณาการสำหรับนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

ตอนที่ 2 การนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน

**ตอนที่ 1 การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนระดับช่วงชั้นที่ 4 ให้มี
ประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์ 80/80 มีผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้**

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับหาประสิทธิภาพในการทดสอบแบบกลุ่มเล็ก

1.1 ผลการทดสอบครั้งที่ 1 เป็นการทดสอบทีละคนจำนวน 3 คน เป็นนักเรียนที่อยู่ใน
กลุ่มสูง ปานกลาง และต่ำ อย่างละ 1 คน เพื่อหาข้อบกพร่องของนวัตกรรมบทเรียนคอมพิวเตอร์
ช่วยสอนฯ พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจมากในบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ นี้ และให้ความคิดเห็น
เพื่อปรับแก้ไข ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงก่อนนำไปทดลองต่อไป

1.2 ผลการทดสอบครั้งที่ 2 นำบทเรียนที่ปรับแก้ไขแล้ว ไปทดสอบกับกลุ่มนักเรียน
จำนวน 9 คน ที่อยู่ในกลุ่มสูง ปานกลางและต่ำ อย่างละ 3 คน วิเคราะห์คะแนนที่ได้เปรียบเทียบกับ
เกณฑ์ 80/80 ได้ผลดังแสดงในตาราง 3 (รายละเอียดในตาราง 30 ผนวก จ.)

ตาราง 3 แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยของกลุ่มย่อยจาก
การทดสอบระหว่างเรียนในหัวข้อต่างๆของทุกหน่วยในบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ

หน่วยที่	หัวข้อ	คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คิดเป็นร้อยละ
1	อะตอมและโมเลกุล	85.03
2	ส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์	80.00
	คาร์โบไฮเดรต	80.74
	โปรตีน	83.33
	ลิพิด	80.41
	กรดนิวคลีอิก	80.74
3	การทดสอบสารชีวโมเลกุล	80.00
1-3	รวมทุกหัวข้อ	81.46

จากตาราง 3 สรุปได้ว่า ผลคะแนนเฉลี่ยการทดสอบระหว่างเรียนของนักเรียนทั้งหมดในแต่ละหน่วยย่อยมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 80 และผลการเรียนรวมทุกหน่วยของนักเรียนทั้งหมดมีค่าคะแนนเฉลี่ย ร้อยละ 81.46 ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ พบว่ามีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80 ตัวแรก (E1)

สำหรับการทดสอบหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ได้ค่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย ดังแสดงในตาราง 4 (รายละเอียดในตาราง 31 ผนวก.จ.)

ตาราง 4 แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มย่อยจากการทดสอบหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ

หน่วยที่	หัวข้อ	คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คิดเป็นร้อยละ
1	อะตอมและโมเลกุล	80.81
2	ส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์	83.33
	คาร์โบไฮเดรต	82.22
	โปรตีน	81.48
	ลิพิด	81.25
	กรดนิวคลีอิก	80.56
3	การทดสอบสารชีวโมเลกุล	80.00
1-3	รวมทุกหัวข้อ	81.38

จากตาราง 4 สรุปได้ว่า ผลการทดสอบหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มย่อย รวมทุกหน่วย มีค่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ร้อยละ 81.38 ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ พบว่ามีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80 ตัวหลัง (E2)

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับหาประสิทธิภาพในการทดสอบภาคสนาม

ในการทดสอบภาคสนาม ใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน เป็นนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มสูง ปานกลาง และต่ำ อย่างละ 10 คน เพื่อหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ได้ผลดังแสดงในตาราง 5 และตาราง 6 (รายละเอียดในตาราง 32-33 ผนวก จ.)

ตาราง 5 แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มนักเรียน 30 คนจากการทำแบบทดสอบระหว่างเรียน ในหัวข้อต่างๆของทุกหน่วยในบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ

หน่วยที่	หัวข้อ	คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คิดเป็นร้อยละ
1	อะตอมและโมเลกุล	80.83
2	ส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์	81.33
	คาร์โบไฮเดรต	80.67
	โปรตีน	81.50
	ลิพิด	80.48
	กรดนิวคลีอิก	80.27
3	การทดสอบสารชีวโมเลกุล	80.00
1-3	รวมทุกหัวข้อ	80.73

จากตาราง 5 สรุปได้ว่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์จากการทดสอบระหว่างเรียนของผู้เรียนทั้งหมดในแต่ละหน่วยย่อยมีค่าเฉลี่ยสูงกว่า ร้อยละ 80 และผลการเรียนรวมทุกหน่วยของผู้เรียนทั้งหมดมีค่าเฉลี่ย ร้อยละ 80.73 ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ พบว่ามีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80 ตัวแรก (E1)

ตาราง 6 แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มนักเรียน 30 คนจากการทำแบบทดสอบหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ

หน่วยที่	หัวข้อ	คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คิดเป็นร้อยละ
1	อะตอมและโมเลกุล	81.52
2	ส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์	83.33
	คาร์โบไฮเดรต	81.56
	โปรตีน	80.44
	ลิพิด	80.21
	กรดนิวคลีอิก	80.42
3	การทดสอบสารชีวโมเลกุล	80.33
1-3	รวมทุกหัวข้อ	81.12

จากตาราง 6 สรุปได้ว่าผลคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนทั้งหมดในการเรียนทุกหน่วยมีค่า 81.12 ซึ่งมากกว่าร้อยละ 80.00 ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ พบว่ามีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80 ตัวหลัง (E2)

ตอนที่ 2 การนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอน ปรากฏผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้ความเข้าใจก่อนเรียน และหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test) ดังแสดงในตาราง 7

ตาราง 7 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในหัวข้อต่างๆของเรื่องชีวโมเลกุลก่อนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯของนักเรียนกลุ่มทดลอง

หัวข้อ	จำนวน นักเรียน	คะแนน เต็ม	คะแนนก่อน		คะแนนหลัง		t	p
			$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
			(ร้อยละ)		(ร้อยละ)			
อะตอมและโมเลกุล	37	9	2.97	1.36	5.51	1.04	8.96*	.000
			(33.00)		(61.22)			
ส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์	37	2	0.89	0.77	1.97	0.16	8.71*	.000
			(44.50)		(98.50)			
คาร์โบไฮเดรต	37	12	4.24	1.55	10.86	0.35	26.57*	.000
			(35.33)		(90.50)			
โปรตีน	37	12	3.46	1.59	6.89	1.22	11.58*	.000
			(28.83)		(57.42)			
ลิพิด	37	12	3.24	1.64	6.73	0.99	11.02*	.000
			(27.00)		(56.08)			
กรดนิวคลีอิก	37	12	3.14	1.13	8.73	0.73	24.25*	.000
			(26.17)		(72.75)			
การทดสอบสารชีวโมเลกุล	37	6	1.62	0.59	3.22	0.95	8.50*	.000
			(27.00)		(53.67)			
รวมทั้งหมด	37	65	19.57	4.21	43.92	2.11	31.33*	.000
			(30.11)		(67.57)			

จากตาราง 7 สรุปได้ว่า ในแต่ละหัวข้อย่อยและรวมทั้งหมด นักเรียนในกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .00 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อ 2 ที่กำหนดไว้ว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้ความเข้าใจ ก่อนการทดลอง ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์(กลุ่มทดลอง) กับนักเรียนที่เรียนโดยการสอนปกติ (กลุ่มควบคุม) โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test) ดังแสดงในตาราง 8

ตาราง 8 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องชีวโมเลกุลก่อนทดลองคิดเป็นร้อยละ ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่ม	จำนวน นักเรียน	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t	p
ทดลอง	42	24	7.52	2.43	1.20	.232
ควบคุม	42		6.90	2.28		

จากตาราง 8 สรุปได้ว่า ค่าคะแนนเฉลี่ยความรู้เบื้องต้นเรื่องชีวโมเลกุลก่อนการทดลอง ของนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้ความเข้าใจ หลังการทดลอง ของนักเรียนกลุ่มทดลอง กับนักเรียนกลุ่มควบคุม โดยใช้การทดสอบค่าที (t-test) ดังแสดงในตาราง 9

ตาราง 9 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในหัวข้อต่างๆของเรื่องชีวโมเลกุลของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

หัวข้อ	จำนวน นักเรียน	คะแนน เต็ม	$\bar{X}$ (ร้อยละ)	S.D.	t	p
อะตอมและโมเลกุล						
กลุ่มทดลอง	37	9	5.51 (61.22)	1.04	0.38	.703
กลุ่มควบคุม	42		5.40 (60.00)	1.47		
ส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์						
กลุ่มทดลอง	37	2	1.97 (98.50)	0.16	0.90	.929
กลุ่มควบคุม	42		1.98 (99.00)	0.15		
คาร์โบไฮเดรต						
กลุ่มทดลอง	37	12	10.86 (90.50)	0.35	21.35*	.000
กลุ่มควบคุม	42		7.07 (58.92)	1.09		
โปรตีน						
กลุ่มทดลอง	37	12	6.89 (57.42)	1.22	3.99*	.000
กลุ่มควบคุม	42		5.67 (47.25)	1.48		

ตาราง 9 (ต่อ)

หัวข้อ	จำนวน นักเรียน	คะแนน เต็ม	$\bar{X}$ (ร้อยละ)	S.D.	t	p
ลิพิด						
กลุ่มทดลอง	37	12	6.73 (56.08)	0.99	1.03	.308
กลุ่มควบคุม	42		6.95 (57.92)	0.94		
กรดนิวคลีอิก						
กลุ่มทดลอง	37	12	8.73 (72.75)	0.73	26.65*	.000
กลุ่มควบคุม	42		2.74 (22.83)	1.23		
การทดสอบสารชีวโมเลกุล						
กลุ่มทดลอง	37	6	3.22 (53.67)	0.95	7.83*	.000
กลุ่มควบคุม	42		1.52 (25.33)	0.97		
เนื้อหาทั้งหมด						
กลุ่มทดลอง	37	65	43.92 (67.57)	2.11	23.51*	.000
กลุ่มควบคุม	42		31.33 (48.20)	2.58		

จากตาราง 9 สรุปได้ว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ของแบบทดสอบชีวโมเลกุลของกลุ่มทดลองมีค่ามากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .00 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อ 3 ที่กำหนดไว้ว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสอนปกติ แต่เมื่อพิจารณาหัวข้อย่อยแล้วพบว่า มีเพียงเรื่องคาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดนิวคลีอิก และการทดสอบสารชีวโมเลกุล เท่านั้น ที่มีคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .00 สำหรับเรื่องอะตอมและโมเลกุล ส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ และลิพิด มีคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยทักษะการทดลองของผู้เรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมแสดง ดังแสดงในตาราง 10

ตาราง 10 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยทักษะการทดลอง เรื่องการทดสอบสารชีวโมเลกุลของผู้เรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

รายการประเมิน	จำนวน กลุ่ม ทดลอง	คะแนน เต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t	p
1. วิธีดำเนินการทดลอง						
กลุ่มทดลอง	12	3	1.42	0.36	0.88	.387
กลุ่มควบคุม	12		1.29	0.33		
2. การปฏิบัติการทดลอง						
กลุ่มทดลอง	12	3	1.71	0.26	0.00	1
กลุ่มควบคุม	12		1.71	0.33		
3. ความคล่องแคล่วในขณะปฏิบัติงาน						
กลุ่มทดลอง	12	3	1.50	0.21	0.69	.498
กลุ่มควบคุม	12		1.42	0.36		
4. การนำเสนอผลการทดลอง						
กลุ่มทดลอง	12	3	1.25	0.26	1.07	.298
กลุ่มควบคุม	12		1.13	0.31		
ผลรวมเฉลี่ย						
กลุ่มทดลอง	12	3	1.47	0.13	1.53	.141
กลุ่มควบคุม	12		1.39	0.14		

จากตาราง 10 สรุปได้ว่า คะแนนเฉลี่ยทักษะการทดลองในห้องปฏิบัติการของนักเรียนที่เป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อ 3 ที่กำหนดไว้ว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ มีทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสอนปกติ

5. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ กับกลุ่มควบคุมที่ได้เรียนโดยการสอนปกติ ได้ผลดังตาราง 11

ตาราง 11 แสดงผลวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

รายการ	จำนวน นักเรียน	$\bar{X}$	S.D.	t	p
1.ความคิดคล่อง (Fluency)					
กลุ่มทดลอง	25	9.52	5.13	1.92	.060
กลุ่มควบคุม	20	12.35	4.57		
2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility)					
กลุ่มทดลอง	25	6.68	2.90	1.87	.068
กลุ่มควบคุม	20	8.30	2.87		
3. ความคิดริเริ่ม(Originality)					
กลุ่มทดลอง	25	28.60	20.60	0.27	.786
กลุ่มควบคุม	20	26.75	24.79		
4. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific creative thinking)					
กลุ่มทดลอง	25	44.80	27.74	0.30	.768
กลุ่มควบคุม	20	47.40	31.06		

จากตาราง 11 สรุปได้ว่า คะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทุกด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และ ความคิดริเริ่ม ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อ 4 ที่ว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ดีกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสอนปกติ

6. ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ โดยพิจารณาองค์ประกอบ 3 ด้าน ดังแสดงในตาราง 12

ตาราง 12 แสดงคะแนนเฉลี่ยเจตคติของนักเรียนกลุ่มทดลองที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ

รายการประเมิน	ร้อยละของนักเรียน					คะแนนเจตคติ	
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	$\bar{X}$	S.D.
ด้านการประเมินค่า							
1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาชีวโมเลกุลง่ายขึ้นเพราะทำให้เห็นภาพได้อย่างเป็นรูปธรรม	14.29	71.43	11.90	2.38	-	3.98	0.60
2. การเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ทำให้นักเรียนมีอิสระกว่าการเรียนตามปกติ	33.33	42.86	23.81	-	-	4.10	0.76
3. นักเรียนสามารถเลือกเนื้อหาที่ต้องการเรียนได้ตามต้องการเมื่อเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ	33.33	50.00	14.29	2.38	-	4.14	0.75
4. การเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ทำให้นักเรียนสามารถค้นคว้าในเรื่องที่เกี่ยวข้องได้ดีขึ้น	28.57	47.62	23.81	-	-	4.05	0.73
5. นักเรียนคิดว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ นี้สามารถนำไปปรับใช้กับการเรียนวิทยาศาสตร์การแพทย์ และเทคโนโลยีชีวภาพได้เป็นอย่างดี	42.86	42.86	14.28	-	-	4.29	0.71
คะแนนเฉลี่ยเจตคติด้านการประเมินค่า						4.11	0.44

ตาราง 12 (ต่อ)

รายการประเมิน	ร้อยละของนักเรียน					คะแนนเจตคติ	
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่เห็นใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	$\bar{X}$	S.D.
ด้านความรู้สึกรู้สึก							
6.นักเรียนชอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพราะสะดวกและง่ายต่อการใช้	45.24	42.86	11.90	-	-	4.33	0.69
7. นักเรียนรู้สึกเพลิดเพลินจากการเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ	45.24	38.10	14.29	2.38	-	4.26	0.80
8. นักเรียนไม่รู้สึกเครียดเพราะสามารถควบคุมการเรียนได้ด้วยตนเอง	40.48	50.00	9.52	-	-	4.31	0.64
9. นักเรียนพอใจที่สามารถย้อนกลับไปศึกษาเนื้อหาที่ไม่เข้าใจได้ตามต้องการ	42.86	50.00	7.14	-	-	4.36	0.62
10. นักเรียนมีแรงจูงใจที่จะศึกษาเนื้อหาต่อไปเมื่อรู้ผลการทดสอบระหว่างเรียน	33.33	50.00	16.67	-	-	4.17	0.70
คะแนนเฉลี่ยเจตคติด้านความรู้สึกรู้สึก						4.29	0.41
ด้านแนวโน้มในเชิงพฤติกรรม							
11. นักเรียนจะตั้งใจเรียนเรื่องชีวโมเลกุลหากได้เรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ	21.43	61.90	14.29	2.38	-	4.02	0.68
12. นักเรียนกระตือรือร้นที่จะเรียนเนื้อหาต่อไปในบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ	30.95	50.00	19.05	-	-	4.11	0.71

ตาราง 12 (ต่อ)

รายการประเมิน	ร้อยละของนักเรียน					คะแนนเจตคติ	
	เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	$\bar{X}$	S.D.
13. นักเรียนจะพยายามทำคะแนนสอบให้ดีขึ้น เมื่อเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์	19.05	52.38	26.19	2.38	-	3.88	0.74
14. ถ้ามีโอกาสเลือก นักเรียนจะเลือกเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์มากกว่าการเรียนแบบอื่น	16.67	73.81	9.52	-	-	4.07	0.51
15. นักเรียนจะชักชวนผู้อื่นให้มาเรียนเรื่องชีวโมเลกุลโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์	21.43	66.67	11.90	-	-	4.10	0.58
คะแนนเฉลี่ยความคิดเห็นด้านแนวโน้มในเชิงพฤติกรรม						4.04	0.43
คะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ในองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน						4.14	0.32

จากตาราง 12 สรุปได้ว่า นักเรียนมีเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์อยู่ในระดับเห็นด้วย ($\bar{X} = 4.14$) เมื่อพิจารณาองค์ประกอบด้านการประเมินค่า ด้านความรู้สึกรู้สึก และด้านแนวโน้มเชิงพฤติกรรม ค่าเฉลี่ยแต่ละด้านและแต่ละข้ออยู่ในระดับเห็นด้วย ($\bar{X} = 3.88 - 4.36$)

7. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุลโดยพิจารณาในแต่ละข้อ ในองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน และคะแนนเฉลี่ยรวม ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองกับนักเรียนกลุ่มควบคุม ดังแสดงในตาราง 13-14

ตาราง 13 แสดงผลวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุล ในแต่ละข้อในองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน ระหว่างนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

รายการประเมิน	จำนวน นักเรียน	ร้อยละของนักเรียน					คะแนนเจตคติ	
		เห็น ด้วย อย่าง ยิ่ง	เห็น ด้วย	ไม่ แน่ใจ	ไม่เห็น ด้วย	ไม่เห็น ด้วย อย่าง ยิ่ง	$\overline{X}$	S.D.
ด้านการประเมินค่า								
1. เรื่องชีวโมเลกุลไม่ยากเกินไปที่จะทำความเข้าใจ								
กลุ่มทดลอง	43	11.63	48.84	37.21	2.33	0	3.70	0.71
กลุ่มควบคุม	42	4.76	33.33	47.62	14.29	0	3.29	0.77
2.การเรียนเรื่องชีวโมเลกุลทำให้นักเรียนเรียนรู้ในเรื่องต่างๆที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตดีขึ้น								
กลุ่มทดลอง	43	11.63	74.42	13.95	0	0	4.02	0.51
กลุ่มควบคุม	42	9.52	69.05	21.43	0	0	3.89	0.55
3.นักเรียนคิดว่าถ้านำความรู้เรื่องชีวโมเลกุลไปใช้ในชีวิตประจำวันจะทำให้คุณภาพชีวิตดีขึ้น								
กลุ่มทดลอง	43	27.91	53.49	18.60	0	0	4.09	0.68
กลุ่มควบคุม	42	16.67	45.24	35.71	2.38	0	3.76	0.76

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการประเมิน	จำนวน นักเรียน	ร้อยละของนักเรียน					คะแนนเจตคติ	
		เห็น ด้วย อย่าง ยิ่ง	เห็น ด้วย	ไม่ แน่ใจ	ไม่เห็น ด้วย	ไม่เห็น ด้วย อย่าง ยิ่ง	$\bar{X}$	S.D.
4. นักเรียนคิดว่าความรู้เรื่องชีวโมเลกุลเป็นพื้นฐานในการเรียนวิทยาศาสตร์การแพทย์ และเทคโนโลยีชีวภาพได้เป็นอย่างดี								
กลุ่มทดลอง	43	53.49	44.19	2.33	0	0	4.51	0.55
กลุ่มควบคุม	42	47.62	45.24	7.14	0	0	4.40	0.63
5. นักเรียนเห็นคุณค่าและประโยชน์ของชีวโมเลกุล								
กลุ่มทดลอง	43	37.21	58.14	4.65	0	0	4.33	0.57
กลุ่มควบคุม	42	14.29	71.43	14.29	0	0	4.00	0.54
คะแนนเฉลี่ยเจตคติด้านการประเมินค่า								
กลุ่มทดลอง	43						4.13	0.32
กลุ่มควบคุม	42						3.87	0.40
ด้านความรู้สึก								
6. นักเรียนรู้สึกเพลิดเพลินในการเรียนเรื่องชีวโมเลกุล								
กลุ่มทดลอง	43	20.93	60.47	16.28	2.33	0	4.00	0.69
กลุ่มควบคุม	42	16.67	40.48	40.48	2.38	0	3.71	0.77

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการประเมิน	จำนวน นักเรียน	ร้อยละของนักเรียน					คะแนนเจตคติ	
		เห็น ด้วย อย่าง ยิ่ง	เห็น ด้วย	ไม่ แน่ใจ	ไม่เห็น ด้วย	ไม่เห็น ด้วย อย่าง ยิ่ง	$\overline{X}$	S.D.
7. นักเรียนชอบเรียนเรื่องชีวโมเลกุลถ้ามีภาพโมเลกุล 3 มิติทำให้เห็นเป็นรูปธรรม								
กลุ่มทดลอง	43	23.26	51.16	23.26	2.33	0	3.95	0.75
กลุ่มควบคุม	42	26.19	40.48	28.57	4.76	0	3.88	0.86
8. นักเรียนพอใจการเรียนรู้เรื่องชีวโมเลกุล ถ้ามีภาพเคลื่อนไหวพร้อมคำอธิบายทำให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น								
กลุ่มทดลอง	43	34.88	62.79	2.33	0	0	4.33	0.52
กลุ่มควบคุม	42	21.43	57.14	21.43	0	0	4.00	0.66
9. นักเรียนไม่รู้สึกรำคาญและเกิดแรงจูงใจที่มีแบบทดสอบให้ทำในระหว่างเรียน								
กลุ่มทดลอง	43	25.58	37.21	32.56	4.65	0	3.84	0.87
กลุ่มควบคุม	42	4.76	45.24	38.10	7.14	4.76	3.40	0.83
10. นักเรียนชอบเรียนเรื่องชีวโมเลกุลที่มีการทดลองจริงในห้องปฏิบัติการ								
กลุ่มทดลอง	43	53.49	39.53	6.98	0	0	4.47	0.63
กลุ่มควบคุม	42	50.00	42.86	4.76	2.38	0	4.33	0.87

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการประเมิน	จำนวน นักเรียน	ร้อยละของนักเรียน					คะแนนเจตคติ	
		เห็น ด้วย อย่าง ยิ่ง	เห็น ด้วย	ไม่ แน่ใจ	ไม่เห็น ด้วย	ไม่เห็น ด้วย อย่าง ยิ่ง	$\overline{X}$	S.D.
คะแนนเฉลี่ยเจตคติด้านด้านความรู้สึกรัก								
กลุ่มทดลอง	43						4.11	0.43
กลุ่มควบคุม	42						3.87	0.55
ด้านแนวโน้มในเชิงพฤติกรรม								
พฤติกรรม								
11. นักเรียนมีความตั้งใจเรียนเรื่องชีวโมเลกุล								
กลุ่มทดลอง	43	32.56	46.51	20.93	0	0	4.12	0.73
กลุ่มควบคุม	42	21.43	33.33	35.71	9.52	0	3.67	0.93
12. นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนเรื่องชีวโมเลกุล								
กลุ่มทดลอง	43	27.91	55.81	16.28	0	0	4.12	0.66
กลุ่มควบคุม	42	11.90	45.24	38.10	4.76	0	3.60	0.83
13. นักเรียนตั้งใจจะทำคะแนนให้ดีในการสอบชีวโมเลกุล								
กลุ่มทดลอง	43	23.26	48.84	27.91	0	0	3.95	0.72
กลุ่มควบคุม	42	23.81	35.71	38.10	2.38	0	3.86	0.78

ตาราง 13 (ต่อ)

รายการประเมิน	จำนวน นักเรียน	ร้อยละของนักเรียน					คะแนนเจตคติ	
		เห็น ด้วย อย่าง ยิ่ง	เห็น ด้วย	ไม่ แน่ใจ	ไม่เห็น ด้วย	ไม่เห็น ด้วย อย่าง ยิ่ง	$\overline{X}$	S.D.
14. นักเรียนอยากค้นคว้า เพิ่มเติมในวิทยาศาสตร์ เรื่องอื่นที่เกี่ยวข้องกับ ชีวโมเลกุล								
กลุ่มทดลอง	43	27.91	51.16	20.93	0	0	4.07	0.70
กลุ่มควบคุม	42	9.52	50.00	35.71	4.76	0	3.67	0.72
15. นักเรียนอยากที่จะ อธิบายความสำคัญของชีว โมเลกุลให้บุคคลใกล้ชิดได้ รับรู้								
กลุ่มทดลอง	43	18.60	48.84	32.56	0	0	3.86	0.71
กลุ่มควบคุม	42	7.14	47.62	33.33	9.52	2.38	3.48	0.86
คะแนนเฉลี่ยเจตคติด้านด้านแนวโน้มในเชิงพฤติกรรม								
กลุ่มทดลอง	43						4.02	0.48
กลุ่มควบคุม	42						3.65	0.54

จากตาราง 13 สรุปได้ว่ากลุ่มทดลองมีเจตคติต่อการเรียนชีวโมเลกุลอยู่ในระดับเห็นด้วย
ถึงเห็นด้วยอย่างยิ่ง ($\bar{X} = 3.70 - 4.51$) และกลุ่มควบคุมมีเจตคติอยู่ในระดับไม่แน่ใจถึงเห็นด้วย
($\bar{X} = 3.29 - 4.40$)

ตาราง 14 แสดงผลวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนชีวโมเลกุลในองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน และค่าเฉลี่ยรวม ของนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

รายการประเมิน	จำนวน นักเรียน	คะแนนเจตคติ		t	p
		$\overline{X}$	S.D.		
องค์ประกอบด้านการประเมินค่า					
กลุ่มทดลอง	43	4.13	0.32	3.35*	0.001
กลุ่มควบคุม	42	3.87	0.40		
องค์ประกอบด้านความรู้สึก					
กลุ่มทดลอง	43	4.11	0.43	2.34*	0.022
กลุ่มควบคุม	42	3.87	0.55		
องค์ประกอบด้านแนวโน้มในเชิงพฤติกรรม					
กลุ่มทดลอง	43	4.02	0.48	3.38*	0.001
กลุ่มควบคุม	42	3.65	0.54		
องค์ประกอบทั้ง3 ด้าน					
กลุ่มทดลอง	43	4.09	0.32	3.66*	0.000
กลุ่มควบคุม	42	3.80	0.42		

จากตาราง 14 สรุปได้ว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนชีวโมเลกุลสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .00 และเมื่อพิจารณาทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบด้านการประเมินค่า องค์ประกอบด้านความรู้สึก และองค์ประกอบทางด้านแนวโน้มในเชิงพฤติกรรม พบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนชีวโมเลกุลสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .00-.022 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 5 ที่ว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ มีเจตคติต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุลดีกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสอนปกติ

บทที่ 5

สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้สามารถสรุปผลอันนำไปสู่การอภิปรายและเสนอแนะได้ดังนี้

สังเขปความมุ่งหมาย สมมติฐานและวิธีดำเนินการวิจัย

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลแบบบูรณาการให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ ศึกษผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย และเจตคติของนักเรียนที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย ทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เจตคติที่มีต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุลและความคิดขั้นสูงในด้านความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ กับนักเรียนที่เรียนด้วยการสอนปกติ

สมมติฐานของการวิจัย

1) บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลแบบบูรณาการที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 2) นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน 3) นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยและทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสอนปกติ 4) นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ มีการพัฒนาความคิดขั้นสูงในด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างจากนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสอนปกติ และ 5) นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ มีเจตคติต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุลดีกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสอนปกติ

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวิธีดำเนินการวิจัย 4 ขั้นตอน ดังนี้คือ ขั้นตอนที่ 1 สร้างและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 โดยทำการทดสอบที่ละคนทดสอบกลุ่มย่อย และทดสอบภาคสนาม ขั้นตอนที่ 2 สร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ขั้นตอนที่ 3 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ที่ได้ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ ไปทดลองสอนเปรียบเทียบกับการสอนปกติ และเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย แบบวัดทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดความคิดขั้นสูงด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดเจตคติต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุลและต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์ข้อมูล กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 2 ห้องเรียน ที่มีคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับเดียวกัน

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลทำโดยใช้โปรแกรม SPSS 13.0 for Windows เพื่อหา 1) ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ 2) การทดสอบค่าที (t-test)

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ จากการทดสอบกลุ่มย่อย และการทดสอบภาคสนาม ได้ค่าประสิทธิภาพ 81.46/81.38 และ 80.73/81.12 ตามลำดับ สรุปว่า ได้ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย
2. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ สรุปได้ว่า ค่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนในทุกหัวข้อย่อยและรวมทั้งหมดสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย
3. การเปรียบเทียบผลการเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ กับกลุ่มที่เรียนโดยการสอนปกติ สรุปได้ว่า ค่าคะแนนเฉลี่ยรวมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ และของกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ สูงกว่าค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของกลุ่มที่เรียนโดยการสอนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .00 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย
4. การเปรียบเทียบผลการเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ กับกลุ่มที่เรียนโดยการสอนปกติ ในด้านทักษะการทำการทดลองเรื่องสารชีวโมเลกุล สรุปได้ว่า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จึงไม่เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย
5. การเปรียบเทียบความคิดขั้นสูงในด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และ ความคิดริเริ่ม ของกลุ่มที่เรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ กับกลุ่มที่เรียนโดยการสอนปกติ สรุปได้ว่า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จึงไม่เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย
6. นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ โดยมีเจตคติในองค์ประกอบด้านการประเมินค่า ความรู้สึก และแนวโน้มในเชิงพฤติกรรม โดยรวม อยู่ในเกณฑ์เห็นด้วย (3.88-4.36)
7. การเปรียบเทียบเจตคติต่อการเรียนชีวโมเลกุล โดยวัด 3 องค์ประกอบได้แก่ ด้านการประเมินค่า ด้านความรู้สึกรู้ และด้านแนวโน้มในเชิงพฤติกรรม สรุปได้ว่าทั้งสองกลุ่มมีเจตคติดีต่อการเรียนชีวโมเลกุล แต่กลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ มีเจตคติโดยรวมดีกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยการสอนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .00 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

การอภิปรายผล

การอภิปรายผลการศึกษาวิจัยจะเสนอตามลำดับของสมมติฐานการวิจัยดังนี้

สมมติฐานการวิจัย ข้อ 1 บทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์

80/80

ผลการวิจัยพบว่า นวัตกรรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาเห็นว่ามีคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดี และผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษามีความเห็นว่ามีคุณภาพด้านเทคโนโลยีการศึกษาอยู่ในระดับดีมาก ซึ่งสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ในการจัดทำบทเรียนนั้นได้ทำการบูรณาการเนื้อหาชีวโมเลกุลในวิชาชีววิทยา และเคมี เข้าด้วยกันโดยจะมีวิชาฟิสิกส์เกี่ยวข้องในช่วงแรกของบทเรียน ทำให้ลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหา และผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่อง อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมให้มีการเรียนรู้แบบใช้ผู้สอนคนเดียวโดยเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางโดยนำความรู้หรือกระบวนการเรียนรู้จากกลุ่มสาระต่างกันมาบูรณาการ โดยในการวิจัยนี้เป็นการบูรณาการตามแนวนราบ (horizontal integration) นั่นคือนำเนื้อหาในสาขาวิชาที่ใกล้เคียงกันมาบูรณาการเข้าด้วยกันเพื่อไม่ให้เกิดการแบ่งแยกสาขาวิชาอีกต่อไป จัดเป็นการบูรณาการแบบสหวิทยาการ (interdisciplinary) ตามที่ สุวิทย์ มูลคำและอรทัย มูลคำ (2543:158-159) ได้จัดแบ่งประเภทไว้ สำหรับจุดประสงค์การเรียนรู้ได้ใช้ตามหลักสูตรการศึกษา ขั้นพื้นฐานของการศึกษาในช่วงชั้นที่ 4 เนื่องจากเนื้อหาเกี่ยวกับชีวโมเลกุลที่นักเรียนต้องเรียนจะอยู่ในบทเรียนต่างเล่มต่างวิชาโดยมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกันและต้องเรียนในภาคเรียนหรือปีการศึกษา ที่ต่างกัน ทำให้ผู้เรียนขาดความเข้าใจอย่างต่อเนื่อง และเกิดความท้อถอยเนื่องจากเนื้อหายากและมากขึ้น อีกทั้งหนังสือเรียนที่เกี่ยวกับชีวโมเลกุล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีเนื้อหาครบถ้วนและถูกต้องยังมีน้อยมาก การศึกษาด้วยตนเองอาจทำให้ไม่เข้าใจอย่างถ่องแท้ เนื่องจากการเรียนในห้องโดยครูเป็นศูนย์กลาง ทำให้ผู้เรียนที่เรียนอ่อนไม่สามารถติดตามเนื้อหาและเข้าใจได้ เท่าเทียมคนที่เรียนเก่ง นอกจากนั้นสิ่งสำคัญในการเรียนชีวโมเลกุล คือความเข้าใจในโครงสร้างโมเลกุล ซึ่งในหนังสือเรียนจะเป็นภาพโมเลกุล 2 มิติเท่านั้น แต่ในการเรียนชีวโมเลกุลที่สำคัญ ผู้เรียนควรจะเข้าใจในโครงสร้าง 3 มิติ โดยในที่นี้ได้นำโปรแกรม Rasmol มาบรรจุไว้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถศึกษาโครงสร้าง 3 มิติของสารชีวโมเลกุลต่างๆได้ ทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจได้ดีขึ้น นอกจากนั้นในการจัดทำบทเรียนระบบสื่อประสมได้ และนักเรียนเห็นถึงความสำคัญของชีวโมเลกุลในการที่จะนำไปใช้ต่อไปในการเรียนวิทยาศาสตร์การแพทย์และเทคโนโลยีชีวภาพ ซึ่งได้จากการวัดเจตคติของนักเรียนที่มีต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุล ทั้งนี้ทำให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นในการเรียนมากขึ้น สอดคล้องกับคำกล่าวของเบสท์ (Best. 1977) ที่ว่า บทเรียนที่สามารถอธิบายรายละเอียดของเนื้อหาที่มีภาพประกอบ มีเสียงและการดำเนินเรื่องเหมาะสมทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ สร้างความกระตือรือร้นในการเรียนมากขึ้นจะทำให้ประสบผลสำเร็จในการเรียน

2. การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์นี้ ได้นำเสนอในรูปแบบที่มีลักษณะการเรียนรู้เป็นขั้นตอน (บุญเกื้อ ควรหาเวช. 2542:69-71) ได้แก่ ขั้น 1) นำเข้าสู่บทเรียน เริ่มด้วยการทักทาย บอกวัตถุประสงค์ของการเรียน การทดสอบก่อนเรียนหรือรายการสารบัญให้ผู้เรียนเลือกเรียนได้ด้วยตนเอง ขั้น 2) การเสนอเนื้อหา เป็นการเสนอเนื้อหาจากง่ายไปยากในรูปแบบสื่อประสมที่น่าสนใจ สามารถควบคุมการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขั้น 3) คำถามคำตอบเพื่อวัดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่ผู้เรียนได้เรียนไปแล้ว ขั้น 4) ตรวจคำตอบ จะมีการตรวจคำตอบและแจ้งผลให้ทราบทันที เมื่อตอบผิดจะมีรูปภาพข้อความหรือเสียง ให้ผู้เรียนศึกษาเนื้อหาก่อนที่จะตอบคำถามนั้นใหม่ เมื่อตอบถูกจะมีคำชมเชยเป็นเสียง ข้อความและรูปภาพ จึงจะเข้าสู่คำถามหรือเนื้อหาต่อไปได้ ทั้งนี้การเสริมแรง เป็นไปตามทฤษฎีพฤติกรรมนิยม(Behavioral theories) ที่เชื่อว่าตัวเสริมแรงจะช่วยกระตุ้นให้เกิดพฤติกรรมได้ตามต้องการ โดย สกินเนอร์ (B.F. Skinner : 1904) ให้แนวคิดว่าการกระทำใด ๆ ถ้าได้รับการเสริมแรงจะมีแนวโน้มให้เกิดการกระทำนั้นอีก ขั้น 5) ปิดบทเรียน โดยให้ทำแบบทดสอบและนักเรียนจะทราบผลการเรียนในลักษณะข้อมูลย้อนกลับทันที และได้นำมาผสมผสานหลักการนำเสนอเนื้อหา และจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์ตามแนวคิดของกาเย่ (ฤทธิ์ชัย อ่อนมิ่ง.2547) ได้แก่ การเร่งเร้าความสนใจโดยการใช้ภาพกราฟิกที่มีขนาดใหญ่ ชัดเจน เกี่ยวข้องกับเนื้อหา ระดับความรู้ของผู้เรียน ภาพเคลื่อนไหวที่ไม่ใช้เวลานาน เสียงสอดคล้องกับภาพและเหมาะสมกับเนื้อหา นอกจากนั้นการบอกวัตถุประสงค์ก่อนเรียนบทเรียนจะสามารถช่วยให้จำและเข้าใจบทเรียนได้ดีขึ้น ในขั้นตอนนำเสนอเนื้อหาใหม่ (Present new information) ได้นำเสนอภาพที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา พร้อมคำอธิบายสั้น ๆ ง่าย ๆ และให้ได้ใจความมากที่สุดจึงจะทำให้เกิดความคงทนในการจำได้ดี โดยภาพจะช่วยอธิบายสิ่งที่เป็นามธรรมให้เห็นเป็นรูปธรรมจึงเกิดความเข้าใจได้ดียิ่งขึ้น ควรมีปฏิสัมพันธ์กับบทเรียนโดยการพิมพ์หรือตอบคำถามบ้าง จากนั้นผู้เรียนจะเห็นถึงความสัมพันธ์ของสิ่งย่อยกับสิ่งใหญ่ และสัมพันธ์กับความรู้เดิมของผู้เรียน โดยการเรียนรู้อย่างมีความหมาย (Meaningful learning) จะเกิดขึ้นโดยผู้เรียนต้องวิเคราะห์และตีความเนื้อหาใหม่เข้ากับความรู้พื้นฐานเดิม แล้วรวมกันเกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ทำให้มีความชัดเจนและเกิดความเข้าใจมากขึ้นซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ออซูเบล (Ausubel. 1968:277) ที่ให้ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย (A theory of meaningful verbal learning) เมื่อเรียนรู้แล้วผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่ให้สัมพันธ์กับความรู้เดิมเป็นการเรียนรู้แบบรับไว้เพื่อให้ได้ความหมาย และทำให้การเรียนรู้มีความคงทนถาวร

3. การหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในการทดลองกลุ่มย่อย ขณะสอนพบว่ามีปัญหามาก เนื่องจากเนื้อหาในบทเรียนมีมาก มีเนื้อหาบางตอนเกินหลักสูตร และเนื้อหาบางหัวข้อค่อนข้างยากแต่เป็นความรู้พื้นฐานสำคัญที่ผู้เรียนควรทราบและเข้าใจ ผู้เรียนต้องใช้เวลาคัดบันทึกทั้งหมดรวมทั้งทำความเข้าใจ ซึ่งทำให้เสียเวลามาก ผู้วิจัยต้องปรับเนื้อหาและวิธีการสอนเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้เร็วขึ้น ด้วยการแจกเอกสารประกอบการเรียน อธิบายเป็นรายบุคคลในแต่ละส่วนที่ผู้เรียนมีปัญหาซักถาม แก้ไขแบบทดสอบหลังการเรียนไม่ให้ยากเกิน

หลักสูตร และแบบทดสอบของบทเรียนบางตอนยังบันทึกคะแนนไม่ถูกต้อง นอกจากนั้นยังพบ ปัญหาข้อขัดข้องในการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์บางเครื่องในเรื่องอุปกรณ์ต่อพ่วง สำหรับบรรยากาศในห้องเรียนพบว่ามีความเป็นกันเองระหว่างผู้เรียน และระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน อีกทั้งผู้เรียนสามารถเลือกเรียนเนื้อหาซึ่งมีความเชื่อมโยงกันในบทเรียนคอมพิวเตอร์ได้ตามความสนใจก่อนหลังของผู้เรียน มีผลทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจที่จะเรียน ซึ่งตรงกับแนวคิดของ คาร์ล อาร์ โรเจอร์ (Karl R. Rogers. 1969) ที่ว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพถ้าผู้เรียนมีแรงจูงใจ มีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนรู้ในสิ่งนั้น(สุนีย์ ภูพันธ์. 2546 :120). การที่บทเรียนคอมพิวเตอร์อยู่ในรูปแบบสื่อประสมเชิงโต้ตอบเพื่อเพิ่มปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียน และช่วยตอบสนองต่อการเรียนรายบุคคลได้ดี (เสาวณีย์ ลิขิตาภินทิต. 2528: 156) เพราะเป็นการจัดการศึกษาที่ผู้เรียนสามารถศึกษาได้ด้วยตนเองตามขีดความสามารถ ความสนใจและความพร้อม โดยจะยืดความแตกต่างระหว่างบุคคล ให้ผู้เรียนได้เรียนอย่างอิสระ วัตถุประสงค์ในการเรียนรายบุคคลจึงมุ่งให้ผู้เรียนรู้จักรับผิดชอบในการเรียนรู้ สามารถแก้ปัญหาและตัดสินใจเอง สนองความแตกต่างระหว่างบุคคลของผู้เรียน ให้ผู้เรียนมีเสรีภาพในการเรียนรู้ โดยมีกระบวนการและวิธีการเสนอความรู้ต่าง ๆ และมุ่งแก้ปัญหาความยากของบทเรียน อย่างไรก็ตามผู้สอนต้องช่วยแนะนำ แก้ไขหรือจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนเข้าใจและกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจอยากเรียน ผู้เรียนสามารถใช้เวลาเรียนได้ตามความสามารถของตนเองในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ไม่ต้องอายเมื่อตอบผิด เพราะในที่นี้จะมีคำอธิบายให้เข้าใจในทุกคำถามที่แทรกอยู่ในบทเรียน เมื่อผู้เรียนทำผิดหรือยังไม่เข้าใจบทเรียนก็สามารถแก้ไขข้อบกพร่องหรือกลับไปทบทวนในส่วนที่ยังไม่เข้าใจได้ทันที เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ทันทั่วทั้ง การจัดการเรียนลักษณะนี้เป็นการพัฒนาให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาโดยกระตุ้นให้คิด และแสดงความคิดเห็นด้วยตัวเอง ทำให้มีความรู้ดีขึ้นกว่าการท่องจำเพียงอย่างเดียว

จากเหตุผลหลายประการดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ดังนั้นเมื่อผู้วิจัยปรับปรุงแก้ไขแล้วได้ทำการทดสอบกลุ่มย่อย จึงได้ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

สมมติฐานการวิจัย ข้อ 2 นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ผลการวิจัยพบว่า ค่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องชีวโมเลกุลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .00 เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆ ดังนี้

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ที่ได้รับการพัฒนาได้ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญในด้านเนื้อหา และเทคโนโลยีการศึกษา มีผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดีถึงดีมาก และผ่านการทดสอบการหาประสิทธิภาพ โดยใช้แนวทางของการปรับปรุงแก้ไขสื่อการสอนและบทเรียนสำเร็จรูปของ เอสพิช และวิลเลียมส์ (Espich ;& Williams. 1967: 75 – 79) จนกระทั่งได้ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 เมื่อนำไปใช้สอนจึงทำให้ได้ผลสัมฤทธิ์หลังการเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนการเรียน อย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติที่ระดับ .05 เช่นเดียวกับงานวิจัยของบุญสืบ พันธุ์ดี (2537) สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก (2541) และทาลลูโต มาร์ก แอนโทนี (Talluto, Mark Anthony.1997) ที่พบว่าการเรียนรู้โดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ จะให้ผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. ในการพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลแบบบูรณาการ ผู้วิจัยศึกษาองค์ประกอบในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเรียนการสอน ตามที่ สนิทนาต ตลิ่งผล (2541 :104-108) ทำการสังเคราะห์วิทยานิพนธ์เกี่ยวกับองค์ประกอบในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528-2540 เพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับองค์ประกอบในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเรียนการสอน แล้วนำมาประยุกต์ใช้ในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนบางองค์ประกอบ ได้แก่ การชี้แนะ การกำหนดอัตราความก้าวหน้าโดยผู้เรียนไม่ใช่โดยโปรแกรม สำหรับรูปแบบการนำเสนอพบว่า ตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพการเรียนการสอนอย่างมีนัยสำคัญ คือ ลักษณะของแบบฝึกหัด ในที่นี้มีการนำเสนอแบบมีเสียงประกอบและหลายวิธีร่วมกันซึ่งจะช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ให้ได้ผลดีขึ้น ใช้รูปแบบการเสนอเนื้อหาแบบส่วนย่อยส่งผลต่อประสิทธิภาพการเรียนสูงกว่าการเสนอเนื้อหาทั้งกรอบ และการที่เนื้อหาเรื่องชีวโมเลกุลมีความซับซ้อนจึงได้แบ่งเป็นขั้นตอนย่อยๆ โดยการเสนอเนื้อหาบทเรียนได้เสนอข้อมูลเท่าที่จำเป็นตามวัตถุประสงค์ โดยมีผลป้อนกลับและการเสริมแรงโดยมากอยู่ในรูปแบบที่เป็นข้อความและมีคำอธิบายคำตอบ ซึ่งพบว่าที่มีผลต่อประสิทธิภาพทางการเรียนสูงกว่าผลป้อนกลับที่เป็นภาพและไม่มีการอธิบายคำตอบ

3. นวัตกรรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ที่สร้างขึ้นในแต่ละหัวข้อนอกจากจะมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนทราบจุดมุ่งหมายของบทเรียนในแต่ละเรื่องแล้ว ยังมีแบบทดสอบก่อนเข้าสู่เนื้อหาบทเรียนเป็นการแนะนำความรู้พื้นฐานเบื้องต้นของเนื้อหาเรื่องนั้น มีการนำเมนู(menu) มาใช้เพื่อให้ผู้เรียนได้เลือกทำ รวมทั้งนำโปรแกรมการแสดงผลภาพชีวโมเลกุลชนิดต่างๆ ที่เป็นสามมิติมาใช้ เป็นการศึกษาที่สร้างองค์ความรู้จากนามธรรมไปสู่รูปธรรมที่ชัดเจน ที่สำคัญจะมีแบบทดสอบท้ายบท (exercise driven) ที่มีคำถามครอบคลุมเนื้อหาในเรื่องนั้นทั้งหมดเพื่อให้ผู้เรียนได้ทดสอบตนเองตามต้องการ ซึ่งหากตอบผิดผู้เรียนสามารถคลิกปุ่มเพื่อดูคำอธิบายและจะต้องตอบอีกครั้งโดยเครื่องคอมพิวเตอร์จะนับคะแนนในการตอบคำถามครั้งแรกเท่านั้น ดังนั้นในส่วนนี้จะเป็นเสมือนกับส่วนที่สรุปสาระสำคัญที่ช่วยให้ผู้เรียนได้ศึกษาทบทวนก่อนจบบทเรียนทุกครั้ง เมื่อผู้เรียนศึกษาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสร็จสิ้นแล้ว ควรให้ทำการทดสอบความรู้ที่ได้เรียกว่า การทดสอบหลังบทเรียน (Post-test) ซึ่งเป็นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนดหรือไม่ หากผ่านก็ให้ไปศึกษาบทเรียนใหม่ต่อไปหากไม่ผ่านต้องย้อนกลับไปศึกษาเนื้อหาเดิมอีกครั้ง การทดสอบหลังบทเรียนมีความจำเป็นสำหรับบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทุกประเภท เพราะนอกจากเป็นการประเมินผลการเรียนรู้แล้ว ยังมีผลต่อความคงทนในการจดจำเนื้อหาของผู้เรียนด้วย คำถามในแบบทดสอบได้ถามเรียงลำดับตามวัตถุประสงค์ของบทเรียน โดยแยกออกเป็นส่วนๆ เพราะบทเรียนมีหลายเรื่องย่อย และมีการเรียงลำดับคำถามแบบทดสอบจากง่ายไปหายากการที่บทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ มีการพัฒนาตามหลักดังกล่าวจึงมีผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลัง

เรียนสูงกว่าก่อนเรียน ในทุกหัวข้อย่อยของเรื่องชีวโมเลกุล ได้แก่ อะตอมและโมเลกุล ส่วนประกอบของเยื่อเซลล์ โปรตีน ลิพิด กรดนิวคลีอิกและการทดสอบสารชีวโมเลกุล มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.00 เมื่อรวมชีวโมเลกุลทั้งหมดจะมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงขึ้นร้อยละ 37.46 โดยได้คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนร้อยละ 30.11 และหลังเรียนร้อยละ 67.57 เมื่อประเมินระดับความสามารถโดยใช้การวิเคราะห์จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ใช้เกณฑ์ร้อยละ 50 จะอยู่ในระดับสูง เมื่อแบ่งระดับความสามารถของนักเรียนเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่ม 1 ระดับต่ำมีคะแนนอยู่ในช่วงต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็มและคะแนนสูงสุดไม่เกินร้อยละ 50.00 กลุ่ม 2 ระดับค่อนข้างต่ำ มีคะแนนอยู่ในช่วงเท่ากับครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็มและสูงสุดไม่เกินร้อยละ 55.00 กลุ่ม 3 ระดับปานกลาง มีคะแนนอยู่ในช่วง 55.01 ถึงร้อยละ 60.00 และกลุ่ม 4 ระดับสูง มีคะแนนอยู่ในช่วงมากกว่า ร้อยละ 65.00 ขึ้นไป (กองวิจัยทางการศึกษา. 2539 :129 - 130)

สมมติฐานการวิจัย ข้อ 3. นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย และทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสอนปกติ

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ มีค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย ด้านความรู้ ความจำ และความเข้าใจ สูงกว่าค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยการสอนปกติอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .00 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อ 3 แต่ด้านทักษะการทดลองเรื่องการทดสอบสารชีวโมเลกุล พบว่าทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จึงไม่เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อ 3 ซึ่งสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความรู้ ความจำ และความเข้าใจ ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม เช่นเดียวกับผลการวิจัยของ กิซารา (Gizara. 1989: 3236-B) และ ฮุนเชลและฮิล (Hounshell ;& Hill. 1989: 543-549) ที่พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มที่เรียนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนดีกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยโปรแกรมการเรียนปกติ สำหรับการวิจัยนี้เป็นเพราะบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ที่พัฒนาขึ้นและมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 นั้น มีการผสมผสานเนื้อหาทำให้สามารถเรียนได้ครอบคลุมเนื้อหาได้กว้างขวาง นักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์ของวิชาชีววิทยา เคมี และฟิสิกส์ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเรื่องชีวโมเลกุลนี้ นอกจากนั้นยังได้บูรณาการการเรียนรู้รูปแบบอื่นเข้ามานั่นคือการจัดให้มีทักษะปฏิบัติการ หรือทักษะทดลองโดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบกิจกรรมนอกจอภาพ (off screen) คือการศึกษาวีธีปฏิบัติการจากคอมพิวเตอร์จากนั้นให้นักเรียนละจากหน้าจอมาทำการทดลองจริงในห้องทดลอง จึงเป็นการผสมผสานอย่างกลมกลืนระหว่างองค์ประกอบการเรียนรู้ทั้งด้าน พุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัย จะเห็นได้ว่าบทเรียนนี้บูรณาการทั้งกระบวนการเรียนรู้ที่เป็นสหวิทยาการ (Inter-Disciplinary Learning) และโครงสร้างเนื้อหา เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดพฤติกรรมการเรียนรู้ในด้านความเข้าใจมากขึ้นนอกเหนือ

จากความรู้ ความจำ เพราะบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องชีวโมเลกุลนี้ มีการจัด ลำดับอธิบาย เริ่มต้นจากสิ่งที่ยากไปสู่สิ่งที่ง่ายหรือซับซ้อนมากขึ้น และสามารถเปลี่ยนความเป็นนามธรรมของเนื้อหาให้เป็นรูปธรรม ทำให้ภาพที่นักเรียนต้องจินตนาการเอง เช่นสามารถแสดงโครงสร้าง โมเลกุล 3 มิติเป็นภาพเคลื่อนไหวซึ่งในหนังสือเรียนนักเรียนจะเห็นเพียงภาพ 2 มิติเท่านั้น การที่นักเรียนสามารถเรียนรู้จากภาพ 3 มิติทำให้เกิดความเข้าใจลึกซึ้งมากขึ้น เนื่องจากการที่อะตอม หรือหมู่อะตอมต่อกับแขนของคาร์บอนทางด้านซ้ายหรือขวา ด้านหน้า หรือด้านหลัง ล้วนแต่มีผลต่อ คุณสมบัติของโมเลกุลนั้นทั้งสิ้น การแสดงให้นักเรียนสามารถเห็นเป็นรูปธรรมได้ จัดเป็นข้อดีอย่างมากของคอมพิวเตอร์ โดยภาพจากของจริง ภาพที่แสดงเสมือนจริง ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว เสียง อธิบายหรือเสียงต่างๆ เป็นสื่อประสม(multimedia)ที่มาส่งเสริมกันอย่างมีระบบ การใช้สื่อประสมจะช่วยให้ผู้เรียนมีประสบการณ์จากประสาทสัมผัสที่ผสมผสานกัน และได้ค้นพบวิธีการที่จะเรียนในสิ่งที่ต้องการได้ด้วยตนเองมากขึ้น ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนและอ่านได้เข้าใจขึ้น (ชม ภูมิภาค. 2528 : 100); (กิดานันท์ มลิทอง. 2543 : 64) การใช้ภาพประกอบในเนื้อหาบทเรียนทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล (กิดานันท์ มลิทอง. 2543 : 47) ส่งผลให้กลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมมีความเข้าใจเนื้อหาเรื่องชีวโมเลกุลได้เป็นอย่างมากและสามารถจดจำได้นาน เนื่องจากได้ทำการสอบวัดผลสัมฤทธิ์ภายหลังจากการเรียนเสร็จสิ้นไปแล้วกว่าสองเดือน และสามารถทำคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์เรื่องชีวโมเลกุลได้มากกว่ากลุ่มที่เรียนด้วยการสอนปกติ โดยความรู้เรื่องชีวโมเลกุลก่อนการเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ทั้งนี้สอดคล้องกับข้อสรุปของทิพย์อาภา บุญรัตน์ (2531 : 54) ที่ว่าการใช้นวัตกรรมต่างๆจะช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงขึ้นกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนปกติ

2. ในการประเมินนักเรียนตามระดับคุณภาพ โดยใช้การวิเคราะห์จากร้อยละของคะแนนเฉลี่ยที่ได้เกณฑ์ร้อยละ 50 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการสอนปกติหรือกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยวัดผลสัมฤทธิ์ร้อยละ 48.20 จะอยู่ในระดับต่ำ ในขณะที่นักเรียนที่เรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์หรือกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยวัดผลสัมฤทธิ์ร้อยละ 67.97 อยู่ในระดับสูง โดยคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ของหัวข้อต่างๆ คิดเป็นร้อยละและประเมินระดับคุณภาพได้ดังนี้ หัวข้อ 1 อะตอมและโมเลกุล กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ ร้อยละ 60.00 และ 61.22 จึงอยู่ระดับคุณภาพปานกลาง หัวข้อ 2 ส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ ร้อยละ 99.00 และ 98.50 จึงอยู่ระดับคุณภาพสูง หัวข้อ 3 คาร์โบไฮเดรต กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ ร้อยละ 58.92 และ 90.50 อยู่ในระดับคุณภาพปานกลางและสูงตามลำดับ หัวข้อ 4 โปรตีน กลุ่มควบคุม มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ ร้อยละ 47.25 มีระดับคุณภาพต่ำ และกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ ร้อยละ 57.42 มีระดับคุณภาพปานกลาง หัวข้อ 5 ลิพิด กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ ร้อยละ 57.92 และ 56.08 ตามลำดับอยู่ระดับคุณภาพปานกลาง หัวข้อ 6 กรดนิวคลีอิก กลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ ร้อยละ 22.83 มีระดับคุณภาพต่ำ แต่ กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์

ร้อยละ 72.75 มีระดับคุณภาพสูง หัวข้อ 7. การทดสอบสารชีวโมเลกุล กลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ ร้อยละ 25.33 มีระดับคุณภาพต่ำ และ กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ ร้อยละ 53.67 มีระดับคุณภาพค่อนข้างต่ำ เมื่อพิจารณาทุกหัวข้อ พบว่าเฉพาะหัวข้อ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน กรดนิวคลีอิก และการทดสอบสารชีวโมเลกุลเท่านั้นที่กลุ่มทดลองมีค่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .00

3. การที่กลุ่มทดลองมีค่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในหน่วยที่ 1 เรื่องโครงสร้างอะตอม โมเลกุลและพันธะเคมี และหน่วยที่ 2 ในหัวข้อ ส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ และลิพิด แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ นั้น เนื่องจากครูผู้สอนให้ข้อมูลว่านักเรียนกลุ่มควบคุมมีความสามารถทางการเรียนดีกว่ากลุ่มทดลอง และนักเรียนทั้งสองกลุ่มได้รับความรู้ในเนื้อหาหน่วยที่ 1 เหมือนกันจากการเรียนโดยการสอนปกติ ซึ่งจะมีเนื้อหาละเอียดกว่าในบทเรียนคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นเพียงการทบทวนความเข้าใจโดยการทำแบบฝึกหัดและแนะนำโครงสร้างอะตอมและโมเลกุลก่อนเข้าสู่บทเรียนเรื่องชีวโมเลกุลเท่านั้น อีกทั้งนักเรียนอาจจะมีพื้นฐานความรู้เรื่องนี้จากการศึกษาออกโรงเรียนเพราะเป็นบทเรียนเริ่มต้นของวิชาเคมี จึงมีผลให้ค่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในหน่วยที่ 1 ของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน สำหรับเรื่องส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์นั้นเป็นเรื่องที่ไม่ซับซ้อนและง่ายต่อการจำ จึงทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ของทั้งสองกลุ่มสามารถบอกชื่อสารชีวโมเลกุลที่มาประกอบเข้าด้วยกันเป็นโครงสร้างของเยื่อหุ้มเซลล์ได้ถูกต้อง มีผลให้ค่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในหน่วยที่ 2 ในหัวข้อ ส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน สำหรับเรื่องลิพิดนั้นเป็นเรื่องที่มีเนื้อหาค่อนข้างมาก โครงสร้างของลิพิดแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันมาก แม่นักเรียนจะเข้าใจและทำแบบทดสอบได้แต่ในการสอบไม่ได้มีเพียงเรื่องลิพิดเท่านั้น อีกทั้งการสอบได้ดำเนินการภายหลังการเรียนประมาณ 2 เดือน จึงอาจมีผลทำให้ค่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในหัวข้อลิพิดของนักเรียนทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามการที่ค่าได้ผลดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์นี้ สามารถใช้สอนแทนครูได้

4. แม้ว่าค่าเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ในหัวข้อการทดสอบสารชีวโมเลกุล ของกลุ่มทดลองมีค่าสูงกว่าของกลุ่มควบคุมแต่ก็ยังคงอยู่ในระดับคุณภาพที่ค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจาก เนื้อหาเรื่องการทดสอบสารชีวโมเลกุลมากเกินไป โดยเป็นการทดสอบชีวโมเลกุลทั้ง คาร์โบไฮเดรต ลิพิด และโปรตีน ใช้เวลาทดลอง 3 ชั่วโมง นักเรียนกลุ่มทดลองจะได้ศึกษาวิธีการทดลองจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก่อนเข้าห้องปฏิบัติการ โดยกล่าวถึงหลักการทดลอง วิธีทดลองและผลการทดลองซึ่งจะนำเสนอทั้งในรูปแบบภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว และเสียงอธิบาย ในแต่ละขั้นตอนของการทดลอง สำหรับการแบ่งกลุ่มทดลองที่ต้องการให้นักเรียนที่มีความสามารถต่างกันอยู่ด้วยกันนั้น เนื่องจากนักเรียนมีผลการเรียนไม่แตกต่างกันมากและเป็นความต้องการของนักเรียนในการจับกลุ่มทดลองเองซึ่งจะทำให้เกิดความร่วมมือดีขึ้น นักเรียนทั้งหมดจะได้รับเอกสารประกอบการทดลอง และกล่าวแนะนำให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับ การทำการทดลองในหลักการ วิธีการเป็นขั้นตอน และสิ่งที่ต้องระวังในระหว่างการทดลอง แต่เนื่องจากการทดลองย่อยหลายการทดลอง และน้ำยาที่ใช้

หลายชนิด ทำให้นักเรียนเกิดความสับสนได้ นอกจากนั้นระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองไม่เหมาะสมในกรณีที่มึ้นักเรียนถึง 12-15 กลุ่ม หรือ 36-45 คนในห้องทดลองทำให้นักเรียนไม่สามารถทำทุกการทดลองได้ทันเวลาแม้จะแบ่งงานกันทำในกลุ่ม แต่เนื่องจากขาดความคล่องแคล่วในการทดลอง นักเรียนจะจดจำและเข้าใจดีในการทดลองที่ได้ทำเอง แต่ได้ให้นักเรียนนำผลการทดลองที่ได้มาสรุปร่วมกันเมื่อทดลองเสร็จ อย่างไรก็ตามการที่นักเรียนได้ศึกษาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนก่อนทดลองจริง ได้ช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในขั้นตอนการทดลอง สามารถนำมาใช้ในการตอบคำถาม ซึ่งมีผลให้ค่าคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์เรื่องการทดสอบสารชีวโมเลกุลของกลุ่มทดลองมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .00

5. การที่นักเรียนได้ทำการทดลองเป็นวัตถุประสงค์การเรียนรู้การสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคลอปเฟอร์ (ภาพ เลหาไฟบูลย์. 2542 : 99 -110) โดยข้อหนึ่งกล่าวว่า ผู้เรียนควรมีการพัฒนาทักษะในการใช้เครื่องมือปฏิบัติการและสามารถใช้เทคนิคการทดลองทั่วไปได้อย่างถูกต้องรอบคอบและปลอดภัยตลอดการทดลอง จากผลการวิจัยพบว่าทักษะการทดลองในห้องปฏิบัติการของนักเรียนที่เป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยข้อ 3 ที่กำหนดไว้ สาเหตุอาจเกิดจากการที่นักเรียนมีประสบการณ์เกี่ยวกับการทดลองในห้องปฏิบัติการน้อยมาก โดยในที่นี้ทำการประเมินจากการสังเกตในเรื่องวิธีดำเนินการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง ความคล่องแคล่วในขณะปฏิบัติงาน และการนำเสนอผลการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทุกด้าน โดยสังเกตได้ว่านักเรียนไม่คุ้นเคยกับการทำการทดลองมากนัก จากการสอบถามนักเรียนอย่างไม่เป็นทางการพบว่านักเรียนได้มีโอกาสฝึกทำการทดลองในโรงเรียนน้อยมาก อีกประการหนึ่งคือ การใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอนนี้ มุ่งเน้นความสามารถของนักเรียนทางด้านพุทธิพิสัย(Cognitive domain) มากกว่าด้านทักษะการทดลอง ดังนั้นควรให้นักเรียนได้ทำปฏิบัติการทดลองในการเรียนวิทยาศาสตร์เรื่องอื่นๆ และที่สำคัญควรแนะนำการใช้อุปกรณ์เครื่องแก้วต่างๆและสารที่เป็นอันตรายก่อนทำการทดลองเพื่อให้รู้จักคุ้นเคยและสามารถใช้ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ นอกจากนั้นได้เปรียบเทียบความคิดเห็นของนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ภายหลังการทดลองเรื่องสารชีวโมเลกุลในห้องปฏิบัติการ ผู้วิจัยได้ประเมินการสอนปฏิบัติการของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม ดังแสดงในตาราง33 (ผนวก จ.) สรุปได้ว่า นักเรียนมีความคิดเห็นแตกต่างกันในเรื่องความเข้าใจขั้นตอนการทดลองก่อนทำการทดลองจากการฟังบรรยายสรุปโดยอาจารย์หรือบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ และความเข้าใจในเนื้อหาในคู่มือปฏิบัติการ แต่ไม่มีความแตกต่างกันในด้านต่างๆดังนี้ ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติการควบคุมดูแลพร้อมให้คำแนะนำ การได้ฝึกทักษะการทดลองเหมาะสม ความเข้าใจในขณะทำการทดลอง ความต้องการคำแนะนำเกี่ยวกับขั้นตอนวิธีการในระหว่างทำการทดลอง และความเหมาะสมของการประเมินผล โดยรายการประเมินทั้งหมดนักเรียนทั้งสองกลุ่มมีความคิดเห็นอยู่ในระดับปานกลางถึงมาก (3.26-4.39) และจากเจตคติของนักเรียนที่มีต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุล ในประเด็นที่เกี่ยวกับการทดลองจริงในห้องปฏิบัติการ พบว่านักเรียนทั้งสองกลุ่มเห็นด้วยที่จัดให้มีการทดลองจริงในเรื่องชีวโมเลกุล โดยมากกว่าร้อยละ 90 (จากตาราง12) มีระดับความคิดเห็นอยู่ใน

เกณฑ์เห็นด้วยถึงเห็นด้วยอย่างยิ่ง และให้ความคิดเห็นเพิ่มเติมว่าอยากให้มีการทดลองในการเรียนวิทยาศาสตร์เรื่องอื่นอีกด้วย

6. จากผลการวิเคราะห์เจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ นักเรียนมีระดับความคิดเห็นเฉลี่ยอยู่ในระดับเห็นด้วยในทุกรายการของแต่ละองค์ประกอบ (3.88-4.36) ได้แก่องค์ประกอบด้านการประเมินค่า ด้านความรู้สึก และด้านแนวโน้มในเชิงพฤติกรรม โดยนักเรียนเห็นคุณค่าของบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ เพราะทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาชีวโมเลกุลง่ายขึ้น เนื่องจากทำให้เห็นภาพได้อย่างเป็นรูปธรรม มีอิสระกว่าการเรียนตามปกติ สามารถเลือกเนื้อหาที่ต้องการเรียนได้ตามต้องการ ค้นคว้าในเรื่องที่เกี่ยวข้องได้ดีขึ้น และเล็งเห็นประโยชน์ที่จะนำไปปรับใช้กับการเรียนวิทยาศาสตร์การแพทย์ และเทคโนโลยีชีวภาพได้เป็นอย่างดี มีความรู้สึกชอบเพราะสะดวกและง่ายต่อการใช้ พอใจที่สามารถย้อนกลับไปศึกษาเนื้อหาที่ไม่เข้าใจได้ตามต้องการ รู้สึกเพลิดเพลินและไม่เครียดเพราะสามารถควบคุมการเรียนได้ด้วยตนเอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการรู้ผลการทดสอบระหว่างเรียนทำให้เกิดแรงจูงใจที่จะศึกษาเนื้อหาต่อไป นอกจากนี้บทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ยังมีแนวโน้มที่ให้มีการตอบสนองไปในทางที่ดีขึ้น เช่น นักเรียนมีความตั้งใจและกระตือรือร้นที่จะเรียนเนื้อหาต่อไป และจะพยายามทำคะแนนสอบให้ดีขึ้น หากเลือกได้จะเลือกเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ มากกว่าการเรียนแบบอื่น และจะชักชวนผู้อื่นให้มาเรียนเรื่องชีวโมเลกุลโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ในทุกรายการที่กล่าวมาพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมากกว่าร้อยละ 70 (ตาราง 10) มีความคิดเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วยถึงเห็นด้วยอย่างยิ่ง ทั้งนี้ผลที่ได้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ สุภาพ รมณีย์พิกุล (2541) ที่วัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ช่วยสอนเรื่องสมดุลเคมี เพื่อช่วยสอนวิชาเคมีอินทรีย์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปออเธอร์แวร์ สำหรับนักศึกษาระดับอุดมศึกษา สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก โปรแกรมวิทยาศาสตร์ทั่วไป ชั้นปีที่ 2 จำนวน 49 คน พบว่าเจตคติของนักศึกษาต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ด้านการนำเสนอและการนำไปใช้ มีความเหมาะสมและอยู่ในระดับดี

สมมติฐานการวิจัย ข้อ 4 นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ มีการพัฒนาความคิดขั้นสูงในด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างจากนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสอนปกติ

ผลการวิจัยพบว่า ความคิดขั้นสูงในด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนกลุ่มทดลองกับนักเรียนควบคุม ไม่แตกต่างกัน ในทุกด้านได้แก่ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม จึงไม่เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย ข้อ 4 ซึ่งสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้ ในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์นั้นจะต้องมีวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามที่ สมจิต สวธนไพบุลย์ (2527: 30) สรุปไว้ คือ 1) ควรจัดสถานการณ์ยั่วๆ ซึ่งอาจประกอบด้วย ข้อความ คำถาม การบรรยาย การอภิปราย รูปภาพ แผนภูมิ หรือข้อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2) จัดกิจกรรมแบบระดมสมอง เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนได้ร่วมกันคิดหลายทาง คิดได้มากในเวลาจำกัด อีกทั้งยังเป็นการฝึกให้นักเรียนรู้กระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม 3) การจัดกิจกรรมแบบให้

ปฏิบัติจริงเป็นการจัดกิจกรรมให้เกิดความคิดโดยการกระทำ 4) การจัดกิจกรรมให้ประสบความสำเร็จ โดยให้ทำกิจกรรมจากง่ายไปหายาก เป็นการสร้างบรรยากาศที่มีผลให้เกิดแรงจูงใจภายใน ช่วยให้เกิดความมั่นใจ กระตือรือร้นในการหาความรู้เพิ่มเติม และ 5) จัดกิจกรรมให้ฝึกเป็นรายบุคคลมีการพัฒนาความสามารถของแต่ละบุคคลให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ตามเอกัตภาพ โดยกิจกรรมง่ายๆ ได้แก่ การฝึกใช้คำถามที่มีลักษณะปลายเปิด การใช้ภาพปริศนา การประกวดสิ่งประดิษฐ์ หรือการทำกิจกรรมที่ใช้ความคิดในการแก้ปัญหา (ประทุม อัตชู 2535: 12-14) เพื่อให้ได้ผลดีควรใช้วิธีสอนให้เกิดความคิดสร้างสรรค์อย่างต่อเนื่องทุกวัน (พงษ์พันธ์ พงษ์โสภา.2544 : 143) แม้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ ที่พัฒนาขึ้นจะเป็นการสอนแบบทบทวนบทเรียน (Tutorial instruction) ที่เสนอเนื้อหาข้อมูลเกี่ยวกับข้อเท็จจริง แต่ผู้วิจัยได้ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์โดยการตั้งคำถามทั้งก่อนเข้าสู่เนื้อหาบทเรียนระหว่างบทเรียน และท้ายบทเรียน ให้นักเรียนได้คิด ในระหว่างการเรียนรู้และสามารถสร้างภาพจากนามธรรมไปเป็นรูปธรรมได้ อีกทั้งการบรรยายภาพกราฟิก ภาพเคลื่อนไหว เสียงอธิบาย และสื่อที่ใช้จะช่วยสร้างความสนใจให้ผู้เรียนอยากเรียน และอยากติดตามบทเรียนต่อไป นอกจากนั้นการกำหนดให้ผู้เรียนได้ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ เรื่องการทดสอบสารชีวโมเลกุลด้วยวิธีการเรียนแบบกลุ่มร่วมมือเพื่อเพิ่มทักษะการปฏิบัติภายหลังจากการเรียนรู้ด้วยตนเองจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีการระดมสมองร่วมกันคิดในการจัดการปัญหาที่มีอย่างเป็นขั้นตอน และเมื่อเห็นผลการทดลองที่ได้จะช่วยให้เกิดความมั่นใจ กระตือรือร้นที่จะทำการทดลองต่อไปและอยากแลกเปลี่ยนข้อมูลกับผู้อื่น เป็นการสร้างบรรยากาศทางการเรียนเพื่อเอื้อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ นอกจากนั้นผู้วิจัยได้เชื่อมโยงความรู้พื้นฐานนี้ไปสู่ความรู้วิทยาศาสตร์สมัยใหม่โดยเฉพาะด้านนาโนเทคโนโลยีที่เป็นความรู้วิทยาศาสตร์ที่ทันสมัยและเป็นที่สนใจในปัจจุบันถึงอนาคต ส่งเสริมให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของชีวโมเลกุลกับเทคโนโลยีในระดับนาโน ที่สำคัญได้ส่งเสริมให้มีการค้นคว้าด้วยตนเองด้วยการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสารชีวโมเลกุลจากอินเทอร์เน็ตผ่านเครือข่ายเว็ลด์ไวด์เว็บ จะเห็นได้ว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ นอกจากจะเน้นถึงการให้ผู้เรียนสามารถทบทวนบทเรียนได้ด้วยตนเอง ยังมุ่งหวังที่จะทำให้ผู้เรียนได้เพิ่มสมรรถภาพความคิดขั้นสูงด้านความคิดสร้างสรรค์ (Higher order thinking on creativity) ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้การจัดกิจกรรมทางการเรียนในการสอนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์เพื่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์นั้นอาจยังมีไม่มากและต่อเนื่องเพียงพอ จึงมีผลให้กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกันนั้น ซึ่ง กิตานันท์ มลิทอง. (2543 : 254) ให้ความเห็นไว้ว่า การเรียนโดยใช้คอมพิวเตอร์ไม่สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้ เพราะเป็นการสอนบทเรียนตามขั้นตอนที่วางโปรแกรมไว้ล่วงหน้า ซึ่งผู้เรียนบางคนอาจไม่ชอบทำให้เป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ได้ และนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ คนหนึ่งให้ความเห็นว่า "การเรียนโดยใช้คอมพิวเตอร์ นั้นผู้เรียนจะกระตือรือร้นในช่วงแรกเนื่องจากความห่อ แต่ตอนหลังจะรู้สึกเบื่อบ้างเนื่องจากไม่ค่อยมีสิ่งแปลกใหม่ "

สมมติฐานการวิจัย ข้อ 5 นักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ มีเจตคติต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุลดีกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสอนปกติ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลแบบบูรณาการ มีเจตคติต่อการเรียนชีวโมเลกุลดีกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยการสอนปกติ ในทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบด้านการประเมินค่า องค์ประกอบด้านความรู้สึก และองค์ประกอบด้านแนวโน้มในเชิงพฤติกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .00-.022 จึงเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย สอดคล้องกับผลการวิจัยของปาริชาติ แก่นสำโรง (2541: บทคัดย่อ) ที่สอนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในวิชาวิทยาศาสตร์เรื่อง “หญิงและชาย” โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการสอนตามคู่มือครู พบว่าเจตคติต่อการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมีค่าสูงกว่าการสอนตามคู่มือครู แต่แตกต่างจากผลการศึกษาของ สุนันทา มั่นสมงคล (2542) ที่ได้พัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนอเนกทัศน์เรื่องมรดกทางพันธุกรรม เพื่อใช้ประกอบการเรียนด้วยตนเองในวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่าเจตคติต่อเรื่องมรดกทางพันธุกรรมของของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ไม่แตกต่างกัน เมื่อผู้วิจัยนำผลการวัดเจตคติต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุลของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมาวิเคราะห์ พบประเด็นที่น่าสนใจ ดังนี้

1. ค่าคะแนนเฉลี่ยของเจตคติในองค์ประกอบด้านการประเมินค่า ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .00 ในองค์ประกอบด้านนี้ แสดงว่านักเรียนเห็นคุณค่า และประโยชน์ของชีวโมเลกุล เพราะทำให้นักเรียนเรียนรู้ในเรื่องต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตดีขึ้น ถ้านำความรู้เรื่องชีวโมเลกุลไปใช้ในชีวิตประจำวันจะทำให้คุณภาพชีวิตดีขึ้น โดยความรู้เรื่องชีวโมเลกุลเป็นพื้นฐานในการเรียนวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์การแพทย์ และเทคโนโลยีชีวภาพได้เป็นอย่างดี และบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยทำให้การเรียนเรื่องชีวโมเลกุลง่ายขึ้น

2. ค่าคะแนนเฉลี่ยของเจตคติในองค์ประกอบด้านความรู้สึกของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .022 ในองค์ประกอบด้านนี้ แสดงว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ทำให้นักเรียนรู้สึกเพลิดเพลินในการเรียนชีวโมเลกุล นักเรียนชอบเรียนเรื่องชีวโมเลกุลเพราะมีภาพโมเลกุล 3 มิติ ทำให้เห็นเป็นรูปธรรม และมีภาพเคลื่อนไหวพร้อมคำอธิบายทำให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น การที่มีแบบทดสอบให้ทำในระหว่างเรียนช่วยให้รู้สึกเบื่อและเกิดแรงจูงใจในการเรียนต่อไป และที่สำคัญนักเรียนชอบเพราะมีการทดลองจริงในห้องปฏิบัติการ

3. ค่าคะแนนเฉลี่ยของเจตคติในองค์ประกอบด้านแนวโน้มในเชิงพฤติกรรมของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .00 แสดงว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ มีผลให้นักเรียนมีความตั้งใจเรียนและมีความกระตือรือร้นในการเรียนเรื่องชีวโมเลกุล ตั้งใจจะทำคะแนนสอบให้ดี อยากค้นคว้าเพิ่มเติมในวิทยาศาสตร์เรื่องอื่นที่เกี่ยวข้องกับชีวโมเลกุลและอยากที่จะอธิบายความสำคัญของชีวโมเลกุลให้บุคคลใกล้ชิดได้รับรู้

อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่านักเรียนทั้งที่เรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ และเรียนโดยการสอนปกติต่างมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุล แต่นักเรียนที่เรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์มีค่าเฉลี่ยเจตคติต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุลในองค์ประกอบทั้ง 3 ด้าน ดีกว่านักเรียนที่เรียนโดยการสอนปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .00

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องชีวโมเลกุลแบบบูรณาการสำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพปัญหาการขาดบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คุณภาพการศึกษาเป็นปัจจัยที่สำคัญที่เป็นจุดอ่อนของการพัฒนาประเทศ (กรอบวิสัยทัศน์และทิศทางแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 9, 2543) จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 9 (พ.ศ.2545-2550) ได้กำหนดเป้าหมายในการพัฒนาความเข้มแข็งทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ให้เพิ่มคุณภาพการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทุกระดับให้ได้มาตรฐาน โดยมีแนวทางการพัฒนาที่เสริมสร้างความรู้ความเข้าใจและจัดกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสำคัญที่สุด ให้ผู้เรียนได้ทดลองปฏิบัติจริง เลือกเรียนได้ตามความถนัดและสนใจ สามารถแสวงหาและสร้างความรู้ด้วยตนเองที่นำไปสู่การรู้จักคิด วิเคราะห์ ควบคู่กับการปรับปรุงวิธีการสอบและการวัดผลให้สะท้อนถึงความรู้ความเข้าใจและสติปัญญาของผู้เรียนอย่างแท้จริงและให้มีการใช้สื่อการศึกษาทุกรูปแบบ แม้การพัฒนาจะประสบผลสำเร็จเป็นที่น่าพอใจ มีศักยภาพโดยรวมดีขึ้น แต่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเมื่อวัดจากคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบ วิทยาศาสตร์ ต่ำกว่าร้อยละ 50 มาโดยตลอด คุณภาพของการศึกษาที่สามารถตอบสนองต่อการแข่งขันของประเทศยังล้าหลังกว่าของประเทศในแถบเอเชีย ดังนั้นแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 พ.ศ. 2550-2554 จัดให้มีการการวิจัยและพัฒนาวิทยาการเพื่อส่งเสริมกระบวนการเรียนในทุกสาขาอย่างเป็นระบบ ให้มีการกระจายและพัฒนาแหล่งเรียนรู้ทุกสาขาโดยเฉพาะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปสู่ภูมิภาคและชุมชน เพื่อสร้างโอกาสการเข้าถึงแหล่งข้อมูลและความรู้อย่างกว้างขวาง (แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 พ.ศ. 2550-2554 : 41,141) นอกจากนั้นยังต้องให้สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 มาตรา 22 มาตรา 24 และมาตรา 66 ที่กำหนดให้ยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนสำคัญที่สุด การจัดการการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพโดยการจัดการเรียนการสอนให้มีการผสมผสานสาระความรู้ด้านต่าง ๆ มีการฝึกทักษะ ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น สามารถใช้เทคโนโลยีเพื่อการศึกษาในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเองได้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต ด้วยลักษณะของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนฯ สามารถกระจายและพัฒนาไปสู่แหล่งเรียนรู้ในภูมิภาคและชุมชน โดยผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง เลือกเนื้อหาที่ต้องการเรียนได้ตามความ

ต้องการ ช่วยแก้ปัญหาความแตกต่างระหว่างบุคคล ทำให้ผู้เรียนได้คิดวิเคราะห์ ทดลองและได้ใช้เทคโนโลยีการศึกษาในการค้นคว้าเพิ่มเติม หลังการทดลองใช้บทเรียนพบว่าสามารถส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้นักเรียนในด้านความรู้ความเข้าใจ ทักษะปฏิบัติและด้านเจตคติได้เป็นอย่างดี และยังสามารถใช้สอนแทนครูได้เป็นการแก้ปัญหาในด้านบุคลากรทางหนึ่ง ผู้บริหารและหัวหน้าหน่วยสาระวิทยาศาสตร์ จึงควรพิจารณานำบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯดังกล่าวไปใช้ในการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 ต่อไป โดยผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการนำผลการวิจัยไปใช้ในการกำหนดนโยบายดังนี้

1.1 ควรกำหนดให้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องชีวโมเลกุลอยู่ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทั้งในส่วนของวิชาชีววิทยา เคมีพื้นฐานและเคมีเพิ่มเติม ซึ่งสามารถเรียนไปพร้อมกันแบบบูรณาการโดยไม่ต้องแบ่งเวลาเรียนเป็นช่วงหรือต่างปีการศึกษา ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจมากขึ้น

1.2 จัดฝึกอบรมให้แก่ครู/อาจารย์ที่มีความสนใจซึ่งมีจำนวนมาก เกี่ยวกับการใช้โปรแกรม ความเข้าใจในเนื้อหา จุดมุ่งหมาย การทดลองจริงในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง และสามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 ควรนำโปรแกรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องชีวโมเลกุลนี้ไปลงไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ ของโรงเรียนและจัดเวลาเรียนด้วยตนเอง(self directed learning)เพื่อให้ นักเรียนได้ศึกษาด้วยตนเอง หรือให้โปรแกรมเป็นซีดี-รอมแก่นักเรียนไปศึกษาด้วยตนเองนอกโรงเรียน

1.4 ควรจัดให้มีงบประมาณเพื่อนำไปใช้ในการจัดการทดลองการทดสอบสารชีวโมเลกุล เพราะจะช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจ และมีทักษะการทดลองที่ดี

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการปฏิบัติ

2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้สอน

2.1.1 ผู้สอนสามารถใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ฯสอนแทนได้ โดยตนเองทำหน้าที่เป็นเพียงผู้ควบคุมห้องเรียน จัดการเรียน ให้คำแนะนำแก่นักเรียน ดังนั้นควรมีความเข้าใจในบทเรียนทั้งหมด และสามารถอธิบายลำดับการนำเสนอหัวข้อต่างๆ การใช้โปรแกรม Rasmol เพื่อศึกษาภาพ 3 มิติ เพื่ออธิบายให้ผู้เรียนเข้าใจก่อนเข้าสู่บทเรียน และควรแจกเอกสารประกอบการสอน นักเรียนจะได้ไม่เสียเวลาในการจดบันทึก และได้ใช้เวลาให้เหมาะสมในการทำความเข้าใจเนื้อหาบทเรียนเท่านั้นหรือให้นักเรียนศึกษานอกเวลาเรียนได้ ซึ่งนักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองตามความต้องการ ตามความสามารถของตน ดังนั้นจึงเป็นการเรียนการสอนแบบให้นักเรียนเป็นศูนย์กลาง

2.1.2 การทดลองการทดสอบสารชีวโมเลกุล ในการวิจัยนี้ นักเรียนได้ทดสอบ ลิพิด คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน โดยใช้เวลาดทดลองเพียงครั้งเดียวใช้เวลา 3 คาบ ซึ่งผู้วิจัยพิจารณาแล้ว เห็นว่าควรทำการแบ่งการทดลองเป็น 2 ครั้ง ๆ ละ 3 คาบ หรือ 3 ครั้ง ๆ ละ 2 คาบ จะได้ผลดีกว่า เพราะนักเรียนไม่เกิดความสับสน สามารถพัฒนาทักษะการทดลองมากขึ้น และมีเวลาเพียงพอเพื่อ

สรุป ผลการทดลองแต่ละครั้ง นอกจากนั้นต้องคำนึงถึงสภาพห้องเรียน หรือห้องคอมพิวเตอร์ไม่ควรอยู่ไกลจากห้องทดลองมากเกินไป อุปกรณ์สำหรับทดลองต่างๆต้องพร้อม และต้องแนะนำนักเรียนให้ระวังอันตรายจากสารเคมีที่ใช้ในการทดลองทุกครั้ง

2.1.3 การที่บทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ดังกล่าวไม่สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้ดีกว่าการเรียนโดยการสอนปกตินั้น เนื่องจากการทดลองสอนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ไม่ได้มุ่งเน้นกิจกรรมที่ให้นักเรียนได้คิดสร้างสรรค์ ดังนั้นจึงควรเพิ่มกิจกรรมให้นักเรียนได้คิดเพิ่มขึ้น โดยให้นักเรียนทำการสร้างโมเดลกลุ่ชนิดต่างๆที่นักเรียนคิดขึ้นหรือเปรียบเทียบโมเดลระหว่างนักเรียนกลุ่มต่างๆ โดยแจกโฟมลูกทรงกลมขนาดเล็กแทนอะตอม ใช้สีกำหนดชนิดของอะตอมและไม่จุ่มพันแทนพันธะต่างๆ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างโมเลกุลได้ดีขึ้น

2.1.4 เนื่องจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ มีลักษณะเป็นระบบสื่อประสมประกอบด้วย เสียง ภาพกราฟิกและภาพเคลื่อนไหว การใช้งานจึงต้องอาศัยประสิทธิภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งไม่ค่อยพบปัญหามากนัก แต่ที่ควรคำนึงคือควรจัดหุฟังให้แก่ผู้เรียน ไม่ควรใช้ลำโพงเพราะจะเกิดเสียงรบกวนสมาธิกันทำให้การเรียนไม่ได้ผลดี

2.1.5 บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนฯ นี้สามารถนำไปใช้กับนักศึกษาระดับมหาวิทยาลัยในสาขาวิทยาศาสตร์ แพทย์ และพยาบาล โดยปรับเนื้อหาให้มีความลึกขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษาที่สูงขึ้น

2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับนักเรียน

2.2.1 ผู้เรียนสามารถเรียนรู้เรื่องชีวโมเลกุลได้ด้วยตนเองโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ได้อย่างอิสระทั้งในและนอกเวลาเรียน

2.2.2 ผู้เรียนสามารถศึกษาทบทวน ซ่อมเสริมด้วยตนเองจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ

2.2.3 ผู้เรียนควรมีทักษะในการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์พื้นฐาน เพื่อให้เรียนรู้ได้รวดเร็วขึ้น

3. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

3.1 ควรนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องชีวโมเลกุลแบบบูรณาการนี้ ไปศึกษาวิจัยเพิ่มเติมโดยใช้กลุ่มตัวอย่างอื่น เช่นผู้เรียนในโรงเรียนที่มีเฉพาะนักเรียนชาย โรงเรียนที่มีเฉพาะนักเรียนหญิง โรงเรียนสหศึกษา และการศึกษานอกโรงเรียน หรือใช้รูปแบบการเรียน เช่นการเรียนรายบุคคลและการเรียนแบบกลุ่มร่วมมือ

3.2 ควรทำการวิจัยลักษณะนี้เพื่อศึกษาตัวแปรอื่นเช่นทักษะในการคิดแก้ปัญหา ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะพิสัย ตัวแปรที่เกี่ยวกับผู้เรียนเช่น ระดับชั้นเรียน สาขาวิชาที่เรียน และระดับความสามารถในการเรียน

3.3 ควรศึกษาบทเรียนวิทยาศาสตร์ในสาขาวิชาต่างๆ นำเนื้อหาที่เป็นนามธรรมและมีความซ้ำซ้อนกันมาบูรณาการเข้าด้วยกันและทำให้เห็นเป็นรูปธรรมเพื่อให้นักเรียนเข้าใจได้ดีขึ้น

โดยการพัฒนาเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เพื่อใช้ในการสอนแทน สอนเสริมหรือทบทวนด้วยตนเอง

3.4 การปรับปรุงบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องชีวโมเลกุลให้เหมาะสมกับหลักสูตรมหาวิทยาลัย ซึ่งจะใช้ได้กับทั้งวิทยาศาสตร์ แพทย์และพยาบาล เพราะเป็นความรู้พื้นฐานในการเรียนวิทยาศาสตร์ และนำไปทดลองใช้เพื่อหาประสิทธิภาพ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.5 การนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้ไปจัดทำให้อยู่ในรูปแบบ E-learning courseware โดยการนำบทเรียนขึ้นเว็บเพื่อให้ผู้เรียนที่สามารถเข้าอินเทอร์เน็ตได้ มีโอกาสเรียนรู้เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ในลักษณะทางไกล และศึกษาวิจัยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างผู้เรียนทางไกลกับผู้เรียนที่ได้รับการสอนโดยครู

บรรณานุกรม

- กฤษมันต์ วัฒนารงค์. (2542). การหาประสิทธิภาพบทเรียนCAI. เทคโนโลยีสื่อสารการศึกษา 6(1): 61-65.
- ก่อศักดิ์ ศรีน้อย. (2527). การศึกษาการใช้คำถามเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 .
ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. (มัธยมศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อัดสำเนา
- กิดานันท์ มลิทอง. (2536). เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย. พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพฯ :บริษัทเอ็ดสัน
เพรส โปรดักส์
- กิดานันท์ มลิทอง. (2543). เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม พิมพ์ครั้งที่2 ปรับปรุงเพิ่มเติม
hängหุ้นส่วนจำกัดอรุณการพิมพ์.
- ขนิษฐา ชานนท์. (2532). เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์กับการเรียนการสอน.วารสารเทคโนโลยีการศึกษา
(ฉบับปฐมฤกษ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- จิริยา เหนียนเฉลย. (2546). เทคโนโลยีการศึกษา Educational Technology กรุงเทพฯ
ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพฯ
- จุลจักร โนพันธ์. (2529). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์และ
มนุษยสัมพันธ์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้เกมกับวิธีกระบวนการกลุ่มสัมพันธ์ในการอภิปราย.
ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. (มัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชม ภูมิภาค. (2528). เทคโนโลยีทางการสอนและการศึกษา. สำนักพิมพ์ประสานมิตร.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2525). เอกสารการสอนชุดวิชาสื่อการสอนระดับมัธยมศึกษา สาขาศึกษาศาสตร์:
หน่วยที่13 การผลิตชุดการสอนระดับมัธยมศึกษา กรุงเทพมหานคร:
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาราช.
- ชาติรี เกิดธรรม. (2542). การศึกษาผลการใช้ฐานข้อมูลการเรียนรู้แบบมัลติมีเดียที่พัฒนาขึ้นต่อผล
การเรียนวิชาชีววิทยา (ว 042).ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. ปริญญาานิพนธ์ กศ.ด.
(วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
ถ่ายเอกสาร.
- เชษฐพงศ์ คลองโปร่ง. (2543). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบมัลติมีเดีย เรื่องสื่อ
ประเภทเครื่องฉายสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี. สารนิพนธ์ กศ.ม.(เทคโนโลยีการศึกษา).
กรุงเทพฯ :บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- เชิดศักดิ์ โฆวาสินธุ์. (2520). *การวัดทัศนคติและบุคลิกภาพ*. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2541). *ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ : ทัศนะแบบองค์รวม เล่ม 1*. กรุงเทพฯ :สยามโอเวอร์ซีส์โปร.
- ทักษิณา สวานนท์.(2530). *คอมพิวเตอร์เพื่อการศึกษา*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา ลาดพร้าว.
- ทิพย์อาภา บุญรัตน์ (2531 : 54). *การสังเคราะห์วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิตที่เกี่ยวกับการศึกษา วิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา ปีการศึกษา 2518-2529. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. ถ่ายเอกสาร.*
- ธำรง บัวศรี. (2542). *ทฤษฎีหลักสูตร : การออกแบบและพัฒนา*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : พัฒนาศึกษา.
- ธีระชัย ปุณณโชติ. (2541). *การเรียนการสอนแบบบูรณาการ : ทัศนะของผู้เชี่ยวชาญ*. ในรวมบทความ บทเรียน : นวัตกรรมจากโครงการ. หน้า 28 - 33. กรุงเทพฯ : สำนักงานประสานงานโครงการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ กระทรวงศึกษาธิการ.
- _____. (2544). *การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ. ในการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (วทศ.9) เรื่อง นวัตกรรมเพื่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. หน้า 1 -13. กรุงเทพฯ : สมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีศึกษาไทยกับมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.วันที่ 20 - 21 มกราคม 2544.*
- นิตยา กาญจนวรรณ. (2526). *การใช้คอมพิวเตอร์.วารสารรวมคำแห่ง.(ฉบับมนุษยศาสตร์ 1) : 9*.
- นิพนธ์ สุขปรีดี. (2531, สิงหาคม) *วิจัยเพื่อพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์ในการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์. ศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา. 1(3) : 34-38.*
- นุชรี ปุตรเศรษฐี. (2535). *ประสิทธิผลของการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน(ซีเอไอ) เพื่อเสริมในการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักศึกษาแพทย์ ชั้นปีที่ 5 ในสาขาวิชาเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ภาควังสรีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยานิพนธ์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล.*
- เนตรนภิส ธีรวัลย์ชัย. (2542). *ชีวเคมีเล่ม 1 คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล พิมพ์ครั้งที่ 5. นิโบล เนืองตัน, บรรณาธิการ มหาวิทยาลัยมหิดล.*
- บุญเกื้อ คอรวาเวช. (2542). *นวัตกรรมการศึกษา แกะไขปรับปรุงใหม่ครั้งที่ 4 สำนักพิมพ์ หจก. SR Printing.: 69-71.*
- _____. (2538, กรกฎาคม-กันยายน). *มัลติมีเดียปฏิสัมพันธ์. วารสาร สสวท. 90*
- บัณฑิตศึกษา (2527) *ประมวลสาระชุดวิชาเทคโนโลยีและสื่อการสอน หน่วยที่ 5-7 สาขา ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช : 137*
- บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. (2526, ตุลาคม-ธันวาคม). *การทดสอบแบบอิงเกณฑ์ : แนวคิดและวิธีการ. กรุงเทพฯ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ประสานมิตร.*

- บุญสืบ พันธุ์ดี. (2536). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรินทิพนิพนธ์ กศ.ด. (เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ:บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บุปผชาติ ทัพพิกรณ์. (2535). คอมพิวเตอร์ช่วยสอน : คู่มือสื่อการสอน. กรุงเทพฯ: ฝ่ายส่งเสริมการผลิตตำราและสื่อการสอน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บุปผชาติ ทัพพิกรณ์; และคนอื่นๆ. (2544). ความรู้เกี่ยวกับสื่อมัลติมีเดียเพื่อการศึกษา. เยาวลักษณ์ เตียนบรรจง. นันทวรรณ กฤตวิทย์. บรรณาธิการ กรุงเทพฯ : ศูนย์พัฒนาหนังสือ กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- ประกายวรรณ มณีแจ่ม. (2536). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเป็นรายบุคคลกลุ่มย่อย และตามคู่มือครูของ สสวท. ปรินทิพนิพนธ์ กศ.ม.(การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ประทุม อัทธู (2535 : มกราคม - มีนาคม). กิจกรรมเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ . สสวท. ฉบับที่ 77 : 12-14.
- ประสาธ อิศรภักดี. (2523). จิตวิทยาการเรียนรู้กับการสอน. สำนักพิมพ์กราฟิเคอาร์ท.
- ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. (2534). จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพฯ : สหมิตรออฟเซท.
- ปาริชาติ แก่นสำโรง (2541). ผลการของการสอนวิชาวิทยาศาสตร์เรื่อง “หญิงและชาย” โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอนกับการสอนตามคู่มือครู ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติ ต่อการเรียนการสอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. ปรินทิพนิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ :บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ไพฑู ลิทธิสุนทร. (2543, กุมภาพันธ์). การเรียนรู้แบบบูรณาการ. สานปฏิรูป. 2(23):22-25.
- พงษ์พันธ์ พงษ์โสภา. (2544). จิตวิทยาการศึกษา . กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์พัฒนาศึกษา.
- พรรณนา หิมารัตน์ (2527). การศึกษาเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในการทำกิจกรรมชุมนุมวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ทำโครงการวิทยาศาสตร์ อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ที่เรียนตามชุดการเรียนรู้. ปรินทิพนิพนธ์ กศ.ม. (การศึกษาและการสอนมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 7 สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พูนสุข อุดม. (2546). การพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์แบบพหุวิทยาการร่วมกับวิชาคณิตศาสตร์และภาษาอังกฤษสำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่1 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ตรัง.

ปริญญาณิพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

เพราพรรณ โกมลมาลย์. (2541, พฤศจิกายน) หลักสูตรการเรียนการสอนแบบบูรณาการ รัฐพลลิดา ประเทศ สหรัฐอเมริกา. วารสารวิชาการ. 1(11):65-73.

ภพ เลหาไพบูลย์. (2542) แนวการสอนวิทยาศาสตร์ ฉบับปรับปรุง พิมพ์ครั้งที่3. กรุงเทพฯ: บริษัทโรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิชจำกัด.

มนตรี จุฬาววัฒนทล; และคณะ.(2542). ชีวเคมี มนตรี จุฬาววัฒนทล และประหยัด โกมลทัต บรรณาธิการ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

เมธี เฟื่อนทอง. (2534). ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระดับความคิดสร้างสรรค์กับจินตภาพในบทเรียน คอมพิวเตอร์ช่วยสอนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปริญญาณิพนธ์ กศ.ม. (โสตทัศนศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

ยีน ภู่วรรณ . (2531, มีนาคม-เมษายน). การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเรียนการสอน จันทรเกษม.13 (189): 1-10.

รายงานปฏิรูปการศึกษา. (15 มกราคม 2545). รายงานปฏิรูปการศึกษาไทย 4(49): 12.

รุ่งโรจน์ แก้วอุไร (2545).หลักการออกแบบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนตามแนวคิดของกายเอ. สืบค้นเมื่อวันที่ 25 มกราคม 2548, จาก www.Thaicai.com

ฤทธิ์ชัย อ่อนมิ่ง. การออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดีย. ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. (2536). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 4 . กรุงเทพฯ: ภาควิชาการวัดผลและการวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ .

ลักษณะ ศรีแฟง.(2531). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยใช้ชุดสไลด์ ประกอบการสอนกับการสอนตามคู่มือครู ปริญญาณิพนธ์ กศ.ม.(วิทยาศาสตร์ศึกษา) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

วัฒนาพร ระบับทุกข์. (2541). การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ : ดันอ้อ 1999.

_____. (2542). แผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ.

วารินทร์ รัตมีพรหม. (2531). สื่อการสอนเทคโนโลยีทางการศึกษาและการสอนร่วมสมัย. กรุงเทพฯ โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.

- วิจัยทางการศึกษา, กอง. (2539). รายงานการวิจัยเรื่องการศึกษาแนวทางพัฒนาคุณภาพนักเรียน
ในโครงการขยายโอกาสทางการศึกษา. กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ กรุงเทพฯ :
โรงพิมพ์คุรุสภา ลาดพร้าว.
- วิชัย ดิสสระ. (2535). การพัฒนาหลักสูตรและการสอน. พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพฯ : สุวีระสาส์น.
- วิชัย วงษ์ใหญ่. (2523). พัฒนาหลักสูตรและการสอนมิติใหม่. กรุงเทพฯ : ภาควิชาหลักสูตรและ
การสอน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วีรเดช เกิดบ้านตะเคียน. (2546). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ เจตคติต่อการเรียนและความคงทนในการจำของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่มี
ระดับผลการเรียนต่างกัน จากการเรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียรูปแบบ
ต่างกับการสอนตามคู่มือครู. ปรินิพนธ์ กศ.ม.(เทคโนโลยีการศึกษา). กรุงเทพฯ :
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วีรพงษ์ แสง-ชูโต.(2540). รายงานการวิจัยการศึกษารวบรวมและวิเคราะห์วิจัยด้านคอมพิวเตอร์
ช่วยการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วุฒิชัย ประสารสอย. (2543). บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน นวัตกรรมเพื่อการศึกษา. กรุงเทพฯ :
ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี. เจ. พรินติ้ง.
- ศรีผกา เจริญยศ. (2533: บทคัดย่อ). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้
บทเรียนโมดูลกับการสอนตามคู่มือครู. ปรินิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ :
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ศักดิ์ ประรงค์ประทานพร. (2526). ปรัชญาการศึกษาฉบับพื้นฐาน พิมพ์ครั้งที่ 1
ภาควิชาพื้นฐานการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน.
- ศักดิ์ สุนทรเสณี. (2531). เจตคติ. กรุงเทพฯ. ดี ดี บุ๊คส์ไตร์.
- ศิริยุภา พูลสุวรรณ. (2530). การศึกษาประสิทธิภาพของสื่อการสอนโดยวิธีวิเคราะห์ห่อภิมาณ
ปรินิพนธ์ กศ.ด.(การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สถาบันส่งเสริมการสอนและเทคโนโลยี (2538). การวัดและประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์
(ในเอกสารประกอบการประชุมเตรียมวิทยากรแกนนำ วิชาวิทยาศาสตร์ หน้า ค.)
กรุงเทพฯ : สถาบันฯ. ถ่ายเอกสาร.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (มกราคม 2546) การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่ม
วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน.
- สถาพร สาธุการ. (2540). การพัฒนาและประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์มัลติมีเดียทางการศึกษา. ทับแก้ว.
นครปฐม : มหาวิทยาลัยศิลปากร

- สมจิตร สวชนไพบูลย์ (2527). สมรรถภาพการสอนของครู : การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทาง
วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สมชาย ทยานยง. (2526, ตุลาคม-ธันวาคม). คอมพิวเตอร์ในการเรียนการสอน. ครูศาสตร์: 53-67.
- สมบูรณ์ บุศรีรักษ์. (2539). การสังเคราะห์งานวิจัยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนด้วยเทคนิคการวิเคราะห์
เนื้อหาและเทคนิคการวิเคราะห์เมตาดา. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ด.(วิทยาศาสตร์ศึกษา).
กรุงเทพฯ :บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก. (2541). การพัฒนานวัตกรรมบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยการสอนแบบ
มัลติมีเดียสำหรับการสอนวิชาฟิสิกส์ เรื่องปรากฏการณ์คลื่น ปรินูญานิพนธ์ กศ.ด.
(วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สมพงษ์ สุริยะวงศ์. (2542). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง
“การหมุนเวียน ของเลือดและก๊าซ “ ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา).
กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สมหวัง คุรุรัตน์. (2539). เอกสารคำสอน การออกแบบและพัฒนาระบบการสอน.
ภาคเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สันติย์ กายาผาด. (2539). Hypermedia เทคโนโลยีใหม่ในการสอนและการนำเสนอ.
เทคโนโลยีการศึกษา. 3(3) : 31-41.
- สาโรช บัวศรี. (2529, มกราคม – มีนาคม). บุรณาการ. สารานุกรมศึกษาศาสตร์. (3) : 7 – 8.
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. สำนักงานกฤษฎมนตรี (2542).
พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม(ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545.
สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.สำนักงานกฤษฎมนตรี สรุปสาระ
สำคัญแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 9 พ.ศ. 2545 - 2550. (2545).
_____. สรุปสาระ สำคัญแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 พ.ศ. 2550 - 2554.
(2549).
- สินีนาถ ตลิ่งผล.(2541). การสังเคราะห์วิทยานิพนธ์เกี่ยวกับองค์ประกอบในบทเรียนคอมพิวเตอร์
ช่วยสอนในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528-2540 : การวิเคราะห์ห่อภิมาณ.
วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต (โสตทัศนศึกษา) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สิริพัชร เจษฎาวิโรจน์ (2546). การจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย.
- สุกรี รอดโพธิ์ทอง; อรจรรย์ ณ ตะกั่วทุ่ง;และ วิชุดา รัตนเพียร (2542, กรกฎาคม-ตุลาคม).
การวิเคราะห์โปรแกรมช่วยสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน. ครูศาสตร์. 52-66.
- สุนันทา มนัสมงคล. (2542). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนออนไลน์เรื่องมรดกทาง
พันธุกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ด.
(วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สุนีย์ ภูพันธ์ (2546). แนวคิดพื้นฐาน การสร้างและการพัฒนาหลักสูตร ยุคปฏิรูปการศึกษาไทย. พิมพ์ครั้งแรก.สำนักพิมพ์ The Knowledge Center ในเครือบริษัทดวงกมลเชียงใหม่ จำกัด.

