รายงานการวิจัย

เรื่อง

การวิจัยเพื่อพัฒนาชุดการเรียนการสอนปฏิบัติการวิชาชีวเคมี 1

ฤดีวรรณ บุญยะรัตน์

พ.ศ. 2549

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ชื่อเรื่อง **การวิจัยเพื่อพัฒนาชุดการเรียนการสอนปฏิบัติการวิชาชีวเคมี 1**

ผู้วิจัย รศ.ฤดีวรรณ บุญยะรัตน์

สาขาที่ทำการวิจัย เคมี

ทำการวิจัยเสร็จเรียบร้อย 2549

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาชุดการเรียนการสอนปฏิบัติการวิชาชีวเคมี 1 ซึ่งเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเปิดโอกาสให้ใช้เครื่องวิทยาศาสตร์อย่างเต็มที่ โดยได้ทำการสร้างบทเรียนสำเร็จรูป 6 ชุด เนื้อหาของชุดการเรียนการสอนสอดคล้องกับหลักสูตรมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พุทธศักราช 2550 ในรายวิชาปฏิบัติการชีวเคมี 1 และได้นำชุดการเรียนการสอนนี้ทดลองใช้กับนักศึกษากลุ่มตัวอย่างในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม 38 คน เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของชุดการเรียนการสอนทั้ง 3 ด้าน คือ เจตคติ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา และประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ ชุดการเรียนการสอน แบบสอบถามวัดเจตคติ และแบบประเมินตนเองก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลสอบถามวัดเจตคติของนักศึกษาที่มีต่อบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด พบว่า นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามมีเจตคติที่ดีต่อบทเรียนสำเร็จรูปในทุก ๆ ด้าน อยู่ในระดับดี (3.50 – 4.49) เช่น วัตถุประสงค์ชัดเจน เนื้อหากระชับและชัดเจน ทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างใช้ความคิดและเหตุผล และเปิดโอกาสให้ใช้เครื่องมืออย่างเต็มที่ ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา พบว่า ผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด มีความแตกต่างกัน โดยหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูปนักศึกษามีการเรียนรู้ที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูปแต่ละชุดอยู่ในเกณฑ์กำหนด $E_1 : E_2 = 75 : 75$ โดยมีค่าเบี่ยงเบนได้ $\pm 5\%$ เมื่อ E_1 เป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 ของคะแนนจากรายงานผลการศึกษาบทเรียน E_2 เป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 ของคะแนน จากแบบประเมินตนเองเมื่อสิ้นสุดการดำเนินกิจกรรมในบทเรียนสำเร็จรูปแต่ละชุด

Research Title : **The Research for Developing the Modules on Biochemistry Laboratory I**

Author : Assoc. Prof. Reudeewan Bunyarat

Field : Chemistry

Research Year : 2006

Abstract

The purpose of this research was to develop the modules on Biochemistry laboratory I which were designed to improve students' scientific skills and to enhance students' opportunities in utilizing the scientific equipments. Through this process, six modules were constructed. The contents of all modules corresponded to Pibulsongkram Rajabhat University curriculum 2007 cover Biochemistry Laboratory I.

Population in this study were 38 University undergraduates. This study was separated into three parts, firstly participants' attitude, secondly, participants' achievements and finally, the efficiency of the modules. The tools were modules, attitude questionnaire and pre – test and post – test. SPSS for Window was used to analyze the data.

The findings showed that participants had positive attitude towards all modules. Logical thinking was acheived through the process of module interaction. All modules helped create students ability to utilize the installed scientific equipment. Participants gained more knowledge from studying all modules at the level of 0.05 statistically significant. The efficiency of all modules were in the criteria $E_1 : E_2 = 75 : 75$. This was accepted for the error ± 5 % where E_1 was the 75 % average score from module study report E_2 was the 75 % average score from the post – test.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

Abstract

สารบัญ

สารบัญตาราง

บทที่ 1 บทนำ **1**

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 1

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ 2

1.5 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.6 สมมุติฐานการวิจัย 4

บทที่ 2 แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง **5**

2.1 การสอนแบบปฏิบัติการ 5

2.2 ชุดการเรียนการสอนหรือโมดูล 6

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย **13**

3.1 ระเบียบวิธีวิจัย 13

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 13

3.3 การสร้างเครื่องมือ 13

3.4 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 19

บทที่ 4 ผลการวิจัย **20**

4.1 เจตคติของผู้เรียนต่อการใช้บทเรียนสำเร็จรูป 20

4.2 ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา 35

4.3 ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป 36

บทที่ 5 สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ **37**

5.1 สรุป 37

5.2 อภิปราย 38

5.3 ข้อเสนอแนะ 38

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	40
ภาคผนวก	42
ภาคผนวก ก การหาประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป	43
ภาคผนวก ข การตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบประเมินตนเองก่อนเรียน และหลังเรียน (แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน)	62
ภาคผนวก ค เครื่องมือวิจัย	75
ภาคผนวก ง ตัวอย่างบทเรียนสำเร็จรูป และคู่มือการเขียนรายงาน	94

สารบัญตาราง

		หน้า
ตาราง 3.1	ชื่อบทเรียนสำเร็จรูปในรายวิชาปฏิบัติการชีวเคมี 1	14
ตาราง 4.1	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อวัตถุประสงค์ของบทเรียนสำเร็จรูป	20
ตาราง 4.2	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อความชัดเจนของขั้นตอนในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป	21
ตาราง 4.3	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อโอกาสการใช้เครื่องมือในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป	22
ตาราง 4.4	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อความสนุกเพลิดเพลินของการทดลองในบทเรียนสำเร็จรูป	23
ตาราง 4.5	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อการเรียนรู้โดยใช้ความคิดและเหตุผลของบทเรียนสำเร็จรูป	24
ตาราง 4.6	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อวิธีการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูปในด้านความง่าย กระชับและชัดเจน	25
ตาราง 4.7	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อความเข้าใจในเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูป	26
ตาราง 4.8	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อความยากของเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูป	27
ตาราง 4.9	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อความยาวของเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูป	28
ตาราง 4.10	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อความยากของศัพท์ที่ใช้ในบทเรียนสำเร็จรูป	29
ตาราง 4.11	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อรูปภาพประกอบในบทเรียนสำเร็จรูปที่ทำให้เกิดความเข้าใจบทเรียนสำเร็จรูป	30

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตาราง 4.12	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อคำถามของบทเรียนสำเร็จรูป และความสามารถตอบคำถามในบทเรียนสำเร็จรูป	31
ตาราง 4.13	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อความเข้าใจคำสั่งหรือคำชี้แจงในบทเรียนสำเร็จรูป และความสามารถในการปฏิบัติตามคำสั่งหรือคำชี้แจง	32
ตาราง 4.14	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อเวลาที่กำหนดของบทเรียนสำเร็จรูป	33
ตาราง 4.15	ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อแบบประเมินตนเองของบทเรียนสำเร็จรูป	34
ตาราง 4.16	ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่า t ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป	35
ตาราง 4.17	ประสิทธิภาพและความก้าวหน้าในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป	36

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเรียนภาคปฏิบัติการ นับว่าเป็นหัวใจสำคัญในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เพราะนอกจากจะทำให้เข้าใจภาคทฤษฎีได้อย่างลึกซึ้งแล้ว การปฏิบัติการยังช่วยกระตุ้นให้นักศึกษาเกิดจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการหากระบวนการและวิธีการต่าง ๆ รวมทั้ง มีความคิดที่สมเหตุสมผลทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจน มีเจตคติที่ดี

กระบวนการพัฒนาการเรียนการสอนภาคปฏิบัติการวิชาชีวเคมี 1 นี้ ได้รวบรวมเรียบเรียงขึ้นจากเอกสารส่วนหนึ่งที่ทดลองใช้สอนนักศึกษาซึ่งดำเนินมาตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2548 และปรับปรุงเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน อีกส่วนหนึ่งประมวลมาจากการวิเคราะห์สภาพปัญหาปัจจุบันซึ่งการเรียนการสอนภาคปฏิบัติการวิชาเคมีเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ประกอบกับมหาวิทยาลัยได้รับการสนับสนุนจากโครงการ พวส. ได้เครื่องมือชนิดต่าง ๆ เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก กระบวนการเรียนการสอนจำเป็นต้องปรับปรุงให้สอดคล้องกับสภาพดังกล่าวเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความคิดรวบยอดในเรื่องต่าง ๆ ได้ ผู้วิจัยตระหนักถึงความสำคัญในเรื่องนี้จึงได้คิดวิจัยเพื่อพัฒนาชุดการเรียนการสอนปฏิบัติการวิชาชีวเคมี 1 ขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสร้างชุดการเรียนการสอนปฏิบัติการวิชาชีวเคมี 1 ซึ่งประกอบด้วย บทเรียนสำเร็จรูป และคู่มือการเขียนรายงาน

2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป และพัฒนาให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดในด้าน

เจตคติของผู้เรียนต่อการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาภายหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ได้ชุดการเรียนการสอนปฏิบัติการวิชาชีวเคมี 1 ซึ่งมีลักษณะเป็นบทเรียนสำเร็จรูปและคู่มือการเขียนรายงานให้แก่นักศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ตลอดจน สถาบันการศึกษาอื่น ๆ นับว่าเป็นการสร้างความก้าวหน้าทางการคิดค้นสื่อการเรียนการสอนให้แก่วงการศึกษาระดับอุดมศึกษา

2. ช่วยให้เกิดการพัฒนาการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติการชีวเคมี 1 ตามหลักสูตรมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

3. เป็นแนวทางในการนำไปทดลองใช้กับวิชาอื่น ๆ ต่อไป

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ชุดการเรียนการสอน (module) หมายถึง สื่อการเรียนที่จัดขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชาปฏิบัติการชีวเคมี 1 ตามหลักสูตรของมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พุทธศักราช 2550 แบ่งเป็น 6 ชุด แต่ละชุดการเรียนการสอน ประกอบด้วย บทเรียนสำเร็จรูป พร้อมทั้ง คู่มือการเขียนรายงาน

2. ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป หมายถึง เกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป ซึ่งใช้สัญลักษณ์ E_1/E_2 และในการวิจัยครั้งนี้กำหนดเกณฑ์ไว้ 75/75 โดยมีค่าเบี่ยงเบนได้ ± 5 % เมื่อ E_1 เป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 ของคะแนนจากรายงานผลการศึกษาบทเรียน E_2 เป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 ของคะแนนจากแบบประเมินตนเองเมื่อสิ้นสุดการดำเนินกิจกรรมในบทเรียนสำเร็จรูปแต่ละชุด

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ค่าของการพัฒนาในการเรียนรู้ ซึ่งได้จากการศึกษาความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนและหลังเรียน โดยใช้ค่าที (t – test) และคะแนนหลังเรียนต้องสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4. เจตคติที่มีต่อการใช้บทเรียนสำเร็จรูป หมายถึง สภาพความรู้สึกนึกคิดที่มีต่อคุณภาพของบทเรียนสำเร็จรูปที่สร้างขึ้นในด้านเนื้อหา กิจกรรม แบบทดสอบ รูปแบบการสร้าง และลักษณะการเรียนรู้

5. แบบประเมินตนเองก่อนเรียน และหลังเรียน หมายถึง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่ศึกษาในสาขาวิทยาศาสตร์ ในปีการศึกษา 2549

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม สาขาวิชาเคมี ชั้นปีที่ 2 และวิทยาศาสตร์การอาหาร ชั้นปีที่ 3 ปีการศึกษา 2549 จำนวน 38 คน

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา

ชุดการเรียนการสอนที่สร้างขึ้นนี้ใช้เนื้อหาในรายวิชาปฏิบัติการวิชาชีวเคมี 1 ซึ่งเป็นรายวิชาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พุทธศักราช 2550 ประกอบด้วย บทเรียนสำเร็จรูป และคู่มือการเขียนรายงาน จำนวน 6 ชุด ได้แก่

1) บทนำ
2) ปฏิบัติการ เรื่อง คาร์โบไฮเดรต
3) ปฏิบัติการ เรื่อง โปรตีน
4) ปฏิบัติการ เรื่อง ลิพิด
5) ปฏิบัติการ เรื่อง กรดนิวคลีอิก
6) ปฏิบัติการ เรื่อง เอนไซม์

3. เวลาที่ใช้ในการวิจัยกลุ่มตัวอย่าง

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2549

4. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การใช้บทเรียนสำเร็จรูปในรายวิชาปฏิบัติการชีวเคมี 1 ทั้งหมด 6 ชุด คือ บทนำ ปฏิบัติการเรื่องคาร์โบไฮเดรต ปฏิบัติการเรื่องโปรตีน ปฏิบัติการเรื่องลิพิด ปฏิบัติการเรื่องกรดนิวคลีอิก และปฏิบัติการเรื่องเอนไซม์

2. ตัวแปรตาม ได้แก่

1) ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป

2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3) เจตคติของนักศึกษาที่มีต่อบทเรียนสำเร็จรูป

1.6 สมมุติฐานการวิจัย

1. บทเรียนสำเร็จรูปมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 75/ 75

2. หลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นจากก่อนการทดลองใช้บทเรียนสำเร็จรูป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. เจตคติของนักศึกษาที่มีต่อบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด อยู่ในระดับดี (3.50 – 4.49)

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นพื้นฐานการวิจัยในรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 การสอนแบบปฏิบัติการ (Laboratory approach)

การสอนแบบปฏิบัติการ มีวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้บรรลุ 2 ประการ คือ การเรียนรู้เทคนิคปฏิบัติการ และการเข้าใจกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ตามหลักวิทยาศาสตร์ ซึ่งวัตถุประสงค์ข้อนี้มีความสำคัญพื้นฐานต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เป็นอย่างยิ่ง ดังนั้น การเรียนภาคปฏิบัติการจึงเป็นโอกาสที่ดีที่สุดสำหรับให้นักศึกษาเข้าใจเรื่องนี้ มีเหตุผลสำคัญ ๆ ที่ทำให้เราคิดว่าการพัฒนาการเรียนการสอน ควรเป็นการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการ เนื่องจากประการที่หนึ่ง ความก้าวหน้าและเพิ่มพูนของวิทยาการต่าง ๆ ที่มีอยู่มากมายทุก ๆ วัน วิธีสอนที่จะนำวิทยาการเหล่านี้มาให้ผู้เรียนรับรู้ได้ในเวลาที่เท่าเดิมนั้น คือ การสอนที่ต้องเน้นกระบวนการเสาะแสวงหาความรู้ ประการที่สอง เป็นการสอนให้ผู้เรียน คิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาเป็น เพื่อให้ผู้เรียนพร้อมที่จะรับสถานการณ์ในปัจจุบันและอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สิปปนนท์ เกตุทัต (สัญลักษณ์ เทียมถนอม, 2543) กล่าวว่า จุดอ่อนของการศึกษาไทยไปเน้นองค์ความรู้ องค์ความรู้คล้าย ๆ กับของซึ่งมนุษย์รู้อยู่แล้ว วิธีการหาความรู้สำคัญยิ่งกว่าองค์ความรู้มหาศาล

ลาวัลย์ พลกล้า (2523) ได้ให้ข้อคิดว่า การสอนแบบปฏิบัติการเป็นวิธีการสอนที่ผู้เรียนได้เรียนจากการปฏิบัติการจริง เป็นการเรียนจากประสบการณ์ตรง นักเรียนได้ทดลองปฏิบัติ เสาะหาข้อมูล ค้นหาวิธีการ และกระบวนการด้วยตนเอง การสอนแบบปฏิบัติการมีลักษณะสำคัญ คือ ใช้วัสดุอุปกรณ์ที่เป็นรูปธรรม มีการจดบันทึกข้อมูล ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมดนักเรียนเป็นผู้กระทำ ส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ นักเรียนเรียนตามความสามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ การเรียนการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง นักเรียนมีหน้าที่ในการปฏิบัติกิจกรรมที่ครูเสนอแนะไว้ อันนำไปสู่การค้นพบ กฎ สูตร ข้อมูลด้วยตนเอง ครูเป็นผู้จัดสื่อการเรียน แนะนำและอำนวยความสะดวกให้ และ ลาวัลย์ พลกล้า ได้สรุปคุณค่าของการสอนแบบปฏิบัติการไว้ดังนี้

1. ช่วยให้นักเรียนเกิดข้อสรุปในเรื่องนั้น ๆ เกิดจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์ในการหากระบวนการและวิธีการต่าง ๆ

2. จากกิจกรรมที่ปฏิบัติจริง ทำให้เกิดข้อสรุปในเรื่องนั้น ๆ เกิดความเข้าใจอย่างถ่องแท้ ทำให้เกิดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้

3. ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ผู้เรียนทำกิจกรรมตลอดเวลา

4. การเรียนแบบปฏิบัติการทำให้ผู้เรียนไม่เคร่งเครียด ทำให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชา

5. เปิดโอกาสในการนำปัญหาต่าง ๆ มาให้นักเรียนคิด เร้าให้เกิดความกระตือรือร้นในการแก้ปัญหา

ยุพิน พิพิธกุล (2523) ได้เสนอข้อดีของวิธีการสอนแบบปฏิบัติการไว้ดังนี้

1. นักเรียนสนใจเพราะได้ทำสิ่งต่าง ๆ ด้วยตนเอง

2. การเรียนแบบรูปธรรมไปสู่นามธรรม และการเรียนโดยการกระทำ

3. ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาวิชาได้ชัดเจนขึ้น และสามารถค้นพบความจริงด้วยตนเอง

4. ผู้เรียนมีอิสระในการทำงานและมีพัฒนาการเป็นรายบุคคล ทำให้เกิดความเชื่อมั่นในตนเอง

5. ผู้เรียนประสานงานกันและแลกเปลี่ยนความคิดกันเมื่อทดลองเป็นกลุ่ม

6. เมื่อผู้เรียนทดลองแล้วประสบผลสำเร็จทำให้มีกำลังใจในการเรียน

7. ผู้เรียนจะใช้มือได้คล่องแคล่วขึ้น เพราะจะต้องจับเครื่องมือหรือวัสดุ

8. ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาวิชาบางเรื่องได้ดีที่สุดจากการเรียนปฏิบัติการ

2.2 ชุดการเรียนการสอน หรือโมดูล (Module)

1. ความหมายของชุดการเรียนการสอน

ฮูสตัน และคณะ (Houston and others, 1972) ได้สรุปลักษณะของบทเรียนโมดูลไว้ว่า บทเรียนโมดูลเป็นบทเรียนสำเร็จรูปเน้นตัวผู้เรียนเป็นสำคัญ มีจุดมุ่งหมายชัดเจนเป็นการเรียนรายบุคคลตามความสามารถของแต่ละบุคคล เลือกทำกิจกรรมได้ตามความสนใจ และเน้นที่กระบวนการ

ลอเรนซ์ (Lawrence, 1973) ได้ให้ความหมายของชุดการเรียนการสอน หรือโมดูล คือ หน่วยการสอนที่มีเนื้อหาสมบูรณ์ในตัว สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนด้วยตัวเองมากกว่าจะใช้ครู โมดูลประกอบด้วย สื่อการเรียน และกระบวนการที่จะถ่ายทอดเรื่องราวอย่างใดอย่างหนึ่ง

พาร์สัน และคณะ (Parson and others, 1976) ให้ความหมายว่า บทเรียนโมดูล เป็นบทเรียนที่นักเรียนสามารถเรียนเรื่องใดเรื่องหนึ่งได้ด้วยตนเองอย่างสะดวกตามความสามารถของตน จะใช้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มก็ได้

ลำพอง บุญช่วย (2530) ได้สรุปว่า ชุดการเรียนการสอน หมายถึง การวางแผนการเรียนการสอนของครูโดยใช้สื่อการสอนต่าง ๆ ร่วมกัน (Multimedia approach) เพื่อสร้างประสบการณ์ในการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียนตามจุดประสงค์ที่วางไว้ โดยการจัดสื่อต่าง ๆ เหล่านี้ไว้เป็นชุด หรือกล่อง เพื่อให้ผู้เรียนและผู้สอนได้ใช้ในการเรียนการสอน

เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต (2528) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ชุดการเรียนการสอน หมายถึง หน่วยการเรียนการสอนสำเร็จรูปในตัวเอง มุ่งให้ผู้เรียนเรียนได้ด้วยตนเอง ซึ่งในชุดการเรียนการสอนหนึ่ง ๆ จะมีความสมบูรณ์ในตัวของมันเอง ผู้เรียนไม่จำเป็นต้องไปศึกษาค้นคว้าจากที่อื่นอีก ในชุดการเรียนการสอนแต่ละชุดจะมีคำแนะนำ จุดมุ่งหมาย การทดสอบก่อนการเรียน และการทดสอบหลังการเรียน

บุญเลิศ ส่องสว่าง (นิคม ทาแดง และคณะ, 2543) ได้กล่าวสรุปว่า ชุดการสอนแบบบรรยาย เป็นชุดสื่อประสมที่ออกแบบไว้อย่างเป็นระบบโดยยึดสื่อบุคคลเป็นสื่อหลัก วัตถุประสงค์ของชุดการสอนแบบบรรยาย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการสอนแก่ผู้สอนแบบบรรยายที่จะขยายเนื้อหาสาระในการบรรยายให้ชัดเจนเป็นรูปธรรมยิ่งขึ้น มีการเสนอเป็นลำดับขั้นตอน ทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาที่บรรยายอย่างดี ไม่เกิดการเบื่อหน่ายต่อการฟังบรรยาย ผู้สอนพูดน้อยลง และประหยัด เวลาในการสอน

วาสนา ทวีกุลทรัพย์ (นิคม ทาแดง และคณะ, 2543) ได้ให้ความหมายของชุดการสอนแบบกลุ่มกิจกรรม คือ หน่วยการสอนสำเร็จรูปที่มีการจัดระบบสื่อประสมที่ใช้ในการประกอบกิจกรรมกลุ่ม มีความสำคัญ คือ ช่วยให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพ คือ ช่วยในการถ่ายทอดเนื้อหาสาระ เน้นการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง สร้างบรรยากาศที่ดีในการเรียนรู้ และใช้สอนแทนครู

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (นิคม ทาแดง และคณะ, 2543) ได้กล่าวว่า ชุดการสอนรายบุคคล เป็นชุดสื่อผสมที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเองจากแหล่งความรู้ในรูปของสื่อต่าง ๆ ในสถานการณ์ และสภาพแวดล้อมที่จัดไว้ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ และใคร่ครวญตามที่ละน้อยตามลำดับขั้น ได้ร่วมกิจกรรมอย่างกระฉับกระเฉง ได้รับคำติชมทันท่วงที และได้รับประสบการณ์ที่เป็นความสำเร็จ และเกิดความภาคภูมิใจ

2. การผลิตชุดการเรียนการสอน

ขั้นตอนในการสร้างชุดการเรียนการสอนตามแผนจุฬา หรือ Chulalongkorn University Plan for Multimedia Instruction Package เรียกง่าย ๆ ว่า CHULA PLAN ผู้ที่คิดค้นระบบการผลิต คือ ศาสตราจารย์ ดร.ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (นิคม ทาแดง และคณะ, 2543) แบ่งเป็นขั้นตอนสำคัญ 10 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 การกำหนดหมวดหมู่เนื้อหาประสบการณ์ อาจกำหนดเป็นหมวดวิชาหรือบูรณาการเป็นแบบสหวิทยาการตามที่เห็นเหมาะสม

ขั้นที่ 2 กำหนดหน่วยการสอน แบ่งเนื้อหาวิชาออกเป็นหน่วยการสอน โดยประมาณเนื้อหาวิชาที่จะให้ครูสามารถถ่ายทอดความรู้แก่นักเรียนได้ในหนึ่งสัปดาห์ หรือหนึ่งครั้ง ๆ ละ 1 – 2 ชั่วโมง

ขั้นที่ 3 กำหนดหัวเรื่อง ผู้สอนจะต้องถามตนเองว่า ในการสอนแต่ละหน่วย ควรให้ประสบการณ์แก่ผู้เรียนอะไรบ้าง แล้วกำหนดหัวเรื่องออกมาเป็นหน่วยการสอนย่อย

ขั้นที่ 4 กำหนดมโนทัศน์และหลักการ มโนทัศน์และหลักการที่กำหนดขึ้นจะต้องสอดคล้องกับหน่วยและหัวเรื่อง โดยสรุปรวมแนวคิด สาระและหลักเกณฑ์สำคัญไว้ เพื่อเป็นแนวทางกำหนดเนื้อหาให้สอดคล้องกัน

ขั้นที่ 5 กำหนดวัตถุประสงค์ ให้สอดคล้องกับหัวเรื่องโดยกำหนดเป็นวัตถุประสงค์ทั่วไปก่อน แล้วจึงเขียนเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องมีเกณฑ์การเปลี่ยนพฤติกรรมไว้ทุกครั้ง

ขั้นที่ 6 กำหนดกิจกรรมการเรียน ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งจะเป็นแนวทางการเลือกและการผลิตสื่อการสอน "กิจกรรมการเรียน" หมายถึง กิจกรรมทุกอย่างที่ผู้เรียนปฏิบัติ เช่น การอ่านบัตรคำสั่ง ตอบคำถาม เขียนภาพ ทำการทดลองวิทยาศาสตร์ เล่นเกม ฯลฯ

ขั้นที่ 7 กำหนดแบบประเมินผล ต้องประเมินผลให้ตรงวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยใช้แบบทดสอบอิงเกณฑ์ เพื่อให้ผู้สอนทราบว่า หลังจากผ่านกิจกรรมมาเรียบร้อยแล้ว นักเรียนได้เปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่

ขั้นที่ 8 เลือกและผลิตสื่อการสอน วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการที่ครูใช้ ถือเป็นสื่อการสอนทั้งสิ้น เมื่อผลิตสื่อการสอนแต่ละหัวเรื่องแล้ว ก็จัดสื่อการสอนเหล่านั้นไว้เป็นหมวดหมู่ในกล่องที่เตรียมไว้ก่อนนำไปทดลองหาประสิทธิภาพ

ขั้นที่ 9 หาประสิทธิภาพชุดการสอนเพื่อประกันว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพในการสอน ผู้สร้างจะต้องกำหนดเกณฑ์ขึ้น โดยคำนึงถึงหลักการที่ว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการเพื่อช่วยให้การเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้เรียนบรรลุผล ดังนั้น การกำหนดเกณฑ์จะต้อง

คำนึงถึง "กระบวนการ" และ "ผลลัพธ์" โดยกำหนดตัวเลขเป็นร้อยละของคะแนนเฉลี่ยมีค่าเป็น E_1/E_2 การทดสอบประสิทธิภาพต้องดำเนินการ 3 ขั้นตอน คือ แบบเดี่ยว (1 : 1) แบบกลุ่ม (1 : 10) และภาคสนาม (1 : 100)

ขั้นที่ 10 การใช้ชุดการสอน ชุดการสอนที่ได้ปรับปรุงและมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ มีขั้นตอนการใช้ดังนี้ คือ ขั้นที่ 1 ทำแบบทดสอบก่อนเรียน ขั้นที่ 2 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นที่ 3 ขั้นประกอบกิจกรรมการเรียน ขั้นที่ 4 ขั้นสรุปผลการสอน และขั้นที่ 5 ทำแบบทดสอบหลังเรียน

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อุไรวรรณ วิจารณกุล และคนอื่น ๆ (2543) ได้สร้างชุดการเรียนการสอนชีววิทยาที่เน้น Laboratory approach และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยสร้างชุดการเรียนการสอน 14 ชุด เนื้อหาสอดคล้องกับหลักสูตรสถาบันราชภัฏ พุทธศักราช 2543 ในรายวิชาชีววิทยาทั่วไป 1 ชีววิทยาทั่วไป 2 ปฏิบัติการชีววิทยาทั่วไป 1 และปฏิบัติการชีววิทยาทั่วไป 2 ประชากรที่ศึกษาเป็นนักศึกษาสถาบันราชภัฏ จำนวนทั้งสิ้น 880 คน แบบแผนการวิจัยที่ใช้ คือ Pretest – Posttest Design โดยใช้แบบวัดเจตคติ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Window 98 ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาสถาบันราชภัฏมีเจตคติที่ดีต่อชุดการเรียนการสอนในทุก ๆ ด้าน เช่น วัตถุประสงค์ของชุดการเรียนการสอน เนื้อหาชัดเจน และทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างใช้ความคิดและเหตุผล และเปิดโอกาสให้ใช้เครื่องมือทดลองอย่างเต็มที่ การเรียนการสอนโดยใช้ชุดการเรียนการสอนที่เน้นการปฏิบัติการทดลองทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และมีความเชี่ยวชาญในการใช้เครื่องมือสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระดับ $P < .01$

ประชา เลียบลือตระกูล (2540) ได้วิจัยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาวงจรไฟฟ้า 1 เรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง จากการสอนโดยใช้บทเรียนโมดูล และการสอนปกติ การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพบทเรียนโมดูล เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง ในวิชาวงจรไฟฟ้า 1 ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2540 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการสอนโดยใช้บทเรียนโมดูลกับการสอนปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บทเรียนโมดูลที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 6 บทเรียน และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยทดลองกับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคอุบลราชธานี การทดลองหาประสิทธิภาพของบทเรียนโมดูล ดำเนินการเป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 นำบทเรียนโมดูลทดลองกับ

นักศึกษา จำนวน 1 คน นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข ขั้นที่ 2 ทดลองกับนักศึกษา จำนวน 6 คน นำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขอีกครั้งหนึ่ง ขั้นที่ 3 ทดลองภาคสนามกับนักศึกษา จำนวน 20 คน นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทเรียนโมดูล หลังจากนั้น จึงดำเนินการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง ระหว่างนักศึกษากลุ่มทดลอง จำนวน 20 คน ที่เรียนจากการสอนโดยใช้บทเรียนโมดูลกับนักศึกษากลุ่มควบคุม จำนวน 20 คน ที่เรียนจากการสอนปกติ ผลการวิจัยปรากฏว่า บทเรียนโมดูลที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 85.65/84.75 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มทดลองสูงกว่านักศึกษากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

สุวัฒนา ตันน์ (2542) ได้วิจัยการพัฒนาบทเรียนสำเร็จรูปวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง "สารอาหาร" และการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยบทเรียนสำเร็จรูปกับที่เรียนโดยการสอนปกติ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. สร้างบทเรียนสำเร็จรูปวิชาวิทยาศาสตร์ รหัสวิชา ว 203 เรื่อง "สารอาหาร" สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

2. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปกับที่เรียนโดยวิธีสอนปกติในวิชาวิทยาศาสตร์ รหัสวิชา ว 203 เรื่อง "สารอาหาร" สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลองโดยใช้แบบแผนการทดลองแบบ Nonrandomized Pretest – Posttest Controlled Group Design กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2541 โรงเรียนลาดปลาเค้าพิทยาคม กรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานคร จำนวน 80 คน ที่ได้จากการเลือกนักเรียน 2 ห้อง จาก 13 ห้อง ที่มีค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสัมประสิทธิ์ความแปรผันใกล้เคียงกันมากที่สุด และจับฉลากแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 1 ห้อง ห้องละ 40 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ บทเรียนสำเร็จรูปวิชาวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การหาประสิทธิภาพบทเรียนสำเร็จรูป ตามเกณฑ์ 90/90 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังบทเรียนสำเร็จรูป โดยใช้ t – test แบบ Dependent samples และการหาค่าเฉลี่ย การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปกับที่เรียนโดยวิธีสอนปกติในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารอาหารสำหรับระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้ t – test แบบ Independent samples ในรูป Gain score ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม ผลการวิจัย พบว่า

1. บทเรียนสำเร็จรูปวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง "สารอาหาร" มีประสิทธิภาพ 93.32/92.32

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนบทเรียนสำเร็จรูปสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูปวิชาวิทยาศาสตร์ ว 203 เรื่อง "สารอาหาร" ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสูงกว่าที่เรียนโดยวิธีสอนปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

แมคโดนัลด์ (McDonald, 1971) ได้ทำการศึกษาวิจัยเพื่อตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อวิธีสอนโดยใช้ชุดการเรียนการสอนสื่อประสมเพื่อเรียนด้วยตนเองกับวิธีสอนแบบธรรมดาที่ใช้การบรรยายและอภิปรายในวิชาภาษาอังกฤษ ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาที่เรียนโดยใช้ชุดการเรียนการสอนสื่อประสมเพื่อเรียนด้วยตนเอง มีผลสัมฤทธิ์และเจตคติสูงกว่ากลุ่มที่สอนแบบบรรยายและอภิปราย

คอกกี้ (Caucci, 1971) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาวิธีสอนทั่วไป โดยการสอนแบบบรรยายอภิปราย (Lecture – Discussion) กับการสอนโดยใช้ชุดการเรียนการสอนจากกลุ่มตัวอย่างนักศึกษาฝึกหัดครู 82 คน ใช้เวลาในการทดลอง 2 สัปดาห์ ผลปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จากการวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าการเรียนโดยใช้ชุดการเรียนการสอนนั้น นักศึกษามีอิสระในการศึกษาหาความรู้ในเนื้อหาวิชาซึ่งแตกต่างจากการสอนแบบบรรยาย – อภิปราย เขายังได้เสนอแนะว่า ชุดการเรียนการสอนควรเขียนหลักการเบื้องต้น หรือคำชี้แจง (Introduction) ให้กว้างครอบคลุมถึงความมุ่งหมายของบทเรียน และก่อนที่ผู้เรียนจะทำกิจกรรมการเรียน ควรจะมีความรู้เกี่ยวกับกิจกรรมต่าง ๆ หรือเข้าใจคำสั่งที่เขียนไว้ในกิจกรรมนั้น ๆ ก่อน กลวิธีที่ใช้ในการทบทวนความรู้ควรจะมีมากพอสมควร รวมทั้งการเสริมแรง (Reinforcement) ก็ควรนำมาช่วยในการเรียนด้วย เช่น ให้ผู้เรียนรู้ผลการเรียนทันที

ริกบี้ (Rigby, 1974) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการสอนโดยใช้ชุดการเรียนการสอนแบบกิจกรรมกับการสอนปกติในการสอนพิมพ์ดีดในมหาวิทยาลัยมิชิแกน ผลการวิจัยพบว่า การสอนโดยใช้ชุดการเรียนการสอนแบบกิจกรรมเป็นเทคนิคการสอนที่เชื่อถือได้ และบางกรณีได้ผลดีกว่าการสอนแบบปกติ ตลอดจน นักศึกษามีเจตคติที่ดีต่อชุดการเรียนการสอนแบบกิจกรรม

บรอเลย์ (Brawley, 1975) ได้วิจัยเกี่ยวกับประสิทธิภาพของชุดการเรียนการสอนแบบสื่อประสมเพื่อใช้สอนในการบอกเวลาสำหรับเด็กเรียนช้า โดยสร้างชุดการเรียนการสอนจำนวน 12 ชุด ใช้เวลาทำการเรียน 15 วัน ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุม

จากการศึกษาผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งภายในและต่างประเทศ พอสรุปได้ดังนี้

1. สามารถนำชุดการเรียนการสอนไปช่วยพัฒนาการเรียนการสอนให้ได้ผลดียิ่งขึ้น
2. ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง เพราะเป็นกิจกรรมที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ
3. เป็นกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยกระบวนการแก้ปัญหา
4. ช่วยให้การสอนของครูมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น
5. ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ระเบียบวิธีวิจัย

1. สร้างชุดการเรียนการสอน พร้อมคู่มือการเขียนรายงาน 6 ชุด
2. ตรวจสอบคุณภาพ และทดสอบประสิทธิภาพของชุดการเรียนการสอน
3. สรุปผลการวิจัย และเขียนรายงานฉบับสมบูรณ์ และเผยแพร่

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ชุดการเรียนการสอน
2. แบบสอบถามวัดเจตคติ
3. แบบประเมินตนเองก่อน และหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป (แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน)

3.3 การสร้างเครื่องมือ

1. สร้างชุดการเรียนการสอน

การสร้างชุดการเรียนการสอน มีขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำสาระสำคัญมาเป็นพื้นฐานความคิดในการสร้างบทเรียนสำเร็จรูป ตรวจสอบคุณภาพของบทเรียน ตลอดจน รายงานผลการวิจัย

2) วิเคราะห์เนื้อหา

ผู้วิจัยได้นำหัวข้อเรื่องในรายวิชาปฏิบัติการชีวเคมี 1 ตามหลักสูตรมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พุทธศักราช 2550 มาจัดทำเป็นชุดการเรียนการสอนได้ทั้งหมด 6 ชุด ชุดการเรียนการสอนแต่ละชุดประกอบด้วยบทเรียนสำเร็จรูป และคู่มือการเขียนรายงานรายละเอียดของบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 3.1

ตาราง 3.1 ชื่อบทเรียนสำเร็จรูปในรายวิชาปฏิบัติการชีวเคมี 1

ลำดับที่	บทเรียนสำเร็จรูป
1.	บทนำ
2.	ปฏิบัติการ เรื่อง คาร์โบไฮเดรต
3.	ปฏิบัติการ เรื่อง โปรตีน
4.	ปฏิบัติการ เรื่อง ลิพิด
5.	ปฏิบัติการ เรื่อง กรดนิวคลีอิก
6.	ปฏิบัติการ เรื่อง เอนไซม์

3) ดำเนินการสร้างบทเรียนสำเร็จรูปแต่ละชุดในรูปของบทปฏิบัติการ ได้แก่

ชุดที่ 1 บทนำ

ตอนที่ 1 บัฟเฟอร์

กิจกรรม 1.1 ระบบการทำงาน และการเตรียมบัฟเฟอร์

การทดลองที่ 1.1.1 สมบัติของกรดที่จะนำมาทำบัฟเฟอร์

การทดลองที่ 1.1.2 การทดสอบสมบัติของบัฟเฟอร์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน

ตอนที่ 2 เทคนิคสเปกโทรสโกปีกับการวิเคราะห์

กิจกรรม 2.1 การทดลอง

การทดลองที่ 2.1.1 การศึกษาสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลายโบรโมฟีนอลบลู

การทดลองที่ 2.1.2 การสร้างกราฟมาตรฐาน และการหาค่าความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง

ชุดที่ 2 ปฏิบัติการเรื่องคาร์โบไฮเดรต

กิจกรรม 1.1.1 ศึกษาโครงสร้างทั่วไปของคาร์โบไฮเดรต

กิจกรรม 1.1.2 ตอบคำถาม

กิจกรรม 1.2.1 การทดลองวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรตเชิงคุณภาพ

การทดลองที่ 1.2.1.1 การทดสอบโมลิช

การทดลองที่ 1.2.1.2 การทดสอบไบแอล

การทดลองที่ 1.2.1.3 การทดสอบเซลิวานอฟฟ์

การทดลองที่ 1.2.1.4 การทดสอบเบเนดิกต์

การทดลองที่ 1.2.1.5 การทดสอบบาร์โฟด์

การทดลองที่ 1.2.1.6 การทดสอบไอโอดีน

การทดลองที่ 1.2.1.7 การเกิดผลึกโอซาโซน

การทดลองที่ 1.2.1.8 การแยกและการวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต ด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ

กิจกรรม 1.3.1 การวิเคราะห์ปริมาณกลูโคสในปัสสาวะ และในสารตัวอย่าง

ชุดที่ 3 ปฏิบัติการเรื่องโปรตีน

กิจกรรม 2.1.1 การทดลองวิเคราะห์โปรตีนเชิงคุณภาพ

การทดลองที่ 2.1.1.1 ปฏิกิริยานินไฮดริน

การทดลองที่ 2.1.1.2 ปฏิกิริยาไบยูเรต

การทดลองที่ 2.1.1.3 ปฏิกิริยาแซนโทโปรเตอิก

การทดลองที่ 2.1.1.4 ปฏิกิริยาซาคากูชิ

การทดลองที่ 2.1.1.5 ปฏิกิริยาไนโตรปรัสไซด์

กิจกรรม 2.2.1 การทดลองการตกตะกอนโปรตีน

การทดลองที่ 2.2.1.1 การตกตะกอนโปรตีนที่จุดไอโซอิเล็กทริก

การทดลองที่ 2.2.1.2 การตกตะกอนโปรตีนด้วยแอนไอออนเชิงซ้อน

การทดลองที่ 2.2.1.3 การตกตะกอนโปรตีนด้วยอนุมูลโลหะหนัก

กิจกรรม 2.3.1 การทดลองแยกโปรตีนโดยวิธีไดแอไลซิส

กิจกรรม 2.4.1 การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธีไบยูเรต

ชุดที่ 4 ปฏิบัติการเรื่องลิพิด

กิจกรรม 3.1.1 การทดลอง

การทดลองที่ 3.1.1.1 การสกัดลิพิดจากเมล็ดถั่วเหลือง

การทดลองที่ 3.1.1.2 การแยกและการวิเคราะห์ชนิดของลิพิดด้วย TLC

กิจกรรม 3.2.1 การทดลองวิเคราะห์ลิพิดเชิงคุณภาพ

การทดลองที่ 3.2.1.2 การทดสอบความไม่อิ่มตัวของลิพิด

การทดลองที่ 3.2.1.3 การทดสอบเพอร์ออกไซด์

กิจกรรม 3.3.1 การหาเลขสะพอนิฟิเคชัน

ชุดที่ 5 ปฏิบัติการเรื่องกรดนิวคลีอิก

กิจกรรม 4.1.1 การสกัด DNA จากเม็ดเลือดแดงไก่

กิจกรรม 4.2.1 การทดลองวิเคราะห์ DNA เชิงคุณภาพ

การทดลองที่ 4.2.1.1 การทดสอบน้ำตาลดีออกซีไรโบส

การทดลองที่ 4.2.1.2 การทดสอบหมู่เบส

การทดลองที่ 4.2.1.3 การทดสอบหมู่ฟอสเฟต

กิจกรรม 4.3.1 การวิเคราะห์ปริมาณ DNA ด้วยวิธีไดฟีนีลามีน

ชุดที่ 6 ปฏิบัติการเรื่องเอนไซม์

กิจกรรม 5.1.1 การทดลองทดสอบเอนไซม์ยูเรเอส

กิจกรรม 5.2.1 การทดลองวัดอัตราเร็วของปฏิกิริยา

การทดลองที่ 5.2.1.1 วิธีหาอัตราความเร็วเริ่มต้นของปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์แอลฟาอะมิเลส

กิจกรรม 5.3.1 การทดลองปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์

การทดลองที่ 5.3.1.1 ผลการเปลี่ยนแปลง pH และความเข้มข้นของซับสเตรตต่อปฏิกิริยาที่เร่งโดยเอนไซม์แอลฟาอะมิเลส

การทดลองที่ 5.3.1.2 การยับยั้งเอนไซม์โบรมีลาอีนจากสับปะรด

4) ตรวจสอบคุณภาพของบทเรียนสำเร็จรูป โดย

ก. รองศาสตราจารย์กุลยา จันทร์อรุณ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ข. รองศาสตราจารย์สุภาพ รมณีย์พิกุล สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

5) นำบทเรียนสำเร็จรูปมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

6) นำบทเรียนสำเร็จรูปที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้เพื่อหาประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 75/75 โดยแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่

ก. ทดลองใช้บทเรียนสำเร็จรูปกับนักศึกษาเป็นรายบุคคล (1 : 1) ผู้สอน 1 คน กับนักศึกษา 1 คน โดยทดลอง 3 ครั้ง กับนักศึกษาปานกลาง นักศึกษาอ่อน และนักศึกษาเก่ง นำผลที่ได้มาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด และทำการปรับปรุงแก้ไข ในเดือนเมษายน 2549 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ข. ทดลองใช้บทเรียนสำเร็จรูปกับนักศึกษาเป็นรายกลุ่ม จำนวน 10 คน โดยเลือกนักศึกษาที่มีระดับสติปัญญาคละกัน นำผลที่ได้มาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด และทำการปรับปรุงแก้ไขระหว่างเดือนพฤษภาคม – มิถุนายน ปีการศึกษา 2549 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ค. ทดลองใช้บทเรียนสำเร็จรูปกับนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง จำนวน 38 คน ซึ่งมีนักศึกษาคละกัน นำผลที่ได้มาเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด ระหว่างเดือนกรกฎาคม – ตุลาคม ปีการศึกษา 2549 ณ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ผลการทดลองปรากฏว่า บทเรียนสำเร็จรูปมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

7) การทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป

ก. ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป คำนวณจากสูตร $E_1 : E_2$ (นิคม ทาแดง และคณะ, 2543)

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

เมื่อ E_1 = ประสิทธิภาพของกระบวนการ

X = คะแนนรวมของรายงานผลการศึกษาบทเรียน

A = คะแนนเต็มของรายงานผลการศึกษาบทเรียน

n = จำนวนนักศึกษา

$$E_2 = \frac{\sum F/n}{B} \times 100$$

เมื่อ E_2 = ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

F = คะแนนรวมของแบบประเมินตนเองหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

B = คะแนนเต็มของแบบประเมินตนเองหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

n = จำนวนนักศึกษา

เกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ $E_1 : E_2 = 75 : 75$ โดยมีค่าเบี่ยงเบนได้ $\pm 5\ \%$

ข. สถิติพื้นบ้าน ได้แก่ ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

2. สร้างแบบทดสอบประเมินตนเองก่อนเรียน และหลังเรียน (แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน) มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1) ศึกษา เอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบ

2) ดำเนินการสร้างแบบทดสอบให้สอดคล้องกับเนื้อเรื่อง และวัตถุประสงค์ของการทดลองในแต่ละชุด จำนวน 6 ชุด รวม 120 ข้อ มีลักษณะเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

3) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ได้แก่

ก. รองศาสตราจารย์กุลยา จันทร์อรุณ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ข. รองศาสตราจารย์สุภาพ รมณีย์พิกุล สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

ผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้ข้อแนะนำเกี่ยวกับความชัดเจนของคำถาม ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

ค. หาความเที่ยง (reliability) ค่าความยากง่าย (difficulty) และค่าอำนาจจำแนก (item – total correlation) และความเชื่อมั่น หรือความเที่ยง (reliability) ของแบบทดสอบ โดยใช้สูตรของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) สูตร KR_{21}

โดยนำแบบทดสอบใช้กับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม สาขาวิชาเคมี ชั้นปีที่ 2 จำนวน 15 คน และนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร ชั้นปีที่ 3 ปีการศึกษา 2548 จำนวน 35 คน รวมทั้งหมด 50 คน และทำการคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าความยากพอเหมาะ และมีค่าอำนาจจำแนกไม่ติดลบได้ข้อคำถามที่มีคุณภาพ 100 ข้อ มีค่าความเที่ยงทั้งฉบับเท่ากับ 0.8794 มีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.22 – 0.80 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.24 – 0.60 (ดังแสดงในภาคผนวก) ซึ่งแสดงว่าแบบทดสอบมีความยากง่ายพอเหมาะ มีค่าอำนาจจำแนก และมีความเชื่อถือได้ในระดับสูงพอสมควร

4) การรวบรวมข้อมูล

ก. ให้นักศึกษากลุ่มตัวอย่างทำแบบประเมินตนเองก่อนใช้บทเรียนสำเร็จรูป

ข. นักศึกษาทำแบบประเมินตนเองเมื่อสิ้นสุดการดำเนินกิจกรรมในบทเรียนสำเร็จรูป

5) สถิติอ้างอิงที่ใช้ในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป ได้แก่ ค่าที (t – test)

การทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาหาได้จากผลต่างระหว่างแบบประเมินตนเองหลังเรียน และก่อนเรียน เกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ หลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป นักศึกษามีการเรียนรู้ที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. แบบสอบถามวัดเจตคติ

มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ซึ่งมี 5 ระดับ คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด มีจำนวน 15 ข้อ ใช้ตามแบบ ของ พล คำปังสุ์ และคณะ (พล คำปังสุ์ และคณะ, 2543) และได้นำแบบสอบถามไปทดลองใช้กับนักศึกษาสาขาวิชาเคมี จำนวน 10 คน เพื่อศึกษาปัญหาในการใช้และแก้ไขปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น

1) เกณฑ์การแปลผลมัชฌิมเลขคณิต จากการตอบแบบสอบถามวัดเจตคติใช้เกณฑ์ดังนี้

1.00 – 1.49	=	ระดับต่ำมาก หรือไม่มี
1.50 – 2.49	=	ระดับต่ำ
2.50 – 3.49	=	ระดับปานกลาง
3.50 – 4.49	=	ระดับดี
4.50 – 5.00	=	ระดับดีมาก

การวิจัยครั้งนี้ ต้องการให้การทดสอบวัดเจตคติของผู้เรียนต่อการใช้บทเรียนสำเร็จรูปอยู่ในเกณฑ์ดี (3.50 – 4.49)

2) สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

3) การรวบรวมข้อมูล หลังจากสิ้นสุดการเรียนให้นักศึกษากลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามวัดเจตคติที่มีต่อบทเรียนสำเร็จรูป

3.4 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามที่ศึกษาในสาขาวิทยาศาสตร์ ในปีการศึกษา 2549

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม สาขาเคมี ชั้นปีที่ 2 และวิทยาศาสตร์การอาหาร ชั้นปีที่ 3 ปีการศึกษา 2549 จำนวน 38 คน

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลการวิจัยจากการใช้ชุดการเรียนการสอนปฏิบัติการวิชาชีวเคมี 1 ผู้วิจัยได้นำเสนอเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เจตคติของผู้เรียนต่อการใช้บทเรียนสำเร็จรูป ส่วนที่ 2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ส่วนที่ 3 ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป

4.1 เจตคติของผู้เรียนต่อการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

1. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อวัตถุประสงค์ของบทเรียนสำเร็จรูปในด้านความชัดเจนและความเข้าใจ ซึ่งผลที่ได้แสดงดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อวัตถุประสงค์ของบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 บทนำ	3.9737	0.5921	ดี
ชุดที่ 2 ปฏิบัติการ เรื่อง คาร์โบไฮเดรต	4.0526	0.6128	ดี
ชุดที่ 3 ปฏิบัติการ เรื่อง โปรตีน	3.8158	0.5123	ดี
ชุดที่ 4 ปฏิบัติการ เรื่อง ลิพิด	3.7368	0.4463	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิบัติการ เรื่อง กรดนิวคลีอิก	3.8421	0.3695	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิบัติการ เรื่อง เอนไซม์	3.6579	0.4808	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวัตถุประสงค์ของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ วัตถุประสงค์ของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดมีความชัดเจนดี และเข้าใจง่าย

2. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความชัดเจนของขั้นตอนในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.2

ตาราง 4.2 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อความชัดเจนของขั้นตอนในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 บทนำ	3.6053	0.8865	ดี
ชุดที่ 2 ปฏิบัติการ เรื่อง คาร์โบไฮเดรต	3.7895	0.5769	ดี
ชุดที่ 3 ปฏิบัติการ เรื่อง โปรตีน	3.6316	0.6334	ดี
ชุดที่ 4 ปฏิบัติการ เรื่อง ลิพิด	3.8421	0.5939	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิบัติการ เรื่อง กรดนิวคลีอิก	3.8947	0.6058	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิบัติการ เรื่อง เอนไซม์	3.7368	0.6011	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อความชัดเจนของขั้นตอนในการใช้บทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ ขั้นตอนในการใช้บทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดมีความชัดเจนดี

3. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อโอกาสการใช้เครื่องมือในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.3

ตาราง 4.3 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อโอกาสการใช้เครื่องมือในการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 บทนำ	3.9474	0.5670	ดี
ชุดที่ 2 ปฏิบัติการ เรื่อง คาร์โบไฮเดรต	3.7632	0.6339	ดี
ชุดที่ 3 ปฏิบัติการ เรื่อง โปรตีน	3.8158	0.6087	ดี
ชุดที่ 4 ปฏิบัติการ เรื่อง ลิพิด	3.5789	0.5987	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิบัติการ เรื่อง กรดนิวคลีอิก	3.7895	0.5769	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิบัติการ เรื่อง เอนไซม์	3.6316	0.6334	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อโอกาสการใช้เครื่องมือในการทดลองของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ ผู้เรียนมีโอกาสใช้เครื่องมือในการทดลองของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดเป็นอย่างดี

4. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความสนุกเพลิดเพลินต่อการทดลองในบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.4

ตาราง 4.4 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อความสนุกเพลิดเพลินของการทดลองในบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 บทนำ	3.8421	0.5466	ดี
ชุดที่ 2 ปฏิบัติการ เรื่อง คาร์โบไฮเดรต	3.6842	0.4711	ดี
ชุดที่ 3 ปฏิบัติการ เรื่อง โปรตีน	3.8684	0.5776	ดี
ชุดที่ 4 ปฏิบัติการ เรื่อง ลิพิด	3.9211	0.5873	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิบัติการ เรื่อง กรดนิวคลีอิก	3.6579	0.4808	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิบัติการ เรื่อง เอนไซม์	3.7105	0.4596	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อความสนุกเพลิดเพลินกับการทดลองของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ ผู้เรียนเกิดความสนุกเพลิดเพลินกับการทดลองของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดเป็นอย่างดี

5. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนรู้โดยใช้ความคิดและเหตุผลของบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.5

ตาราง 4.5 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อการเรียนรู้โดยใช้ความคิดและเหตุผลของบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 บทนำ	4.0263	0.6362	ดี
ชุดที่ 2 ปฏิบัติการ เรื่อง คาร์โบไฮเดรต	3.7895	0.5280	ดี
ชุดที่ 3 ปฏิบัติการ เรื่อง โปรตีน	3.8158	0.3929	ดี
ชุดที่ 4 ปฏิบัติการ เรื่อง ลิพิด	3.7632	0.5420	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิบัติการ เรื่อง กรดนิวคลีอิก	3.9211	0.4867	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิบัติการ เรื่อง เอนไซม์	3.8421	0.3695	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้โดยใช้ความคิดและเหตุผลของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างใช้ความคิดและเหตุผลจากบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดเป็นอย่างดี

6. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อวิธีการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูปว่ามีความง่าย กระชับ และชัดเจน แสดงดังตาราง 4.6

ตาราง 4.6 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อวิธีการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูปว่ามีความง่าย กระชับ และชัดเจน

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 บทนำ	3.7105	0.4596	ดี
ชุดที่ 2 ปฏิบัติการ เรื่อง คาร์โบไฮเดรต	3.6579	0.6271	ดี
ชุดที่ 3 ปฏิบัติการ เรื่อง โปรตีน	3.7368	0.4463	ดี
ชุดที่ 4 ปฏิบัติการ เรื่อง ลิพิด	3.8421	0.5939	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิบัติการ เรื่อง กรดนิวคลีอิก	3.6316	0.5891	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิบัติการ เรื่อง เอนไซม์	3.7632	0.4309	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิธีการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ วิธีการนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดทำให้เกิดความเข้าใจได้ง่าย มีความชัดเจน และกระชับดี

7. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความเข้าใจในเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.7

ตาราง 4.7 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อความเข้าใจในเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 บทนำ	3.7632	0.4309	ดี
ชุดที่ 2 ปฏิบัติการ เรื่อง คาร์โบไฮเดรต	3.8684	0.4748	ดี
ชุดที่ 3 ปฏิบัติการ เรื่อง โปรตีน	3.6579	0.6271	ดี
ชุดที่ 4 ปฏิบัติการ เรื่อง ลิพิด	3.8421	0.4946	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิบัติการ เรื่อง กรดนิวคลีอิก	3.6316	0.6334	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิบัติการ เรื่อง เอนไซม์	3.6053	0.6406	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อความเข้าใจเนื้อหาที่นำเสนอของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ ผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหาที่นำเสนอของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดเป็นอย่างดี

8. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความยากของเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.8

ตาราง 4.8 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อความยากของเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 บทนำ	3.6316	0.4889	ดี
ชุดที่ 2 ปฏิบัติการ เรื่อง คาร์โบไฮเดรต	3.5000	0.8929	ดี
ชุดที่ 3 ปฏิบัติการ เรื่อง โปรตีน	3.6579	0.6689	ดี
ชุดที่ 4 ปฏิบัติการ เรื่อง ลิพิด	3.6842	0.7016	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิบัติการ เรื่อง กรดนิวคลีอิก	3.5526	0.6450	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิบัติการ เรื่อง เอนไซม์	3.5789	0.6423	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อความยากของเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ ผู้เรียนคิดว่าบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดไม่ยากเกินกว่าที่จะทำให้เกิดความเข้าใจ

9. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความยาวของเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.9

ตาราง 4.9 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อความยาวของเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 บทนำ	3.7632	0.4309	ดี
ชุดที่ 2 ปฏิบัติการ เรื่อง คาร์โบไฮเดรต	3.7368	0.4463	ดี
ชุดที่ 3 ปฏิบัติการ เรื่อง โปรตีน	3.6316	0.5891	ดี
ชุดที่ 4 ปฏิบัติการ เรื่อง ลิพิด	3.5789	0.6423	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิบัติการ เรื่อง กรดนิวคลีอิก	3.6579	0.5825	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิบัติการ เรื่อง เอนไซม์	3.6842	0.5745	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อความยาวของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ บทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดมีความยาวเหมาะสมดี

10. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความยากของศัพท์ที่ใช้ในบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.10

ตาราง 4.10 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อความยากของศัพท์ที่ใช้ในบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 บทนำ	3.7632	0.5420	ดี
ชุดที่ 2 ปฏิบัติการ เรื่อง คาร์โบไฮเดรต	3.8160	0.5626	ดี
ชุดที่ 3 ปฏิบัติการ เรื่อง โปรตีน	3.7368	0.5543	ดี
ชุดที่ 4 ปฏิบัติการ เรื่อง ลิพิด	3.6316	0.5891	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิบัติการ เรื่อง กรดนิวคลีอิก	3.6053	0.5945	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิบัติการ เรื่อง เอนไซม์	3.8421	0.5466	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อความยากของศัพท์ที่ใช้ของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ ผู้เรียนมีความเห็นว่า คำศัพท์ที่ใช้ของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดไม่ยากเกินไป

11. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อรูปภาพประกอบในบทเรียนสำเร็จรูปที่ทำให้เกิดความเข้าใจบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.11

ตาราง 4.11 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อรูปภาพประกอบในบทเรียนสำเร็จรูปที่ทำให้เกิดความเข้าใจบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 บทนำ	3.7368	0.7557	ดี
ชุดที่ 2 ปฏิบัติการ เรื่อง คาร์โบไฮเดรต	3.8421	0.5466	ดี
ชุดที่ 3 ปฏิบัติการ เรื่อง โปรตีน	3.7105	0.4596	ดี
ชุดที่ 4 ปฏิบัติการ เรื่อง ลิพิด	3.8684	0.7041	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิบัติการ เรื่อง กรดนิวคลีอิก	3.8158	0.6914	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิบัติการ เรื่อง เอนไซม์	3.9211	0.5873	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อรูปภาพประกอบของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ รูปภาพประกอบของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจดียิ่งขึ้น

12. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อคำถามของบทเรียนสำเร็จรูปและความสามารถตอบคำถามในบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.12

ตาราง 4.12 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อคำถามของบทเรียนสำเร็จรูปและความสามารถตอบคำถามในบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 บทนำ	3.6316	0.4889	ดี
ชุดที่ 2 ปฏิบัติการ เรื่อง คาร์โบไฮเดรต	3.5263	0.6872	ดี
ชุดที่ 3 ปฏิบัติการ เรื่อง โปรตีน	3.6842	0.4711	ดี
ชุดที่ 4 ปฏิบัติการ เรื่อง ลิพิด	3.7105	0.5651	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิบัติการ เรื่อง กรดนิวคลีอิก	3.5000	0.7260	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิบัติการ เรื่อง เอนไซม์	3.7368	0.5543	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อคำถามของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ คำถามของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด ทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจได้ง่าย และผู้เรียนสามารถหาคำตอบได้

13. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อความเข้าใจคำสั่งหรือคำชี้แจงในบทเรียนสำเร็จรูป และความสามารถในการปฏิบัติตามคำสั่งหรือคำชี้แจง แสดงดังตาราง 4.13

ตาราง 4.13 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อความเข้าใจคำสั่งหรือคำชี้แจงในบทเรียนสำเร็จรูป และความสามารถในการปฏิบัติตามคำสั่งหรือคำชี้แจง

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 บทนำ	3.6316	0.4889	ดี
ชุดที่ 2 ปฏิบัติการ เรื่อง คาร์โบไฮเดรต	3.6579	0.6689	ดี
ชุดที่ 3 ปฏิบัติการ เรื่อง โปรตีน	3.7105	0.5651	ดี
ชุดที่ 4 ปฏิบัติการ เรื่อง ลิพิด	3.7895	0.7036	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิบัติการ เรื่อง กรดนิวคลีอิก	3.6579	0.4808	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิบัติการ เรื่อง เอนไซม์	3.7632	0.5897	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อคำสั่งหรือคำชี้แจงของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ คำสั่งหรือคำชี้แจงของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดทำให้ผู้เรียนเข้าใจได้ง่าย และสามารถปฏิบัติได้ดี

14. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อเวลาที่กำหนดของบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.14

ตาราง 4.14 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อเวลาที่กำหนดของบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 บทนำ	3.6053	0.4954	ดี
ชุดที่ 2 ปฏิบัติการ เรื่อง คาร์โบไฮเดรต	3.5263	0.6467	ดี
ชุดที่ 3 ปฏิบัติการ เรื่อง โปรตีน	3.6579	0.4808	ดี
ชุดที่ 4 ปฏิบัติการ เรื่อง ลิพิด	3.5789	0.5987	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิบัติการ เรื่อง กรดนิวคลีอิก	3.5263	0.6872	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิบัติการ เรื่อง เอนไซม์	3.6053	0.5945	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อเวลาที่กำหนดของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ เวลาที่กำหนดในการเรียนของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดมีความเหมาะสมดี ไม่มากเกินไปหรือน้อยเกินไป

15. เจตคติของผู้เรียนที่มีต่อแบบประเมินตนเองของบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.15

ตาราง 4.15 ค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจตคติของผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อแบบประเมินตนเองของบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	Mean	S.D.	เจตคติอยู่ในเกณฑ์
ชุดที่ 1 บทนำ	3.8421	0.4946	ดี
ชุดที่ 2 ปฏิบัติการ เรื่อง คาร์โบไฮเดรต	3.6842	0.7016	ดี
ชุดที่ 3 ปฏิบัติการ เรื่อง โปรตีน	3.7632	0.5420	ดี
ชุดที่ 4 ปฏิบัติการ เรื่อง ลิพิด	3.7632	0.6339	ดี
ชุดที่ 5 ปฏิบัติการ เรื่อง กรดนิวคลีอิก	3.8158	0.5123	ดี
ชุดที่ 6 ปฏิบัติการ เรื่อง เอนไซม์	3.7105	0.5651	ดี

ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อแบบประเมินตนเองของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด นั่นคือ แบบประเมินตนเองของบทเรียนสำเร็จรูปมีความเหมาะสมดี

4.2 ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา

ถ้าใช้สัญลักษณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นดังนี้

n	=	จำนวนนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง
$\overline{X}$	=	คะแนนเฉลี่ย
S.D.	=	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	=	ค่าสถิติ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูปของนักศึกษากลุ่มตัวอย่างในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม แสดงดังตาราง 4.16

ตาราง 4.16 ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงมาตรฐาน และค่า t ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	การทดสอบ	n	$\overline{X}$	S.D.	t
ชุดที่ 1 บทนำ	ก่อน	38	5.00	1.1150	45.7244*
	หลัง	38	15.84	1.4982	
ชุดที่ 2 ปฏิบัติการ เรื่อง คาร์โบไฮเดรต	ก่อน	38	5.21	1.2116	45.7867*
	หลัง	38	16.58	2.1134	
ชุดที่ 3 ปฏิบัติการ เรื่อง โปรตีน	ก่อน	38	5.16	1.1974	57.7325*
	หลัง	38	15.84	2.0471	
ชุดที่ 4 ปฏิบัติการ เรื่อง ลิพิด	ก่อน	38	5.26	0.9777	60.0371*
	หลัง	38	16.24	1.8371	
ชุดที่ 5 ปฏิบัติการ เรื่อง กรดนิวคลีอิก	ก่อน	38	5.13	1.0698	52.2765*
	หลัง	38	15.79	2.0685	
ชุดที่ 6 ปฏิบัติการ เรื่อง เอนไซม์	ก่อน	38	5.29	0.8023	59.9851*
	หลัง	38	16.11	1.5903	

หมายเหตุ * หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตาราง 4.16 ผลการวิเคราะห์ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง ก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด พบว่า มีความแตกต่างกัน โดยหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป นักศึกษามีการเรียนรู้ที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .0.05

4.3 ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป

การทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป แสดงดังตาราง 4.17

ตาราง 4.17 ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป	ค่าประสิทธิภาพ $E_1 : E_2$
ชุดที่ 1 บทนำ	85.15 : 79.20
ชุดที่ 2 ปฏิบัติการ เรื่อง คาร์โบไฮเดรต	83.80 : 82.90
ชุดที่ 3 ปฏิบัติการ เรื่อง โปรตีน	86.20 : 79.20
ชุดที่ 4 ปฏิบัติการ เรื่อง ลิพิด	88.05 : 81.20
ชุดที่ 5 ปฏิบัติการ เรื่อง กรดนิวคลีอิก	85.90 : 78.95
ชุดที่ 6 ปฏิบัติการ เรื่อง เอนไซม์	85.80 : 80.55
รวม	**85.82 : 80.33**

จากตาราง 4.17 เมื่อพิจารณาผลการทดสอบประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด พบว่า อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด คือ $E_1 : E_2 = 75 : 75$ โดยมีค่าเบี่ยงเบนได้ $\pm$ 5 % เมื่อ E_1 เป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 ของคะแนนจากรายงานผลการศึกษาบทเรียน E_2 เป็นคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 ของคะแนนจากแบบประเมินตนเอง เมื่อสิ้นสุดการดำเนินกิจกรรมในบทเรียนสำเร็จรูป

บทที่ 5
สรุปผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดการเรียนการสอนปฏิบัติการวิชาชีวเคมี 1 ซึ่งประกอบด้วยบทเรียนสำเร็จรูป และคู่มือการเขียนรายงาน และได้นำชุดการเรียนการสอนนี้ทดลองใช้กับนักศึกษากลุ่มตัวอย่างในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จำนวน 38 คน เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของชุดการเรียนการสอน ทั้ง 3 ด้าน คือ เจตคติ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักศึกษา และประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป

5.1 สรุปผลการวิจัย

1. ผลการทดสอบวัดเจตคติของนักศึกษากลุ่มตัวอย่างต่อการใช้บทเรียนสำเร็จรูปทุกชุด พบว่า นักศึกษามีเจตคติที่ดีต่อบทเรียนสำเร็จรูปในทุก ๆ ด้าน อยู่ในระดับดี (3.50 – 4.49) เช่น

1) วัตถุประสงค์ ขั้นตอนการใช้ การนำเสนอเนื้อหาของบทเรียนสำเร็จรูป มีความชัดเจนดี

2) ผู้เรียนมีโอกาสใช้เครื่องมือในการทดลองเป็นอย่างดี

3) เนื้อหาในบทเรียนสำเร็จรูปมีความเหมาะสม และทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้โดยใช้ความคิดและเหตุผล

4) คำถามและคำสั่งหรือคำชี้แจงในบทเรียนสำเร็จรูปมีความชัดเจน และปฏิบัติได้

5) แบบประเมินตนเองมีความเหมาะสม

2. ผลการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง ก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป พบว่า หลังการเรียนโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูป นักศึกษามีการเรียนรู้ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และมีความสามารถใช้เครื่องมือสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3. ค่าประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป ได้คำนวณโดยการหาประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และหาค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) และแปรความโดยเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด $E_1 : E_2 = 75 : 75$ โดยมีค่าเบี่ยงเบนได้ ± 5 % พบว่า ประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูปทุกชุดอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

5.2 อภิปรายผล

1. จากการศึกษาเจตคติ หรือความคิดเห็นของนักศึกษาที่มีต่อบทเรียนสำเร็จรูปที่สร้างขึ้น พบว่า นักศึกษามีความคิดเห็นต่อบทเรียนสำเร็จรูปในระดับดี และสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ แสดงว่าบทเรียนสำเร็จรูปที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีคุณภาพ สามารถนำไปใช้ในการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี

2. จากการทดสอบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูป พบว่า ภายหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูปแล้ว ผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะบทเรียนสำเร็จรูปที่สร้างขึ้นได้พัฒนาและปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ มาเป็นเวลานาน

3. จากการสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป พบว่า ประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ กล่าวคือ E_1 (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) เท่ากับ 85.82 และ E_2 (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์) เท่ากับ 80.33 ซึ่งหมายความว่า ผลการทดสอบระหว่างการใช้บทเรียนสำเร็จรูปได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 85.82 และหลังการใช้บทเรียนสำเร็จรูปได้คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80.33 สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้ เพราะบทเรียนสำเร็จรูปที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นได้ผ่านขั้นตอนกระบวนการสร้างอย่างมีระบบ ได้ทดลองใช้ และพัฒนาแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อยู่เสมอเป็นเวลานาน กล่าวคือ ใช้ภาษาชัดเจนเข้าใจง่าย ใช้เวลาเหมาะสม บทปฏิบัติเร้าความสนใจชวนให้คิดหาเหตุผลติดตาม ตลอดจน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนใช้เครื่องมือหลากหลายชนิด

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1) ชุดการเรียนการสอนที่สร้างขึ้นนี้ สามารถนำไปใช้กับนักศึกษาในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง เพราะทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างใช้ความคิดและเหตุผล เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเปิดโอกาสให้ใช้เครื่องมือหลากหลาย

2) ชุดการเรียนการสอนปฏิบัติการวิชาชีวเคมี 1 ที่พัฒนาขึ้นนี้ ใช้สารเคมีไม่มากนักทำให้ไม่สิ้นเปลือง ประหยัด เหมาะสมจะนำไปใช้สำหรับการเรียนการสอน

3). ควรมีการสัมมนาวิเคราะห์ชุดการเรียนการสอน โดยคณะอาจารย์ของมหาวิทยาลัยที่ผ่านการสอนรายวิชานี้มาแล้ว

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

ในบทปฏิบัติการแต่ละเรื่อง สำหรับการทดลองเรื่องเดียวกัน ควรสร้างไว้หลายแบบ ให้เลือกทดลองได้ตามความเหมาะสมของเครื่องมือ อุปกรณ์ หรือสารเคมี

บรรณานุกรม

คณะอนุกรรมการปฏิรูปการเรียนรู้. (2544). **ปฏิรูปการเรียนรู้ ผู้เรียนสำคัญที่สุด.** กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช.

ประชา เลียบลือตระกูล. (2540). **การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาวงจรไฟฟ้า 1 เรื่อง การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง จากการทดลองโดยใช้บทเรียนโมดูล และการสอนปกติ.** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

พล คำปังสุ์ และคณะทำงาน. (2543). **คู่มือการรวบรวมข้อมูล.** (โครงการประเมินชุดการสอนวิชาฟิสิกส์พื้นฐาน). เลย : สถาบันราชภัฏเลย.

นิคม ทาแดง และคณะ. (2543). **สื่อการศึกษาพัฒนสรร หน่วยที่ 1 – 7.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ยุพิน พิพิธกุล. (2523). **การเรียนการสอนคณิตศาสตร์.** กรุงเทพฯ : บพิธการพิมพ์.

ลาวัลย์ พลกล้า. (2523). **การสอนคณิตศาสตร์แบบปฏิบัติการ.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

ลำยอง บุญช่วย. (2530). **การสอนเชิงระบบ.** พิมพ์ครั้งที่ 2. ปทุมธานี : คณะครุศาสตร์ วิทยาลัยครูเพชรบุรีวิทยาลงกรณ์.

ศิริเพ็ญ มากบุญ. (2541). **การพัฒนาแบบฝึกเพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทางการวิจัยสำหรับนักศึกษาครู.** ลพบุรี : สถาบันราชภัฏเทพสตรี.

สัญลักษณ์ เทียมถนอม. (2543). **การศึกษาไทยในสถานการณ์โลก.** พิมพ์ครั้งที่ 2. นนทบุรี : มิติใหม่.

สุจิตรา สุขุมานันท์. (2542). **การวิจัยเชิงปฏิบัติการ : ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนคณิตศาสตร์แบบปฏิบัติการในโรงเรียนที่จัดชั้นเรียนแบบรวมชั้น.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

สุวัฒนา ดันน์. (2542). **การพัฒนาบทเรียนสำเร็จรูป เรื่อง "สารอาหาร" และการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยบทเรียนสำเร็จรูปกับที่เรียนโดยการสอนปกติ.** กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เสาวนีย์ สิกขาบัณฑิต. (2528). **โมดูล.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาครุศาสตร์เทคโนโลยี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สำนักงานมาตรฐานการศึกษา, สำนักงานสภาสถาบันราชภัฏ. (2543). **หลักสูตรสถาบันราชภัฏ พุทธศักราช 2543.** กรุงเทพฯ.

อุไรวรรณ วิจารณกุล และคณะ. (2543). **การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนโดยเน้นการปฏิบัติและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในสถาบันราชภัฏ : ชุดการเรียนการสอนชีววิทยา.** พิษณุโลก : สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม.

Brawley, Oletha Daniels. (1975). **"A Study to Evaluate the Effects of Using Multimedia Instruction for College Physical Science"**. Dissertation Abstracts International. 7(1) : 35.

Caucci, David John. (1971). **"A Summative Education of a Module Method of Instruction"**. Dissertation Abstracts International. 3000 - A

Houston and others. (1972). **"Development Instruction Modules"**. Texas : College of Education University of Texas.

Lawrence, Gordon. (1973). **"Florida Module on Genetic Teacher Competencies : Module on Module"**. Florida : University of Florida.

Parsons, J. and others. **"Criteria for Selecting Evaluation or Development Learning Modules"** Educational Technology. 4 : 31 – 32; February, 1976.

Rigby, Dorothy Sue. (1974). **"The Effectiveness of Learning Activity of Package Instructional of Package Instructional Versus the Teacher Direct Methods of Teaching Intermediate College; Type Writing"**. Dissertation Abstracts International. 35(8) : 979 – A.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การหาประสิทธิภาพของบทเรียนสำเร็จรูป

บทเรียนสำเร็จรูป เรื่อง บทนำ

คนที่	คะแนนก่อนเรียน (20)	คะแนนหลังเรียน (20)	คะแนนกระบวนการ (20)	D	D * D
1	7	18	18	11	121
2	4	14	16	10	100
3	6	18	18	12	144
4	4	14	17	10	100
5	9	18	19	9	81
6	5	16	18	11	121
7	3	14	16	11	121
8	6	16	17	10	100
9	5	18	15	13	169
10	4	16	16	12	144
11	5	16	17	11	121
12	7	16	18	9	81
13	4	14	16	10	100
14	6	18	15	12	144
15	6	16	17	10	100
16	5	14	18	9	81
17	4	18	16	14	196
18	6	16	19	10	100
19	5	16	16	11	121
20	4	14	18	10	100
21	8	18	19	10	100
22	4	14	16	10	100
23	5	16	15	11	121

คนที่	คะแนนก่อนเรียน (20)	คะแนนหลังเรียน (20)	คะแนนกระบวนการ (20)	D	D * D
24	5	14	17	9	81
25	5	16	16	11	121
26	3	18	17	15	225
27	4	14	16	10	100
28	4	18	18	14	196
29	6	16	19	10	100
30	5	16	17	11	121
31	5	14	16	9	81
32	5	16	18	11	121
33	4	14	17	10	100
34	6	16	19	10	100
35	5	16	18	11	121
36	4	16	17	12	144
37	3	16	16	13	169
38	4	14	16	10	100
รวม	**190**	**602**	**647**	**412**	**4,546**

หมายเหตุ : อักษรและความหมายที่ใช้กับสัญลักษณ์ทางสถิติ

ก = คะแนนก่อนเรียน

ล = คะแนนหลังเรียน

น = คะแนนกระบวนการ

$$\overline{X}_{ก} = \frac{190}{38} = 5.00$$

$$\overline{X}_{ล} = \frac{602}{38} = 15.84$$

$$\overline{X}_u = \frac{647}{38} = 17.03$$

$$E_1 = \frac{17.03}{20} \times 100 = 85.15$$

$$E_2 = \frac{15.84}{20} \times 100 = 79.20$$

ร้อยละความก้าวหน้า $= \frac{15.84 - 5.00}{20} \times 100 = 54.20$

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

$$t = \frac{412}{\sqrt{\frac{(38 \times 4{,}546) - (412)^2}{38-1}}}$$

$$t = 45.7244$$

บทเรียนสำเร็จรูป เรื่อง ปฏิบัติการคาร์โบไฮเดรต

คนที่	คะแนนก่อนเรียน (20)	คะแนนหลังเรียน (20)	คะแนนกระบวนการ (20)	D	D * D
1	5	16	17	11	121
2	4	14	18	10	100
3	8	20	15	12	144
4	3	12	16	9	81
5	4	18	15	14	196
6	7	16	18	9	81
7	3	12	15	9	81
8	5	14	16	9	81
9	6	18	19	13	169
10	4	16	16	12	144
11	4	16	15	12	144
12	6	19	14	13	169
13	6	17	16	11	121
14	6	19	17	13	169
15	7	19	20	12	144
16	5	15	19	10	100
17	4	15	17	11	121
18	5	17	16	12	144
19	4	15	14	11	121
20	6	15	15	9	81
21	7	19	17	12	144
22	4	15	16	11	121
23	6	17	18	11	121

คนที่	คะแนนก่อนเรียน (20)	คะแนนหลังเรียน (20)	คะแนนกระบวนการ (20)	D	D * D
24	4	19	19	15	225
25	6	19	16	13	169
26	7	20	19	13	169
27	4	15	18	11	121
28	6	19	17	13	169
29	4	17	18	13	169
30	5	17	16	12	144
31	4	13	17	9	81
32	5	15	19	10	100
33	6	17	16	11	121
34	6	17	17	11	121
35	6	19	15	13	169
36	5	15	16	10	100
37	6	17	19	11	121
38	5	17	16	12	144
รวม	**198**	**630**	**637**	**433**	**5,021**

หมายเหตุ : อักษรและความหมายที่ใช้กับสัญลักษณ์ทางสถิติ

ก = คะแนนก่อนเรียน

ล = คะแนนหลังเรียน

น = คะแนนกระบวนการ

$$\overline{X}_{ก} = \frac{198}{38} = 5.21$$

$$\overline{X}_{ล} = \frac{630}{38} = 16.58$$

$$\overline{X}_u = \frac{637}{38} = 16.76$$

$$E_1 = \frac{16.76}{20} \times 100 = 83.80$$

$$E_2 = \frac{16.58}{20} \times 100 = 82.90$$

ร้อยละความก้าวหน้า $= \frac{16.58 - 5.21}{20} \times 100 = 56.85$

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

$$t = \frac{433}{\sqrt{\frac{(38 \times 5{,}021) - (433)^2}{38-1}}}$$

$$t = 45.7867$$

บทเรียนสำเร็จรูป เรื่อง ปฏิบัติการโปรตีน

คนที่	คะแนนก่อนเรียน (20)	คะแนนหลังเรียน (20)	คะแนนกระบวนการ (20)	D	D * D
1	4	14	17	10	100
2	5	16	16	11	121
3	8	20	19	12	144
4	4	14	16	10	100
5	8	20	17	12	144
6	5	18	15	13	169
7	4	14	18	10	100
8	5	16	18	11	121
9	8	20	17	12	144
10	5	16	19	11	121
11	6	16	16	10	100
12	6	18	15	12	144
13	5	14	18	9	81
14	7	16	19	12	144
15	5	16	18	11	121
16	4	14	17	10	100
17	4	14	17	10	100
18	5	14	18	9	81
19	4	14	16	10	100
20	5	14	16	9	81
21	6	18	19	12	144
22	4	14	15	10	100
23	5	16	17	11	121