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. (2537). เอกสารประกอบการสอนวิชา ปถ.511 การพัฒนาหลักสูตรและการสอนในระดับประถมศึกษา. กรุงเทพฯ : ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

_____. (2542). หน่วยการเรียนรู้แบบหัวเรื่อง. ใน สารานุกรมศึกษาศาสตร์ ฉบับเฉลิมพระเกียรติ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวในวโรกาสทรงครองราชย์ครบ 60 ปี. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สุพจน์ มงคลพิชญรักษ์. (2538). ผลของการกำหนดระดับการควบคุมความก้าวหน้าในการเรียนโดยโปรแกรมในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ต่ำ. ปรินญาณพนธ์ กศ.ม. (โสตทัศนศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุภาพ รมณีย์พิกุล (2541) คอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องสมดุลเคมี. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก.

สุรางค์ ไคว์ตระกูล. (2545). จิตวิทยาการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5 ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. บริษัทด้านสุทธาการพิมพ์จำกัด.

สุลัดดา ลอยฟ้า. (2537,พฤษภาคม – สิงหาคม). คอมพิวเตอร์กับการเรียนการสอน. วารสารศูนย์การศึกษาต่อเนื่อง. 2(4)

สุวิทย์ มูลคำ ;และอรทัย มูลคำ.(2543). เรียนรู้สู่ครูมืออาชีพ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ:ที.พี.พรินท์. เสาวณีย์ สิกขาบัณฑิต. (2528:ตุลาคม-ธันวาคม). เทคโนโลยีทางการศึกษา: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

หน่วยศึกษานิเทศก์ เขตการศึกษา7 (2539). แนวทางการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ พิษณุโลก: หน่วยศึกษานิเทศก์ เขตการศึกษา7.

อรพันธ์ ประสิทธิ์รัตน์. (2530). คอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : บริษัทกราฟแมนเพรส จำกัด.

อารี รังสินนท์. (2532). ความคิดสร้างสรรค์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ข้าวฟ่าง.

อุษา จินเจนกิจ. (2544). การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และทักษะการทดลองทางวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาวิชาการเคมี ชั้นปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยสอนประกอบการทดลอง เรื่องการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ.ปรินญาณพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

Agnew, P.W., Kellerman, A.S.; & Meyer, J.M.(1996). *Multimedia in the Classroom*.

Massachusetts : A Simon & Schuster Company.

- Alessi, Stephen M.; & Stanley R. Trollip. (1985). *Computer-Based Instruction*. New Jersey : Prentice-Hall, Englewood.
- Allport, Gardon W. (1935). *Attitude*, in S. Murchison, ed. *Handbook of social Psychology*. Clark University Press, Massachusetta.
- Ausubel, David P. (1968). *Educational Psychology : A cognitive View*. New York : Holt Rinehart and Winston, Inc.
- Barbacci, Rosemary T. (1992). *Analysis of Learning by High School Biology Students Using Computer Simulated and Computer-assisted Instruction*: Retrieved December 1, 1992, from <http://wwwlib.umi.com/dissertations/fullcit/9226522>.
- Benjamin, S. Bloom: (1956). *Taxonomy of Education Objectives Handbook1 : Cognitive Domain*. New York : Longman Inc.
- Borg, Walter R. ;& Meredith, D Gall. (1979). *Educational Research*. New York: Longman
- Brock, Patricia Ann. (1994). *Educational Technology in The Classroom*. Eaglewood Cliffs, NJ : Educational Technology Publications.
- Campbell, N. A. ;& Reece, J. B. (2002). *Biology*. Sixth edition. Benjamin Cummings.
- Chang, C-Y. (2002, November). *The Impact of Different Forms of Multimedia CAIO on Students' Science Achievement. Innovations in Education and Teaching International*. Abstract. 39(4).
- Collette, Alfred T. (1973). *Science Teaching in The Secondary School*. Boston : Allyn and Bacon.
- David, L.Nelson ; & Michael, M Cox Lehninger. (2000). *Principles of Biochemistry*. Third edition Worth Publisher.
- de Bono, Edward. (1982) *Lateral Thinking : A Text Book of Creativity*. Harondsworth : Penquin Books.
- Dence, M. (1980, May). Toward Defining The Role of CAL. *A Review. Educational Technology*. 20(5) : 50-54.
- Dewey, John. (1933). *How We Think*. Boston: D.C. Helth Company.
- Espich, James E ;& Bill Williams. (1967). *Developing Programmed Instructional Materials*. New York : Lear Siegler.
- Finkel.(1996 :April). Making Sense of Genetics: Students' Knowledge Use during Problem Solving in a High School Genetics Class. *Journal of Research in Science Teaching*. 37(4) 345-368.
- Freeman Garlsmith ;& Sears. (1970). *Social Psychology*. New Jersey : Prentice-Hall.

- Gagne, Robert M. (1970) *The Condition of Learning*. 2nd New York : Holt Rinehart and Winton.
- Gardner, H. (1983). *Frame of Mind Theory of Multiple Intelligences*. N.Y. Basic Books.
- Gizara, Jeanne M. (1980). A Computer of the Effects Student Controlled CAI in a Remedial Program for Solving Problems in Chemistry. *Dissertation Abstracts International*. 49(08): 3236-B; February.
- Good, Carter V.(1973) *Dictionary Of Education*. New York: McGraw-Hill.
- Gordon, M. Barrow. (1974). *Physical Chemistry for the Life Sciences International Student*. International. McGraw-Hill.
- Guilford, J.P. (1967). *The Nature of Human Intelligence*. New York : McGraw-Hill.
- Hall, Keith A. (1982). Computer-Based Education. *In Encyclopedia of Education Research* by Harold E. Mitrel,V.1 (353-363) New York : Free Press.
- Hinchliffe, Alan. (1998). Modelling Molecular Structures. *Biochemical Education* 26:35-39
- Hounshell, P.B.; & Hill, S.R., Jr. " The Microcomputer and Achievement and Attitudes in High School Biology ".*Journal of Research in Science Teaching* 26/6(1989): Abstract.
- Johnsen, Susan (1994. May-June). Figuring Out Interdisciplinary Curriculum. *Gifted Child Today Magazine*. 17(3) : 37-39.
- Kettinger, W.J. (1991, August). Computer Classrooms in Higher Education: An Innovation in Teaching. *Educational Technology*. 31(8): 36-43.
- Klopfer, L.E. (1971). *Evaluation of Learning in Science. Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. New York : McGraw-Hill Book Company. : 559-641.
- Kulik, James A and Chen-Lin C. Kulik. (1989). Meta-analysis in Education. *International Journal of Educational research*. 13(3): 278-279.
- Kulik, James A , Chen-Lin C. Kulik and Peter A. Cohen. (1980). Effectiveness of Computer-based College Teaching: A Meta-analysis of Finding. *Review of Educational Research* 50(4): 534-537, Winter.
- Lake, K. (2000,) Integrated Curriculum. Retrieved February 1, 2000, from <http://www.nwrel.org/scpd/sirs/8/co16.html>
- Lemlech, J. K. (2002). "*Curriculum and Instruction Method for the Elementary and Middle School*. Upper Saddle River, N. J. : Pearson Education.
- Moravesik, Michael J. (1981). *Creativity in Science Education*. *Science Education*. 65(2) : 221-227.

- Nix Don, Rand Spiro. (1990). *Cognition, Education and Multimedia: Exploring Ideas in High Technology*. Hillsdale, N.J. : Lawrence Erlbaum.
- Oden, Robin Earl. (1982). An Assessment of the Effective of Computer-Assisted Instruction on Altering Teaching Behavior and The Achievement and Attitudes of Ninth Grade Pre-Algebra Mathematics Students. *Dissertation Abstracts International*. 43(2):355-A; August.
- Olmsted, Williams. (1994). *Chemistry The Molecular Science*. Mosby-Year Book.
- Piltz, A.;& Sund, R. (1969). *Creative Teaching of Science in the Elementary School*. Boston : Allyn and bacon.
- Ratner, Mark. ;& Daniel Ratner. (2003). *Nanotechnology : A Gentle Introduction to the Next Big Idea*. Pearson Education, Inc.
- Reed, Barbara Barnes. (1986). The Effect of Computer-Assisted Instruction on Achievement and Attitudes of Underachievers in High School Biology. Retrieved October,1986, from <http://wwwlib.umi.com/dissertations/fullcit/8613510>
- Renold, A.; & Iwinski. (1995). *Multimedia Training Developing Technology-Based System*. New York : McGrawHill.
- Russell, David H. (1956:281-282). *Children's Thinking*. New York : Oinn and Company.
- Sims, Roderick. (1991). *Computer-Based-Training*. Sydneys : UTS Press.
- Soyibo, K.; & Hudson, A. (2000). Effects of Computer-Assisted Instruction(CAI) on 11 th Graders' Attitudes to Biology and CAI and Understanding of Reproduction in Plants and Animals. *Research in Science and Technological Education* 1 November vol.18. no.2 :191-199(9).
- Talluto, Mark Anthony.(1997). Computer-based Marine Biology Simulation. Retrieved August, 1997, from <http://wwwlib.umi.com/dissertations/fullcit/1384195>.
- Tauro, John P. (1981). *A Study of Academically Superior Students Response to Particular Assisted Programs in Chemistry*. *Dissertation Abstracts International*. 42(2): 643-A.
- Taylor, Calvin W. (1964). *Creativity : progress and Potential*. New York : McGraw-Hill.,Inc.
- Torrance. E. P. (1965). *Guiding creative talent*. Eaglewood Cliffs : Prentice Hall.
- UNESCO. (1981). Integrating Subject Areas in Primary Education Curriculum. *Report Finalization Meeting.Bangkok* : 9-15 December 1981.
- Voet, Donald ;& Voet, Judith G. (2004). *Biochemistry* Third edition. John Wiley & sons.
- Wallace, M ;& Kogan, N. (1965). *Modes of Thinking in Young Children*. New York :Holt, Rinehart and Winston.

- Williams, David J. (1988). *Biochemistry An Illustrated Outline*. J.B. Lippincott Company. Philadelphia.
- Wise ;& Kevin Charles. 1984. The impact of microcomputer simulation on the achievement and attitude of High School Physical Science Student. *Dissertation Abstracts International*. 44 (February) : 2432-A.
- Yalcingalp, S. Geban, O.;& Ozgan, I. (1995, November). Effectiveness of Using Computer-Assisted Supplementary Instruction for Teaching the Mole Concept. *Journal of Research in Science Teaching*. 32(10): 1083-1095.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้เชี่ยวชาญประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ด้านเนื้อหา และความสอดคล้องของ
แบบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านความรู้ความเข้าใจ
2. ผู้เชี่ยวชาญประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา
3. ผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบวัดเจตคติต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุล
และแบบวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ
4. ผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

1. ผู้เชี่ยวชาญประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ด้านเนื้อหา และความสอดคล้องของแบบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านความรู้ความเข้าใจ

- | | |
|----------------------------------|---|
| 1. รศ. ดร. ณสรณ์ ผลโภค | ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร |
| 2. รศ. ดร. เนตรนภิส ชีระวัลย์ชัย | ภาควิชาชีวเคมี
คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล |
| 3. ดร. วณิดา ธนประโยชน์ศักดิ์ | หัวหน้าสาขาชีววิทยา
สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่ง
ประเทศไทย |
| 4. ดร.ศิริพร มโนพิเชษฐวัฒนา | รองหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนสตรีสมุทรปราการ |
| 5. ดร.มนัส บุญประกอบ | สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร |

2. ผู้เชี่ยวชาญประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1. ดร. ขวัญหญิง ศรีประเสริฐภาพ | ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร |
| 2. อาจารย์ สุทธิศักดิ์ แซ่แต้ | ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร |

3. ผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบวัดเจตคติต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุลและแบบวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ

1. ดร. พรณี บุญประกอบ

สถาบันวิจัยพฤกษศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

2. รศ. ดร. อรพินท์ ชูชม

สถาบันวิจัยพฤกษศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

3. ดร. อังคินันท์ อินทรกำแหง

สถาบันวิจัยพฤกษศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

4. ผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

รศ. ดร. อารี พันธุ์มณี

หัวหน้าสาขาวิชาจิตวิทยาเพื่อการพัฒนามนุษย์
มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

ภาคผนวก ข

แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ โดยผู้เชี่ยวชาญ

1. ด้านเนื้อหา
2. ด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา

ตาราง 15 แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ด้านเนื้อหา

คำชี้แจง : โปรดอ่านข้อความต่อไปนี้แล้วทำเครื่องหมาย / ลงในช่องที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่านที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ช่วยสอน

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ				
	ดีมาก 5	ดี 4	ปานกลาง 3	พอใช้ 2	ควรปรับปรุง 1
1.ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ					
1.1 เนื้อหาบทเรียนครอบคลุมวัตถุประสงค์					
1.2 การแบ่งย่อยเนื้อหามีความเหมาะสม					
1.3 การจัดลำดับขั้นตอนการนำเสนอเนื้อหา					
1.4 ความถูกต้องของเนื้อหา					
1.5 ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา					
1.6 เนื้อหามีความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน					
1.7 ความเหมาะสมของเนื้อหาปฏิบัติการ					
1.8 ความละเอียดของเนื้อหา					
1.9 การสรุปเนื้อหาบทเรียน					
1.10 ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้					
1.11 ความน่าสนใจของเนื้อหาบทเรียน					
1.12 ความทันสมัยของการนำเสนอเนื้อหา					
1.13 แบบฝึกหัดสอดคล้องกับวัตถุประสงค์					
1.14 แบบทดสอบสอดคล้องกับวัตถุประสงค์					
2.ด้านภาพ เสียงและการใช้ภาษา					
2.1 ภาพที่ใช้สอดคล้อง / เหมาะสมกับการอธิบายเนื้อหาบทเรียน					
2.2 ภาพเคลื่อนไหวและภาพ 3 มิติช่วยให้ความเข้าใจเนื้อหา					
2.3 ความเหมาะสมของขนาดภาพที่ใช้					
2.4 ความเหมาะสมของคำศัพท์และสัญลักษณ์					
2.5 การใช้ภาษาถูกต้อง สื่อความหมายชัดเจน					

ตาราง 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ				
	ดีมาก 5	ดี 4	ปาน กลาง 3	พอใช้ 2	ควรปรับ ปรุง 1
2.6 ความชัดเจนของเสียงบรรยาย					
2.7 การกระตุ้นความสนใจของเสียงประกอบ					
3.ด้านการนำไปใช้					
3.1 การส่งเสริมให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์					
3.2 การส่งเสริมให้เกิดความกระตือรือร้น					
3.3 ความน่าสนใจและทำให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียน					
3.4 ความสะดวกรวดเร็ว					
3.5 ความเหมาะสมในการนำไปใช้สอนแทนครู					
4.พิจารณาบทเรียนโดยรวม					
ประเมินให้บทเรียนมีคุณภาพอยู่ในระดับ					

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

()

วันที่...../...../.....

ตาราง 16 แบบประเมินบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ ด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา

คำชี้แจง : โปรดอ่านข้อความต่อไปนี้แล้วทำเครื่องหมาย / ลงในช่องที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของท่านที่มีต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ				
	ดีมาก 5	ดี 4	ปานกลาง 3	พอใช้ 2	ควรปรับปรุง 1
1.ด้านภาพ เสียงและการใช้ภาษา					
1.1 ภาพที่ใช้สอดคล้อง / เหมาะสมกับเนื้อหาบทเรียน					
1.2 ภาพเคลื่อนไหวและภาพ 3 มิติช่วยให้เกิดความเข้าใจเนื้อหา					
1.3 ความเหมาะสมของขนาดภาพที่ใช้					
1.4 ความเหมาะสมของคำศัพท์และสัญลักษณ์					
1.5 การใช้ภาษาถูกต้อง สื่อความหมายชัดเจน					
1.6 ความชัดเจนของเสียงบรรยาย					
1.7 ความสัมพันธ์ระหว่างภาพกับเสียงบรรยาย					
1.8 การกระตุ้นความสนใจของเสียงประกอบ					
2.ด้านการออกแบบระบบการเรียนการสอนและจอภาพ					
2.1 การออกแบบระบบการเรียนการสอนมีความต่อเนื่องเหมาะสม					
2.2 ความยาวของแต่ละหน่วยย่อยที่น่าเสนอ					
2.3 ความยืดหยุ่น ผู้เรียนสามารถควบคุมลำดับการเรียนรู้ได้					
2.4 การออกแบบหน้าจอเหมาะสม					
2.5 ขนาดตัวอักษรเหมาะสม					
2.6 สีตัวอักษรเหมาะสมและชัดเจน					
2.7 พื้นหลังที่ใช้ในบทเรียนเหมาะสม					

ตาราง (16) ต่อ

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ				
	ดีมาก 5	ดี 4	ปาน กลาง 3	พอใช้ 2	ควร ปรับปรุง 1
2.8 ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบและสร้างภาพ					
2.9 การออกแบบโปรแกรมให้ใช้งานง่าย และมีความเหมาะสมในการปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียน					
3.การจัดบทเรียน					
3.1 คำอธิบายเนื้อหาในบทเรียนชัดเจน					
3.2 ความต่อเนื่องของการนำเสนอเนื้อหา					
3.3 การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนควบคุมการเรียนรู้ด้วยตนเองเช่นการใช้เมาส์ แป้นพิมพ์ และการใช้เวลา					
3.4 วิธีการโต้ตอบกับบทเรียนเหมาะสม					
3.5 ความสะดวกและความคล่องตัวในการใช้บทเรียน					
3.6 การประเมินผลมีความเหมาะสม โดยมีความหลากหลายและเพียงพอที่ผู้เรียนสามารถทราบผลการประเมินเพื่อตรวจสอบความเข้าใจได้ทันที					
4. พิจารณาทบทเรียนโดยรวม					
ประเมินให้บทเรียนมีคุณภาพอยู่ในระดับ					

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

()

วันที่...../...../.....

ภาคผนวก ค
แบบประเมินแบบวัดเจตคติโดยผู้เชี่ยวชาญ

1. ตอบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่องชีวโมเลกุล
2. ต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุล

ตาราง 17 แสดงแบบประเมินความสอดคล้องของแบบวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ

คำชี้แจง : โปรดประเมินความสอดคล้องของแบบวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน เรื่องชีวโมเลกุล โดยอ่านข้อความต่อไปนี้แล้วกรุณาทำเครื่องหมาย / ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

รายการประเมิน	ความสอดคล้อง		
	เห็นด้วย +1	ต้องแก้ไข 0	ต้องตัดทิ้ง -1
องค์ประกอบด้านการประเมินค่า			
1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาชีวโมเลกุลง่ายขึ้นเพราะทำให้เห็นภาพได้อย่างเป็นรูปธรรม			
2. การเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทำให้นักเรียนมีอิสระกว่าการเรียนตามปกติ			
3. นักเรียนสามารถเลือกเนื้อหาที่ต้องการเรียนได้ตามต้องการเมื่อเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน			
4. การเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทำให้นักเรียนสามารถค้นคว้าในเรื่องที่เกี่ยวข้องได้ดีขึ้น			
5. นักเรียนคิดว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้สามารถนำไปปรับใช้กับการเรียนวิทยาศาสตร์การแพทย์ และเทคโนโลยีชีวภาพได้เป็นอย่างดี			
องค์ประกอบด้านความรู้สึก			
6. นักเรียนชอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพราะสะดวกและง่ายต่อการใช้			
7. นักเรียนรู้สึกเพลิดเพลินจากการเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน			
8. นักเรียนไม่รู้สึกเครียดเพราะสามารถควบคุมการเรียนได้ด้วยตนเอง			
9. นักเรียนพอใจที่สามารถย้อนกลับไปศึกษาเนื้อหาที่ไม่เข้าใจได้ตามต้องการ			

ตาราง 17 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความสอดคล้อง		
	เห็นด้วย +1	ต้องแก้ไข 0	ต้องตัดทิ้ง -1
10. นักเรียนมีแรงจูงใจที่จะศึกษาเนื้อหาต่อไปเมื่อรู้ผลการทดสอบระหว่างเรียน			
องค์ประกอบทางด้านแนวโน้มในเชิงพฤติกรรม			
11. นักเรียนจะตั้งใจเรียนเรื่องชีวโมเลกุลหากได้เรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน			
12. นักเรียนกระตือรือร้นที่จะเรียนเนื้อหาต่อไปในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน			
13. นักเรียนจะพยายามทำคะแนนสอบให้ดีขึ้น เมื่อเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน			
14. ถ้ามีโอกาสเลือก นักเรียนจะเลือกเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมากกว่าการเรียนรู้แบบอื่น			
15. นักเรียนจะชักชวนผู้อื่นให้มาเรียนเรื่องชีวโมเลกุลโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน			

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
()

วันที่...../...../.....

ตาราง 18 แสดงแบบประเมินความสอดคล้องของแบบวัดเจตคติต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุล

คำชี้แจง : โปรดประเมินความสอดคล้องของแบบวัดเจตคติต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุล โดยอ่านข้อความต่อไปนี้แล้วกรุณาทำเครื่องหมาย / ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ข้อความ	ความสอดคล้อง		
	เห็นด้วย +1	ต้องแก้ไข 0	ต้องตัดทิ้ง -1
องค์ประกอบด้านการประเมินค่า			
1. เรื่องชีวโมเลกุลไม่ยากเกินไปที่จะทำความเข้าใจ			
2. การเรียนเรื่องชีวโมเลกุลทำให้นักเรียนเรียนรู้ในเรื่องต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตดีขึ้น			
3. นักเรียนคิดว่าถ้านำความรู้เรื่องชีวโมเลกุลไปใช้ในชีวิตประจำวันจะทำให้คุณภาพชีวิตดีขึ้น			
4. นักเรียนคิดว่าความรู้เรื่องชีวโมเลกุลเป็นพื้นฐานในการเรียนวิทยาศาสตร์การแพทย์ และเทคโนโลยีชีวภาพได้เป็นอย่างดี			
5. นักเรียนเห็นคุณค่าและประโยชน์ของชีวโมเลกุล			
องค์ประกอบด้านความรู้สึก			
6. นักเรียนรู้สึกเพลิดเพลินในการเรียนเรื่องชีวโมเลกุล			
7. นักเรียนชอบเรียนเรื่องชีวโมเลกุล ถ้ามีภาพโมเลกุล 3 มิติ ทำให้เห็นเป็นรูปธรรม			
8. นักเรียนพอใจการเรียนเรื่องชีวโมเลกุล ถ้ามีภาพเคลื่อนไหวพร้อมคำอธิบายทำให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น			
9. นักเรียนไม่รู้สึกเบื่อและเกิดแรงจูงใจ ที่มีแบบทดสอบให้ทำในระหว่างเรียน			
10. นักเรียนชอบเรียนเรื่องชีวโมเลกุลที่มีการทดลองจริงในห้องปฏิบัติการ			
องค์ประกอบทางด้านแนวโน้มในเชิงพฤติกรรม			
11. นักเรียนมีความตั้งใจเรียนเรื่องชีวโมเลกุล			

ตาราง 18 (ต่อ)

ข้อความ	ความสอดคล้อง		
	เห็นด้วย +1	ต้องแก้ไข 0	ต้องตัดทิ้ง -1
12. นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนเรื่องชีวโมเลกุล			
13. นักเรียนตั้งใจจะทำคะแนนให้ดีในการสอบชีวโมเลกุล			
14. นักเรียนอยากค้นคว้าเพิ่มเติมในวิทยาศาสตร์เรื่องอื่นที่เกี่ยวข้องกับชีวโมเลกุล			
15. นักเรียนอยากที่จะอธิบายความสำคัญของชีวโมเลกุลให้บุคคลใกล้เคียงได้รับรู้			

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

()

วันที่...../...../.....

ภาคผนวก ง
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ตารางแสดงการจำแนกข้อสอบเรื่องชีวโมเลกุลตามจุดประสงค์การเรียนรู้และจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัย
3. แบบวัดทักษะการทดลอง
4. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ตาราง 19 แสดงการจำแนกข้อสอบเรื่องชีวโมเลกุลตามจุดประสงค์การเรียนรู้และจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

จุดประสงค์การเรียนรู้ หน่วยเนื้อหาชีวโมเลกุล	พฤติกรรมกร เรียนรู้		รวม
	ความรู้- ความ จำ	ความ เข้าใจ	
1 โครงสร้างอะตอม โมเลกุลและพันธะเคมี			9
1.1 บอกชื่อธาตุและปริมาณธาตุที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของสิ่งมีชีวิตได้	1		
1.2 อธิบายโครงสร้างอะตอม ชนิดและจำนวนอนุภาคมูลฐานของอะตอมจากสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุได้		2	
1.3 อธิบายการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนในระดับพลังงานต่างๆในอะตอม		2	
1.4 อธิบายการเกิดสเปกตรัมได้		2	
1.5 อธิบายการเกิดพันธะเคมีในโมเลกุลและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารได้		1	
1.6 อธิบายความหมาย ประโยชน์และผลผลิตทางนาโนเทคโนโลยีได้	1		
หน่วยที่ 2 ชนิด โครงสร้าง ความสำคัญและการประกอบเข้าด้วยกันของสารชีวโมเลกุล			50
2.1 บอกชื่อชีวโมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบเยื่อหุ้มเซลล์ได้	2		
2.2 คาร์โบไฮเดรต			12
2.2.1 บอกสูตรโมเลกุล โครงสร้างโมเลกุล และประเภทน้ำตาลมอโนแซ็กคาไรด์ได้	3	3	
2.2.2 สามารถหาจำนวนและบอกชนิดของไอโซเมอร์ได้	1	1	
2.2.3 อธิบายโครงสร้าง คุณสมบัติและองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตแต่ละประเภทได้	2	1	
2.2.4 บอกประโยชน์ของคาร์โบไฮเดรตได้	1		
2.3. โปรตีน			12
2.3.1 อธิบายโครงสร้างโมเลกุลของกรดอะมิโนและพอลิเพปไทด์ได้	1	2	
2.3.2 บอกตำแหน่งพันธะเพปไทด์ในโปรตีนได้		1	
2.3.3 อธิบายลักษณะโครงสร้างโมเลกุลของโปรตีนแต่ละระดับได้	4	1	
2.3.4 บอกความสำคัญของโปรตีนได้	2	1	

ตาราง 19 (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้ หน่วยเนื้อหาชีวโมเลกุล	พฤติกรรมการเรียนรู้		รวม
	ความรู้- ความ จำ	ความ เข้าใจ	
2.4 ลิพิด			12
2.4.1 บอกประเภทและโครงสร้างของลิพิดชนิดต่างๆได้	3		
2.4.2 อธิบายความแตกต่างของไขมันและน้ำมันได้	1		
2.4.3 เขียนสูตรแบบรหัสของกรดไขมันได้		1	
2.4.4 บอกคุณสมบัติของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้		1	
2.4.5 อธิบายการเกิดปฏิกิริยาบางชนิดของไขมันและน้ำมันได้	1		
2.4.6 อธิบายกลไกการชำระล้างสิ่งสกปรกของสบู่และผงซักฟอกได้	1		
2.4.7 บอกความสำคัญของลิพิดชนิดต่างๆได้	1		
2.4.8 อธิบายโครงสร้างและรูปของคอเลสเตอรอลในร่างกาย	1		
2.4.9 บอกปริมาณคอเลสเตอรอลในอาหารได้	1		
2.4.10 บอกประโยชน์และโทษของคอเลสเตอรอลได้	1		
2.5 กรดนิวคลีอิก			12
2.5.1 อธิบายโครงสร้างโมเลกุล องค์ประกอบและชนิดของกรดนิวคลีอิกได้	3	2	
2.5.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของ DNA และ RNA ได้		2	
2.5.3 บอกคุณสมบัติและความสำคัญของกรดนิวคลีอิกได้	5		
หน่วยที่ 3 ปฏิบัติการทดสอบสารชีวโมเลกุล			6
3.1 บอกชนิดของชีวโมเลกุลได้จากการทดสอบสารคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันในห้องปฏิบัติการ		6	
รวม	36	29	65

แบบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านความรู้ความเข้าใจ
เรื่อง ชีวโมเลกุล สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4

ฉบับที่ 1

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด ให้นักเรียนทำโดยกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใดเรียงลำดับปริมาณธาตุที่พบในคนจากมากไปหาน้อย
 - ก. คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ฟอสฟอรัส
 - ข. ออกซิเจน คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส
 - ค. คาร์บอน ออกซิเจน ไฮโดรเจน ฟอสฟอรัส
 - ง. ออกซิเจน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส

2. ข้อความเกี่ยวกับแบบจำลองอะตอมต่อไปนี้ คำอธิบายข้อใดถูกต้อง
 - ก. แบบจำลองอะตอมของทอมสัน นิวเคลียสของอะตอมมีประจุบวกกระจายอยู่โดยมีประจุลบจำนวนเท่ากันวิ่งวนโดยรอบ
 - ข. แบบจำลองอะตอมของดาลตัน อะตอมมีลักษณะเป็นทรงกลมมีประจุบวกและประจุลบจำนวนเท่ากันกระจาย อยู่ทั่วไปในอะตอม
 - ค. แบบจำลองอะตอมของโบร์ อิเล็กตรอนจะอยู่คงที่ในแต่ละชั้นและโคจรเป็นวงรอบนิวเคลียส โดยไม่สามารถเปลี่ยนระดับของชั้นได้
 - ง. แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก อะตอมประกอบด้วยโปรตอนและนิวตรอนรวมกันอยู่ตรงนิวเคลียสมีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปรอบๆตลอดเวลา โดยไม่สามารถบอกตำแหน่งที่แน่นอนได้

3. ข้อใดเป็นสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ Z ที่มีจำนวนอิเล็กตรอน 53 อนุภาคและจำนวนนิวตรอน 78 อนุภาค
 - ก. ${}_{78}^{53}\text{Z}$
 - ข. ${}_{53}^{78}\text{Z}$
 - ค. ${}_{53}^{131}\text{Z}$
 - ง. ${}_{78}^{131}\text{Z}$

4. ไอออนในข้อใดมีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเหมือน ${}_{7}\text{N}^{3-}$

ก. ${}_{14}\text{Si}^{2+}$

ข. ${}_{13}\text{Al}^{+}$

ค. ${}_{15}\text{P}^{3+}$

ง. ${}_{12}\text{Mg}^{2+}$

5. ธาตุที่มีเลขอะตอม 40 มีการจัดเรียง อิเล็กตรอนของธาตุดังต่อไปนี้

ก. 2, 8, 18, 12

ข. 2, 8, 8, 18, 4

ค. 2, 8, 18, 8, 4

ง. 2, 18, 8, 8, 4

6. ข้อความเกี่ยวกับสเปกตรัม ข้อ A - D ข้อความใดถูกต้อง

A. สเปกตรัมที่เกิดจากการฉายแสงสีขาวผ่านปริซึมจะเป็นสเปกตรัมแบบต่อเนื่อง

B. เกิดจากการรับพลังงานเพื่อเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนไปสู่ระดับที่สูงกว่า

C. แสงที่มีความยาวคลื่นยาวจะมีพลังงานสูงกว่าแสงที่มีความยาวคลื่นสั้น

D. ระยะห่างระหว่างชั้นระดับพลังงานที่สูงขึ้นจะลดลงมากขึ้น

ก. A และ C

ข. A และ D

ค. B และ D

ง. A B และ C

7. ข้อความเกี่ยวกับสเปกตรัมต่อไปนี้ข้อใดถูกต้อง

ก. แสงสีม่วงมีพลังงานต่ำกว่าแสงสีเขียว

ข. ธาตุที่มีอิเล็กตรอนเพียง 1 ตัวจะให้สเปกตรัมเพียง 1 เส้น

ค. การที่อิเล็กตรอนเปลี่ยนตำแหน่งจากระดับพลังงานสูงมาสู่ระดับพลังงานต่ำ ทำให้อะตอมมีความเสถียร

ง. เมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานจะขึ้นไปสู่ระดับพลังงานที่สูงขึ้นได้ทีละระดับไม่สามารถข้ามขั้นเกินกว่านี้ได้

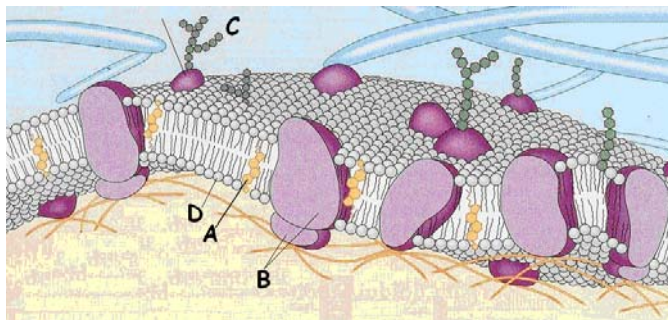
8. ข้อความเกี่ยวกับพันธะเคมี ข้อใดไม่ถูกต้อง

- ก. พันธะเคมีเกิดจากแรงกระทำระหว่างอิเล็กตรอนกับอิเล็กตรอน
- ข. พันธะไอออนิกเป็นพันธะเคมีที่เกิดจากแรงดึงดูดระหว่างไอออนบวกและไอออนลบ
- ค. พันธะโคเวเลนต์เป็นพันธะที่เกิดจากอะตอมใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันเป็นคู่ๆ ซึ่งจะมีจำนวนมากกว่า 1 คู่ก็ได้
- ง. พันธะไฮโดรเจนเป็นแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดจากไฮโดรเจนกับอะตอมของธาตุที่มีความสามารถในการดึงดูดอิเล็กตรอนสูงและมีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวในโมเลกุล

9. จงพิจารณาข้อความเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยีต่อไปนี้ ข้อความใดไม่ถูกต้อง

- ก. โครงสร้างนาโนมีขนาด $10^{-10} - 10^{-7}$
- ข. เทคโนโลยีที่นำอะตอมมาจัดเรียงกันด้วยความแม่นยำและถูกต้องให้ได้วัสดุขนาดจิ๋วที่ต้องการ
- ค. คุณสมบัติของของเงินที่ได้จากการนำอะตอมเงินมาเรียงกันในระดับนาโนจะเหมือนกับของก้อนเงินขนาด 0.1 ลูกบาศก์เมตร
- ง. นาโนเทคโนโลยีมีประโยชน์ทั้งด้านอุตสาหกรรมและการแพทย์

10. รูปเยื่อเซลล์ องค์ประกอบ A B และ C คือข้อใด

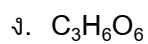
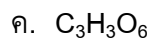
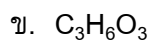
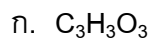


- ก. A คือ ฟอสโฟลิพิด B คือ คอเลสเตอรอล C คือ คาร์โบไฮเดรต
- ข. A คือ คอเลสเตอรอล B คือ โปรตีน C คือ คาร์โบไฮเดรต
- ค. A คือ ฟอสโฟลิพิด B คือ คอเลสเตอรอล C คือ โปรตีน
- ง. A คือ คอเลสเตอรอล B คือ คาร์โบไฮเดรต C คือ ลิพิด

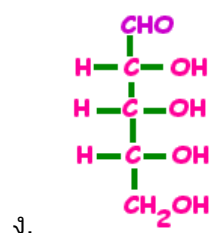
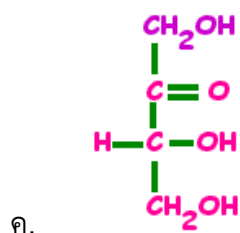
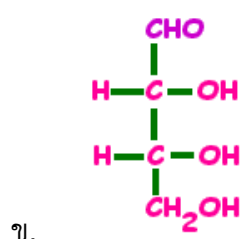
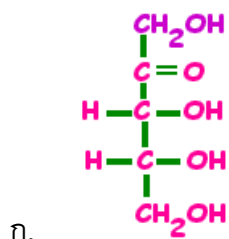
11. จากรูปเยื่อเซลล์ องค์ประกอบ D คือข้อใด

- ก. ฟอสโฟลิพิด
- ข. คอเลสเตอรอล
- ค. โปรตีน
- ง. คาร์โบไฮเดรต

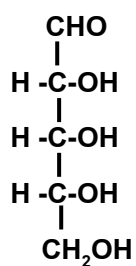
12. ข้อใดเป็นสูตรโมเลกุลของน้ำตาลไตรโอส(triose)



13. โครงสร้างโมเลกุลของน้ำตาลในข้อใดเป็นน้ำตาลaldotetrose



14. จากโครงสร้างโมเลกุลของมอนแซ็คคาไรด์ แบบ Fischer projection ดังรูป จะได้ไอโซเมอร์ จำนวนเท่าไร



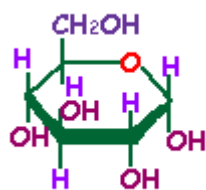
ก. 2

ข. 4

ค. 8

ง. 16

15. จากรูปเป็นโครงสร้างวงแหวนแบบ Haworth projection ของน้ำตาลในข้อใด



- ก. α -D-fructofuranose
- ข. β -D-fructofuranose
- ค. α -D-glucopyranose
- ง. β -D-glucopyranose

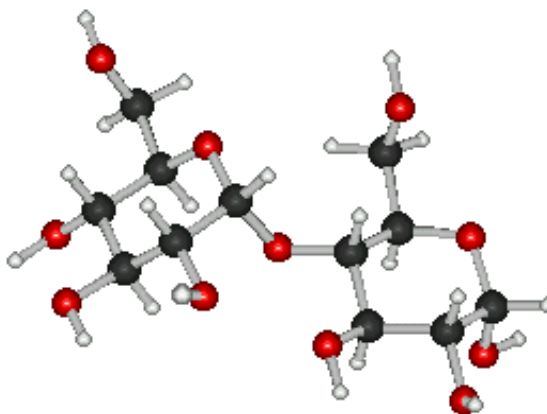
16. ปรากฏการณ์ที่ α และ β anomer ในสารละลาย สามารถเปลี่ยนกลับไปกลับมาได้ เรียกว่า

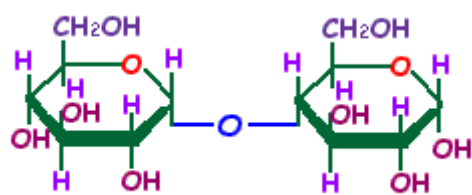
- ก. Polarization
- ข. Isomerization
- ค. Mutarotation
- ง. Optical rotation

17. น้ำตาลใดแซคคาไรด์ในข้อใดจัดเป็น nonreducing sugar

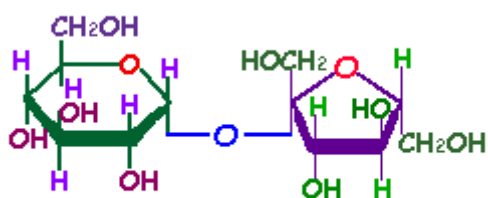
- ก. ซูโครส
- ข. มอลโตส
- ค. แลคโตส
- ง. เซลโลไบโอส

18. จากโครงสร้างโมเลกุล 3 มิติ นี้ตรงกับโครงสร้างโมเลกุลของน้ำตาลในข้อใด

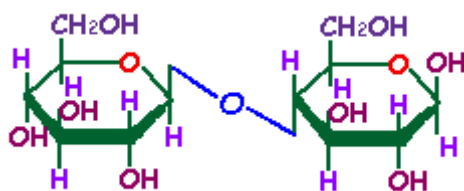




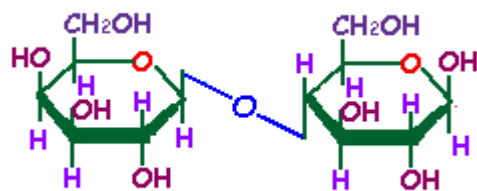
ก.



ข.

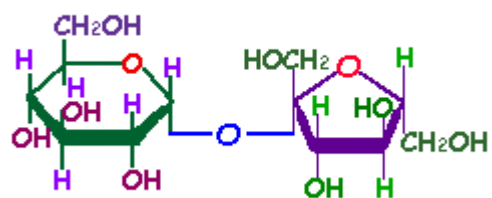


ค.



ง.

19. จากภาพเป็นโครงสร้างโมเลกุลของสารในข้อใด



ก. มอลโตส

ข. ซูโครส

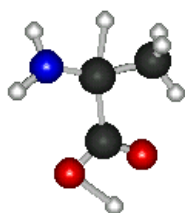
ค. แลคโตส

ง. เซลโลไบโอส

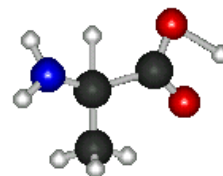
20. ข้อใดเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างในเปลือกหอย
- อินูลิน
 - เพคติน
 - ไคติน
 - เซลลูโลส
21. น้ำตาลใดแซ็กคาไรด์ในข้อใดที่สามารถถูกย่อยสลายได้ในกระเพาะอาหารของคนแล้วให้น้ำตาลกลูโคส 2 โมเลกุล
- ซูโครส
 - แลคโตส
 - มอลโตส
 - เซลโบไอโบส
22. เมื่อเปรียบเทียบโครงสร้างอะมิโลสของแป้งกับเซลลูโลส ข้อความใดถูกต้อง
- เหมือนกันเพราะเป็น heteropolysaccharide
 - ต่างกันเพราะอะมิโลสมีโครงสร้างแบบมีกิ่งแต่เซลลูโลสไม่แตกกิ่ง
 - เหมือนกันเพราะทำปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีนให้สีน้ำเงิน
 - ต่างกันเพราะกลูโคสในอะมิโลสต่อกันด้วยพันธะแอลฟา 1,4 ไกลโคซิดิกแต่ในเซลลูโลสเป็นพันธะเบต้า 1,4 ไกลโคซิดิก
23. ข้อความเกี่ยวกับสารประกอบคาร์โบไฮเดรตต่อไปนี้ ข้อใดไม่ถูกต้อง
- อิมูโนโกลบูลินเป็นไกลโคโปรตีน
 - หมู่เลือด A B และ O เป็นไกลโคลิพิด
 - ไกลโคอะมิโนไกลแคนในร่างกายจะมีประจุบวก
 - สายของไกลโคอะมิโนไกลแคนเป็น repeating disaccharide unit
24. ข้อความเกี่ยวกับโครงสร้างของกรด อะมิโนและพอลิเพปไทด์ต่อไปนี้ ข้อใดผิด
- เมื่อสลายพอลิเพปไทด์จะได้กรดอะมิโนเท่านั้น
 - กรดอะมิโนโดยมากจะมีอย่างน้อย 1 อะตอมคาร์บอนที่ไม่สมมาตร
 - เป็นสารประกอบพอลิเมอร์ของกรดอะมิโนและการแตกกิ่ง
 - หมู่อะมิโนของกรดอะมิโนหนึ่งจะเชื่อมต่อกับหมู่คาร์บอกซิลด้วยพันธะเพปไทด์

25. อาหารในข้อใดต่อไปนี้มีคุณค่าทางชีววิทยาของโปรตีนมากที่สุด
- ข้าว
 - นม
 - ถั่วเหลือง
 - เนื้อปลา
26. ข้อใดไม่ใช่หน้าที่สำคัญของโปรตีน
- เป็นภูมิคุ้มกันในร่างกาย
 - ช่วยในการหดตัวของกล้ามเนื้อลาย
 - เป็นต้นแบบสำหรับสังเคราะห์เอ็นไซม์
 - ช่วยนำออกซิเจนไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย
27. ถ้าวร่างกายต้องการพลังงาน 420 กิโลแคลอรี ท่านจะต้องรับประทานอาหารโปรตีนกี่กรัม
- 60 กรัม
 - 70 กรัม
 - 84 กรัม
 - 105 กรัม
28. ข้อความเกี่ยวกับคอลลาเจนต่อไปนี้ ข้อใดผิด
- ประกอบด้วยสายเพปไทด์ 3 สาย
 - เพปไทด์แต่ละสายเป็นเกลียวเวียนซ้าย
 - เกิดเป็นเกลียวใหญ่ triple helix ที่เวียนซ้าย
 - พบกรดอะมิโน hydroxyproline เป็นองค์ประกอบ
29. โปรตีนแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันดังข้อต่อไปนี้ ยกเว้น ข้อใด
- จำนวนกรดอะมิโน
 - ชนิดของกรดอะมิโน
 - การจัดเรียงลำดับของกรดอะมิโน
 - ชนิดของธาตุพื้นฐานที่เป็นองค์ประกอบหลัก

30. สารในข้อใดเป็นกรดอะมิโน L-Alanine



ก.



ข.

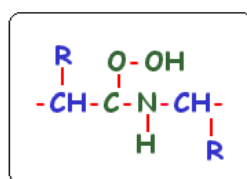


ค.

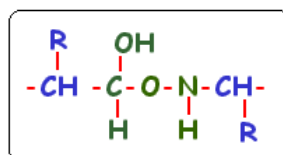


ง.

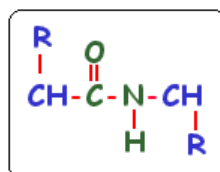
31. ข้อใดแสดงพันธะเพปไทด์ได้ถูกต้อง



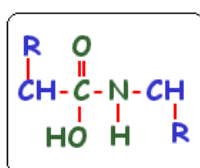
ก.



ข.

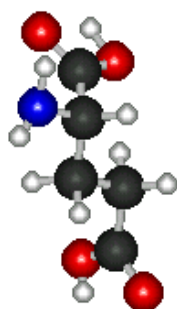


ค.

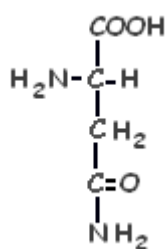


ง.

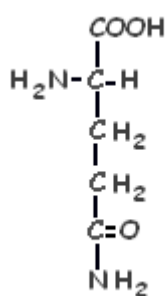
32. จากโครงสร้างโมเลกุล 3 มิติตรงกับภาพ 2 มิติในข้อใด



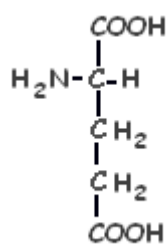
ก.



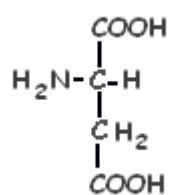
ข.



ค.



ง.



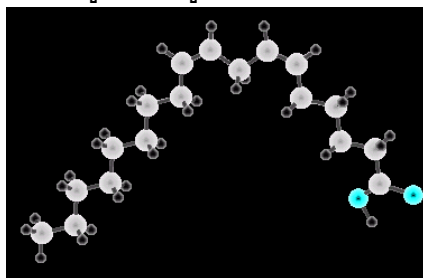
33. ข้อความเกี่ยวกับพอลิเพปไทด์ต่อไปนี้ ข้อใดผิด
- ก. ไทรเพปไทด์มีพันธะเพปไทด์ 3 พันธะ
 - ข. เมื่อสลับกรดอะมิโนของเทตราเพปไทด์จะได้เทตราเพปไทด์ 24 แบบ
 - ค. อะตอม C, O, H และ N จะอยู่ในระนาบเดียวกัน
 - ง. การที่พันธะ CO-C และ CO-N สามารถหมุนรอบแกนได้ทำให้พอลิเพปไทด์ม้วนตัวให้โครงสร้างที่ซับซ้อนขึ้นได้
34. จงพิจารณาข้อความเกี่ยวกับโครงสร้างทุติยภูมิต่อไปนี้ ข้อใดถูก
- ก. แผ่นพ्लीทเบตามีโครงสร้างเป็นเกลียวเวียนขวา
 - ข. เกิดพันธะไฮโดรโฟบิกได้ภายในสายพอลิเพปไทด์เท่านั้น
 - ค. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างกรดอะมิโนเกิดจากพันธะเพปไทด์และไฮโดรเจนเท่านั้น
 - ง. พอลิเพปไทด์แต่ละสายของคอลลาเจนมีโครงสร้างเป็นเกลียวแบบเวียนขวา
35. จงพิจารณาข้อความเกี่ยวกับโครงสร้างตติยภูมิต่อไปนี้ ข้อใดถูก
- ก. ฮีโมโกลบินมีโครงสร้างตติยภูมิ
 - ข. ประกอบด้วยหน่วยย่อยของพอลิเพปไทด์สองหน่วยขึ้นไป
 - ค. เกิดจากแรงแวนเดอร์วาลส์ของสายข้างของกรดอะมิโนทั้งภายในและระหว่างสายพอลิเพปไทด์
 - ง. ประกอบด้วยโครงสร้างทุติยภูมิเฉพาะเกลียว หรือแผ่นพ्लीทเบตาเพียงอย่างเดียวเท่านั้น

แบบวัดผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ด้านความรู้ความเข้าใจ
เรื่อง ชีวโมเลกุล สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 4

ฉบับที่ 2

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด ให้นักเรียนทำโดยกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ

- ลิพิดประเภทใดเป็นส่วนประกอบสำคัญของ lipid bilayer
 - ฟอสโฟลิพิด (phospholipid)
 - ไกลโคลิพิด (glycolipid)
 - คอเลสเตอรอล (cholesterol)
 - ไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride)
- ลิพิดในข้อใดมีองค์ประกอบคือกรดไขมันและแอลกอฮอล์ที่ไม่ใช่กลีเซอรอล
 - ขี้ผึ้ง (wax)
 - ฟอสโฟลิพิด (phospholipids)
 - โมโนกลีเซอไรด์ (monoglyceride)
 - ไตรสเตียรีน (tristearin)
- ข้อความเกี่ยวกับกรดไขมันจำเป็น ต่อไปนี้ ข้อใดผิด
 - ได้จากอาหารเท่านั้น
 - เป็นกรดไขมันโอเมก้า 3 และ 6
 - ได้แก่ กรดไลโนเลนิก (linolenic acid)
 - พบมากในน้ำมันมะพร้าว
- กรดไขมันดังรูปเขียนสูตรแบบรหัสได้อย่างไร



- C18:1, Δ 6
- C18:1, ω -9
- C18:2, Δ 6,9
- C18:2, ω -9,6

5. จากจุดหลอมเหลวและจำนวนคาร์บอนของกรดไขมัน

กรดไขมัน	A	B	C	D
จำนวนคาร์บอน	16	16	18	18
จุดหลอมเหลว °C	43.3	-0.5	64.0	2.2

เมื่อพิจารณาข้อสรุปต่อไปนี้ ข้อใดไม่ถูกต้อง

- ก. B และ D เท่านั้นที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง
 - ข. A จะมีค่า Iodine number มากกว่าของ B
 - ค. B ทำปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชันจะได้ผลผลิตเป็น A
 - ง. C และ D ทำปฏิกิริยารวมกับกลีเซอรอลจะได้ผลผลิตในรูปไขมันของ C และน้ำมันของ D
6. เมื่อพิจารณาข้อความเกี่ยวกับลิพิดธรรมดาต่อไปนี้ข้อใดถูกต้อง
- ก. แบ่งเป็นสองชนิดได้แก่ไขมันและน้ำมัน
 - ข. ปฏิกิริยาแอลกอฮอล์ใช้ในการทำเนยเทียม
 - ค. กรดไขมันที่เกิดพันธะเอสเทอร์กับแอลกอฮอล์สายยาวจะมีลักษณะเป็นไข
 - ง. ไขมันและน้ำมันต่างกันที่หมู่แอลกอฮอล์ที่เกิดพันธะเอสเทอร์กับกรดไขมัน
7. สารในข้อต่อไปนี้ ข้อใดไม่ใช่ลิพิดประกอบ
- ก. คัลโลมายครอน(chylomycron)
 - ข. ไตรปาล์มิติลกลีเซอรอล (tripalmitylglycerol)
 - ค. กลูโคซิลเซอโรโบรไซด์ (glucosylcerebroside)
 - ง. ฟอสฟาติดีล เอทานอลามีน(phosphatidyl ethanolamine)
8. สารในข้อใดไม่เป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของไลโปโปรตีน
- ก. สฟิงโกลิพิด (sphingolipid)
 - ข. ฟอสฟาติดีลโคลีน (phosphatidylcholine)
 - ค. คอเลสเตอรอล เอสเทอร์ (cholesterol ester)
 - ง. ไตรสตีริลกลีเซอรอล (tristearylglycerol)

9. ข้อความต่อไปนี้เป็นผลจากการเกิดปฏิกิริยาเปอร์ออกซิเดชันของน้ำมัน

- ก. มีกลิ่นเหม็นหืน
- ข. เปลี่ยนเป็นไขมัน
- ค. เกิดเกล็ดของกรดไขมัน
- ง. การเติมธาตุฮาโลเจนให้น้ำมัน

10. สบู่แตกต่างจากผงซักฟอกในข้อใด

- ก. คุณสมบัติในการละลายน้ำ
- ข. คุณสมบัติในการทำมาสะอาด
- ค. ความสามารถในการละลายในน้ำที่มีไอออน Ca^{2+}
- ง. ชนิดของประจุของเกล็ดของสบู่กับเกล็ดของผงซักฟอก

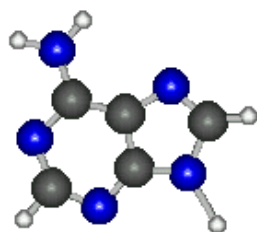
11. ข้อความเกี่ยวกับคอเลสเตอรอลต่อไปนี้ ข้อใดไม่ถูกต้อง

- ก. ที่เยื่อเซลล์ของยูแคริโอตจะพบเฉพาะคอเลสเตอรอลเสรี
- ข. ในเลือดจะพบคอเลสเตอรอลรูปเสรีมากกว่ารูปเอสเทอร์
- ค. คอเลสเตอรอลเอสเทอร์ จะจับกับกรดไขมัน
- ง. มีหมู่ไฮดรอกซิล(-OH) จับที่อะตอมคาร์บอนตำแหน่งที่ 3

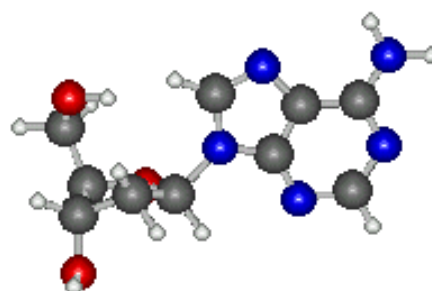
12. ถ้าท่านไม่ต้องการเสี่ยงต่อการเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตันท่านจะเลือกรับประทานอาหารข้อใดในปริมาณเท่ากัน?

- ก. เนื้อไก่
- ข. หอยแครง
- ค. กุนเชียง
- ง. มันสมองหมู

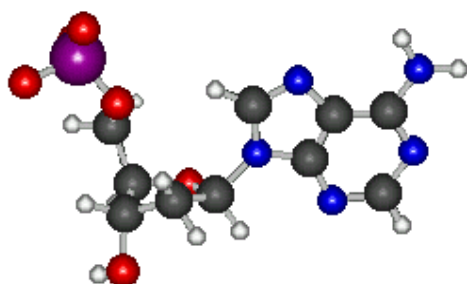
13. ข้อใดเป็นโครงสร้างของนิวคลีโอไทด์



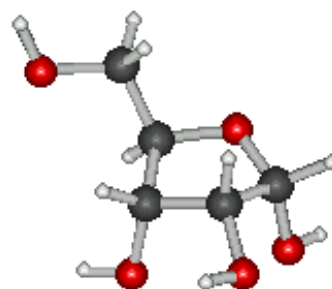
ก.



ข.



ค.



ง.

14. ข้อความเกี่ยวกับการกรดนิวคลีอิกต่อไปนี้ ข้อใดผิด

- ก. มีประจุเป็นบวก ที่ pH ของร่างกาย
- ข. มีปลาย 3' เป็นหมู่ไฮดรอกซิลอิสระของน้ำตาล
- ค. มีปลาย 5' เป็นหมู่ฟอสเฟตที่ต่อกับน้ำตาล
- ง. ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ ฟอสโฟไดเอสเทอร์

15. ข้อใดเป็นเบสประเภทเพียวรีน

- ก. ธีมีน (thymine)
- ข. กัวนีน (guanine)
- ค. ยูราซิล (uracil)
- ง. ไซโตซีน (cytosine)

16. ข้อใดแสดงส่วนประกอบของกรดนิวคลีอิก

- ก. เบส-น้ำตาล-ฟอสเฟต
- ข. เบส-ฟอสเฟต-น้ำตาล
- ค. (เบส-น้ำตาล-ฟอสเฟต)_n
- ง. (เบส-ฟอสเฟต-น้ำตาล)_n

17. ข้อความเกี่ยวกับ RNA ต่อไปนี้ ข้อใดผิด

- ก. เป็นพอลินิวคลีโอไทด์สายเดี่ยวพบที่ไซโตพลาสซึมและมีขนาดคณุน้อยกว่า DNA
- ข. แนวสันหลัง (backbone) เกิดจากฟอสเฟตและน้ำตาลไรโบสเชื่อมต่อกัน
- ค. มีปริมาณเบส thymine น้อยกว่า uracil
- ง. เบส guanine จับคู่กับเบส cytosine ในสายเดียวกันทำให้เกิดเป็น loop

18. โครงสร้างดีเอ็นเอ(DNA) ในข้อใดต่อไปนี้มีรูปร่างพอม แนวสันหลังมีลักษณะซิกแซก การหมุนของเกลียวเป็นแบบเวียนซ้าย
- ก. Z - DNA
 - ข. C - DNA
 - ค. B - DNA
 - ง. A - DNA
19. ดีเอ็นเอ (DNA) แบบใดมีโครงสร้างเสถียรที่สุด ที่ pH ของร่างกาย
- ก. A - DNA
 - ข. B - DNA
 - ค. C - DNA
 - ง. Z - DNA
20. อาร์เอ็นเอ (RNA) ในข้อใดต่อไปนี้เป็นแม่แบบในการสังเคราะห์โปรตีน
- ก. cRNA
 - ข. mRNA
 - ค. rRNA
 - ง. tRNA
21. โครงสร้าง RNA ในข้อใดต่อไปนี้มีโครงสร้าง 2 มิติ เป็นรูปคล้ายใบไม้ 3 แฉกใน และเป็นตัวพากรดอะมิโนในกระบวนการสังเคราะห์โปรตีน
- ก. cRNA
 - ข. mRNA
 - ค. rRNA
 - ง. tRNA
22. อาร์เอ็นเอ (RNA) ในข้อใดต่อไปนี้มีฤทธิ์ของ เอ็นไซม์ เพปทิديل ทรานสเฟอเรส (peptidyl transferase) ที่ใช้ในขบวนการต่อสายของการสังเคราะห์โปรตีน
- ก. rRNA
 - ข. mRNA
 - ค. cRNA
 - ง. tRNA

23. DNA และ RNA แตกต่างกันในด้านต่อไปนี้ ยกเว้น ข้อใด

- ก. เบส
- ข. น้ำตาลเพนโทส
- ค. จำนวนสายพอลินิวคลีโอไทด์
- ง. จำนวนพันธะไฮโดรเจนที่เกิดระหว่างเบส

24. ข้อใดเป็นคุณสมบัติของสารละลาย DNA หลังจากเพิ่มความร้อนให้สูงขึ้น

- ก. Hypochromism
- ข. Hyperchromism
- ค. High viscosity
- ง. Apurinic acid

25. ในการทดลองเกี่ยวกับการทดสอบแป้งและน้ำตาลกลูโคส จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้
ข้อใดผิด

- ก. กลูโคสเปลี่ยนเป็นไฮดรอกซีเมทริลเฟอรูพิวรอลในการทดสอบโมลิสซ์
- ข. กลูโคสและแป้งทำปฏิกิริยากับ α -naphthol ในกรดได้วงแหวนสีม่วง
- ค. กลูโคสและแป้งทำปฏิกิริยากับสารละลายเบเนดิกต์เมื่อต้มให้เดือด จะให้ตะกอนสีแดงอิฐ
- ง. แป้งเท่านั้นทำปฏิกิริยากับไอโอดีนให้สีน้ำเงิน

26. ถ้าทดสอบสารละลายชนิดหนึ่ง ด้วยไบยูเรตให้ผลเป็นสารละลายสีฟ้า เมื่อทดสอบ
นินไฮดรินให้สารละลายสีม่วง และเมื่อทดสอบเบเนดิกต์ให้ตะกอนสีแดงอิฐ ท่านคิดว่าใน
หลอดทดลองนี้จะมีสารตามข้อใดต่อไปนี้

- ก. กรดอะมิโน และซูโครส
- ข. กรดอะมิโน และไทโรเพปไทด์
- ค. ไดเพปไทด์ และฟรักโทส
- ง. พอลิเพปไทด์ และแลคโตส

27. การย่อยสลายสารในข้อใดต่อไปนี้ จะให้ผลบวกเมื่อนำมาทดสอบกับสารละลาย
เบเนดิกต์

- ก. กรดไรโบนิวคลีอิก
- ข. ไตรกลีเซอไรด์
- ค. อินซูลิน
- ง. เลซิติน

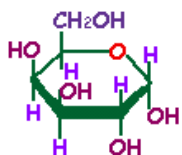
28. สีของผลบวกที่เกิดขึ้นจากการทดสอบลิพิดชนิดต่าง ๆ โดยใช้ bromothymol blue, ninhydrin และ KMnO_4 จะปรากฏขึ้น ตามข้อใดต่อไปนี้

- ก. สีเหลือง สีม่วง สีฟ้า
- ข. สีเหลือง สีม่วง สีน้ำตาล
- ค. สีฟ้า สีเหลือง สีน้ำตาล
- ง. สีเหลือง สีน้ำตาล สีฟ้า

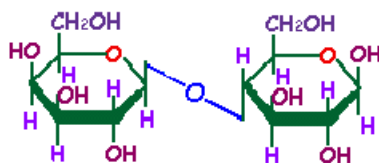
29. ข้อความเกี่ยวกับการทดสอบสารชีวโมเลกุล และผลของการทดสอบที่เกิดขึ้นต่อไปนี้ ข้อใดไม่ถูกต้อง

- ก. Phosphatidyl serine - ทดสอบนินไฮดรินให้สีม่วง
- ข. น้ำลาย - ทดสอบไบยูเรตให้สีม่วง
- ค. ไกลโคเจน - ทดสอบไอโอดีนให้สีน้ำเงิน
- ง. กรดโอลิอิก - ทดสอบ bromothymol blue ให้สีเหลือง

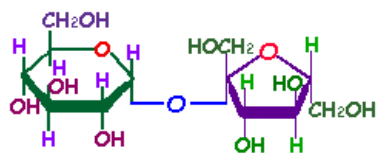
30. สารในข้อใดต่อไปนี้เมื่อทำการทดสอบด้วยเบเนดิกต์แล้วไม่เกิดตะกอนสีแดงอิฐ



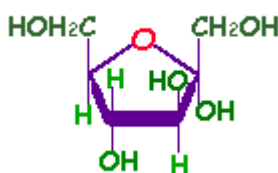
ก.



ข.



ค.



ง.

แบบประเมินทักษะการทำการทดลอง

กลุ่มที่.....

ผู้ทดลอง 1.....

2.....

3.....

รายการที่ประเมิน	คะแนนที่ได้				หมายเหตุ
	3	2	1	0	
1. วิธีดำเนินการทดลอง					
2. การปฏิบัติการทดลอง					
3. ความคล่องแคล่วในขณะปฏิบัติงาน					
4. การนำเสนอผลการทดลอง					
รวม					
ระดับคะแนนที่ได้					

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

()

วันที่...../...../.....

เกณฑ์ในการให้คะแนนทักษะการทำการทดลอง

ประเด็นที่ประเมิน	ระดับ คะแนน
1. วิธีดำเนินการทดลอง ● ต้องให้ความช่วยเหลืออย่างมากในการกำหนดวิธีการ ขั้นตอนและการใช้เครื่องมือ ● กำหนดวิธีการและขั้นตอนไม่ถูกต้อง ต้องให้ความช่วยเหลือ ● กำหนดวิธีการขั้นตอนถูกต้อง การใช้เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ยังไม่เหมาะสม ● กำหนดวิธีการขั้นตอนถูกต้อง การใช้เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์เหมาะสม	0 1 2 3
2. การปฏิบัติการทดลอง ● ต้องให้ความช่วยเหลืออย่างมากในการดำเนินการทดลองและการใช้อุปกรณ์ ● ต้องให้ความช่วยเหลือในการดำเนินการทดลองและการใช้อุปกรณ์ ● ดำเนินการทดลองเป็นขั้นตอนและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องถ้าให้คำแนะนำ ● ดำเนินการทดลองเป็นขั้นตอนและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้อง	0 1 2 3
3. ความคล่องแคล่วในขณะปฏิบัติงาน ● ทำการทดลองไม่ทันเวลาที่กำหนดและทำอุปกรณ์เครื่องใช้แตกหักเสียหาย ● ทำการทดลองไม่ทันเวลาที่กำหนดเนื่องจากขาดความคล่องแคล่วในการใช้อุปกรณ์และการดำเนินการทดลอง ● มีความคล่องแคล่วในการดำเนินการทดลองและการใช้อุปกรณ์แต่ต้องชี้แนะเรื่องการใช้อุปกรณ์อย่างปลอดภัย ● มีความคล่องแคล่วในการดำเนินการทดลองและการใช้อุปกรณ์แต่ต้องชี้แนะเรื่องการใช้อุปกรณ์อย่างปลอดภัย เสร็จทันเวลา	0 1 2 3
4. การนำเสนอผลการทดลอง ● ต้องให้ความช่วยเหลืออย่างมากในการบันทึกผลการทดลองและการสรุปผลการทดลอง ● ต้องให้คำชี้แนะในการบันทึกผลการทดลองและการสรุปผลการทดลอง ● บันทึกผลการทดลองและการสรุปผลการทดลองถูกต้อง ● บันทึกผลการทดลองและการสรุปผลการทดลองถูกต้อง รัดกุมเป็นขั้นเป็นตอน	0 1 2 3

ที่มา : สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, มกราคม : 245-247) การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ชื่อ-สกุล ชั้น.....เลขที่.....

.....

โรงเรียน

.....

คำแนะนำในการทำแบบทดสอบ

1. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทั้งหมดมี 2 ข้อ ใช้เวลาทำข้อละ 30 นาที
2. นักเรียนจะได้คะแนนสูงถ้าตอบได้มากวิธี มีเหตุผล และเป็นแนวคิดใหม่ของตนเอง หรือตอบเรื่องที่คนอื่นคิดไม่ถึงแต่มีเหตุผล

จงเขียนคำตอบลงในช่องว่างที่กำหนดไว้ให้ในกระดานคำถาม

1. ถ้านักเรียนได้หัดพันธุ์ใหม่ที่ไม่เคยมีใครค้นพบมาก่อนเลย นักเรียนจะนำหัดชนิดนี้มาศึกษาทดลองในเรื่องใดได้บ้างให้บอกมาให้ได้มากที่สุด และจงอธิบายวิธีการทดลองที่คิดว่าเป็นไปได้มาด้วย

1. ทดลองเรื่อง.....