คนที่	คะแนนก่อนเรียน (20)	คะแนนหลังเรียน (20)	คะแนนกระบวนการ (20)	D	D * D
24	5	16	18	11	121
25	6	18	18	12	144
26	6	18	17	12	144
27	5	16	18	11	121
28	6	18	18	12	144
29	5	18	17	13	169
30	6	16	19	10	100
31	3	12	19	9	81
32	4	14	16	10	100
33	4	14	17	10	100
34	6	18	15	12	144
35	5	16	17	11	121
36	4	14	19	10	100
37	4	14	18	10	100
38	5	14	16	9	81
รวม	**196**	**602**	**655**	**409**	**4,451**

หมายเหตุ : อักษรและความหมายที่ใช้กับสัญลักษณ์ทางสถิติ

ก = คะแนนก่อนเรียน

ล = คะแนนหลังเรียน

น = คะแนนกระบวนการ

$$\overline{X}_{ก} = \frac{196}{38} = 5.16$$

$$\overline{X}_{ล} = \frac{602}{38} = 15.84$$

$$\overline{X}_u = \frac{655}{38} = 17.24$$

$$E_1 = \frac{17.24}{20} \times 100 = 86.20$$

$$E_2 = \frac{15.84}{20} \times 100 = 79.20$$

ร้อยละความก้าวหน้า $= \frac{15.84 - 5.16}{20} \times 100 = 53.40$

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

$$t = \frac{409}{\sqrt{\frac{(38 \times 4{,}451) - (409)^2}{38-1}}}$$

$$t = 57.7325$$

บทเรียนสำเร็จรูป เรื่อง ปฏิบัติการลิพิด

คนที่	คะแนนก่อนเรียน (20)	คะแนนหลังเรียน (20)	คะแนนกระบวนการ (20)	D	D * D
1	4	16	19	12	144
2	5	16	18	11	121
3	7	20	16	13	169
4	4	14	18	10	100
5	8	20	18	12	144
6	5	16	17	11	121
7	4	14	19	10	100
8	6	18	18	12	144
9	7	20	18	13	169
10	6	16	17	10	100
11	6	16	17	10	100
12	6	17	16	11	121
13	5	15	20	10	100
14	5	17	16	12	144
15	5	17	17	12	144
16	6	17	18	11	121
17	5	15	16	10	100
18	5	15	17	10	100
19	4	13	17	9	81
20	4	15	19	11	121
21	5	15	19	10	100
22	4	13	18	9	81
23	5	15	18	10	100

คนที่	คะแนนก่อนเรียน (20)	คะแนนหลังเรียน (20)	คะแนนกระบวนการ (20)	D	D * D
24	5	17	16	12	144
25	6	19	16	13	169
26	7	19	16	12	144
27	4	13	19	9	81
28	5	17	18	12	144
29	6	17	19	11	121
30	5	15	17	10	100
31	5	15	17	10	100
32	4	15	18	11	121
33	5	17	18	12	144
34	5	17	19	12	144
35	6	17	19	11	121
36	5	17	16	12	144
37	5	15	16	10	100
38	6	17	19	11	121
รวม	**200**	**617**	**669**	**417**	**4,623**

หมายเหตุ : อักษรและความหมายที่ใช้กับสัญลักษณ์ทางสถิติ

ก = คะแนนก่อนเรียน

ล = คะแนนหลังเรียน

น = คะแนนกระบวนการ

$$\overline{X}_{ก} = \frac{200}{38} = 5.26$$

$$\overline{X}_{ล} = \frac{617}{38} = 16.24$$

$$\overline{X}_u = \frac{669}{38} = 17.61$$

$$E_1 = \frac{17.61}{20} \times 100 = 88.05$$

$$E_2 = \frac{16.24}{20} \times 100 = 81.20$$

ร้อยละความก้าวหน้า $= \frac{16.24 - 5.26}{20} \times 100 = 54.90$

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

$$t = \frac{417}{\sqrt{\frac{(38 \times 4{,}623) - (417)^2}{38-1}}}$$

$$t = 60.0371$$

บทเรียนสำเร็จรูป เรื่อง ปฏิบัติการกรดนิวคลีอิก

คนที่	คะแนนก่อนเรียน (20)	คะแนนหลังเรียน (20)	คะแนนกระบวนการ (20)	D	D * D
1	6	18	17	12	144
2	5	16	19	11	121
3	6	18	16	12	144
4	5	14	15	9	81
5	6	18	18	12	144
6	5	18	17	13	169
7	4	14	18	10	100
8	7	16	18	9	81
9	7	20	17	13	169
10	6	18	17	12	144
11	5	16	15	11	121
12	5	16	16	11	121
13	4	14	15	10	100
14	6	18	17	12	144
15	6	16	19	10	100
16	5	14	20	9	81
17	3	12	17	9	81
18	6	16	16	10	100
19	4	14	18	10	100
20	4	14	18	10	100
21	5	16	19	11	121
22	5	14	17	9	81
23	6	18	16	12	144

คนที่	คะแนนก่อนเรียน (20)	คะแนนหลังเรียน (20)	คะแนนกระบวนการ (20)	D	D * D
24	4	14	15	10	100
25	5	16	16	11	121
26	7	20	17	13	169
27	4	14	18	10	100
28	7	20	19	13	169
29	5	16	18	11	121
30	4	14	17	10	100
31	4	14	17	10	100
32	5	14	18	9	81
33	3	12	18	9	81
34	6	16	16	10	100
35	6	16	16	10	100
36	5	16	19	11	121
37	5	16	17	11	121
38	4	14	17	10	100
รวม	**195**	**600**	**653**	**405**	**4,375**

หมายเหตุ : อักษรและความหมายที่ใช้กับสัญลักษณ์ทางสถิติ

ก = คะแนนก่อนเรียน

ล = คะแนนหลังเรียน

น = คะแนนกระบวนการ

$$\overline{X}_{ก} = \frac{195}{38} = 5.13$$

$$\overline{X}_{ล} = \frac{600}{38} = 15.79$$

$$\overline{X}_u = \frac{653}{38} = 17.18$$

$$E_1 = \frac{17.18}{20} \times 100 = 85.90$$

$$E_2 = \frac{15.79}{20} \times 100 = 78.95$$

ร้อยละความก้าวหน้า $= \frac{15.79 - 5.13}{20} \times 100 = 53.30$

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

$$t = \frac{405}{\sqrt{\frac{(38 \times 4{,}375) - (405)^2}{38 - 1}}}$$

$$t = 52.2265$$

บทเรียนสำเร็จรูป เรื่อง ปฏิบัติการเอนไซม์

คนที่	คะแนน ก่อนเรียน (20)	คะแนน หลังเรียน (20)	คะแนน กระบวนการ (20)	D	D * D
1	6	18	17	12	144
2	5	16	16	11	121
3	7	19	18	12	144
4	4	14	17	10	100
5	6	19	16	13	169
6	6	16	18	10	100
7	5	16	17	11	121
8	6	18	15	12	144
9	6	18	19	12	144
10	5	18	16	13	169
11	6	18	17	12	144
12	6	16	17	10	100
13	4	14	18	10	100
14	5	16	18	11	121
15	5	16	16	11	121
16	5	14	19	9	81
17	5	14	15	9	81
18	4	14	20	10	100
19	4	14	16	10	100
20	5	14	17	9	81
21	6	16	18	10	100
22	6	16	19	10	100
23	5	16	17	11	121

คนที่	คะแนนก่อนเรียน (20)	คะแนนหลังเรียน (20)	คะแนนกระบวนการ (20)	D	D * D
24	5	16	17	11	121
25	6	16	16	10	100
26	6	18	16	12	144
27	4	14	18	10	100
28	6	18	18	12	144
29	6	18	17	12	144
30	5	16	17	11	121
31	5	16	19	11	121
32	4	14	16	10	100
33	5	14	16	9	81
34	6	16	15	10	100
35	4	16	17	12	144
36	6	18	17	12	144
37	5	16	18	11	121
38	6	16	19	10	100
รวม	**201**	**612**	**652**	**411**	**4,491**

หมายเหตุ : อักษรและความหมายที่ใช้กับสัญลักษณ์ทางสถิติ

ก = คะแนนก่อนเรียน

ล = คะแนนหลังเรียน

น = คะแนนกระบวนการ

$$\overline{X}_{ก} = \frac{201}{38} = 5.29$$

$$\overline{X}_{ล} = \frac{612}{38} = 16.11$$

$$\overline{X}_u = \frac{652}{38} = 17.16$$

$$E_1 = \frac{17.16}{20} \times 100 = 85.80$$

$$E_2 = \frac{16.11}{20} \times 100 = 80.55$$

ร้อยละความก้าวหน้า $= \frac{15.11 - 5.29}{20} \times 100 = 54.10$

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

$$t = \frac{411}{\sqrt{\frac{(38 \times 4,491) - (411)^2}{38-1}}}$$

$$t = 59.9851$$

ภาคผนวก ข

การตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบประเมินตนเอง ก่อนเรียน และหลังเรียน (แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน)

การคิดคำนวณจากการแปลความหมายจากผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ 3 คน

แบบสอบถาม	คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
2	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
3	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
5	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
7	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
10	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
11	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
12	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
13	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
14	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
17	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
18	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
19	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
20	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
21	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
22	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
23	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
24	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

การคิดคำนวณจากการแปลความหมายจากผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ 3 คน (ต่อ)

แบบสอบถาม	คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
25	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
26	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
27	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
28	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
30	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
31	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
32	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
33	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
34	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
35	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
36	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
37	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
38	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
39	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
40	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
41	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
42	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
43	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
44	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
45	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
46	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
47	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
48	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

การคิดคำนวณจากการแปลความหมายจากผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ 3 คน (ต่อ)

แบบสอบถาม	คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
49	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
50	+1	+1	0	2	.067	ใช้ได้
51	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
52	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
53	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
54	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
55	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
56	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
57	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
58	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
59	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
60	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
61	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
62	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
63	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
64	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
65	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
66	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
67	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
68	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
69	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
70	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
71	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
72	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้

การคิดคำนวณจากการแปลความหมายจากผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ 3 คน (ต่อ)

แบบสอบถาม	คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
73	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
74	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
75	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
76	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
77	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
78	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
79	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
80	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
81	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
82	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
83	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
84	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
85	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
86	+1	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
87	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
88	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
89	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
90	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
91	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
92	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
93	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
94	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
95	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
96	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

การคิดคำนวณจากการแปลความหมายจากผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ 3 คน (ต่อ)

แบบสอบถาม	คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			รวม	ค่าเฉลี่ย IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
97	+1	+1	0	2	0.67	ใช้ได้
98	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
99	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
100	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
101	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
102	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
103	+1	0	+1	2	0.67	ใช้ได้
104	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
105	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
106	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
107	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
108	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
109	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
110	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
111	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
112	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
113	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
114	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
115	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
116	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
117	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
118	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้
119	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
120	+1	+1	+1	3	1.00	ใช้ได้

คำนวณหาความยากง่าย และอำนาจจำแนกของตัวถูก

สูตรความยากง่าย (P)

$$P = \frac{P_H + P_L}{2n}$$

P = ค่าความยากง่าย

P_H = จำนวนคนตอบถูกในกลุ่มสูง

P_L = จำนวนคนตอบถูกในกลุ่มต่ำ

n = จำนวนคนตอบในกลุ่มสูง หรือกลุ่มต่ำ (ในที่นี้จำนวนของทั้ง 2 กลุ่มเท่ากัน)

สูตรการหาค่าอำนาจจำแนก (r) ของตัวถูก

$$r = \frac{P_H - P_L}{n}$$

วิเคราะห์ความยากง่าย (P) และอำนาจจำแนก (r) ของตัวถูก

ข้อที่	ตัวเลือก	กลุ่มสูง (P_H)	กลุ่มต่ำ (P_L)	$P = \frac{P_H + P_L}{2n}$	$r = \frac{P_H - P_L}{n}$	หมายเหตุ
1	ก	10	3	0.26	0.28	
2	ค	14	8	0.44	0.24	
3	ก	10	1	0.22	0.36	
4	ง	28	8	0.72	0.80	
5	ข	22	6	0.56	.64	
6	ก	13	3	0.32	0.40	
7	ข	18	5	0.46	0.52	
8	ง	16	3	0.38	0.52	
9	ก	11	3	0.28	0.32	
10	ข	24	6	0.60	0.72	
11	ง	15	6	0.62	0.36	
12	ง	19	8	0.54	0.44	
13	ก	20	8	0.56	0.48	
14	ค	25	10	0.70	0.60	
15	ค	16	7	0.46	0.36	
16	ก	18	9	0.54	0.36	
17	ง	11	4	0.30	0.28	
18	ง	19	9	0.56	0.40	
19	ค	22	11	0.66	0.44	
20	ง	11	3	0.28	0.32	
21	ค	16	4	0.40	0.48	
22	ก	25	15	0.80	0.40	
23	ข	20	9	0.58	0.44	
24	ง	13	2	0.30	0.44	
25	ข	14	5	0.38	0.36	

วิเคราะห์ความยากง่าย (P) และอำนาจจำแนก (r) ของตัวถูก (ต่อ)

ข้อที่	ตัวเลือก	กลุ่มสูง (P_H)	กลุ่มต่ำ (P_L)	$P = \frac{PH + PL}{2n}$	$r = \frac{PH - PL}{n}$	หมายเหตุ
26	ข	11	4	0.30	0.28	
27	ข	17	6	0.46	0.44	
28	ก	21	9	0.60	0.48	
29	ง	16	7	0.46	0.36	
30	ง	18	10	0.56	0.32	
31	ค	20	9	0.58	0.44	
32	ค	14	6	0.40	0.32	
33	ก	12	4	0.32	0.32	
34	ก	23	11	0.68	0.48	
35	ก	18	9	0.54	0.36	
36	ง	13	6	0.38	0.28	
37	ข	16	7	0.46	0.36	
38	ข	20	13	0.66	0.28	
39	ข	16	6	0.44	0.40	
40	ก	18	9	0.54	0.36	
41	ค	11	3	0.28	0.32	
42	ค	24	14	0.76	0.40	
43	ค	10	2	0.24	0.32	
44	ก	22	9	0.62	0.52	
45	ข	16	4	0.40	0.48	
46	ก	8	2	0.20	0.24	
47	ก	13	4	0.34	0.36	
48	ข	15	8	0.46	0.28	
49	ข	16	4	0.40	0.48	
50	ง	17	8	0.50	0.36	

วิเคราะห์ความยากง่าย (P) และอำนาจจำแนก (r) ของตัวถูก (ต่อ)

ข้อที่	ตัวเลือก	กลุ่มสูง (P_H)	กลุ่มต่ำ (P_L)	$P = \frac{PH + PL}{2n}$	$r = \frac{PH - PL}{n}$	หมายเหตุ
51	ง	14	3	0.34	0.44	
52	ค	13	6	0.38	0.28	
53	ข	11	2	0.26	0.36	
54	ค	13	3	0.32	0.40	
55	ง	14	7	0.42	0.28	
56	ง	16	5	0.42	0.44	
57	ก	9	2	0.22	0.28	
58	ก	14	4	0.36	0.40	
59	ข	18	6	0.48	0.48	
60	ข	16	6	0.44	0.40	
61	ข	13	2	0.30	0.44	
62	ก	20	10	0.60	0.40	
63	ง	14	6	0.40	0.32	
64	ข	13	6	0.38	0.28	
65	ก	18	10	0.56	0.32	
66	ข	14	5	0.38	0.36	
67	ง	11	3	0.28	0.32	
68	ค	10	3	0.26	0.28	
69	ง	13	4	0.34	0.36	
70	ค	15	7	0.44	0.32	
71	ค	23	13	0.72	0.40	
72	ข	13	3	0.32	0.40	
73	ก	18	9	0.54	0.36	
74	ง	10	3	0.26	0.28	
75	ข	14	4	0.36	0.40	

วิเคราะห์ความยากง่าย (P) และอำนาจจำแนก (r) ของตัวถูก (ต่อ)

ข้อที่	ตัวเลือก	กลุ่มสูง (P_H)	กลุ่มต่ำ (P_L)	$P = \frac{PH + PL}{2n}$	$r = \frac{PH - PL}{n}$	หมายเหตุ
76	ค	19	7	0.52	0.48	
77	ก	16	5	0.42	0.44	
78	ค	14	7	0.42	0.28	
79	ข	13	6	0.38	0.28	
80	ค	14	7	0.42	0.28	
81	ข	10	3	0.26	0.28	
82	ค	16	5	0.42	0.44	
83	ก	15	3	0.36	0.48	
84	ก	16	6	0.44	0.40	
85	ค	13	5	0.36	0.32	
86	ข	9	2	0.22	0.28	
87	ข	19	10	0.58	0.36	
88	ค	19	6	0.50	0.52	
89	ค	18	3	0.42	0.60	
90	ก	10	4	0.28	0.24	
91	ก	20	6	0.52	0.56	
92	ก	18	4	0.44	0.56	
93	ก	18	6	0.48	0.48	
94	ง	13	3	0.32	0.40	
95	ข	16	3	0.38	0.52	
96	ง	13	5	0.36	0.32	
97	ก	14	3	0.34	0.44	
98	ก	15	3	0.36	0.48	
99	ก	10	3	0.26	0.28	
100	ค	17	3	0.40	0.56	

วิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนของผู้ถูกทดสอบทั้งหมด

คนที่	คะแนนที่ได้รับ	X^2	คนที่	คะแนนที่ได้รับ	X^2
1	83	6889	26	51	2601
2	80	6400	27	50	2500
3	77	5929	28	50	2500
4	75	5625	29	48	2304
5	73	5329	30	47	2209
6	73	5329	31	47	2209
7	72	5184	32	45	2025
8	71	5041	33	44	1936
9	71	5041	34	43	1849
10	70	4900	35	42	1764
11	68	4624	36	42	1764
12	68	4624	37	41	1681
13	67	4489	38	41	1681
14	66	4356	39	40	1600
15	66	4356	40	40	1600
16	64	4096	41	40	1600
17	63	3969	42	39	1521
18	63	3969	43	39	1521
19	60	3600	44	39	1521
20	60	3600	45	38	1444
21	58	3364	46	38	1444
22	58	3364	47	38	1444
23	56	3136	48	37	1369
24	56	3136	49	37	1369
25	55	3025	50	37	1369
			รวม	**2726**	**158200**

สูตร KR21 : r_{xx} $= \frac{k}{k-1}\left\{1 - \frac{\bar{X}(k-\bar{X})}{k S_x^2}\right\}$

r_{xx} = สัมประสิทธิ์แห่งความเที่ยง

k = จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ

S_x^2 = ความแปรปรวนของคะแนนของผู้ถูกทดสอบทั้งหมด

$= \frac{\sum X^2}{N} - \left[\frac{\sum X}{N}\right]^2$

$\bar{X}$ = มัชฌิมเลขคณิตของคะแนนของผู้ถูกทดสอบทั้งหมด

$r_{xx} = \frac{100}{99}\left\{1 - \frac{\frac{2726}{50}\left(100 - \frac{2726}{50}\right)}{100\left(\frac{158200}{50} - \frac{7431076}{2500}\right)}\right\}$

$= 0.8794$

ภาคผนวก ค

เครื่องมือวิจัย

แบบสอบถามวัดเจตคติ

คำชี้แจง : หลังจากนักศึกษาเรียนจบบทนี้แล้ว โปรดแสดงความคิดเห็นโดยทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด เพียงช่องเดียว