วิธีการทดลอง.....

2. ทดลองเรื่อง.....

วิธีการทดลอง.....

3. ทดลองเรื่อง.....

วิธีการทดลอง.....

4. ทดลองเรื่อง.....

วิธีการทดลอง.....

5. ทดลองเรื่อง.....

วิธีการทดลอง.....

2. นักเรียนคิดว่า ในอีก 10 ปีข้างหน้า มนุษย์จะนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาคิด
สิ่งประดิษฐ์ขนาดจิ๋วอะไรได้บ้าง ให้บอกชื่อและประโยชน์ของสิ่งประดิษฐ์นั้นมาให้ได้มากที่สุด

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....
- 5.....
- 6.....
- 7.....
- 8.....
- 9.....
- 10.....
- 11.....
- 12.....
- 13.....
- 14.....
- 15.....
- 16.....
- 17.....
- 18.....
- 19.....
- 20.....

ภาคผนวก จ
ผลการประเมินคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ฉบับที่ 1 และ 2
2. ความสอดคล้องแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ฉบับที่ 1 และ 2
3. การประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา
4. การประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯโดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา
5. การประเมินความสอดคล้องของแบบวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯโดยผู้เชี่ยวชาญ
6. การประเมินความสอดคล้องของแบบวัดเจตคติต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุลโดยผู้เชี่ยวชาญ

ตาราง 20 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ฉบับที่ 1

ข้อ	ความเหมาะสมพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน					ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.D.	ระดับความคิดเห็น
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
1	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
2	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
3	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
4	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
5	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
6	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
7	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
8	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
9	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
10	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
11	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
12	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
13	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
14	5	3	5	5	5	4.60 $\pm$ 0.89	มากที่สุด
15	5	3	5	5	5	4.60 $\pm$ 0.89	มากที่สุด
16	5	3	5	5	5	4.60 $\pm$ 0.89	มากที่สุด
17	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
18	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
19	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
20	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
21	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
22	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
23	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
24	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
25	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
26	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
27	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
28	5	3	5	5	5	4.60 $\pm$ 0.89	มากที่สุด

ตาราง 20 (ต่อ)

ข้อ	ความเหมาะสมพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน					ค่าเฉลี่ย $\pm$ S.D.	ระดับความคิดเห็น
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
29	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
30	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
31	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
32	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
33	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
34	5	4	5	5	5	4.80 $\pm$ 0.45	มากที่สุด
35	5	3	5	5	5	4.60 $\pm$ 0.89	มากที่สุด

ตาราง 21 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ฉบับที่ 2

ข้อ	ความเหมาะสมพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน					ค่าเฉลี่ย	ระดับความคิดเห็น
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
1	5	4	5	5	5	4.80±0.45	มากที่สุด
2	5	4	5	5	5	4.80±0.45	มากที่สุด
3	5	4	5	5	5	4.80±0.45	มากที่สุด
4	5	3	5	5	5	4.60±0.89	มากที่สุด
5	5	4	5	5	5	4.80±0.45	มากที่สุด
6	5	4	5	5	5	4.60±0.89	มากที่สุด
7	5	3	5	5	5	4.60±0.89	มากที่สุด
8	5	3	5	5	5	4.80±0.45	มากที่สุด
9	5	4	5	5	5	4.80±0.45	มากที่สุด
10	5	4	5	5	5	4.80±0.45	มากที่สุด
11	5	4	5	5	5	4.80±0.45	มากที่สุด
12	5	4	5	5	5	4.80±0.45	มากที่สุด
13	5	4	5	5	5	4.80±0.45	มากที่สุด
14	5	4	5	5	5	4.80±0.45	มากที่สุด
15	5	4	5	5	5	4.80±0.45	มากที่สุด
16	5	4	5	5	5	4.80±0.45	มากที่สุด
17	5	3	5	5	5	4.60±0.89	มากที่สุด
18	5	4	5	5	5	4.80±0.45	มากที่สุด
19	5	4	5	5	5	4.80±0.45	มากที่สุด
20	5	4	5	5	5	4.80±0.45	มากที่สุด
21	5	4	5	5	5	4.80±0.45	มากที่สุด
22	5	4	5	5	5	4.80±0.45	มากที่สุด
23	5	4	5	5	5	4.80±0.45	มากที่สุด
24	5	4	5	5	5	4.80±0.45	มากที่สุด
25	5	4	5	5	5	4.80±0.45	มากที่สุด
26	5	4	5	5	5	4.80±0.45	มากที่สุด
27	5	4	5	5	5	4.80±0.45	มากที่สุด
28	5	4	5	5	5	4.80±0.45	มากที่สุด

ตาราง 21 (ต่อ)

ข้อ	ความเหมาะสมพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน					ค่าเฉลี่ย	ระดับความคิดเห็น
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5		
29	5	4	5	5	5	4.80±0.45	มากที่สุด
30	5	4	5	5	5	4.80±0.45	มากที่สุด

ตาราง 22 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ฉบับที่ 1

ข้อ	ความสอดคล้องพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน					ค่าเฉลี่ย
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5	
1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
2	+1	+1	+1	+1	+1	+1
3	+1	+1	+1	+1	+1	+1
4	+1	+1	+1	+1	+1	+1
5	+1	+1	+1	+1	+1	+1
6	+1	+1	+1	+1	+1	+1
7	+1	+1	+1	+1	+1	+1
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1
9	+1	+1	+1	+1	+1	+1
10	+1	+1	+1	+1	+1	+1
11	+1	+1	+1	+1	+1	+1
12	+1	+1	+1	+1	+1	+1
13	+1	+1	+1	+1	+1	+1
14	+1	0	+1	+1	+1	0.8
15	+1	0	+1	+1	+1	0.8
16	+1	0	+1	+1	+1	0.8
17	+1	+1	+1	+1	+1	+1
18	+1	+1	+1	+1	+1	+1
19	+1	+1	+1	+1	+1	+1
20	+1	+1	+1	+1	+1	+1
21	+1	+1	+1	+1	+1	+1
22	+1	+1	+1	+1	+1	+1
23	+1	+1	+1	+1	+1	+1
24	+1	+1	+1	+1	+1	+1
25	+1	+1	+1	+1	+1	+1
26	+1	+1	+1	+1	+1	+1
27	+1	+1	+1	+1	+1	+1
28	+1	0	+1	+1	+1	+0.8

ตาราง 22 (ต่อ)

ข้อ	ความสอดคล้องพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน					ค่าเฉลี่ย
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5	
29	+1	+1	+1	+1	+1	+1
30	+1	+1	+1	+1	+1	+1
31	+1	+1	+1	+1	+1	+1
32	+1	+1	+1	+1	+1	+1
33	+1	+1	+1	+1	+1	+1
34	+1	+1	+1	+1	+1	+1
35	+1	+1	+1	+1	+1	+1

ตาราง 23 แสดงผลการประเมินความสอดคล้องแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ฉบับที่ 2

ข้อ	ความสอดคล้องพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน					ค่าเฉลี่ย
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5	
1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
2	+1	+1	+1	+1	+1	+1
3	+1	+1	+1	+1	+1	+1
4	+1	0	+1	+1	+1	+0.8
5	+1	+1	+1	+1	+1	+1
6	+1	+1	+1	+1	+1	+1
7	+1	0	+1	+1	+1	+0.8
8	+1	0	+1	+1	+1	+0.8
9	+1	+1	+1	+1	+1	+1
10	+1	+1	+1	+1	+1	+1
11	+1	+1	+1	+1	+1	+1
12	+1	+1	+1	+1	+1	+1
13	+1	+1	+1	+1	+1	+1
14	+1	+1	+1	+1	+1	+1
15	+1	+1	+1	+1	+1	+1
16	+1	+1	+1	+1	+1	+1
17	+1	+1	+1	+1	+1	+1
18	+1	0	+1	+1	+1	+0.8
19	+1	0	+1	+1	+1	+0.8
20	+1	+1	+1	+1	+1	+1
21	+1	+1	+1	+1	+1	+1
22	+1	+1	+1	+1	+1	+1
23	+1	+1	+1	+1	+1	+1
24	+1	0	+1	+1	+1	+0.8
25	+1	+1	+1	+1	+1	+1
26	+1	+1	+1	+1	+1	+1
27	+1	+1	+1	+1	+1	+1

ตาราง 23 (ต่อ)

ข้อ	ความสอดคล้องพิจารณาโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน					ค่าเฉลี่ย
	ท่านที่ 1	ท่านที่ 2	ท่านที่ 3	ท่านที่ 4	ท่านที่ 5	
28	+1	+1	+1	+1	+1	+1
29	+1	+1	+1	+1	+1	+1
30	+1	+1	+1	+1	+1	+1

ตาราง 24 ผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่องสารชีวโมเลกุล
โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ	
	ค่าเฉลี่ย	ระดับ
		คุณภาพ
1.ด้านภาพ เสียงและการใช้ภาษา		
1.1 ภาพที่ใช้สอดคล้อง / เหมาะสมกับเนื้อหาบทเรียน	5.0	ดีมาก
1.2 ภาพเคลื่อนไหวและภาพ 3 มิติช่วยให้เกิดความเข้าใจเนื้อหา	5.0	ดีมาก
1.3 ความเหมาะสมของขนาดภาพที่ใช้	5.0	ดีมาก
1.4 ความเหมาะสมของคำศัพท์และสัญลักษณ์	5.0	ดีมาก
1.5 การใช้ภาษาถูกต้อง สื่อความหมายชัดเจน	4.5	ดี
1.6 ความชัดเจนของเสียงบรรยาย	4.5	ดี
1.7 ความสัมพันธ์ระหว่างภาพกับเสียงบรรยาย	4.0	ดี
1.8 การกระตุ้นความสนใจของเสียงประกอบ	4.5	ดี
2.ด้านการออกแบบระบบการเรียนการสอนและจอภาพ		
2.1 การออกแบบระบบการเรียนการสอนมีความต่อเนื่องเหมาะสม	4.5	ดี
2.2 ความยาวของแต่ละหน่วยย่อยที่น่าเสนอ	4.5	ดี
2.3 ความยืดหยุ่น ผู้เรียนสามารถควบคุมลำดับการเรียนรู้ได้	4.5	ดี
2.4 การออกแบบหน้าจอเหมาะสม	5.0	ดีมาก
2.5 ขนาดตัวอักษรเหมาะสม	5.0	ดีมาก
2.6 สีตัวอักษรเหมาะสมและชัดเจน	5.0	ดีมาก
2.7 พื้นหลังที่ใช้ในบทเรียนเหมาะสม	5.0	ดีมาก
2.8 ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบและสร้างภาพ	5.0	ดีมาก
2.9 การออกแบบโปรแกรมให้ใช้งานง่าย และมีความเหมาะสมในการปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียน	5.0	ดีมาก
3.การจัดบทเรียน		
3.1 คำอธิบายเนื้อหาในบทเรียนชัดเจน	5.0	ดีมาก
3.2 ความต่อเนื่องของการนำเสนอเนื้อหา	4.5	ดี
3.3 การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนควบคุมการเรียนรู้ด้วยตนเองเช่นการใช้เมาส์ แป้นพิมพ์ และการใช้เวลา	5.0	ดีมาก
3.4 วิธีการโต้ตอบกับบทเรียนเหมาะสม	4.5	ดี

ตาราง 24 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของ	
	ผู้เชี่ยวชาญ	
	ค่าเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
3.5 ความสะดวกและความคล่องตัวในการใช้บทเรียน	4.0	ดี
3.6 การประเมินผลมีความเหมาะสม โดยมีความหลากหลายและเพียงพอที่ผู้เรียนสามารถทราบผลการประเมินเพื่อตรวจสอบความเข้าใจได้ทันที	4.5	ดี
4. พิจารณาทบทเรียนโดยรวม		
ประเมินให้บทเรียนมีคุณภาพอยู่ในระดับ	5.0	ดีมาก
รวมเฉลี่ย	4.73	ดีมาก

ตาราง 25 ผลการประเมินคุณภาพบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของ	
	ผู้เชี่ยวชาญ	
	ค่าเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
1.ด้านเนื้อหาและการนำเสนอ		
1.1 เนื้อหาบทเรียนครอบคลุมวัตถุประสงค์	4.60	ดีมาก
1.2 การแบ่งย่อยเนื้อหา มีความเหมาะสม	4.60	ดีมาก
1.3 การจัดลำดับขั้นตอนการนำเสนอเนื้อหา	4.60	ดีมาก
1.4 ความถูกต้องของเนื้อหา	4.60	ดีมาก
1.5 ความชัดเจนในการอธิบายเนื้อหา	4.40	ดี
1.6 เนื้อหา มีความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	3.80	พอใช้
1.7 ความเหมาะสมของเนื้อหาปฏิบัติกร	4.40	ดี
1.8 ความละเอียดของเนื้อหา	4.60	ดีมาก
1.9 การสรุปเนื้อหาบทเรียน	4.60	ดีมาก
1.10 ความเหมาะสมของระยะเวลาที่ใช้	4.00	ดี
1.11 ความน่าสนใจของเนื้อหาบทเรียน	4.40	ดี
1.12 ความทันสมัยของการนำเสนอเนื้อหา	4.60	ดีมาก
1.13 แบบฝึกหัดสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	4.40	ดี
1.14 แบบทดสอบสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	4.40	ดี
2.ด้านภาพ เสียงและการใช้ภาษา		
2.1 ภาพที่ใช้สอดคล้อง / เหมาะสมกับการอธิบายเนื้อหาบทเรียน	4.60	ดีมาก
2.2 ภาพเคลื่อนไหวและภาพ 3 มิติช่วยให้เกิดความเข้าใจเนื้อหา	4.60	ดีมาก
2.3 ความเหมาะสมของขนาดภาพที่ใช้	4.60	ดีมาก
2.4 ความเหมาะสมของคำศัพท์และสัญลักษณ์	4.40	ดี
2.5 การใช้ภาษาถูกต้อง สื่อความหมายชัดเจน	4.60	ดีมาก
2.6 ความชัดเจนของเสียงบรรยาย	4.80	ดีมาก
2.7 การกระตุ้นความสนใจของเสียงประกอบ	4.20	ดี
3.ด้านการนำไปใช้		
3.1 การส่งเสริมให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	4.40	ดี
3.2 การส่งเสริมให้เกิดความกระตือรือร้น	4.60	ดีมาก

ตาราง 25 ต่อ

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็นของ	
	ผู้เชี่ยวชาญ	
	ค่าเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
3.3 ความน่าสนใจและทำให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียน	4.60	ดีมาก
3.3 ความสะดวกรวดเร็ว	4.60	ดีมาก
3.4 ความเหมาะสมในการนำไปใช้สอนแทนครู	4.40	ดี
4.พิจารณาบทเรียนโดยรวม		
ประเมินให้บทเรียนมีคุณภาพอยู่ในระดับ	4.40	ดี
รวมเฉลี่ย	4.47	ดี

ตาราง 26 แสดงผลประเมินความสอดคล้องของแบบวัดเจตคติต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ โดย
ผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	IOC
องค์ประกอบด้านการประเมินค่า				
1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาชีวโมเลกุลง่ายขึ้นเพราะทำให้เห็นภาพได้อย่างเป็นรูปธรรม	+1	+1	+1	1.0
2. การเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทำให้นักเรียนมีอิสระกว่าการเรียนตามปกติ	+1	+1	0	0.67
3. นักเรียนสามารถเลือกเนื้อหาที่ต้องการเรียนได้ตามต้องการเมื่อเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	+1	+1	+1	1.0
4. การเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนทำให้นักเรียนสามารถค้นคว้าในเรื่องที่เกี่ยวข้องได้ดีขึ้น	+1	+1	+1	1.0
5. นักเรียนคิดว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนนี้สามารถนำไปปรับใช้กับการเรียนวิทยาศาสตร์การแพทย์ และเทคโนโลยีชีวภาพได้เป็นอย่างดี	+1	+1	+1	1.0
องค์ประกอบด้านความรู้สึก	+1	+1	+1	1.0
6. นักเรียนชอบบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพราะสะดวกและ ง่ายต่อการใช้				
7. นักเรียนรู้สึกเพลิดเพลินจากการเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	+1	+1	+1	1.0
8. นักเรียนไม่รู้สึกเครียดเพราะสามารถควบคุมการเรียนได้ด้วยตนเอง	+1	+1	+1	1.0
9. นักเรียนพอใจที่สามารถย้อนกลับไปศึกษาเนื้อหาที่ไม่เข้าใจได้ตามต้องการ	+1	+1	+1	1.0
10. การรู้ผลการทดสอบระหว่างเรียนในทันที เป็นแรงจูงใจที่ทำให้นักเรียนไม่เบื่อที่จะศึกษาเนื้อหาต่อไป	+1	+1	0	0.67
องค์ประกอบทางด้านแนวโน้มในเชิงพฤติกรรม				
11. นักเรียนมีความตั้งใจเรียนเรื่องชีวโมเลกุลจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมากขึ้น	+1	+1	+1	1.0

ตาราง 26 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	IOC
12. นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนเนื้อหาต่อไปในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	+1	+1	0	0.67
13. นักเรียนจะพยายามทำคะแนนสอบให้ดีขึ้น เมื่อเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	+1	+1	0	0.67
14. ถ้ามีโอกาสเลือก นักเรียนจะเลือกเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนมากกว่าการเรียนแบบอื่น	+1	+1	+1	1.0
15. นักเรียนจะชักชวนผู้อื่นให้มาเรียนเรื่องชีวโมเลกุลโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	+1	+1	+1	1.0

ตาราง 27 แสดงผลประเมินความสอดคล้องของแบบวัดเจตคติต่อการเรียนเรื่องชีวโมเลกุล

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	IOC
องค์ประกอบด้านการประเมินค่า				
1. เรื่องชีวโมเลกุลไม่ยากเกินไปที่จะทำความเข้าใจ	+1	+1	+1	1.0
2. การเรียนเรื่องชีวโมเลกุลทำให้นักเรียนเรียนรู้ในเรื่องต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตดีขึ้น	+1	+1	+1	1.0
3. นักเรียนคิดว่าถ้านำความรู้เรื่องชีวโมเลกุลไปใช้ในชีวิตประจำวันจะทำให้คุณภาพชีวิตดีขึ้น	+1	+1	+1	1.0
4. นักเรียนคิดว่าความรู้เรื่องชีวโมเลกุลเป็นพื้นฐานในการเรียนวิทยาศาสตร์การแพทย์ และเทคโนโลยีชีวภาพได้เป็นอย่างดี	+1	+1	+1	1.0
5. นักเรียนเห็นคุณค่าและประโยชน์ของชีวโมเลกุล	+1	+1	+1	1.0
องค์ประกอบด้านความรู้สึก				
6. นักเรียนรู้สึกเพลิดเพลินในการเรียนเรื่องชีวโมเลกุล	+1	+1	+1	1.0
7. นักเรียนชอบเรียนเรื่องชีวโมเลกุล ถ้ามีภาพโมเลกุล 3 มิติ ทำให้เห็นเป็นรูปธรรม	+1	+1	+1	1.0
8. นักเรียนพอใจการเรียนเรื่องชีวโมเลกุล ถ้ามีภาพเคลื่อนไหวพร้อมคำอธิบายทำให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น	+1	+1	+1	1.0
9. นักเรียนไม่รู้สึกเบื่อและเกิดแรงจูงใจที่มีแบบทดสอบให้ทำในระหว่างเรียน	+1	+1	0	0.67
10. นักเรียนชอบเรียนเรื่องชีวโมเลกุลที่มีการทดลองจริงในห้องปฏิบัติการ	+1	+1	+1	1.0
องค์ประกอบทางด้านแนวโน้มเชิงพฤติกรรม				
11. นักเรียนมีความตั้งใจเรียนเรื่องชีวโมเลกุล	+1	+1	+1	1.0
12. นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนเรื่องชีวโมเลกุล	+1	+1	0	0.67
13. นักเรียนตั้งใจจะทำคะแนนให้ดีในการสอบชีวโมเลกุล	+1	+1	0	0.67
14. นักเรียนอยากค้นคว้าเพิ่มเติมในวิทยาศาสตร์เรื่องอื่นที่เกี่ยวข้องกับชีวโมเลกุล	+1	+1	+1	1.0
15. นักเรียนอยากที่จะอธิบายความสำคัญของชีวโมเลกุลให้บุคคลใกล้ชิดได้รับรู้	+1	+1	0	0.67

ภาคผนวก จ
ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติ

1. ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก แบบวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ ด้านพุทธิพิสัย
2. ค่าคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของคะแนนจากแบบทดสอบระหว่างเรียนและ
หลังเรียนของนักเรียนในกลุ่มย่อยและภาคสนาม
3. ผลการวิเคราะห์แบบประเมินการสอนปฏิบัติการเรื่องการทดสอบชีวโมเลกุล

ตาราง 28 แสดงค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบฉบับที่ 1

ข้อที่	คำตอบ	p	r
1.	ข	0.30	0.41
2.	ง	0.61	0.21
3.	ค	0.78	0.41
4.	ง	0.79	0.31
5.	ค	0.78	0.28
6.	ข	0.66	0.24
7.	ค	0.70	0.34
8.	ก	0.63	0.31
9.	ค	0.44	0.28
10.	ข	0.57	0.28
11.	ก	0.71	0.24
12.	ข	0.76	0.45
13.	ข	0.40	0.28
14.	ค	0.39	0.41
15.	ค	0.47	0.28
16.	ค	0.25	0.24
17.	ก	0.29	0.28
18.	ก	0.52	0.38
19.	ข	0.44	0.28
20.	ค	0.70	0.24
21.	ค	0.68	0.52
22.	ง	0.53	0.31
23.	ค	0.44	0.41
24.	ค	0.22	0.28
25.	ข	0.38	0.34
26.	ค	0.38	0.20
27.	ง	0.72	0.31
28.	ค	0.41	0.28

ตาราง 28 (ต่อ)

ข้อที่	คำตอบ	p	r
29.	ง	0.66	0.31
30.	ค	0.40	0.38
31.	ค	0.54	0.38
32.	ค	0.69	0.28
33.	ก	0.24	0.22
34.	ค	0.26	0.28
35.	ค	0.32	0.28

ตาราง 29 แสดงค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบฉบับ 2

ข้อที่	คำตอบ	p	r
1.	ก	0.64	0.29
2.	ก	0.34	0.25
3.	ง	0.47	0.32
4.	ค	0.45	0.36
5.	ข	0.32	0.32
6.	ค	0.44	0.39
7.	ข	0.31	0.25
8.	ก	0.28	0.25
9.	ก	0.69	0.36
10.	ค	0.46	0.32
11.	ข	0.35	0.29
12.	ข	0.40	0.32
13.	ค	0.36	0.25
14.	ก	0.42	0.29
15.	ข	0.35	0.21
16.	ค	0.47	0.32

ตาราง 29 (ต่อ)

ข้อที่	คำตอบ	p	r
17.	ค	0.38	0.29
18.	ก	0.29	0.29
19.	ข	0.56	0.32
20.	ข	0.45	0.43
21.	ง	0.49	0.39
22.	ก	0.29	0.29
23.	ง	0.36	0.25
24.	ข	0.52	0.29
25.	ค	0.56	0.29
26.	ค	0.31	0.25
27.	ก	0.32	0.39
28.	ข	0.51	0.25
29.	ค	0.25	0.29
30.	ค	0.42	0.32

ตาราง 30 แสดงค่าคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของคะแนนจากแบบทดสอบระหว่างเรียน ในหัวข้อ
ต่างๆของทุกหน่วยในบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯของนักเรียน 9 คน

ผู้ เรียน	คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนและผลลัพธ์แต่ละเรื่อง คิดเป็นร้อยละ							ค่า เฉลี่ย ร้อยละ
	หน่วยที่							
	1	2					3	
	อะตอม และ โมเลกุล	ส่วนประ กอบของ เยื่อเซลล์	คาร์โบ ไฮเดรต	โปรตีน	ลิพิด	กรด นิวคลีอิก	การ ทดสอบ สารชีว โมเลกุล	
1	85.00	80.00	76.67	90.00	78.69	80.00	80.00	81.48
2	79.29	60.00	78.33	85.00	79.76	70.00	80.00	76.05
3	87.86	80.00	86.67	80.00	93.21	86.67	80.00	84.92
4	90.00	80.00	81.67	75.00	73.81	83.33	80.00	80.54
5	90.71	80.00	76.67	90.00	86.43	76.67	80.00	82.93
6	87.14	60.00	71.67	85.00	73.69	73.33	80.00	75.83
7	84.29	100.00	90.00	85.00	84.76	83.33	60.00	83.91
8	73.81	80.00	76.67	80.00	74.52	80.00	80.00	77.86
9	87.14	100.00	88.33	80.00	78.81	93.33	100.00	89.66
ค่าเฉลี่ย ร้อยละ	85.03	80.00	80.74	83.33	80.41	80.74	80.00	81.46

ตาราง 31 แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ย จากการทดสอบหลังเรียน บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วย
สอนระบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุล ของนักเรียน 9 คน

ผู้ เรียน	คะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนแต่ละคนและผลลัพธ์แต่ละเรื่อง คิดเป็นร้อยละ							ค่า เฉลี่ย ร้อยละ
	หน่วยที่							
	1	2					3	
	อะตอม และ โมเลกุล	ส่วนประ กอบของ เยื่อเซลล์	คาร์โบ ไฮเดรต	โปรตีน	ลิพิด	กรด นิวคลีอิก	การ ทดสอบ สารชีว โมเลกุล	
1	81.82	100.00	86.67	86.67	87.50	87.50	80.00	87.16
2	81.82	100.00	80.00	80.00	81.25	81.25	80.00	83.47
3	90.91	100.00	73.33	86.67	75.00	75.00	80.00	82.99
4	72.73	50.00	86.67	86.67	81.25	81.25	90.00	78.37
5	81.82	100.00	86.67	80.00	87.50	75.00	80.00	84.43
6	81.82	100.00	80.00	73.33	81.25	87.50	80.00	83.41
7	63.64	50.00	80.00	93.33	81.25	81.25	80.00	75.64
8	81.82	100.00	93.33	73.33	81.25	81.25	80.00	84.43
9	90.91	50.00	73.33	73.33	75.00	75.00	70.00	72.51
ค่าเฉลี่ย ร้อยละ	80.81	83.33	82.22	81.48	81.25	80.56	80.00	81.38

ตาราง 32 แสดงค่าคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของคะแนนจากแบบทดสอบระหว่างเรียน ในหัวข้อ
 ต่างๆของทุกหน่วยในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุลของ
 นักเรียน 30 คน

ผู้ เรียน	คะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนและผลลัพธ์ คิดเป็นร้อยละ							ค่า เฉลี่ย ร้อยละ
	หน่วยที่							
	1	2					3	
	อะตอม และ โมเลกุล	ส่วนประ กอบของ เยื่อเซลล์	คาร์โบ ไฮเดรต	โปรตีน	ลิพิด	กรด นิวคลีอิก	การ ทดสอบ สารชีว โมเลกุล	
1	76.92	80.00	75.00	70.00	77.14	80.00	80.00	77.01
2	82.69	80.00	85.00	75.00	80.00	76.00	80.00	79.81
3	86.54	80.00	67.50	75.00	74.29	76.00	80.00	77.05
4	73.08	80.00	85.00	80.00	82.86	84.00	80.00	80.71
5	80.77	80.00	82.50	80.00	80.00	72.00	80.00	79.32
6	82.69	60.00	70.00	70.00	74.29	76.00	80.00	73.28
7	76.92	100.00	87.50	90.00	88.57	88.00	60.00	84.43
8	73.08	80.00	72.50	70.00	68.57	76.00	80.00	74.31
9	84.62	100.00	75.00	75.00	77.14	84.00	100.00	85.11
10	86.54	80.00	80.00	90.00	82.86	84.00	80.00	83.34
11	71.15	80.00	82.50	90.00	82.86	80.00	80.00	80.93
12	92.31	80.00	87.50	80.00	82.86	80.00	80.00	83.24
13	75.00	100.00	85.00	80.00	80.00	88.00	80.00	84.00
14	84.62	60.00	87.50	80.00	85.71	84.00	80.00	80.26
15	86.54	80.00	80.00	90.00	74.29	80.00	60.00	78.69
16	82.69	80.00	85.00	90.00	82.86	80.00	80.00	82.94
17	76.92	80.00	87.50	90.00	77.14	84.00	60.00	79.37
18	78.85	60.00	85.00	75.00	77.14	80.00	100.00	79.43
19	75.00	60.00	72.50	80.00	82.86	80.00	80.00	75.77
20	76.92	80.00	85.00	85.00	80.00	76.00	80.00	80.42
21	78.85	80.00	80.00	85.00	77.14	80.00	60.00	77.28

ตาราง 32 (ต่อ)

ผู้ เรียน	คะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนและผลลัพธ์ คิดเป็นร้อยละ							ค่า เฉลี่ย ร้อยละ
	หน่วยที่							
	1	2					3	
	อะตอม และ โมเลกุล	ส่วนประ กอบของ เยื่อเซลล์	คาร์โบ ไฮเดรต	โปรตีน	ลิพิด	กรด นิวคลีอิก	การ ทดสอบ สารชีว โมเลกุล	
22	82.69	80.00	77.50	80.00	77.14	84.00	100.00	83.05
23	88.46	80.00	90.00	90.00	91.43	84.00	80.00	86.27
24	73.08	100.00	85.00	90.00	82.86	84.00	80.00	84.99
25	73.08	100.00	77.50	80.00	80.00	76.00	80.00	80.94
26	75.00	80.00	85.00	85.00	91.43	80.00	100.00	85.20
27	82.69	80.00	70.00	80.00	82.86	76.00	60.00	75.94
28	84.62	80.00	85.00	80.00	85.71	80.00	80.00	82.19
29	92.31	100.00	70.00	75.00	71.43	80.00	100.00	84.11
30	90.38	80.00	82.50	85.00	82.86	76.00	80.00	82.39
ค่าเฉลี่ย ร้อยละ	80.83	81.33	80.67	81.50	80.48	80.27	80.00	80.73

ตาราง 33 แสดงค่าคะแนนเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละของคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียนด้วยบทเรียน
คอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสื่อประสมเรื่องชีวโมเลกุล ของนักเรียน 30 คน

ผู้ เรียน	คะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนและผลลัพธ์ คิดเป็นร้อยละ							ค่า เฉลี่ย ร้อยละ
	หน่วยที่							
	1	2					3	
	อะตอม และ โมเลกุล	ส่วนประ กอบของ เยื่อเซลล์	คาร์โบ ไฮเดรต	โปรตีน	ลิพิด	กรด นิวคลีอิก	การ ทดสอบ สารชีว โมเลกุล	
1	90.91	50.00	66.67	66.67	81.25	75.00	80.00	72.93
2	81.82	100.00	60.00	73.33	75.00	75.00	90.00	79.31
3	81.82	100.00	80.00	93.33	87.50	81.25	70.00	84.84
4	72.73	50.00	86.67	80.00	68.75	81.25	80.00	74.20
5	63.64	50.00	80.00	80.00	68.75	81.25	80.00	71.95
6	72.73	100.00	80.00	73.33	87.50	81.25	80.00	82.12
7	81.82	100.00	80.00	73.33	81.25	81.25	70.00	81.09
8	81.82	100.00	86.67	86.67	87.50	87.50	80.00	87.17
9	90.91	50.00	93.33	73.33	81.25	75.00	80.00	77.69
10	100.00	100.00	86.67	93.33	81.25	75.00	80.00	88.04
11	90.91	50.00	86.67	73.33	75.00	81.25	90.00	78.17
12	81.82	50.00	86.67	86.67	87.50	81.25	90.00	80.56
13	81.82	100.00	93.33	80.00	81.25	93.75	80.00	87.16
14	90.91	100.00	86.67	73.33	81.25	81.25	80.00	84.77
15	72.73	100.00	80.00	86.67	75.00	75.00	90.00	82.77
16	72.73	50.00	73.33	86.67	75.00	75.00	90.00	74.68
17	90.91	100.00	73.33	80.00	81.25	75.00	70.00	81.50
18	81.82	100.00	80.00	80.00	81.25	81.25	80.00	83.47
19	81.82	50.00	73.33	80.00	75.00	81.25	80.00	74.49
20	81.82	100.00	86.67	73.33	81.25	81.25	80.00	83.47
21	90.91	100.00	86.67	66.67	87.50	81.25	70.00	83.29
22	81.82	100.00	80.00	86.67	87.50	81.25	80.00	85.32

ตาราง 33 (ต่อ)

ผู้ เรียน	คะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนและผลลัพธ์ คิดเป็นร้อยละ							ค่า เฉลี่ย ร้อยละ
	หน่วยที่							
	1	2					3	
	อะตอม และ โมเลกุล	ส่วนประ กอบของ เยื่อเซลล์	คาร์โบ ไฮเดรต	โปรตีน	ลิพิด	กรด นิวคลีอิก	การ ทดสอบ สารชีว โมเลกุล	
23	100.00	100.00	93.33	86.67	81.25	87.50	90.00	91.25
24	81.82	50.00	80.00	86.67	75.00	75.00	80.00	75.50
25	81.82	100.00	80.00	86.67	75.00	81.25	80.00	83.53
26	81.82	100.00	80.00	73.33	75.00	81.25	80.00	81.63
27	72.73	50.00	80.00	86.67	81.25	75.00	70.00	73.66
28	81.82	100.00	73.33	80.00	81.25	81.25	70.00	81.09
29	63.64	100.00	93.33	86.67	87.50	87.50	90.00	86.95
30	63.64	100.00	80.00	80.00	81.25	81.25	80.00	80.88
ค่าเฉลี่ย ร้อยละ	81.52	83.33	81.56	80.44	80.21	80.42	80.33	81.12

ตาราง 34 แสดงผลการวิเคราะห์แบบประเมินการสอนปฏิบัติการเรื่องการทดสอบชีวโมเลกุลของนักเรียนที่เรียนด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ(กลุ่มทดลอง)และนักเรียนที่เรียนด้วยการสอนปกติ (กลุ่มควบคุม)