หัวข้อ	ระดับความคิดเห็น					
	5	4	3	2	1	$\overline{X}$
1. วัตถุประสงค์ของบทเรียนชัดเจน เข้าใจง่าย						
2. ขั้นตอนในการใช้บทเรียนบอกไว้ชัดเจน						
3. ท่านมีโอกาสใช้เครื่องมือในการทดลอง						
4. ท่านเกิดความสนุกเพลิดเพลินในการทดลอง						
5. บทเรียนนี้ช่วยให้ท่านเกิดการเรียนรู้อย่างใช้ความคิดและเหตุผล						
6. การนำเสนอเนื้อหาง่าย กระชับ และชัดเจนดี						
7. ท่านเข้าใจเนื้อหาที่เสนอไว้ในชุดนี้ดี						
8. เนื้อหาไม่ยากเกินไป						
9. เนื้อหาไม่ยาวเกินไป						
10. ศัพท์ที่ใช้ไม่ยากเกินไป						
11. รูปภาพประกอบ ช่วยให้ท่านเกิดความเข้าใจดียิ่งขึ้น						
12. คำถามที่ใช้เข้าใจง่ายและสามารถหาคำตอบได้						
13. คำสั่งหรือคำชี้แจงในบทเรียนเข้าใจง่ายและท่านปฏิบัติได้						
14. เวลาที่กำหนดให้พอดี ไม่มากหรือน้อยเกินไป						
15. แบบประเมินตนเองเหมาะสม						

หมายเหตุ : 5 = มากที่สุด 4 = มาก 3 = ปานกลาง 2 = น้อย 1 = น้อยที่สุด

แบบทดสอบประเมินตนเองก่อนเรียน และหลังเรียน
(แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน)

ให้เลือกข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว

1. ระบบบัฟเฟอร์มีความสำคัญต่อการทำงานภายในของสิ่งมีชีวิตอย่างไร

   (ก.) เพื่อต่อต้านการเปลี่ยน pH ที่จะเกิดขึ้น

   ข. เพื่อปรับอุณหภูมิให้คงที่

   ค. เพื่อรักษาสมดุลของน้ำภายใน และภายนอกเซลล์

   ง. เพื่อขับแก๊สต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ออกนอกร่างกาย

2. บัฟเฟอร์ หมายถึงสารในข้อใด

   ก. สารละลายของกรดอ่อน และเกลือของกรดนั้น

   ข. สารละลายของเบสอ่อน และเกลือของเบสนั้น

   (ค.) สารละลายของกรดอ่อนกับเกลือของกรดนั้น หรือสารละลายของเบสอ่อนกับเกลือของเบสนั้น

   ง. สารละลายของกรด และสารละลายของเบส

3. ถ้าต้องการเตรียม 0.15 mol/ dm^3 แอซีเตตบัฟเฟอร์ pH 4.9 จำนวน 100 cm^3 บัฟเฟอร์นี้จะประกอบด้วย $[CH_3COO^-] : [CH_3COOH]$ เท่าไร เมื่อ pKa ของ CH_3COOH = 4.76

   ก. 0.87 : 0.63 mol/ dm^3 (ข.) 0.087 : 0.063 mol/ dm^3

   ค. 8.7 : 6.3 mol/ dm^3 ง. 0.087 : 0.063 mmol/ dm^3

4. ยูวี – วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตเมตรี เป็นเทคนิคของการวัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วงคลื่นใด

   ก. 0 – 185 nm ข. 185 – 350 nm

   ค. 350 – 800 nm (ง.) 185 – 800 nm

5. ลักษณะการดูดกลืนแสงของสารเป็นอย่างไร

   ก. สารต่างชนิดกันจะดูดกลืนแสงที่ช่วงคลื่นต่าง ๆ ได้เท่ากัน

   (ข.) สารต่างชนิดกันจะดูดกลืนแสงที่ช่วงคลื่นต่าง ๆ ได้ไม่เท่ากัน

   ค. สารชนิดเดียวกันจะดูดกลืนแสงที่ช่วงคลื่นต่าง ๆ ได้เท่ากัน ถึงแม้ว่าสภาวะต่าง ๆ จะแตกต่างกัน เช่น pH อุณหภูมิ เป็นต้น

   ง. สารชนิดเดียวกันจะดูดกลืนแสงที่ช่วงคลื่นต่าง ๆ ได้ไม่เท่ากัน ถึงแม้จะอยู่ในสภาวะเดียวกัน

6. ค่าการดูดกลืนแสงของสารจะนำไปใช้ประโยชน์ในการหาอะไร

(ก.) ความเข้มข้นของสาร ข. สูตรโมเลกุลของสาร

ค. น้ำหนักโมเลกุลของสาร ง. อุณหภูมิของสาร

7. การสร้างกราฟมาตรฐานจะใช้ความสัมพันธ์ระหว่างอะไร

ก. ค่าดูดกลืนแสงของสารกับเปอร์เซ็นต์แสงส่องผ่าน

(ข.) ค่าการดูดกลืนแสงของสารกับความเข้มข้นของสารละลาย

ค. ความเข้มข้นของสารละลายกับความดันขณะทำการทดลอง

ง. ความเข้มข้นของสารละลายกับอุณหภูมิของสาร

8. วิธีการปรับค่าการดูดกลืนแสงของสารอื่น ๆ ที่อยู่ในสารละลายให้มีค่า = 0 เพื่อให้ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้เป็นค่าดูดกลืนแสงของสารที่ต้องการ ทำได้โดยต้องมีหลอดสารละลายเปล่า (blank) ซึ่งหมายถึง

ก. หลอดน้ำกลั่น ข. หลอดน้ำเปล่า

ค. หลอดที่มีสารทุกชนิดเหมือนกับหลอดที่จะทำการวัดค่าการดูดกลืนแสง

(ง.) หลอดที่มีสารทุกชนิดเหมือนกันหลอดที่จะทำการวัดค่าการดูดกลืนแสง ยกเว้น สารที่ต้องการวัดเพียงอย่างเดียว

9. การคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายจากการวัดค่าการดูดกลืนแสง อาจคำนวณได้จากการใช้กฎของ Beer – Lambert (เมื่อ A = ค่าการดูดกลืนแสง, l = ความยาวของระยะทางที่แสงผ่านสารละลายที่จะวัดค่าการดูดกลืนแสง, c = ความเข้มข้นของสารละลาย, k = ค่าคงที่ของการดูดกลืนแสง, T = อุณหภูมิของสารละลาย) คือ

(ก.) $A = kcl$ ข. $A = Tcl$

ค. $A = kTcl$ ง. $A = kTc$

10. ค่า λ_{max} หมายถึง

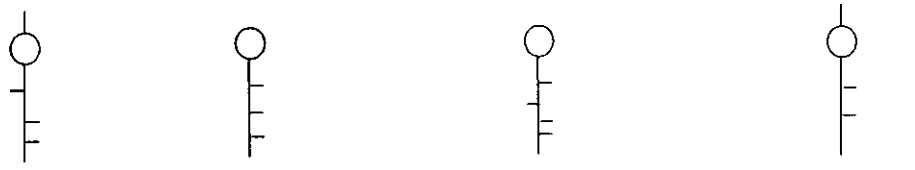
ก. ความยาวคลื่นที่สารดูดกลืนแสง

(ข.) ความยาวคลื่นที่สารดูดกลืนแสงได้สูงสุด

ค. ความยาวคลื่นสูงสุดที่สารดูดกลืนแสง

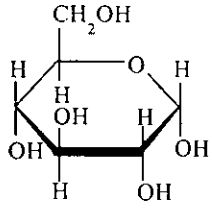
ง. ความยาวคลื่นที่สารดูดกลืนแสงได้ต่ำสุด

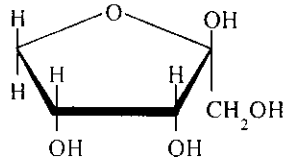
คำชี้แจง เมื่อกำหนดให้สูตรย่อของสารต่อไปนี้ คือ

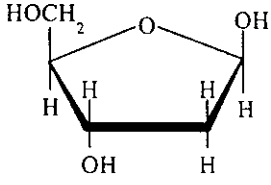


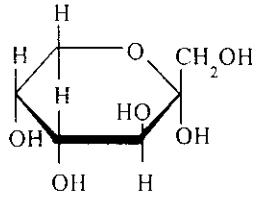
D - fructose D – ribose D – glucose D – ribulose

จงใช้สูตรโครงสร้างในข้อ ก – ง ที่กำหนดให้ข้างล่างนี้ ตอบคำถามในข้อ 11 – 13

ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

(ง) 11. น้ำตาล α - D – fructopyranose

(ข) 12. น้ำตาล β - D – ribulofuranose

(ก) 13. น้ำตาล α - D – glucopyranose

14. เมื่อน้ำตาล ribose ทำปฏิกิริยากับกรด sulfuric เข้มข้นจะได้สารในข้อใด

ก. ribosazone ข. ribosamine

(ค.) furfural ง. methyl furfural

15. สารในข้อใดไม่ให้ผลบวกต่อ benedict test

ก. ribose ข. maltose

(ค.) sucrose ง. Glucose

16. การที่น้ำตาลไปทำให้ Cu^{2+} ไอออนเปลี่ยนไปเป็น Cu_2O แสดงว่าน้ำตาลมีสมบัติในข้อใด

(ก.) reducing property ข. Oxidizing property

ค. optical activity ง. ผิดทุกข้อ

17. สารในข้อใดไม่ทำปฏิกิริยากับเฟนิลไฮดราซีน

ก. maltose ข. Glucose

ค. lactose (ง.) Sucrose

18. น้ำตาลที่ให้ผลึกโอซาโวนมีรูปร่างเหมือนกันควรเป็นน้ำตาลที่มีลักษณะอย่างไร

ก. มี functional group ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 1

ข. มี functional group ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2

ค. มีโครงสร้างตั้งแต่ C_2 เป็นต้นไปเหมือนกัน

(ง.) มีโครงสร้างตั้งแต่ C_3 เป็นต้นไปเหมือนกัน

19. ปฏิกิริยาต่อไปนี้ ปฏิกิริยาใดบ้างที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสี

ก. สารละลายไอโอดีน + น้ำแป้ง

ข. สารละลายน้ำตาลกลูโคส ฟรักโทส + สารละลายเบเนดิกต์

(ค.) สารละลายไอโอดีน + กลูโคส ฟรักโทส

ง. สารละลายมอลโทส แล็กโทส + สารละลายเบเนดิกต์

20. ปฏิกิริยาในข้อใดใช้ทดสอบได้ว่าเป็นน้ำตาล glucose fructose galactose และ sucrose

ก. ให้ทำปฏิกิริยากับกรดแก่เข้มข้น ข. ให้ทำปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีน

ค. ให้ทำปฏิกิริยากับเฟนิลไฮดราซีน (ง.) ให้ทำปฏิกิริยากับสารละลายโมลิช

คำชี้แจง จงใช้ตัวเลือกข้อ ก – ง ตอบคำถามข้อ 21 – 24

ก. Seliwanoff's test ข. Molisch's test

ค. Benedict's test ง. Bial's test

(ค) 21. วิธีทดสอบที่แสดงว่าน้ำตาล glucose กับ sucrose ไม่ใช่น้ำตาลชนิดเดียวกัน

(ก) 22. วิธีทดสอบที่แสดงว่าน้ำตาล glucose กับ fructose ไม่ใช่น้ำตาลชนิดเดียวกัน

(ข) 23. ใช้ทดสอบน้ำตาลต่าง ๆ ได้ทุกชนิด

(ง) 24. ใช้ทดสอบน้ำตาล pentose

25. เมื่อทำให้ maltose แยกสลาย (Hydrolyse) จะได้ผลิตภัณฑ์ในข้อใด

ก. glucose + galactose (ข.) glucose + glucose

ค. glucose + fructose ง. galactose + fructose

คำชี้แจง จงใช้ตัวเลือกข้อ ก – จ ที่กำหนดให้ข้างล่างนี้ตอบคำถามข้อ 26 – 29

ก. glycogen ข. cellulose

ค. amylopectin ง. amylose

(ข) 26. ไม่ถูกย่อยด้วย α - amylase

(ข) 27. การย่อยสลายจะเกิดได้ในสัตว์พวกเคี้ยวเอื้อง

(ก) และ (ค) 28. การย่อยสลายจะเกิดขึ้นสมบูรณ์ เมื่อมี debranching enzyme

(ง) 29. โมเลกุลเป็นสายยาวไม่แตกกิ่ง และจะถูกย่อยสลายด้วยเอนไซม์ α - amylase

30. ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยานี้คืออะไร

2 glucose ⟶ ?

ก. 2 fructose (ข.) maltose

ค. 2 glucose + H_2O ง. maltose + H_2O

31. หน่วยโครงสร้างของโปรตีนที่พบในคน สัตว์ และพืช คือ

ก. amino acid ข. D - α - amino acid

(ค.) L - α - amino acid ง. α - amino acid

32. กรดอะมิโนทุกชนิดมี functional group ในข้อใด

ก. amino group (-NH_2) ข. carboxylic group (-COOH)

(ค.) amino group และ carboxylic group ง. keto group และ carboxylic group

33. กรดอะมิโนต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของโปรตีนจะมีโครงสร้างแตกต่างกันที่ส่วนใด

(ก.) หมู่ - R ข. ตำแหน่งของหมู่ - NH_2

ค. ตำแหน่งของหมู่ - COOH ง. ตำแหน่งของหมู่ - NH_2 และ - COOH

34. หมู่ใดของกรดอะมิโนที่แสดงสมบัติเป็นกรดและเบสตามลำดับ

ก. – NH_2, - COOH (ข.) – COOH, - NH_2

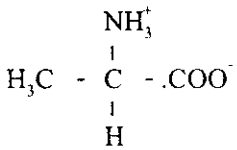
ค. – COOH ง. – NH

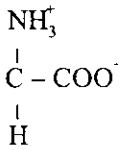
35. ในสารละลายกรดหมู่อะมิโนจะมีประจุอะไร

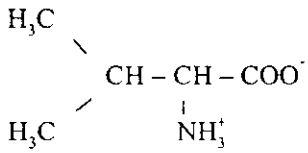
(ก.) ประจุ + ข. ประจุ -

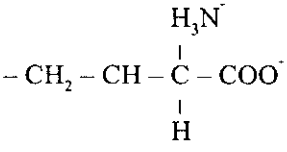
ค. ประจุ + และ - ง. ไม่มีประจุ

36. โครงสร้างของกรดอะมิโนในข้อใดเป็น basic amino acid ที่ pH 7.0

ก 

ข. 

ค. 

(ง.) 

37. กรดอะมิโนที่มีโครงสร้าง benzene ring อยู่ในโมเลกุล คือข้อใด

ก. tyrosine, histidine

(ข.) tyrosine, tryptophan

ค. proline, arginine

ง. Arginine, histidine

คำชี้แจง จงใช้ตัวเลือกในข้อ ก – ง ที่กำหนดให้ข้างล่าง ตอบคำถามข้อ 38 – 41

ก. nitropruside reaction

ข. xantroproteic reaction

ค. Sakaguchi reaction

ง. biuret reaction

(ข) 38. เป็นปฏิกิริยาที่ใช้ทดสอบกรดอะมิโน tyrosine

(ข) 39. เป็นปฏิกิริยาที่ใช้ทดสอบกรดอะมิโน tryptophan

(ก) 40. เป็นปฏิกิริยาที่ใช้ทดสอบกรดอะมิโน cysteine

(ค) 41. เป็นปฏิกิริยาที่ใช้ทดสอบกรดอะมิโน arginine

42. isoelectric pH (pI) หมายถึงข้อใด

ก. สารละลายมีสมบัติเป็นกรด

ข. สารละลายมีสมบัติเป็นเบส

(ค.) pH ที่สารละลายมีประจุเป็นศูนย์

ง. pH ที่เป็นกลาง

43. เมื่อสารละลายเป็นด่างต่อค่า pI ของมัน ถ้าต้องการให้โปรตีนนี้ตกตะกอนมาก ๆ ควรเติมสารในข้อใด

ก. trichloroacetic acid

ข. sodium hydroxide

(ค.) mercuric chloride

ง. perchloric acid

44. ถ้าต้องการเติมเกลือ sodium trichloroacetate เพื่อทำให้โปรตีนตกตะกอนมาก ๆ ควรจัดเตรียมสารละลายโปรตีนอย่างไร

(ก.) ทำสารละลายโปรตีนให้เป็นกรดต่อค่า pI ของมัน

ข. ทำสารละลายโปรตีนให้เป็นด่างต่อค่า pI ของมัน

ค. ทำสารละลายโปรตีนให้เป็นกลางต่อค่า pI ของมัน

ง. ไม่มีข้อใดถูก

45. เมื่อ pH ของสารละลายโปรตีนชนิดหนึ่งต่ำกว่า pI ของมัน เครื่องหมายของประจุในโมเลกุลโปรตีนจะเป็นอย่างไร

ก. ลบ (ข.) บวก

ค. ขึ้นอยู่กับหมู่ - COOH ง. ขึ้นอยู่กับหมู่ - NH_2

46. สารละลายไข่ขาวเป็นกลางต่อค่า pI ของมัน การเติมสารในข้อใดจะทำให้ไข่ขาวตกตะกอนได้มาก

(ก.) trichloroacetic acid ข. sodium acetate

ค. sodium hydroxide ง. ข้อ ข และ ค ถูก

คำชี้แจง จงใช้ตัวเลือก ก – ง ที่กำหนดให้ข้างล่างนี้ตอบคำถามข้อ 47 – 49

ก. ninhydrin reaction ข. biuret reaction

ค. xanthoproteic reaction ง. ไม่มีข้อใดถูก

(ก) 47. ทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโนทุกชนิด รวมทั้ง โปรตีน และเพบไทด์ต่าง ๆ ได้สารสีน้ำเงินม่วง

(ข) 48. ไม่เกิดปฏิกิริยากับกรดอะมิโนใด ๆ เลย

(ข) 49. เป็นวิธีที่ใช้ทดสอบพันธะเพบไทด์เพื่อยืนยันว่าในสารตัวอย่างนั้นมีโปรตีน

50. เมื่อโปรตีนถูกทำลายสภาพธรรมชาติ (denature) จะมีการเปลี่ยนแปลงหลายอย่างเกิดขึ้น นอกจากข้อใด

ก. การละลาย ข. พันธะไดซัลไฟด์

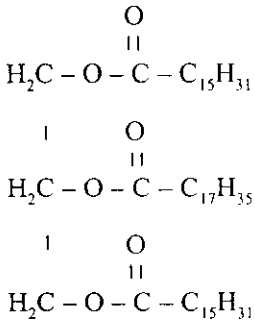
ค. พันธะไฮโดรเจน (ง.) พันธะเพบไทด์

51. ไขมันเป็นเอสเทอร์ระหว่างสารประกอบในข้อใด

ก. แอลกอฮอล์กับกลีเซอรอล ข. กลีเซอรอลกับกรดไขมัน

ค. แอลกอฮอร์กับกรดไขมัน (ง.) แอลกอฮอล์ หรือกลีเซอรอลกับกรดไขมัน

52. ไขมันที่มีสูตรข้างล่างนี้ คือ



ก. monoglyceride ข. diglyceride

(ค.) triglyceride ง. simple glyceride

53. การแยกสลายไขมัน (triglyceride) ด้วยด่างจะได้สารในข้อใด

ก. fatty acid, glycerol (ข.) fatty acid, glycerol, soap

ค. soap, glycerol ง. Fatty acid, soap, phosphoric acid

54. การแยกสลายไขมันด้วยด่าง มีชื่อเรียกปฏิกิริยานี้อย่างไร

ก. reduction ข. oxidation

(ค.) saponification ง. esterification

55. เมื่อนำไขมันมาแยกสลายด้วยกรด จะได้สารในข้อใด

ก. fat, glycerol ข. fat, alcohol, soap

ค. fatty acid, glycerol, soap (ง.) fatty acid, glycerol

56. ถ้าผลการทดลองพบว่าไขมัน 1.5 กรัม ทำปฏิกิริยาพอดีกับ KOH 1.5 โมล ไขมันนี้จะมี saponification number เท่าใด (K = 39 O = 16 H = 1)

ก. 280 ข. 1680

ค. 2800 (ง.) 5600

57. น้ำมัน A น้ำมัน B น้ำมัน C และน้ำมัน D มีค่า saponification number เป็น 180 200 235 และ 250 ตามลำดับ

จงเรียงน้ำหนักโมเลกุลมากไปหาน้อย

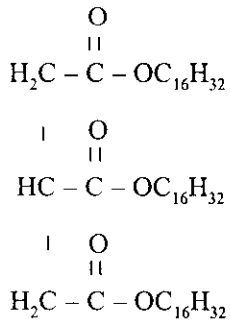
(ก.) น้ำมัน A น้ำมัน B น้ำมัน C น้ำมัน D

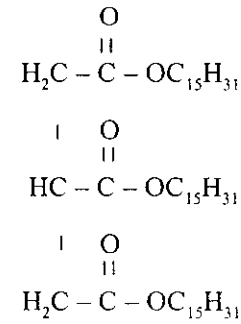
ข. น้ำมัน D น้ำมัน C น้ำมัน B น้ำมัน A

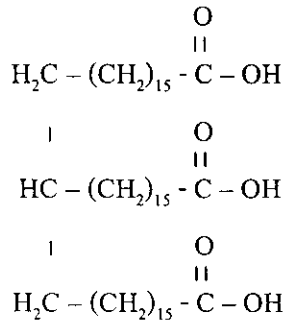
ค. น้ำมันทุกชนิดมีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากัน

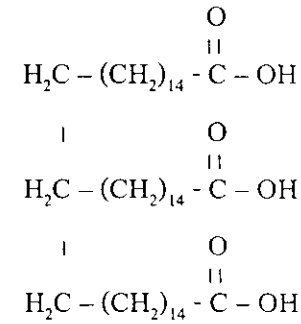
ง. ไม่สามารถหาน้ำหนักโมเลกุลได้

58. เมื่อนำไขมันชนิดหนึ่งไปทำการแยกสลายด้วยกรด จะได้กรดไขมันอิ่มตัวที่มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_{16}H_{32}O_2$ ข้อใดเป็นสูตรโครงสร้างของไขมันชนิดนี้

ก.


(ข.)


ค.


ง.


59. ปฏิกิริยาในข้อใดเกิดได้เฉพาะกรดไขมันไม่อิ่มตัวเท่านั้น

ก. oxidation (ข.) hydrogenation

ค. esterification ง. salt formation

60. การมีกลิ่นเหม็นหืน (rancidity) ของไขมันเกิดจากอะไร

ก. ไขมันแยกสลายด้วยน้ำในอากาศ

(ข.) ไขมันถูกออกซิไดส์ด้วย O_2 อากาศ

ค. ไขมันแยกสลายได้ง่ายได้กรดไขมันอิสระ

ง. ไขมันเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อน

คำชี้แจง จงใช้ตัวเลือก ก – ง ที่กำหนดให้ข้างล่างนี้ ตอบคำถามข้อ 61 – 63

ก. ใช้หาน้ำหนักโมเลกุลของไขมันได้
ข. ใช้บอกความไม่อิ่มตัวของไขมันได้
ค. ใช้บอกค่าความเป็นกรดของไขมันได้
ง. ใช้บอกปริมาณกรดไขมันโมเลกุลเล็ก ๆ ในไขมันต่าง ๆ ได้

(ข) 61. iodine number

(ก) 62. saponification number

(ง) 63. volatile fatty acid number

64. ไขมัน 2.5 กรัม ทำปฏิกิริยาพอดีกับไอโอดีน 1.5 กรัม ไขมันนี้มี iodine number เท่าไร

ก. 15 (ข.) 60 ค. 120 ง. 150

65. ไขมันชนิดหนึ่งมีน้ำหนักโมเลกุล 1000 อยากทราบว่าไขมันนี้มี saponification number เท่าใด

(ก.) 168 ข. 200 ค. 300 ง. 352

66. จากการทดลองเมื่อหยดสารละลายโบรมีน ลงในสารละลายของไขมันชนิดต่าง ๆ ในเฮกเซน ซึ่งแต่ละชนิดมีความเข้มข้นเท่ากัน ได้ผลดังนี้

ชนิดของไขมัน และน้ำมัน	จำนวนหยดของสารละลายโบรมีนที่ใช้ตั้งแต่เริ่มต้นจนสีจางหายไป
น้ำมัน A	50
น้ำมัน B	44
น้ำมัน C	40
น้ำมัน D	33

สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

ก. น้ำมัน A มีกรดไขมันอิ่มตัวมากที่สุด
(ข.) น้ำมัน D มีกรดไขมันอิ่มตัวมากที่สุด
ค. น้ำมัน B มีกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่าน้ำมัน C
ง. น้ำมัน A มีกรดไขมันอิ่มตัวมากกว่าน้ำมัน D

67. ข้อใดเป็นวิธีการสกัดไขมันหรือน้ำมันที่มีอยู่ในพืชและสัตว์

ก. การใช้ตัวทำละลาย ข. การใช้ความร้อน

ค. การใช้แรงบีบหรืออัด (ง.) ก ข และ ค

68. เมื่อนำลิพิด monoglyceride diglyceride และ triglyceride มาทำโครมาโทกราฟีโดยใช้ Thin Layer (TLC) ในตัวทำละลาย hexane : diethyl ether : formic acid (อัตราส่วน 90 : 10 : 1) สารในข้อใดจะเคลื่อนที่ได้เร็วที่สุด

ก. monoglyceride ข. diglyceride

(ค.) triglyceride ง. เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากัน

คำชี้แจง จงใช้ตัวเลือก ก – ง ที่กำหนดให้ข้างล่างนี้ ตอบคำถามข้อ 69 – 70

ก. hydrolysis ข. acylation

ค. halogenation ง. hydrogenation

(ง) 69. ปฏิกิริยาที่ให้ผลิตภัณฑ์เป็นไขมันอิ่มตัว

(ค) 70. ปฏิกิริยาระหว่างไขมันกับ Br_2

คำชี้แจง จงใช้ตัวเลือก ก – ง ตอบคำถามข้อ 71 – 73

ก. base – sugar ข. base – sugar – phosphate

ค. $(base – sugar – phosphate)_n$ ง. base – deoxysugar – phosphate

(ค) 71. เป็นหน่วยโครงสร้างของกรดนิวคลีอิก

(ข) 72. เป็นส่วนประกอบโครงสร้างของนิวคลีโอไทด์

(ก) 73. เป็นส่วนประกอบโครงสร้างของนิวคลีโอไซด์

74. การแบ่งกรดนิวคลีอิก ออกเป็น 2 ชนิด คือ DNA และ RNA ยึดอะไรเป็นหลัก

ก. น้ำตาล ข. เบส

ค. นิวคลีโอไทด์ (ง.) ถูกทุกข้อ

75. น้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบของกรดนิวคลีอิก เป็นน้ำตาลที่มีคาร์บอนเท่าใด

ก. 4 อะตอม (ข.) 5 อะตอม

ค. 6 อะตอม ง. 7 อะตอม

คำชี้แจง จงใช้ข้อความในข้อ 1 – 4 ที่กำหนดให้ตอบคำถามข้อ 76

1. ประกอบด้วยน้ำตาล α - D – deoxyribose
2. ไม่มีเบสยูเรซิล
3. มีพันธะระหว่างเบส A กับ T 3 พันธะ G กับ C 2 พันธะ
4. ปริมาณ A + G = T + C

76. DNA

ก. ข้อ 1, 2 และ 3 ถูก
ข. ข้อ 1 และ 3 ถูก
(ค.) ข้อ 2 และ 4 ถูก
ง. ข้อ 4 ถูก

77. การป้องกันไม่ให้เลือดไก่สดแข็งตัวก่อนที่จะสกัด DNA ทำได้โดย

(ก.) เก็บไว้ในสารละลาย acid citric dextrose; ACD)
ข. เก็บไว้ในสารละลาย EDTA
ค. เก็บไว้ในเอทิลแอลกอฮอล์
ง. เก็บไว้ในสารละลาย sodium dodecyl sulfate; SDS)

78. DNA ของพวกยูคาริโอต (eukaryote cell) จะรวมตัวอยู่กับพวกโปรตีน การแยก DNA ออกจากโปรตีนนิยมใช้สารใดทำลายพันธะระหว่างโปรตีนและ DNA

ก. สารละลาย EDTA
ข. สารละลาย ACD
(ค.) สารละลาย SDS
ง. เอทิลแอลกอฮอล์

79. ในการสกัด DNA ต้องควบคุมสภาวะต่าง ๆ เช่น ควรสกัดในขณะที่เย็นจัด (0 – 4 °C) เพื่อวัตถุประสงค์ใด

ก. เพื่อยับยั้งการทำงานของแบคทีเรีย
(ข.) เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ DNase
ค. เพื่อกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ DNase
ง. เพื่อให้ได้ DNA บริสุทธิ์

80. DNA ตกตะกอนในสารใด

ก. น้ำกลั่น
ข. สารละลาย NaCl เจือจาง
(ค.) เอทิลแอลกอฮอล์
ง. สารละลายกรดอ่อน

81. โครงสร้างของ DNA ส่วนที่สามารถทำปฏิกิริยากับไดฟีนิลามีน (diphenylamine) ให้สารสีน้ำเงินเข้ม คือ

ก. เบส
(ข.) น้ำตาล
ค. ฟอสเฟต
ง. นิวคลีโอไทด์

82. เบสทุกกตัวต่อไปนี้พบใน DNA นอกจากเบสในข้อใด

ก. adenine (A)
ข. thymine (T)
(ค.) urasil (U)
ง. quanosine (G)

83. ข้อใดเป็นเบสที่พบใน RNA

(ก.) A, T, C, U
ข. A, G, C, T
ค. A, U, G, C
ง. A, T, U, G

คำชี้แจง จงใช้ข้อ ก – ง ตอบคำถามข้อ 84 – 86

ก. silver diamine hydroxide
ข. diphenylamine
ค. ammonium molybdate
ง. acid citric dextrose

(ก) 84. ทดสอบหมู่เบส
(ค) 85. ทดสอบหมู่ฟอสเฟต
(ข) 86. ทดสอบน้ำตาลดีออกซีไรโบส

87. ข้อใดทำให้ DNA เสียสภาพธรรมชาติ

ก. อุณหภูมิต่ำ ๆ
(ข.) pH สูงมาก ๆ
ค. การเติมเอนไซม์ ribonuclease
ง. การทำอิเล็กโทรโฟริซิสที่ pH 7

คำชี้แจง จงใช้ตัวเลือก ก – ง ตอบคำถามข้อ 88 - 90

ก. ribonucleic acid
ข. deoxyribonucleic acid
ค. ribonucleic acid และ deoxyribonucleic acid
ง. ไม่มีข้อใดถูก

(ค) 88. มี thymine และ uracil nucleotide เป็นส่วนประกอบ

(ค) 89. นิวคลีโอไทด์ต่าง ๆ ยึดเหนี่ยวกันด้วย 3', 5' – phosphodiester bond

(ก) 90. เป็นกรดนิวคลีอิกที่มีเพียงสายเดียว

คำชี้แจง จงใช้ตัวเลือก 1 – 4 ตอบคำถามข้อ 91

1. ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาในสิ่งมีชีวิต (biological catalyst)
2. เป็นโปรตีนมนกลม (globular protein)
3. มีความจำเพาะต่อซับเสตรต และปฏิกิริยา (substrate and reaction specificity)
4. เมื่อถูกยับยั้งจะเป็นการยับยั้งแบบทวนกลับ (reversible inhibition)

91. เอนไซม์

(ก.) ข้อ 1, 2 และ 3 ถูก ข. ข้อ 1 และข้อ 3 ถูก

ค. ข้อ 2 และข้อ 4 ถูก ง. ข้อ 4 ถูก

92. เมื่อ E = enzyme S = substrate P = product จงพิจารณาว่าสมการในข้อใดอธิบายถึงการทำงานของเอนไซม์ในการเร่งปฏิกิริยาตามสมมติฐานของ Michaelis และ Menten

(ก.) $E + S \rightleftharpoons ES \longrightarrow E + P$

ข. $E + S \rightleftharpoons ES \rightleftharpoons E + P$

ค. $E + S \longrightarrow ES \longrightarrow E + P$

ง. $E + S \longrightarrow ES \rightleftharpoons E + P$

93. ตัวยับยั้งเอนไซม์ที่ทำให้เกิดการยับยั้งแบบแข่งขันนั้นมีลักษณะอย่างไร

(ก.) มีโครงสร้างคล้ายคลึงกับซับสเตรต

ข. ส่วนมากเป็นไอออนของโลหะหนัก

ค. สามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์กับเอนไซม์ได้

ง. เป็นสารที่มีความว่องไวต่อปฏิกิริยาสูง

94. เอนไซม์ยูเรเอสซึ่งพบมากในถั่วบางชนิดเป็นเอนไซม์เร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของยูเรียด้วยน้ำ ปฏิกิริยาการสลายตัวของยูเรียด้วยน้ำจะได้สารใดเกิดขึ้น

$$H_2N - CO - NH_2 + H_2O \longrightarrow$$

ก. กรดยูริก ข. CO_2

ค. NH_3 (ง.) $NH_3 + CO_2$

95. จะมีวิธีสังเกตอย่างไรว่ามีปฏิกิริยาการสลายตัวของยูเรียด้วยน้ำเกิดขึ้น

ก. เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส

(ข.) เปลี่ยนสีฟีนอฟทาลีนจากไม่มีสีเป็นสีบานเย็น

ค. มีฟองแก๊สเกิดขึ้น

ง. มีตะกอนขาว

96. ในการวัดอัตราเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์จำเป็นจะต้อง

ก. ทราบน้ำหนักโมเลกุลของเอนไซม์

ข. กำหนดปริมาณซับสเตรตให้คงที่

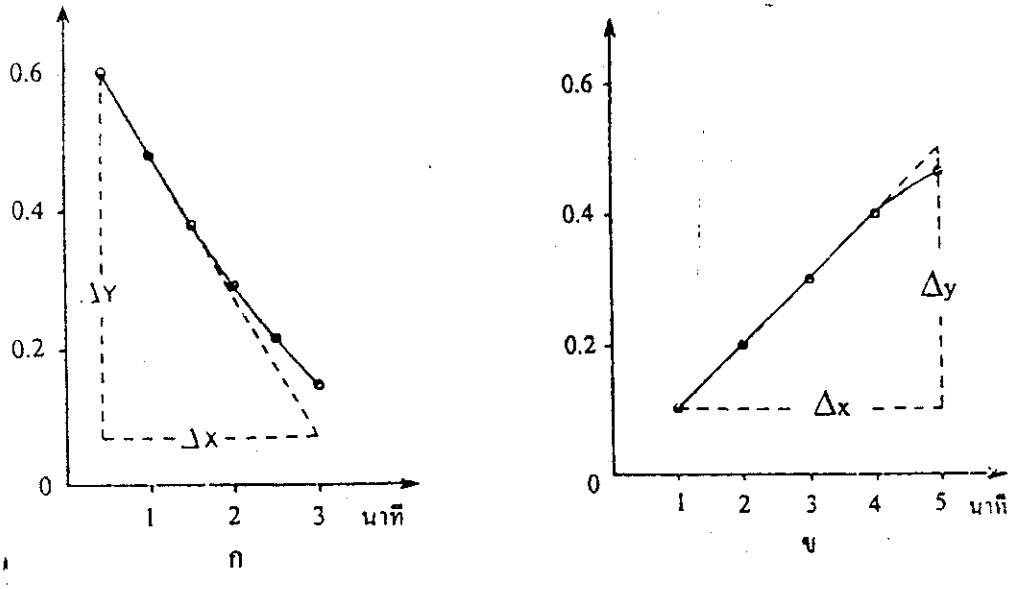
ค. หาปริมาณของซับเสตรตที่เปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์ใน 1 หน่วยเวลา

(ง.) ต้องกำหนดอุณหภูมิของปฏิกิริยาให้คงที่ และหาผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นใน 1 หน่วยเวลา

97. จากกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับเวลา แสดงดังรูปที่ 2 วิธีคำนวณอัตราความเร็วเริ่มต้นของปฏิกิริยา คือ

(ก.) $\Delta y / \Delta x$ ข. $\Delta x / \Delta y$

ค. $\Delta y \times \Delta x$ ง. $(\Delta y)^2$



รูปที่ 2 กราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับเวลา

ก. การลดปริมาณแป้ง ข. การเพิ่มปริมาณมอลโทส และกลูโคส

98. จากตารางข้างล่างนี้ เมื่อสังเกตสารต่าง ๆ ที่เติมลงไปในแต่ละหลอด อยากทราบว่าการทดลองนี้มีจุดประสงค์อย่างไร

หลอดที่ / สารที่เติม (cm^3)	1	2	3	4	5
สารละลายแป้งมัน 2 %	5.0	3.0	2.0	1.5	1.2
สารละลายโซเดียมฟอสเฟตบัฟเฟอร์ – โซเดียมคลอไรด์ pH 6.8	-	2.0	3.0	3.5	3.8
เอนไซม์เจือจาง	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

(ก.) ศึกษาผลของการเปลี่ยนความเข้มข้นของแป้งต่อปฏิกิริยาของเอนไซม์

ข. ศึกษาผลของการเปลี่ยนความเข้มข้นของบัฟเฟอร์ต่อปฏิกิริยาของเอนไซม์

ค. ศึกษาผลของการทำงานของเอนไซม์

ง. ศึกษาผลของการเปลี่ยนความเข้มข้นของแป้ง และบัฟเฟอร์ต่อปฏิกิริยาของเอนไซม์

99. ข้อใดกล่าวถึงวิตามิน C ได้ถูกต้อง

(ก.) เป็นตัวรีดิวซ์ (reducing agent)

ข. ละลายได้ทั้งในน้ำและในไขมัน

ค. เป็นตัวออกซิไดส์ (oxidizing agent)

ง. ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์

100. เมื่อ E = enzyme I = inhibition และ S = substrate จงพิจารณาสมการทั้งสี่ข้างล่างนี้ ข้อใดถูกต้อง

ก. $E + S \rightleftharpoons ES \not\rightarrow$

ข. $E + I \rightleftharpoons EI \not\rightarrow$

(ค.) $EI + S \longrightarrow ESI \not\rightarrow$

ง. $ES + I \rightleftharpoons ESI \not\rightarrow$

ภาคผนวก ง

ตัวอย่างบทเรียนสำเร็จรูป และคู่มือการเขียนรายงาน

แผนการสอนบทเรียนสำเร็จรูปบทนำ

เรื่อง บัฟเฟอร์ และเทคนิคสเปกโทรสโกปีกับการวิเคราะห์

ตอนที่ 1. บัฟเฟอร์

2. เทคนิคสเปกโทรสโกปีกับการวิเคราะห์

แนวคิด

1. **บัฟเฟอร์** คือ สารละลายของกรดอ่อนกับเกลือของกรดนั้น หรือสารละลายของเบสอ่อนกับเกลือของเบสนั้น ซึ่งมีสมบัติต่อต้านการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด เบส เมื่อมีการเติมกรด หรือเบสจำนวนเล็กน้อยลงไป

2. **สเปกโทรสโกปี** เป็นวิธีวิเคราะห์ทางกายภาพ ซึ่งอาศัยสมบัติการดูดกลืนแสงของสาร ใช้ได้ทั้งการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ได้แก่ การหาสเปกตรัมการดูดกลืนแสง (absorption spectrum) ของสาร และการหาปริมาณของสารต่าง ๆ

วัตถุประสงค์

หลังจากศึกษาบทเรียนสำเร็จรูปนี้แล้ว นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายองค์ประกอบและระบบการทำงานของบัฟเฟอร์ได้
2. เตรียมบัฟเฟอร์ได้ โดยเลือกสารและคำนวณปริมาณสารที่จะนำมาเตรียมได้ถูกต้อง
3. หาสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารได้
4. ใช้เทคนิคสเปกโทรสโกปีวิเคราะห์ปริมาณสารได้

กิจกรรมระหว่างเรียน

1. ทำแบบประเมินตนเองก่อนเรียนบทเรียนสำเร็จรูป
2. ศึกษาบทเรียนสำเร็จรูป
3. ปฏิบัติกิจกรรมตามที่ได้รับมอบหมาย
4. ทำแบบประเมินตนเองหลังเรียนบทเรียนสำเร็จรูป