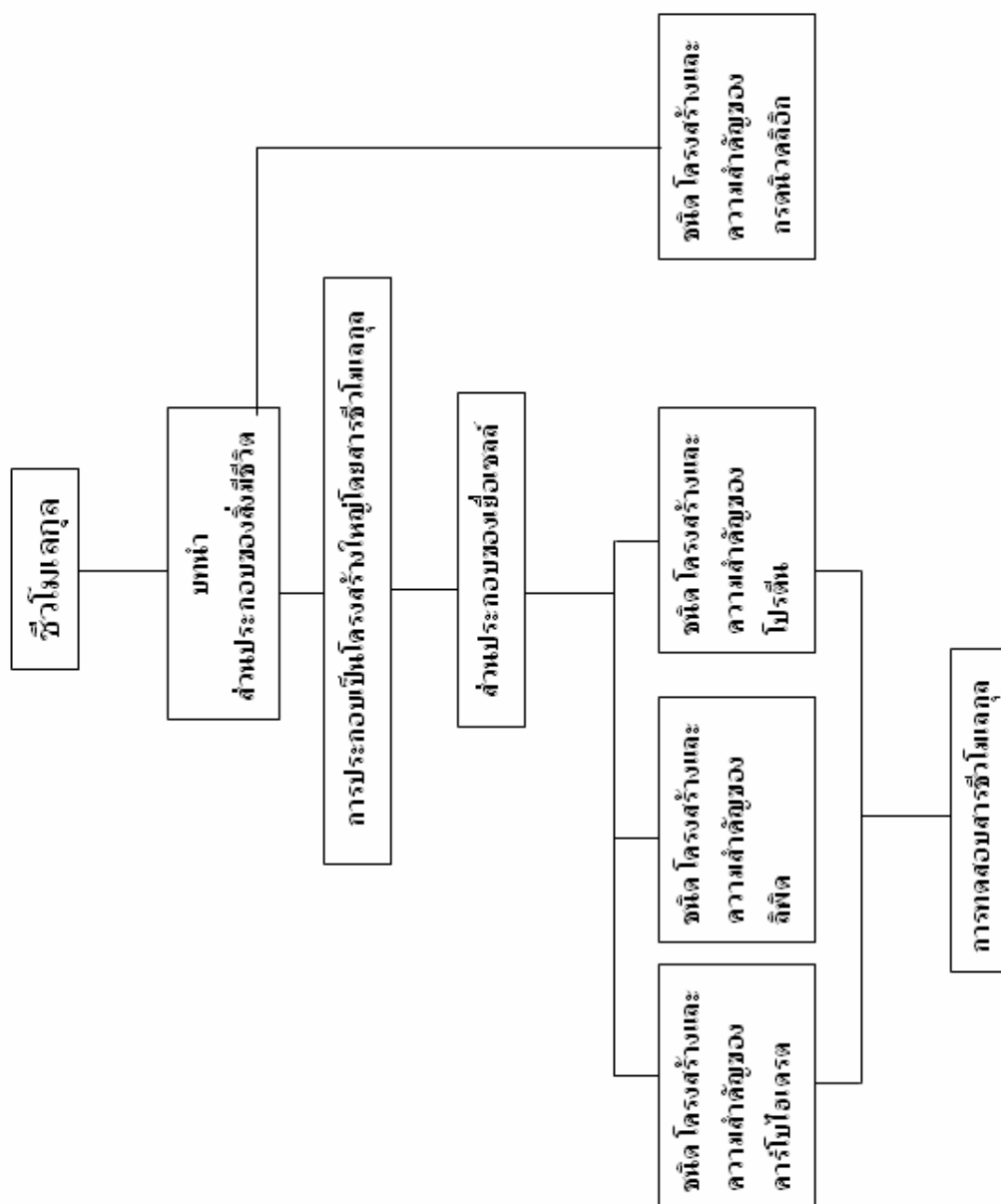
รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น		t	p
	$\bar{X} \pm S.D.$			
	กลุ่มควบคุม (นักเรียน 38 คน)	กลุ่มทดลอง (นักเรียน 38 คน)		
1.ความเข้าใจขั้นตอนการทดลองก่อนทำการทดลองจากการฟังบรรยายสรุปโดยอาจารย์/บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน	3.26 $\pm$ 0.86	3.66 $\pm$ 0.71	-2.18	.032
2. ความเข้าใจในเนื้อหาในคู่มือปฏิบัติการ	3.95 $\pm$ 0.70	3.61 $\pm$ 0.68	2.17	.033
3. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติ	3.42 $\pm$ 0.98	3.61 $\pm$ 0.82	-0.89	.377
4. การควบคุมดูแลพร้อมให้คำแนะนำ	4.05 $\pm$ 0.73	3.95 $\pm$ 0.80	0.60	.553
5. การได้ฝึกทักษะการทดลองเหมาะสม	4.39 $\pm$ 0.64	4.16 $\pm$ 0.55	1.74	.086
6. ความเข้าใจในขณะทำการทดลอง	4.00 $\pm$ 0.77	3.71 $\pm$ 0.65	1.77	.082
7. ความต้องการคำแนะนำเกี่ยวกับขั้นตอนและวิธีการในระหว่างทำการทดลอง	4.05 $\pm$ 0.80	3.82 $\pm$ 0.80	1.29	.202
8. ความเหมาะสมของการประเมินผล	3.79 $\pm$ 0.62	3.92 $\pm$ 0.67	-0.89	.379

ค่าความเชื่อมั่น = 0.79

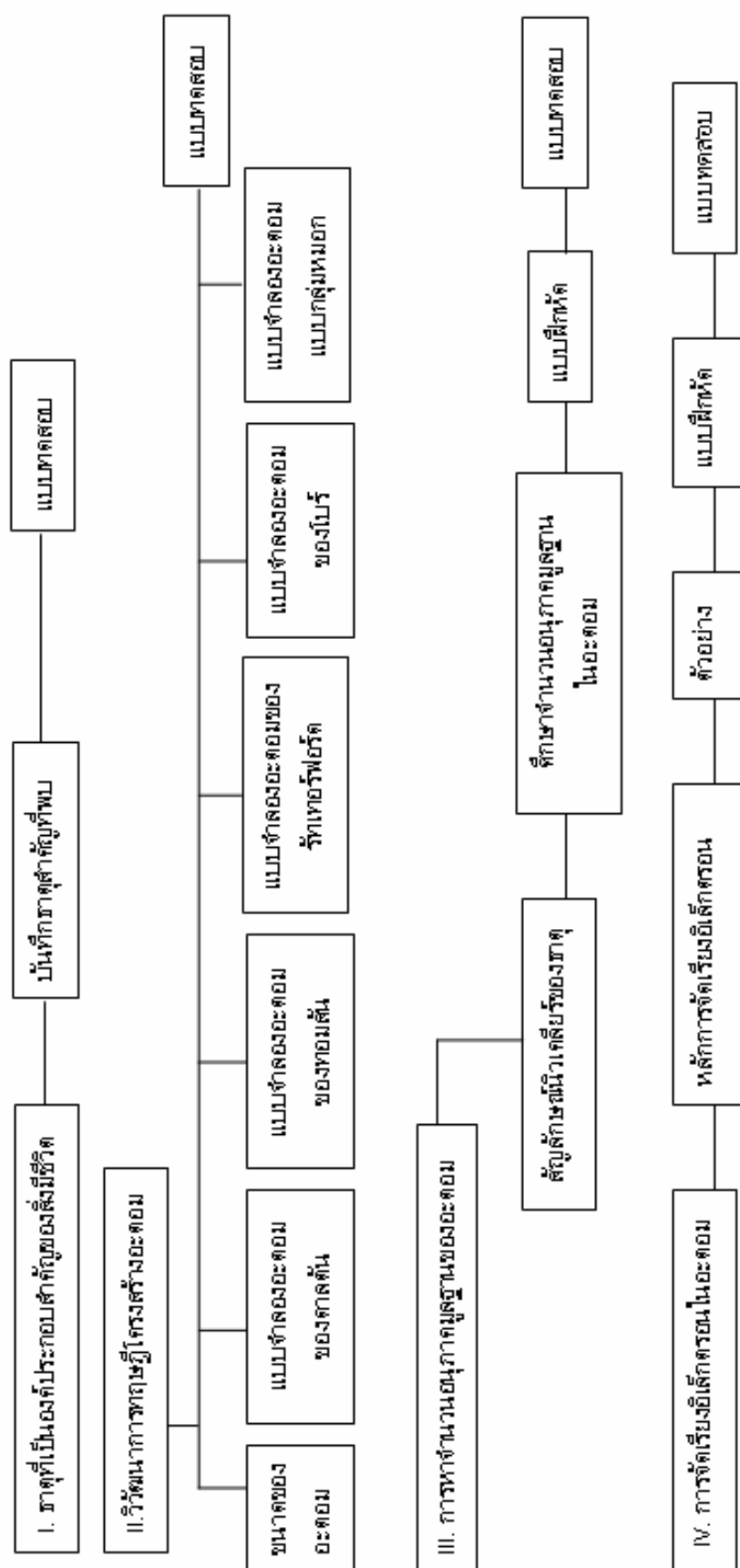
ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง มากที่สุด
 ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง มาก
 ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง ปานกลาง
 ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง น้อย
 ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง น้อยที่สุด

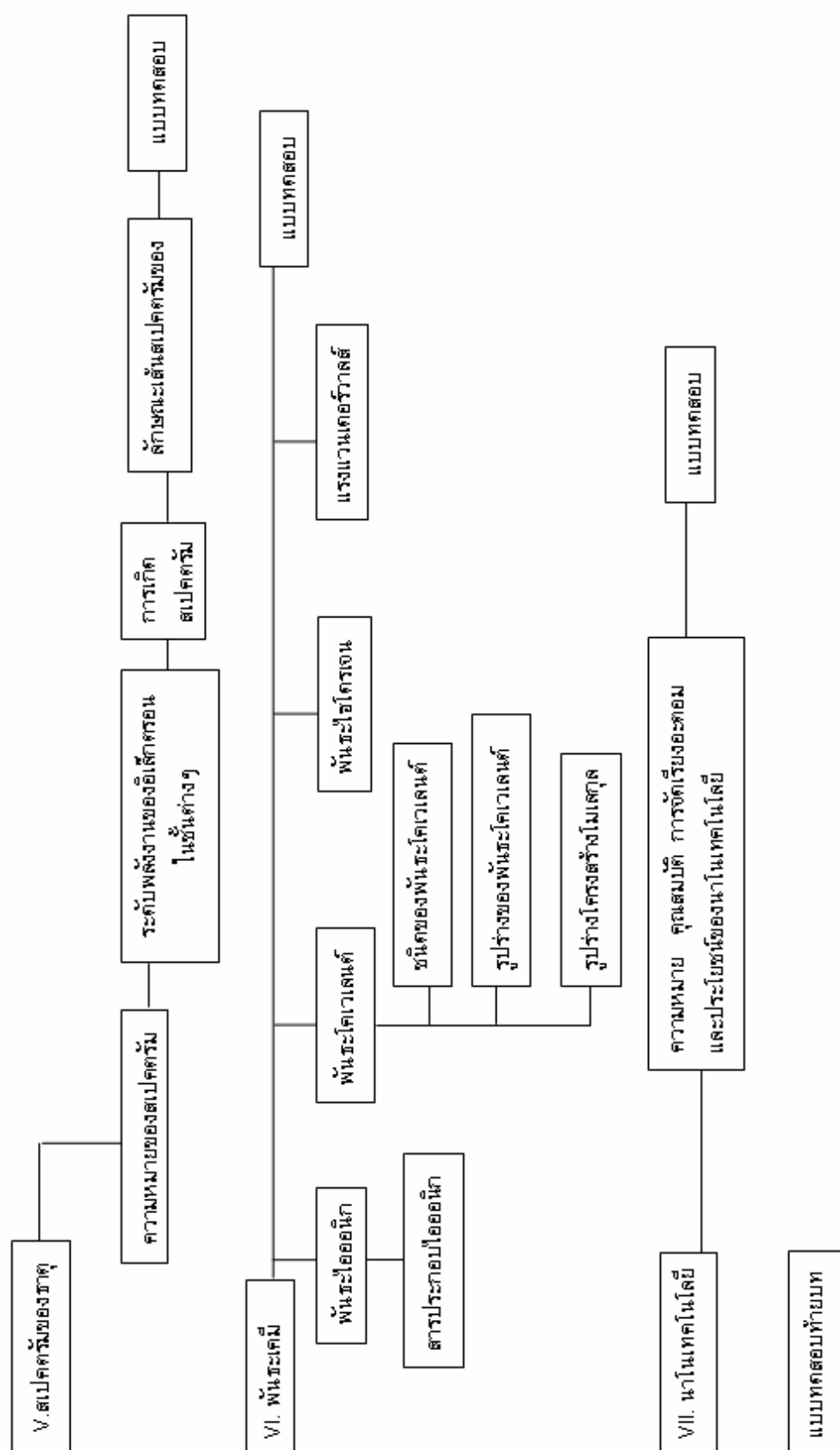
ภาคผนวก ข

แผนผังเนื้อหาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนระบบสื่อประสมเรื่อง ชีวโมเลกุล

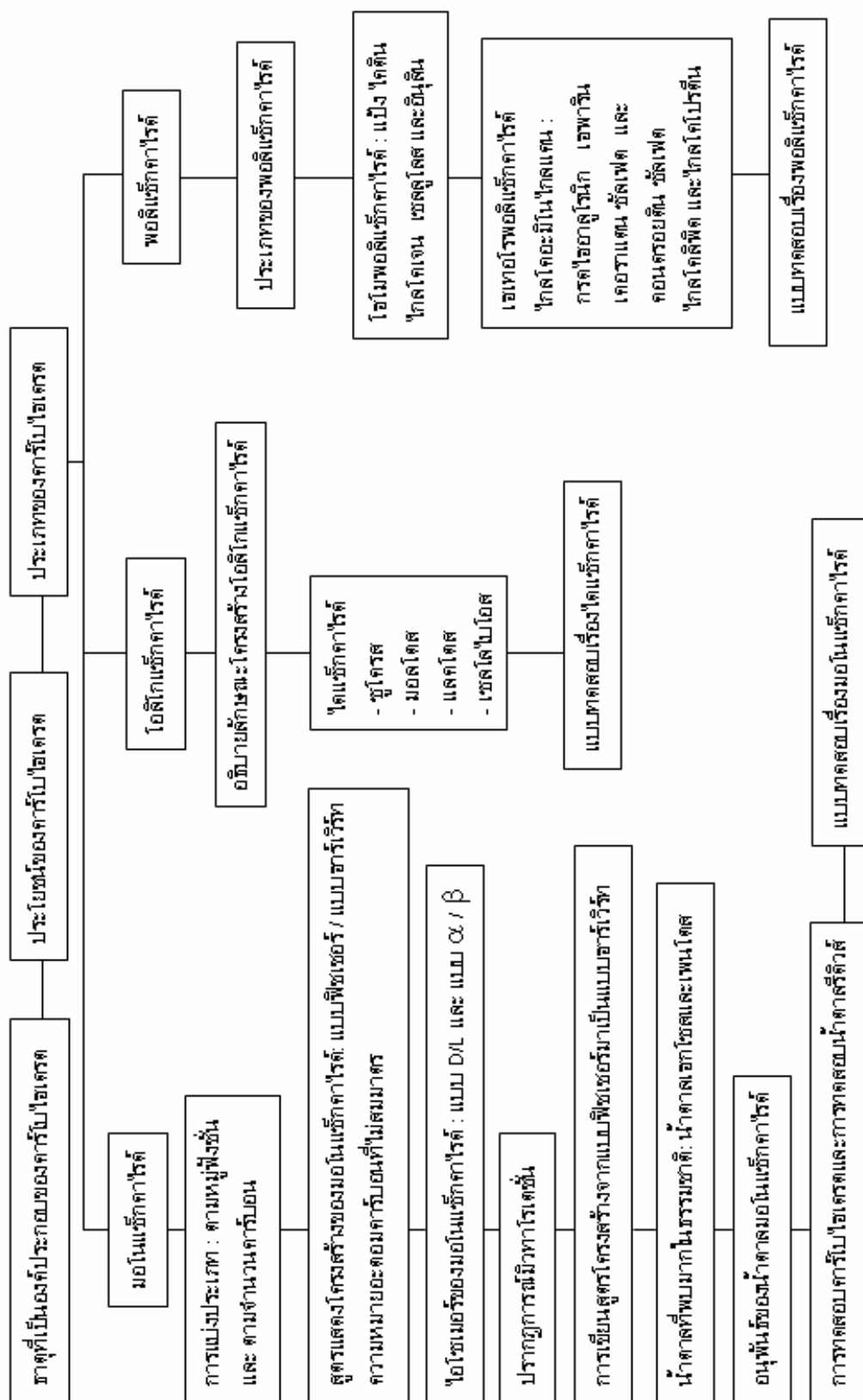


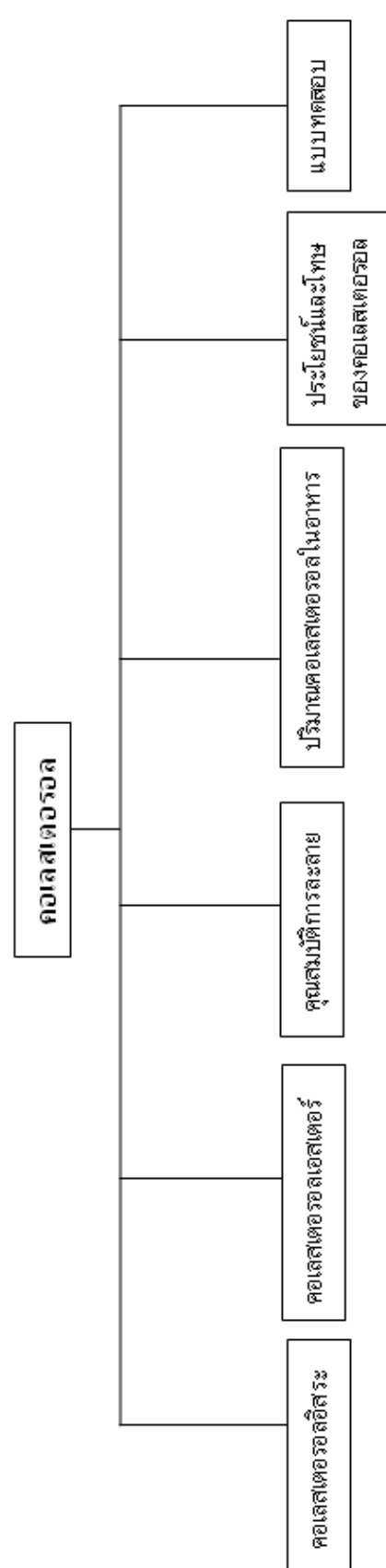
หน่วยที่ 1 โครงสร้างอะตอม โมเลกุล และพันธะเคมี



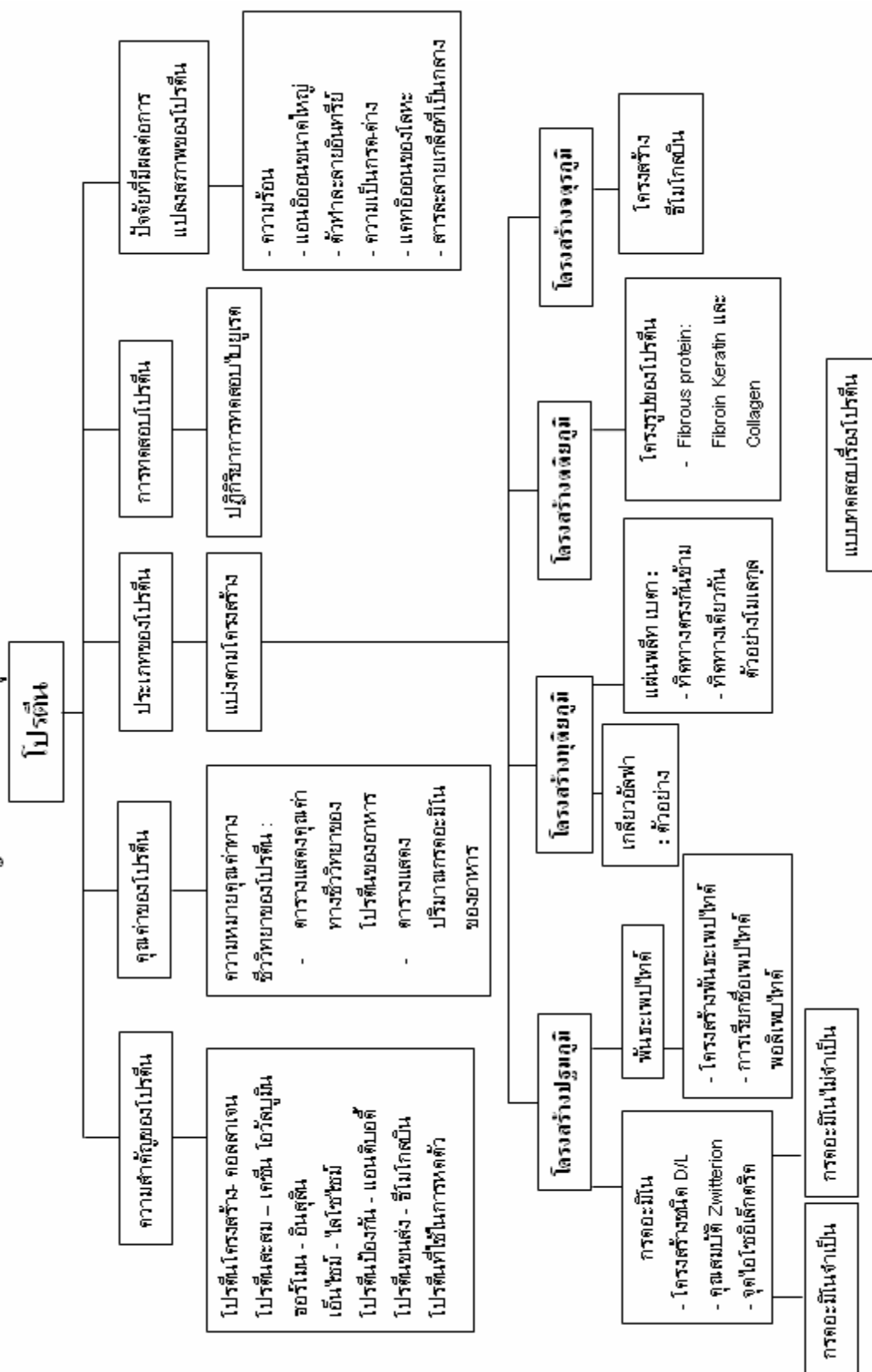


หน้าที่ที่ 2 ชนิด โครงสร้าง ความสำคัญของสาขาโมเลกุล: คาร์โบไฮเดรต

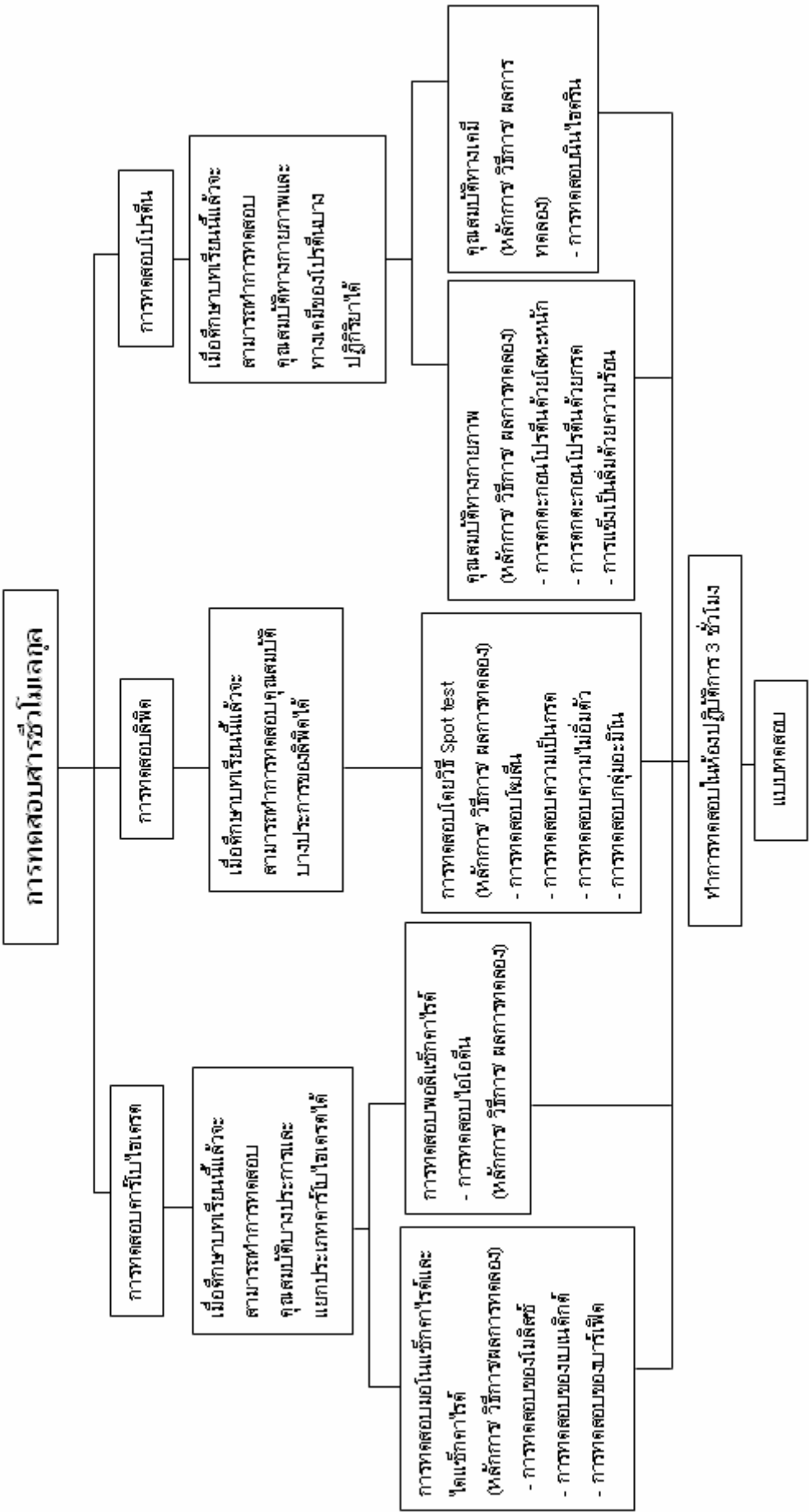




หน่วยที่ 2 ชนิต โครงสร้าง ความสำคัญองศาวิชาโมเลกุล: โปรตีน

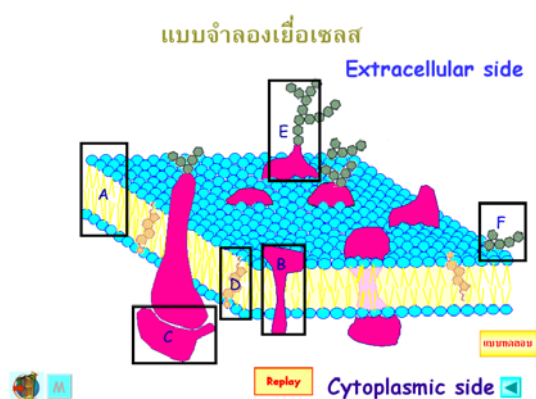
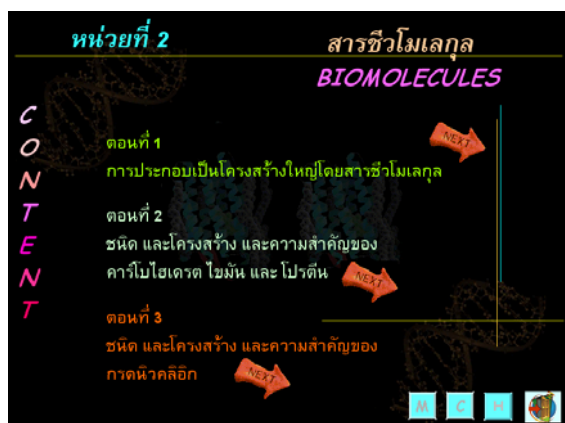
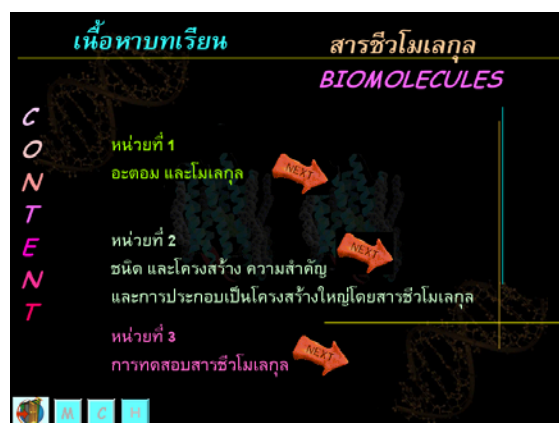
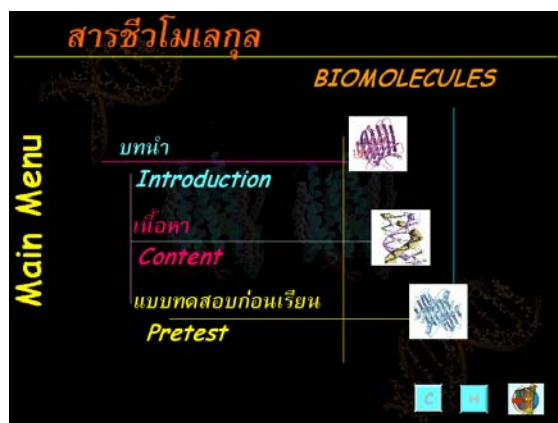


หน่วยที่ 3 การทดสอบสารชีวโมเลกุล



ภาคผนวก ข
ภาพตัวอย่างเนื้อหาในบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ

ภาพประกอบ 4 ตัวอย่างเนื้อหาในบทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ



Atom

วัตถุประสงค์

เมื่อนักเรียนศึกษาบทเรียนนี้แล้วจะสามารถ

1. บอกชื่อและปริมาณธาตุที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของสิ่งมีชีวิตได้
2. อธิบายโครงสร้างอะตอม ชนิดและจำนวนอนุภาคมูลฐานของอะตอม จากสัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุได้
3. อธิบายการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนในระดับพลังงานต่าง ๆ ของอะตอมได้
4. อธิบายการเกิดสเปกตรัมได้
5. อธิบายการเกิดพันธะเคมีในโมเลกุลและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคของสารนั้นได้
6. อธิบายความหมายและความสำคัญของนาโนเทคโนโลยีได้

Atom

สารบัญ

- I** ธาตุที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในสิ่งมีชีวิต
- II** วิวัฒนาการทฤษฎีโครงสร้างอะตอม
- III** การหาจำนวนอนุภาคมูลฐานในอะตอม
- IV** การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม
- V** สเปกตรัมของธาตุ
- VI** พันธะเคมี
- VII** นาโนเทคโนโลยี

แบบทดสอบท้ายบท

Atom

H																	He
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne										
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar										
K	Ca							Br	Kr								
		Transition metals															
		Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn						
				Mo													

สารบัญ

Atom

การพัฒนาแบบจำลองโครงสร้างอะตอม

- แบบจำลองอะตอมของดัลตัน (John Dalton) พ.ศ. 2346
- แบบจำลองอะตอมของทอมสัน (J.J. Thomson) พ.ศ. 2447
- แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด (Ernest Rutherford)
- แบบจำลองอะตอมของโบร์ (Niels Bohr) พ.ศ. 2456
- แบบจำลองอะตอมแบบกลศาสตร์ควอนตัม

Atom

สัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ $\rightarrow \begin{matrix} A \\ X \\ Z \end{matrix}$

A = เลขมวล

Z = เลขอะตอม

X = ธาตุ

เลขอะตอม = จำนวนโปรตอน = จำนวนอิเล็กตรอน

เลขมวล - เลขอะตอม = จำนวนนิวตรอน

สารบัญ

ให้นักเรียนศึกษาจำนวนอนุภาคมูลฐานในอะตอม โดยคลิกที่ธาตุต่างๆในตารางธาตุ

H																	He
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne										
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar										
K	Ca							Br	Kr								
		ของแข็ง (Solid) ของเหลว (Liquid) ก๊าซ (Gas)															
		โลหะ	อโลหะ														

สารบัญ

Atom

12
C
6 เลขอะตอมของ C คือ Enter

Carbon

แหล่งที่มา : <http://www.colorado.edu/UCB/AcademicAffairs/ArtsSciences/Physics/PhysicsInitiative/Physics2000/quantumzone/index.html>

Atom

E4
E3
E2
E1

เมื่อได้รับพลังงานเพิ่มในปริมาณที่เหมาะสมอิเล็กตรอนจะถูกกระตุ้นให้ขึ้นไปสู่ระดับพลังงานที่สูงขึ้นเรียกว่าสถานะกระตุ้น (E2, E3 หรือ E4) ซึ่งไม่เสถียร เมื่ออิเล็กตรอนในสถานะกระตุ้นกลับคืนสู่สถานะที่หมาะคายพลังงานออกมาเท่ากับผลต่างของระดับพลังงานทั้งสองโดยส่วนใหญ่จะคายออกมาในรูปโฟตอน

ภาพประกอบ

Atom

80 Br 35 20 Ne 10 12 C 6 1 H 1 88 Sr 38 14 N 7 23 Na 11 24 Mg 12 16 O 8 35 Cl 17 39 K 19 40 Ca 20 32 S 16 31 P 15 4 He 2 131 Xe 54 27 Al 13 19 F 9 207 Pb 82

ภาพประกอบ

Atom

Quantum number n

n=4
n=3
n=2
n=1

K L M N
Electronic orbits

อิเล็กตรอนชั้นที่อยู่ใกล้หวัเคลียสที่สุดเรียกระดับพลังงาน n=1 จะมีระดับพลังงานต่ำสุดและในชั้นห่างหวัเคลียสออกไปจะมีพลังงานสูงขึ้นตามลำดับ อิเล็กตรอนปกติจะอยู่ในระดับพลังงานต่ำเรียกว่า สถานะพื้น (E1)

ภาพประกอบ

Atom

ธาตุแต่ละชนิดจะมีลักษณะเส้นสเปกตรัมเฉพาะตัวโดยมีจำนวนและตำแหน่งของเส้นที่แตกต่างกัน

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร) 400 600

Click/wait

เพื่อให้กราฟในตารางหายไป

White light	Hydrogen	Helium	Beryllium	Carbon	Boron
Sodium	Potassium	Fluorine	Chlorine	Oxygen	Neon
Nitrogen	Phosphorus	Magnesium	Mercury	Sulfur	Silicon

แหล่งที่มา : <http://www.colorado.edu/UCB/AcademicAffairs/ArtsSciences/Physics/PhysicsInitiative/Physics2000/quantumzone/index.html>

Atom

ธาตุแต่ละชนิดจะมีลักษณะเส้นสเปกตรัมเฉพาะตัวโดยมีจำนวนและตำแหน่งของเส้นที่แตกต่างกัน

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร) 400 600

Click/wait

เพื่อให้กราฟในตารางหายไป

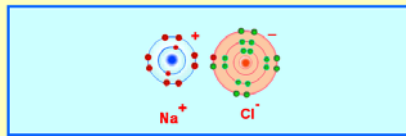
White light	Hydrogen	Helium	Beryllium	Carbon	Boron
Sodium	Potassium	Fluorine	Chlorine	Oxygen	Neon
Nitrogen	Phosphorus	Magnesium	Mercury	Sulfur	Silicon

แหล่งที่มา : <http://www.colorado.edu/UCB/AcademicAffairs/ArtsSciences/Physics/PhysicsInitiative/Physics2000/quantumzone/index.html>

Atom

พันธะไอออนิก (Ionic bond)

เป็นแรงดึงดูดที่เกิดจากไอออนบวกกับไอออนลบของอะตอมคู่ร่วมพันธะ



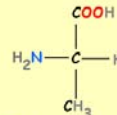
โซเดียมไอออนเป็นไอออนบวก

คลอไรด์ไอออนเป็นไอออนลบ

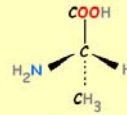
สารบัญ

Atom

โครงสร้าง 2 มิติ ของอะลาโน



Fischer projection



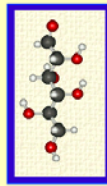
Pyramid

เส้นประชี้ไปด้านหลังของกระดาษ
เส้นเดี่ยวเชื่อมมาด้านหน้าของกระดาษ
เส้นเอียงตามแนวระนาบของกระดาษ

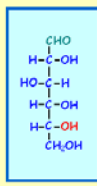
สารบัญ

Atom

โครงสร้าง 3 มิติของน้ำตาลกลูโคส



Ball and stick model



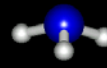
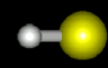
Sphere (CPK)

สารบัญ

Atom

พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond)

เป็นแรงอ่อนระหว่างโมเลกุล เกิดจากโมเลกุล โคเวเลนต์ ที่มีไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบใช้อิเล็กตรอนคู่ ร่วมกับ อะตอมของ N F และ O ซึ่งมีค่า อิเล็กโตรเนกาติวิตี สูง มักพบอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวในโมเลกุล จึงเป็นโมเลกุลที่มีขั้ว ได้แก่ NH_3 HF และ H_2O

 NH_3 

HF

 H_2O

สารบัญ

Atom

" สักวันหนึ่ง เราจะสามารถประกอบสิ่งต่าง ๆ นานาต่าง ๆ ขึ้นมาจากการจัดเรียงอะตอมด้วยความแม่นยำ และเท่าที่ข้าพเจ้ารู้ ไม่มีกฎทางฟิสิกส์ใด ๆ แม้แต่หลักแห่งความไม่แน่นอน (Uncertainty principle) ที่จะขัดขวางความเป็นไปได้"

เป็นคำกล่าวของศาสตราจารย์ริชาร์ด ฟายน์แมน (Richard Feynmann) ผู้ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ ในปี ค.ศ. 1965 กล่าวไว้ในปี ค.ศ. 1959



R.P. Feynman, in: Miniaturization, ed. H.D. Gilbert Reinhold, New York, 1961

สารบัญ

Atom

ประโยชน์ของนาโนเทคโนโลยี

โครงสร้างของแบ็กเก็ตทำจากวัสดุผสมระหว่างคาร์บอนกับ carbon nanotube มีคุณสมบัติ แข็งกว่าเหล็ก 100 เท่า แต่มีน้ำหนักเพียง 1 ใน 6 ทำให้การเคลื่อนที่มีน้ำหนักขึ้น และลดการแกว่ง

http://www.bonnyssports.com/eBusiness/EN/Products_list.asp?catalogid=48&type=233



<http://www.invesee.asu.edu/modules/sizescalemod/unit3.html>
การใช้เทคโนโลยีการบรรจุครีมในแคปซูลอนุภาคนาโน ซึ่งจะออกมาได้มีผิวเนียนนุ่มและชุ่มชื้น และทำให้สามารถแทรกซึมผิวหนังได้ลึกมากขึ้น



การใช้ nano-care ทำให้เสื้อผ้าไร้รอยยับและป้องกันเสื้อผ้าสกปรก

<http://www.brand-clothing-n-gear.com/Eddie-Bauer-Men>

สารบัญ

Carbohydrate

มอนแซ็กคาไรด์ Monosaccharide

ประเภทของมอนแซ็กคาไรด์

สูตรแสดงโครงสร้างของมอนแซ็กคาไรด์

ไอโซเมอร์ของมอนแซ็กคาไรด์

มิวทาโรเตชัน

น้ำตาลเฮกโซส

น้ำตาลเพนโทส

อนุพันธ์ของน้ำตาลมอนแซ็กคาไรด์

การทดสอบน้ำตาลบางปฏิกิริยา

แบบทดสอบ

Carbohydrate

ไอโซเมอร์ของมอนแซ็กคาไรด์ที่มีโครงสร้างลูกโซ่เปิดตามสูตรแบบฟิชเชอร์ (Fischer projection)

D-isomer

L-isomer

D-isomer & L-isomer

คำถาม?

หมู่ฟังก์ชัน

D - Glyceraldehyde

D - Glucose

D - Fructose

สารบัญ

Carbohydrate

ให้นักเรียนพิมพ์ D หรือ L เพื่อแสดงชนิดของไอโซเมอร์ของมอนแซ็กคาไรด์

1

CHO

H-C-OH

H-C-OH

CH₂OH

น้ำตาล erythrose นี่เป็นไอโซเมอร์ชนิด •

Enter

สารบัญ

Carbohydrate

ไอโซเมอร์ของมอนแซ็กคาไรด์ที่มีโครงสร้างวงแหวนแบบฮาร์เวิร์ท (Haworth Projection)

α-anomer

β-anomer

α-anomer & β-anomer

คำถาม

ให้นักเรียนสังเกตความแตกต่างของไอโซเมอร์ α และ β-isomer

สารบัญ

Carbohydrate

ไอโซเมอร์ของมอนแซ็กคาไรด์ที่มีโครงสร้างวงแหวนแบบฮาร์เวิร์ท (Haworth Projection)

α-anomer

β-anomer

α-anomer & β-anomer

คำถาม

α-D-fructofuranose

β-D-fructofuranose

α-D-glucopyranose

β-D-glucopyranose

สารบัญ

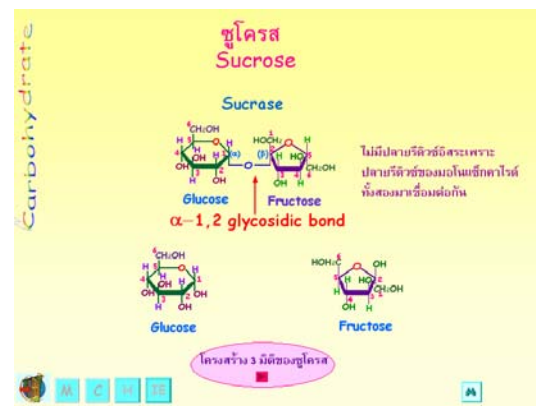
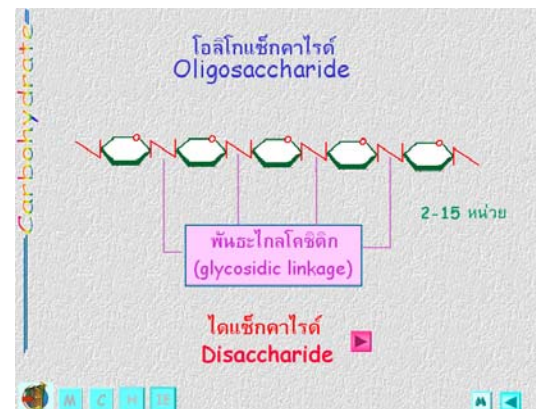
Carbohydrate

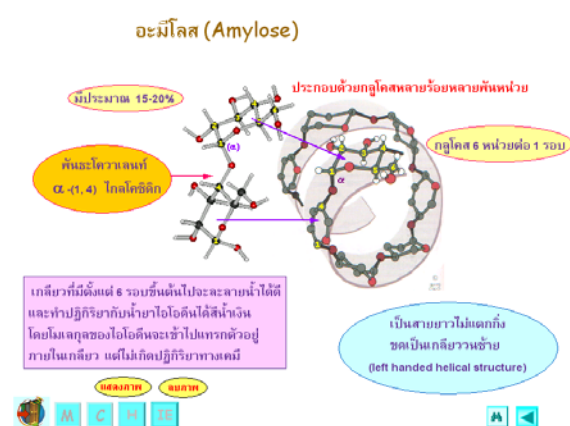
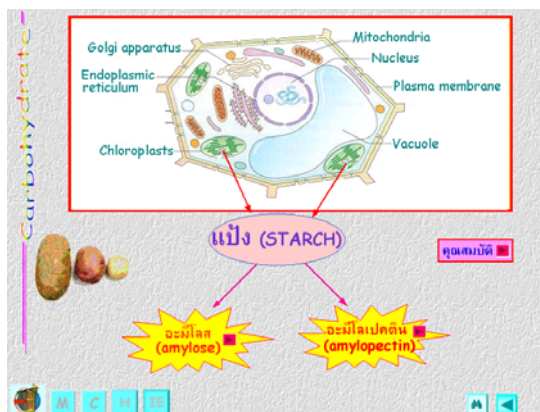
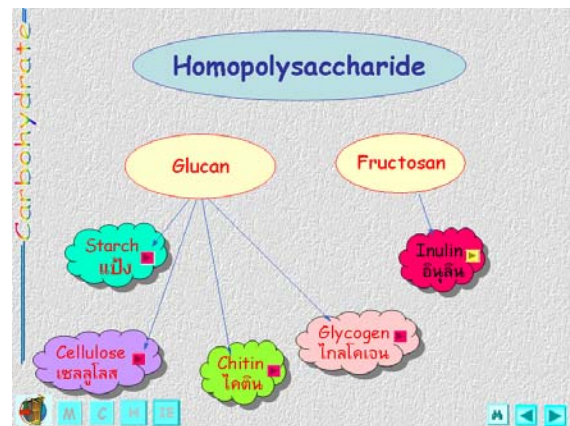
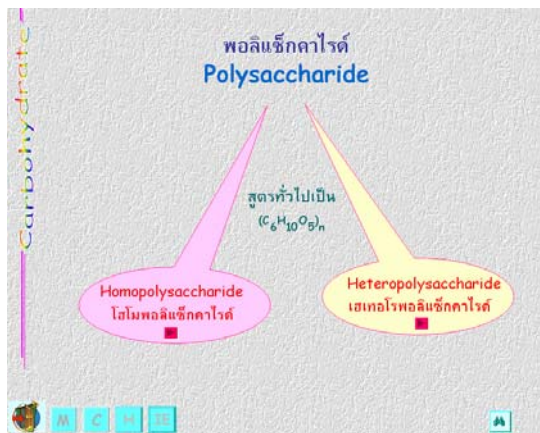
1

α-D-fructofuranose

β-D-fructofuranose

สารบัญ





Carbohydrate

จงเลือก(click)คำตอบที่ถูกต้องที่สุด

ให้นักเรียนพิจารณาให้รอบคอบ ก่อนเลือกคำตอบที่ถูกต้อง

ถ้านักเรียนตอบข้อ 1 ข้อจะได้ 1 คะแนน

ถ้าตอบผิดจะปรากฏไป hint เพื่อให้นักเรียนคลิกดูคำอธิบายก่อนย้อนกลับมาข้อเดิมอีกครั้ง

ถ้านักเรียนตอบผิดครั้งที่สอง จะปรากฏข้อความแสดงว่าเลือกที่ถูกต้อง

ให้นักเรียนคลิกดูคำตอบที่ถูกต้องเพื่อไปข้อต่อไป

ถ้านักเรียนตอบถูกในการเลือกครั้งที่สอง ก็จะไปมีข้อต่อไป แต่นักเรียนจะได้คะแนนจากข้อนี้

Carbohydrate

1. สารข้อใดไม่ใช่ homopolysaccharide

ก. แป้ง

ข. อินูลิน

ค. ไคติน

ง. เฮปาริน

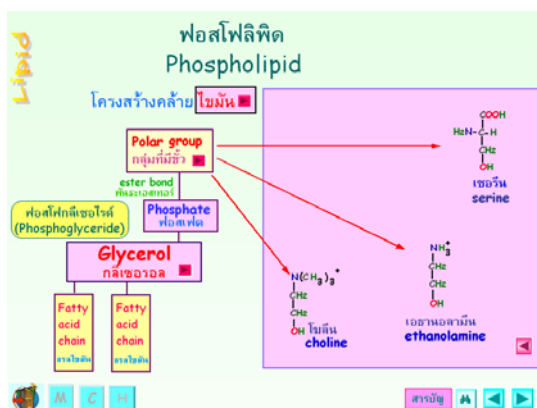
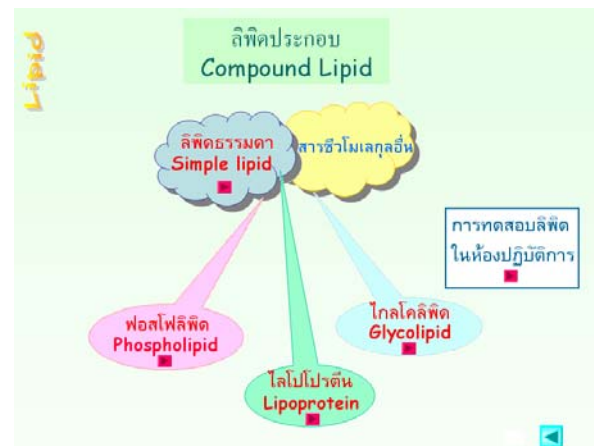
lipid

วัตถุประสงค์

เมื่อนักเรียนศึกษาบทเรียนนี้แล้วจะสามารถ

1. บอกประเภทและโครงสร้างของลิพิดชนิดต่าง ๆ ได้
2. อธิบายความแตกต่างของไขมันและน้ำมันได้
3. บอกคุณสมบัติของกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้
4. อธิบายการเกิดปฏิกิริยาบางชนิดของไขมันและน้ำมันได้
5. อธิบายกลไกการชำระล้างสิ่งสกปรกของสบู่และผงซักฟอกได้
6. บอกความสำคัญของลิพิดชนิดต่าง ๆ ได้

สารบัญ



lipid

ไลโปโปรตีน(Lipoprotein)

ลิพิด โปรตีน

พบมากในเลือด ทำหน้าที่ขนส่งลิพิดไปยังเซลล์ต่างๆในร่างกาย

Chylimycron

very low density lipoprotein (VLDL)

Low density lipoprotein (LDL)

High density lipoprotein (HDL)

โครงสร้าง



Lipid

โครงสร้างโมเลกุล 3 มิติ

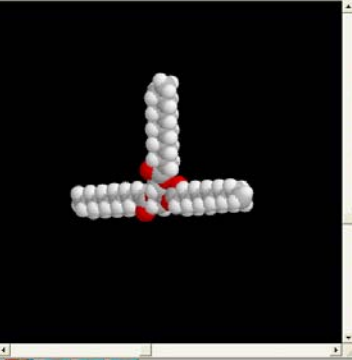
1. คลิกที่ file → open
2. เลือกโมเลกุลที่ต้องการ
3. คลิกที่โมเลกุลลากไปมาเมื่อต้องการหมุนดูโครงสร้าง 3 มิติ
4. คลิกที่ display เพื่อเลือกลักษณะโครงสร้างของโมเลกุล
5. คลิกที่ colour เพื่อเลือกลักษณะสีของโมเลกุล ให้เลือกแบบ CPK
6. คลิกที่ file → close เพื่อปิดโมเลกุลที่กำลังดูและ เริ่มที่ข้อ 1 เพื่อเลือกโมเลกุลใหม่
7. คลิกที่ file → exit ทุกครั้งเมื่อต้องการออกจากโปรแกรม

คลิกที่โปรแกรม RasMol

สารบัญ

RasMol Version 2.5

File Display Colours Options Export Help



คลิกที่ file → open

เลือกโมเลกุลที่ต้องการ

คลิกที่โมเลกุลลากไปมาเมื่อต้องการหมุนดูโครงสร้าง 3 มิติ

คลิกที่ display เพื่อเลือกลักษณะโครงสร้างของโมเลกุล

คลิกที่ colour เพื่อเลือกลักษณะสีของโมเลกุล ให้เลือกแบบ CPK

คลิกที่ file → close เพื่อปิดโมเลกุลที่กำลังดูและ เริ่มที่ข้อ 1 เพื่อเลือกโมเลกุลใหม่

คลิกที่ file → exit ทุกครั้งเมื่อต้องการออกจากโปรแกรม

สารบัญ

Lipid

กรดไขมัน Fatty acids

เป็นไฮโดรคาร์บอนสายยาวที่มีอย่างน้อยปลายหนึ่งเป็นกรดคาร์บอกซิลิก

สายตรงไม่แตกแขนง

จำนวนคาร์บอนเป็นจำนวนคู่ตั้งแต่ 4-24 อะตอม

แบ่งตามความแตกแขนงของพันธะได้ 2 ชนิด

กรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acids)

กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acids)

Animation

สารบัญ

Lipid

กรดไขมันไม่อิ่มตัว Unsaturated fatty acids

สายไฮโดรคาร์บอนของกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะมีพันธะคู่ระหว่างอะตอมของคาร์บอนอย่างน้อย 1 พันธะ

การนับตำแหน่งของคาร์บอนเพื่อบอกตำแหน่งของพันธะคู่

กรดไขมันจำเป็น (essential fatty acid)

ตัวอย่างกรดไขมันไม่อิ่มตัว

สารบัญ

Protein

โปรตีน Protein

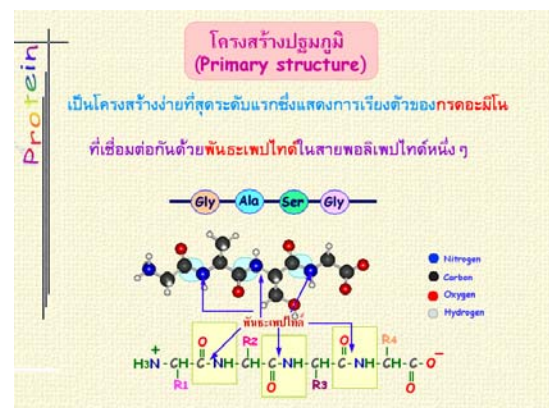
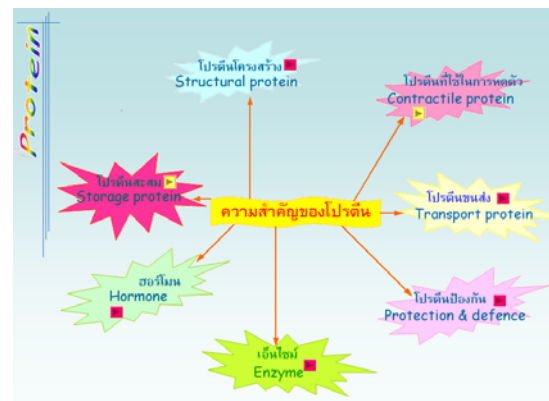
Protein

วัตถุประสงค์

เมื่อนักเรียนศึกษาบทเรียนนี้แล้วจะสามารถ

1. อธิบายโครงสร้างโมเลกุลของกรดอะมิโนได้
2. อธิบายความหมายและความสำคัญของการอะมิโนจำเป็นได้
3. อธิบายการเกิดพันธะเพปไทด์และบอกตำแหน่งพันธะเพปไทด์ในโปรตีนได้
4. อธิบายลักษณะโครงสร้างโมเลกุลของโปรตีนแต่ละระดับได้
5. อธิบายปฏิกิริยาเคมีที่ใช้ในการทดสอบโปรตีนได้
6. บอกปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพของโปรตีนได้

สารบัญ



โครงสร้างตติยภูมิ (Tertiary structure)

เป็นโครงสร้างซับซ้อนในระดับสามเกิดจากแรงยึดเหนี่ยวอ่อน ๆ ที่ไม่ใช่พันธะโคเวเลนต์ระหว่างหมู่สายข้าง (side chain) ของกรดอะมิโนในสายพอลิเพปไทด์นั้นเป็นส่วนใหญ่

แรงยึดเหนี่ยวที่สำคัญเกิดจากพันธะไฮโดรเจนระหว่างหมู่สายข้างของกรดอะมิโนซิสเทอีน แรงแวนเดอร์วาลส์ (van der Waals) ซึ่งเป็น hydrophobic interaction และพันธะไอออนิก



สามัญ < > < >

โครงสร้างจตุรภูมิ (Quaternary Structure)

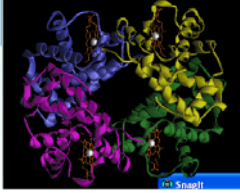
เป็นโครงสร้างที่ซับซ้อนมากขึ้นเป็นระดับสี่ เกิดจากโครงสร้างตติยภูมิมากกว่าหนึ่งหน่วยมาติดเหนี่ยวกันด้วยแรงดึงดูดอ่อน ๆ จากสายข้าง ของกรดอะมิโนเป็นส่วนใหญ่

ฮีโมโกลบินประกอบด้วย โครงสร้างตติยภูมิ 4 หน่วย

Animation

Stop Animation

โครงสร้างโมเลกุลสามมิติ



สามัญ < > < >

วัตถุประสงค์

เมื่อนักเรียนศึกษาบทเรียนนี้แล้วจะสามารถ

- อธิบายโครงสร้างโมเลกุล องค์ประกอบและชนิดของกรดนิวคลีอิกได้
- เปรียบเทียบความแตกต่างของ DNA และ RNA ได้
- บอกคุณสมบัติและความสำคัญของกรดนิวคลีอิกได้

NUCLEIC ACID

สามัญ < > < >



เบส

น้ำตาล

น้ำตาล

ฟอสเฟต

เบส

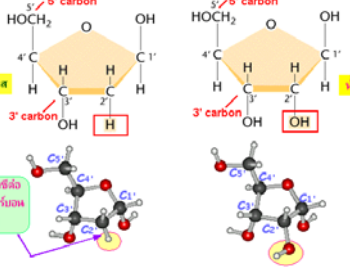
น้ำตาล

นิวคลีโอไทด์ (Nucleotide)

นิวคลีโอไซด์ (Nucleoside)

สามัญ < > < >

น้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก คือ น้ำตาลไรโบสและ ดีออกซีไรโบส ซึ่งเป็นน้ำตาลประเภทเพนโตส



5' carbon

4' carbon

3' carbon

2' carbon

1' carbon

น้ำตาลดีออกซีไรโบส

น้ำตาลไรโบส

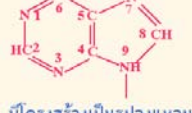
โมเลกุลไฮดรอกซิลสอง ตัวจะติดของคาร์บอนข้างหนึ่ง

สามัญ < > < >

เบส Bases

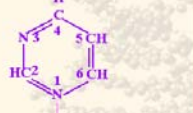
มีคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ โครงสร้างของเบสเป็นรูปวงแหวนมี 2 แบบ คือ

พิวรีน (purine)



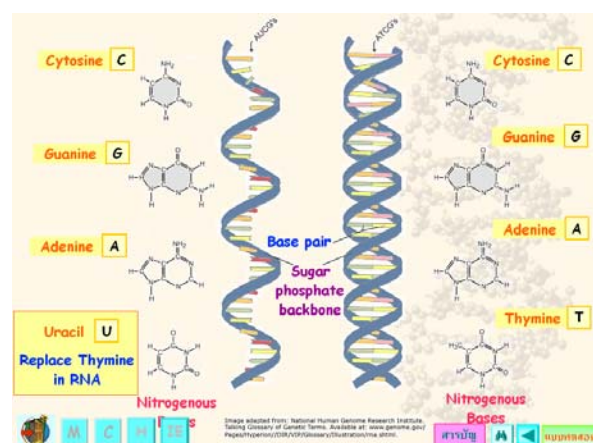
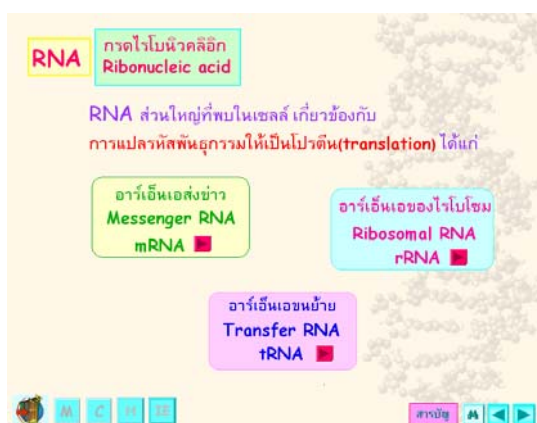
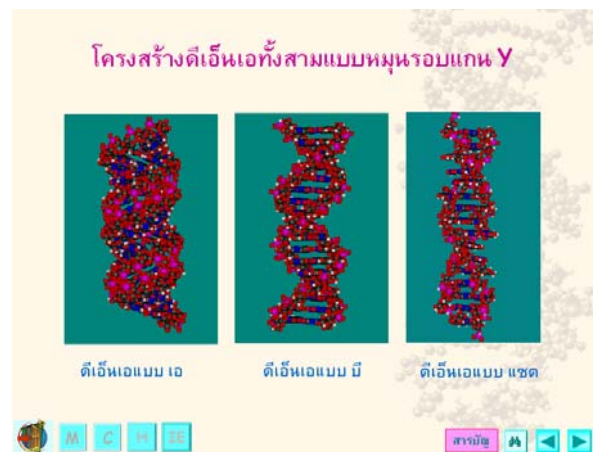
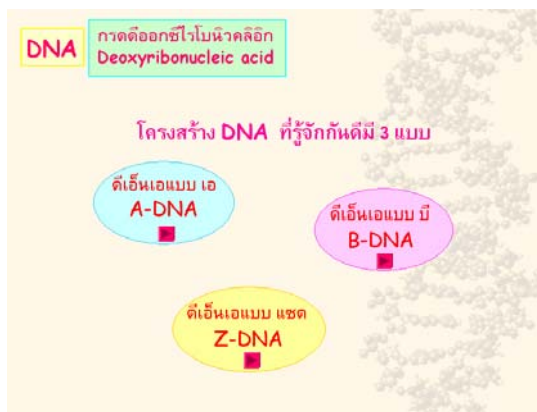
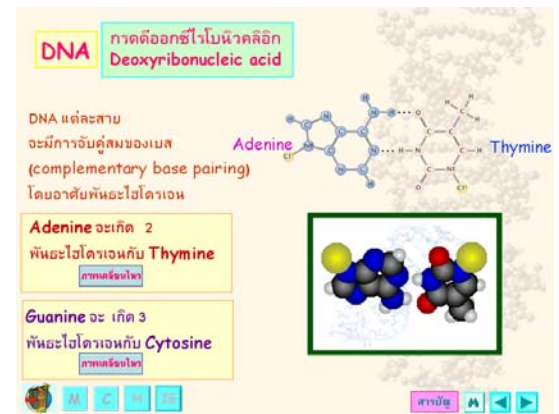
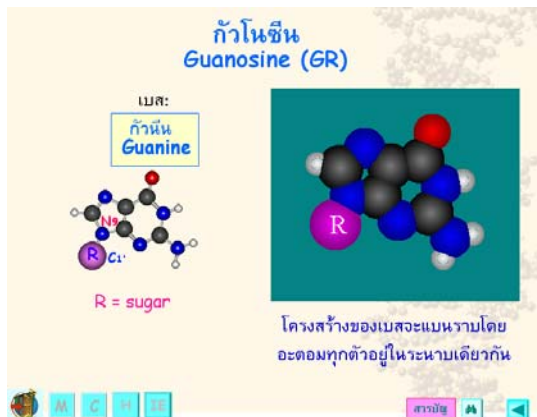
มีโครงสร้างเป็นรูปวงแหวนหกเหลี่ยมติดกับวงแหวนห้าเหลี่ยม

ไพริมิดีน (pyrimidine)



มีโครงสร้างเป็นรูปวงแหวนหกเหลี่ยมเพียงวงเดียว

สามัญ < > < >



การย่อยสลาย
กรดน้ำคร่ำ
ด้วยต่าง ▶

ความสามารถใน
การดูดแสงที่
ความยาวคลื่น 260 nm ▶

การย่อยสลาย
กรดน้ำคร่ำ
ด้วยกรด ▶

ความหนืดของ
กรดน้ำคร่ำ ▶

สารบัญ ◀ ▶

ดีเอ็นเอในสารละลายกรด

DNA $\xrightarrow{H^+}$ สารละลายกรด

Apurinic acid

สารบัญ ◀ ▶

การทดสอบสารชีวโมเลกุล

โปรตีน ◀ ▶

คาร์โบไฮเดรต ◀ ▶

การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ลิพิด ▶

สารบัญ ◀ ▶

การทดสอบสารชีวโมเลกุล

วัตถุประสงค์

เมื่อนักเรียนศึกษาบทเรียนนี้แล้วจะสามารถ

ทำการทดสอบคุณสมบัติบางชนิดของลิพิดได้ เช่น

- 1 ทดสอบลิพิดที่มีกลุ่มไขมัน กลุ่มอะมิโน เป็นส่วนประกอบ
- 2 ทดสอบลิพิดที่เป็นกรดไขมัน หรือมีกรดไขมันเป็นส่วนประกอบ
- 3 ทดสอบลิพิดที่ไม่อิ่มตัว

สารบัญ ◀ ▶

การทดสอบลิพิด (spot test)

การทดสอบ ไขมัน (choline test) ▶

การทดสอบกลุ่มอะมิโน (amino test) ▶

การทดสอบความเป็นกรด (acid test) ▶

การทดสอบความไม่อิ่มตัว (unsaturation test) ▶

สารบัญ ◀ ▶

การทดสอบสารชีวโมเลกุล

การทดสอบโปรตีน

สารละลายโปรตีนที่ใช้

ใช้สารละลายไข่ขาวที่เจือจาง 1:5

การทดสอบคุณสมบัติทางเคมี ▶

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ▶

สารบัญ ◀ ▶

การทดสอบสารชีวโมเลกุล

การทดสอบมอโนแซ็กคาไรด์และไดแซ็กคาไรด์

ใช้สารละลายน้ำตาลมาตรฐาน ได้แก่ 0.05 M กลูโคส, โกลูส, แลคโตส และ ซูโครส กับสารละลายน้ำตาล unknown สำหรับทดสอบ

การทดสอบของโมลิช (Molisch's test)

การทดสอบของเบเนดิกต์ (Benedict's test)

การทดสอบของบาร์ฟอร์ด (Barford's test)

M C H

การทดสอบสารชีวโมเลกุล

การทดสอบของโมลิช (Molisch's test)

เป็นการทดสอบ คาร์โบไฮเดรตจำพวกแป้งและน้ำตาลทุกชนิด

หลักการ

```

    graph LR
      A[เพนโตส] --> B[กรดเข้มข้น]
      A --> C[น้ำ]
      B --> D[เฟอร์ริวาาล]
      C --> D
      E[เฮกโซส] --> B
      E --> C
      B --> F[ไฮดรอกซีเมทิล เฟอร์ริวาาล]
      C --> F
      F --> G[เฟอร์ริวาาล]
  
```

M C H

การทดสอบสารชีวโมเลกุล

วัตถุประสงค์

อธิบายวิธีการทดสอบสารคาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมันได้

ทำการทดสอบและสรุป ประเภทและชนิดของสารชีวโมเลกุลทั้ง 3 ได้

M C H

การทดสอบสารชีวโมเลกุล

การทดสอบของโมลิช (Molisch's test)

เป็นการทดสอบ คาร์โบไฮเดรตจำพวกแป้งและน้ำตาลทุกชนิด

หลักการ

เฟอร์ริวาาล + น้ำยาโมลิช(แอลฟา-แนพทอล) (Molisch's reagent) (1% α -naphthol) → สารสีม่วงถึงม่วงแดง

M C H

การทดสอบสารชีวโมเลกุล

วิธีการทดลอง

ขั้นที่ 1



I II III IV V

เตรียมหลอดทดลองขนาดเล็ก 5 หลอด

M C H

การทดสอบสารชีวโมเลกุล

ขั้นที่ 2



I II III IV V

กลูโคส โกลูส แลคโตส ซูโครส unknown

เติมน้ำยาโมลิช(1% α -naphthol) 3 หยดในแต่ละหลอดทดลอง เขย่าให้เข้ากัน

M C H

การทดสอบสารชีวโมเลกุล

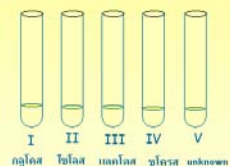
ขั้นที่ 3

เติมกรดกำมะถันเข้มข้นประมาณ 1 มล.
ให้ไหลไปตามข้างหลอดจนเกิดเป็นชั้น
ไม่ต้องเขย่าหลอดทดลอง



การทดสอบสารชีวโมเลกุล

ขั้นที่ 2



เติมน้ำยาโมลิช (1% α -naphthol) 3 หยดในแต่ละหลอดทดลอง
เขย่าให้เข้ากัน



การทดสอบสารชีวโมเลกุล

ขั้นที่ 3

เติมกรดกำมะถันเข้มข้นประมาณ 1 มล.
ให้ไหลไปตามข้างหลอดจนเกิดเป็นชั้น
ไม่ต้องเขย่าหลอดทดลอง



การทดสอบสารชีวโมเลกุล

ผลบวก:

การเกิดวงแหวนสีม่วงตรงที่น้ำยาทั้งสองชั้นต่อกันภายใน 5 นาที



ภาคผนวก ญ
ภาพกิจกรรมการเรียนการสอน



ภาพประกอบ 5 การเรียนโดยใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ฯ



ภาพประกอบ 6 การทดลองในห้องปฏิบัติการ

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	พันเอกหญิง อลิสา เสนามนตรี
วันเดือนปีเกิด	6 ธันวาคม 2502
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	159/7 ซอยรามคำแหง 110 ถนนรามคำแหง สะพานสูง กรุงเทพฯ 10240.
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	วิทยาลัยแพทยศาสตร์พระมงกุฎเกล้า 315 ถนนราชวิถี ราชเทวี กรุงเทพฯ 10400.
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2518	มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา
พ.ศ. 2524	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ชีวเคมี) จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2526	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ชีวเคมี) จากมหาวิทยาลัยมหิดล
พ.ศ. 2551	การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