สื่อการสอน

1. บทเรียนสำเร็จรูป เรื่อง บัฟเฟอร์ และเทคนิคสเปกโทรสโกปีกับการวิเคราะห์
2. อุปกรณ์และสารเคมี
3. หนังสืออ่านประกอบ

เวลาเรียน

บทเรียนสำเร็จรูปนี้ใช้เวลาทั้งหมด 6 คาบ แยกรายละเอียดได้ดังนี้

ตอนที่ 1 เรื่องบัฟเฟอร์	3	คาบ
ตอนที่ 2 เทคนิคสเปกโทรสโกปีกับการวิเคราะห์	3	คาบ

การประเมินผล

1. ประเมินผลจากแบบประเมินตนเองก่อนเรียนและหลังเรียน
2. ประเมินผลจากรายงานผลการศึกษาบทเรียน

บทเรียนสำเร็จรูปบทนำ
บัฟเฟอร์ และเทคนิคสเปกโทรสโกปีกับการวิเคราะห์

ตอนที่ 1 บัฟเฟอร์

กิจกรรม 1.1 ระบบการทำงานและการเตรียมบัฟเฟอร์

วัตถุประสงค์

หลังปฏิบัติกิจกรรม 1.1 แล้ว นักศึกษาสามารถ

1. อธิบายองค์ประกอบและระบบการทำงานของบัฟเฟอร์ได้
2. เตรียมบัฟเฟอร์ได้ โดยเลือกสาร และคำนวณปริมาณสารได้ถูกต้อง

บัฟเฟอร์ คือ สารละลายของกรดอ่อน และเกลือของกรดนั้น หรือสารละลายของเบสอ่อน และเกลือของเบสนั้น ซึ่งมีสมบัติต่อต้านการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด – เบส (pH) เมื่อมีการเติมกรด (H^+) หรือเบส (OH^-) จำนวนเล็กน้อยลงไป บัฟเฟอร์มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการทำงานภายในของสิ่งมีชีวิต โดยปกติ pH ภายในและภายนอกเซลล์ของสิ่งมีชีวิตจะมีค่าค่อนข้างคงที่ กล่าวคือ มี pH จำกัดอยู่ในช่วงค่อนข้างแคบ ถ้ามีการเปลี่ยนแปลง pH เกิดขึ้นอย่างมากแล้วจะทำให้การทำงานของระบบต่างๆ ผิดปกติไป หรือไม่ทำงานเลย ซึ่งอาจนำไปสู่การสิ้นสุดของชีวิตได้ ดังนั้น สิ่งมีชีวิตทุกชนิดจำเป็นต้องมีระบบบัฟเฟอร์เพื่อต่อต้านการเปลี่ยน pH ที่จะเกิดขึ้น ระบบบัฟเฟอร์ที่สำคัญในสิ่งมีชีวิตได้แก่ คาร์บอเนต ($H_2CO_3 - HCO_3^-$) และฟอสเฟต ($H_2PO_4^- - HPO_4^{2-}$)

กรดอ่อนและเกลือหลายชนิดเป็นบัฟเฟอร์ได้ที่ pH แตกต่างกัน เช่น

แอซีติก	เป็นบัฟเฟอร์ได้ที่	pH 4 – 5
คาร์บอเนต	เป็นบัฟเฟอร์ได้ที่	pH 6 – 7
ฟอสเฟต	เป็นบัฟเฟอร์ได้ที่	pH 6.5 – 7.5

การที่กรดอ่อนแต่ละตัวแสดงสมบัติการเป็นบัฟเฟอร์ที่ pH แตกต่างกัน เนื่องจากกรดเหล่านั้นมีค่าคงตัวการแตกตัวเป็นไอออน (dissociation constant; K_a) แตกต่างกัน ค่า K_a หาได้จาก

HA	K_a	H^+	+	A^-
acid	$\rightleftharpoons$	proton		conjugated base or salt

K_a = dissociation constant ของกรด

$$K_a = \frac{[H^+]\,[A^-]}{[HA]}$$

$-\log K_a = -\log[H^+] - \log[A^-]/[HA]$

$pK_a = pH - \log[A^-]/[HA]$ เมื่อ $-\log K_a = pK_a$, $-\log[H^+] = pH$

$pH = pK_a + \log[A]/[HA]$...Henderson + Hasselbalch equation

หรือ $pH = pK_a + \log[salt]/[acid]$

จะเห็นว่า ค่า pH ของสารละลายขึ้นอยู่กับ

1. ค่า pK_a ของกรดอ่อนที่ใช้เป็นองค์ประกอบของบัฟเฟอร์
2. ค่า log ของอัตราส่วนความเข้มข้นของเกลือ [A] และกรด [HA]

ถ้า $[A] = [HA]$

$\log[A]/[HA] = \log[1] = 0$

$pH = pK_a$

ซึ่งในสภาวะเช่นนี้ จะทำให้สารละลายบัฟเฟอร์นั้นมีประสิทธิภาพในการต่อต้านการเปลี่ยน pH ได้ดีที่สุด

ด้วยเหตุนี้ ในการเตรียมบัฟเฟอร์ที่ pH ใด pH หนึ่ง สิ่งที่ควรพิจารณา คือ การเลือกชนิดของกรด กรดที่ใช้ควรมีค่า pK_a ใกล้เคียงกับค่า pH ของบัฟเฟอร์ที่ต้องการ ($pH = pK_a \simeq 1$) ในทำนองเดียวกัน เบสอ่อน และเกลือของเบสอ่อน เบสที่ใช้ควรมีค่า pK_b ใกล้เคียงกับ pOH ของบัฟเฟอร์ เมื่อได้ชนิดของกรดที่จะใช้ทำบัฟเฟอร์แล้ว การปรับ pH ของสารละลายจะขึ้นโดยตรงต่ออัตราส่วนของเกลือ : กรด หรือ [A]/[HA] ส่วนความเข้มข้นของบัฟเฟอร์นั้นจะมีค่าเท่ากับผลรวมของความเข้มข้นของเกลือกับความเข้มข้นของกรด

การทำงานของบัฟเฟอร์ในการต่อต้านการเปลี่ยน pH

เนื่องจากสารละลายบัฟเฟอร์ประกอบด้วยกรดอ่อน [HA] และเกลือ [A] ของกรดอ่อน เมื่อมีการเติม OH^- ลงไป กรดอ่อนจะทำปฏิกิริยากับ OH^- (mol ต่อ mol) ดังนี้

$$HA + OH^- \longrightarrow H_2O + A^- \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

การแตกตัวของน้ำ ; $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$

$$K_w = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]} = 1 \times 10^{-14}$$

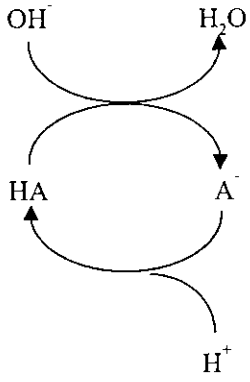
ซึ่งมีค่าน้อยมาก นั่นคือ H_2O จะแตกตัวเป็น H^+ และ OH^- ในปริมาณที่น้อยมาก ผลก็คือ pH ของสารละลายบัฟเฟอร์จะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

ในทำนองเดียวกัน ถ้ามีการเติม H^+ ลงไปในสารละลายบัฟเฟอร์ A^- ที่มีอยู่ในบัฟเฟอร์จะรวมตัวกับ H^+ (mol ต่อ mol) ทันที เกิดเป็นกรดดังนี้ :

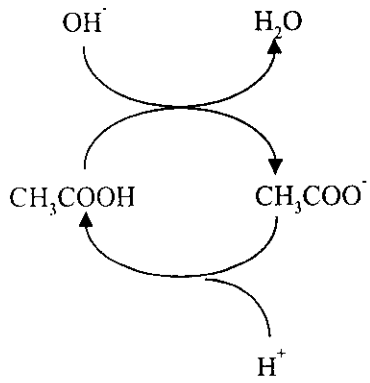
$$H^+ + A^- \rightleftharpoons HA \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

การแตกตัวของ HA ที่เกิดขึ้นจะเป็นไปตามค่า K_a ของกรดนั้น นั่นก็คือ อัตราส่วนของ $[H^+][A]/[HA]$ จะถูกปรับให้มีค่าเท่ากับ K_a ของกรดอ่อนนั้น ผลก็คือ จะไม่มี H^+ อิสระ จำนวนมากเกิดขึ้น ทำให้ pH ของสารละลายไม่เปลี่ยนแปลงไปมากนัก

จะเห็นได้จากการทำงานของบัฟเฟอร์ในการต่อต้านการเปลี่ยน pH เมื่อมีการเติม H^+ หรือ OH^- ลงไปนั้น เป็นผลมาจากการเกิดปฏิกิริยากรด – เบส แบบง่าย ๆ ดังแสดงในสมการ (1) และ (2) ซึ่งสรุปรวมได้ดังนี้



ในกรณีของแอซีเตตบัฟเฟอร์ กรดอ่อน คือ กรดแอซีติก (acetic acid; CH_3COOH) และเกลือ คือ แอซีเตต (acetate; CH_3COO^-) ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเมื่อเติม H^+ หรือ OH^- ลงไปเป็นดังนี้



จากตัวอย่างข้างบน จะเห็นว่าความสามารถในการต่อต้านการเปลี่ยน pH ของบัฟเฟอร์จะขึ้นอยู่กับปริมาณของ HA และ A^- ที่มีอยู่ในสารละลายนั้น ซึ่งควรจะอยู่ในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกัน และมีปริมาณเพียงพอที่จะจับกับ H^+ หรือ OH^- ที่ถูกเติมเข้ามา

ตัวอย่างการคำนวณในการเตรียมบัฟเฟอร์

จงเตรียม 0.15 mol/ dm^3 แอซีเตตบัฟเฟอร์ pH 4.9 จำนวน 100 cm^3

ขั้นที่ 1 คำนวณหาความเข้มข้นของเกลือแอซีเตต และความเข้มข้นของกรดแอซีติก เมื่อ pK_a ของกรดแอซีติก = 4.76

จากสมการของ Henderson – Hasselbalch

pH	=	pKa + log[salt]/ [acid]
4.9	=	4.76 + log[salt]/ [acid]
log[salt]/ [acid]	=	4.9 – 4.76 = 0.14
[salt]/ [acid]	=	1.38 (antilog ของ 0.14 = 1.38)
แต่ [salt] + [acid]	=	0.15 mol/ dm^3
0.15 - [acid]	=	1.38 x [acid]
[acid]	=	0.063 mol/ dm^3

เพราะฉะนั้น [salt] = $0.15 - 0.063 = 0.087$ mol/ dm^3

นั่นคือ บัฟเฟอร์นี้จะประกอบด้วย CH_3COOH = 0.063 mol/ dm^3

และ CH_3COO^- = 0.087 mol/ dm^3 (อาจอยู่ในรูปของเกลือโซเดียม หรือโพแทสเซียมผสมอยู่ด้วยกัน)

ขั้นที่ 2 การเตรียม 100 cm^3 สารละลายแอซีเตตบัฟเฟอร์ อาจทำได้หลายวิธี

ก. ใช้กรดแอซีติกทำปฏิกิริยากับด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide; NaOH) จะได้เกลือแอซีเตตตามสมการ

$$CH_3COONa + HaOH \longrightarrow CH_3COO^- + Na^+$$

บัฟเฟอร์ 0.15 mol/ dm^3 100 cm^3

จะมีเนื้อสาร = 0.15 x 100 = 15 mmol

เพราะฉะนั้น นำกรดแอซีติก 1 mol/ dm^3

มา 15 cm^3 = 1 x 15 mmol

ผสมกับ 10 cm^3 0.87 mol/ dm^3 NaOH = 0.87 x 10

= 8.7 mmol NaOH

ซึ่งจะทำให้สารละลาย 25 cm^3 ประกอบด้วย

CH_3COO^- = 8.7 mmol

CH_3COOH = 15 – 8.7 = 6.3 mmol

เติมน้ำ 75 cm^3 จะได้สารละลาย 100 cm^3

ซึ่งมีอัตราส่วนของ $[CH_3COO^-] : [CH_3COOH]$ = 8.7 : 6.3 หน่วยเป็น mmol

แต่สารละลายทั้งหมด = 100 cm^3

เพราะฉะนั้น $[CH_3COO^-] : [CH_3COOH]$ = 8.7/ 100 : 6.3/ 100

= 0.087 : 0.063

หน่วยเป็น mol/ dm^3

ข. ใช้สารละลายโซเดียมแอซีเตต และกรดแอซีติกมาผสมกันตามอัตราส่วนที่คำนวณไว้

0.87 mol/ dm^3 CH_3COONa 10 cm^3 = 0.87 x 10 = 8.7 mmol

ผสมกับ

0.63 mol/ dm^3 CH_3COOH 10 cm^3 = 0.63 x 10 = 6.3 mmol

แล้วเติมน้ำ 80 cm^3 ก็จะได้บัฟเฟอร์ที่ต้องการ

ค. ชั่ง CH_3COONa มา 1.23 g ละลายน้ำเล็กน้อยแล้วเติม 0.63 mol/ dm^3 HCl 10 cm^3 แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 cm^3 ปริมาณของ CH_3COONa คำนวณมาจากน้ำหนักโมเลกุลของ CH_3COONa = 82 และเราต้องการเนื้อแอซีเตต 0.15 mol/ dm^3 x 100 cm^3 = 15 mmol

เพราะฉะนั้น น้ำหนักของ CH_3COONa ที่ต้องใช้ = 15 mmol/ 1,000 x 82 g

= 1.23 g

เมื่อเติม 0.63 mol/ dm^3 HCl 10 cm^3

จะมีเนื้อ HCl = 0.63 mol/ dm^3 x 10 cm^3

= 6.3 mmol

CH_3COONa จะทำปฏิกิริยากับ HCl ได้ตามสมการ

$$CH_3COONa + HCl \longrightarrow CH_3COOH + NaCl$$

15 mmol 6.3 mmol 6.3 mmol

เพราะฉะนั้น จะเหลือ CH_3COONa = 15 – 6.3 = 8.7 mmol

ด้วยวิธีนี้ก็จะสามารถเตรียมบัฟเฟอร์ได้เช่นเดียวกับข้อ ก และข้อ ข

หมายเหตุ

1. ควรตรวจสอบ pH ที่ได้ด้วยเครื่องวัด pH ถ้าไม่ได้ pH ตามที่ต้องการควรปรับ pH ด้วยกรด หรือเบส

2. ถ้าสารละลายบัฟเฟอร์ประกอบด้วยเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อน

ให้ใช้สูตร $[OH^-] = K_b \frac{[\text{เบส}]}{[\text{เกลือ}]}$

หรือ $pOH = PK_b + \log[salt]/[base]$

เมื่อได้ pOH หา pH ได้จาก

$pH + pOH = 14$

การทดลองที่ 1.1.1 สมบัติของกรดที่จะนำมาใช้ทำบัฟเฟอร์

หลักการ

กรดแก่ เช่น กรดไฮโดรคลอริก เมื่อละลายอยู่ในน้ำจะแตกตัวออกเป็น H^+ และ Cl^- หมด ในขณะที่กรดอ่อน เช่น กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid; H_3PO_4) จะแตกตัวเป็นไอออนบวก และไอออนลบได้เพียงบางส่วน ดังนี้

$$H_3PO_4 \longrightarrow H^+ + H_2PO_4^{-1} \qquad K_{a_1} = 1.1 \times 10^{-2}$$

$$H_2PO_4^{-1} \longrightarrow H^+ + HPO_4^{-2} \qquad K_{a_2} = 1.6 \times 10^{-7}$$

$$HPO_4^{-2} \longrightarrow H^+ + PO_4^{-3} \qquad K_{a_3} = 5 \times 10^{-13}$$

K_{a_1}, K_{a_2} และ K_{a_3} คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแตกตัวของกรดฟอสฟอริก

ในการทดลองนี้จะเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่า pH ระหว่างกรดไฮโดรคลอริก และกรดฟอสฟอริก เมื่อมีการเติมด่าง NaOH ลงไป

สารเคมี

1. HCl 1 mol/dm^3
2. NaOH 0.2 mol/dm^3
3. H_3PO_4 0.2 mol/dm^3
4. กระดาษวัด pH หรือเครื่องวัด pH

วิธีทดลอง

1. การไทเทรต (titrate) ระหว่างกรดไฮโดรคลอริกกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ใส่น้ำ 10 cm^3 ลงในขวดรูปกรวย (flask) ที่สะอาด เติม 1.0 mol/ dm^3 HCl ลงไป 1 cm^3 เขย่าให้เข้ากัน เอาหลอดแก้วจุ่มสารละลายนี้มาแตะบนกระดาษวัด pH เทียบสี หรือใช้เครื่องวัด pH แล้วบันทึกค่า pH ไทเทรตสารละลายนี้กับ 0.1 mol/ dm^3 NaOH โดยการเติม 0.1 mol/ dm^3 NaOH ครั้งละ 1 หรือ 0.5 cm^3 จากปิเปตต์ เขย่าให้เข้ากันทุกครั้งก่อนวัดค่า pH บันทึกค่า pH ไว้

เขียนกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลง pH ต่อปริมาณ NaOH ที่เติมลงไป

2. ไทเทรตระหว่างกรดฟอสฟอริกกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ใส่ 0.2 mol/ dm^3 H_3PO_4 10 cm^3 ลงในขวดรูปกรวยที่สะอาดแล้ววัดหาค่า pH ทำการไทเทรตโดยการเติม 0.2 mol/ dm^3 NaOH ครั้งละ 1 cm^3 จากปิเปตต์ เขย่าให้เข้ากันทุกครั้งก่อนวัดหาค่า pH บันทึกค่า pH ไว้

เขียนกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลง pH ต่อปริมาณ NaOH ที่เติมลงไป

การทดลองที่ 1.1.2 การทดสอบสมบัติของบัฟเฟอร์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน

หลักการ

ความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ของสารละลายบัฟเฟอร์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ย่อมแตกต่างกัน

สารเคมี

1. Na_2HPO_4 (disodium hydrogen phosphate) 0.2 mol/ dm^3
2. NaH_2PO_4 (disodium dihydrogen phosphate) 0.2 mol/ dm^3

วิธีทดลอง

1. ผสม Na_2HPO_4 0.2 mol/ dm^3 20 cm^3 กับ NaH_2PO_4 0.2 mol/ dm^3 20 cm^3 ในขวดรูปกรวย เขย่าให้เข้ากันจะได้ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ซึ่งมีรูปของเกลือและกรด คือ HPO_4^{2-}/ $H_2PO_4^{1-}$ ในอัตราส่วนที่เท่า ๆ กัน และความเข้มข้นยังคงเป็น 0.2 mol/ dm^3

2. นำ 0.2 mol/ dm^3 ฟอสเฟตบัฟเฟอร์นี้มาเจือจางด้วยน้ำกลั่น เพื่อให้ได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 0.1 mol/ dm^3 และ 0.05 mol/ dm^3 ตามลำดับ จำนวน 20 cm^3

3. เตรียมหลอดทดลองมา 8 หลอด ใส่สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน กรดไฮโดรคลอริก และโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามปริมาณในตาราง

หลอดที่ / สารที่เติม	1	2	3	4	5	6	7	8
ฟอสเฟตบัฟเฟอร์								
เข้มข้น (mol/ dm^3)	0	0.05	0.1	0.2	0	0.05	0.1	0.2
ปริมาตร (cm^3)	-	5	5	5	-	5	5	5
น้ำกลั่น (cm^3)	5	-	-	-	5	-	-	-
วัด pH								
HCl 0.2 mol/ dm^3 (cm^3)								
(ครั้งละ 0.5 cm^3)	0.5	0.5	0.5	0.5	-	-	-	-
NaOH 0.2 mol/ dm^3 (cm^3)								
(ครั้งละ 0.5 cm^3)	-	-	-	-	0.5	0.5	0.5	0.5
วัด pH								

ตอนที่ 2 เทคนิคสเปกโทรสโกปีกับการวิเคราะห์

กิจกรรม 2.1 การทดลอง

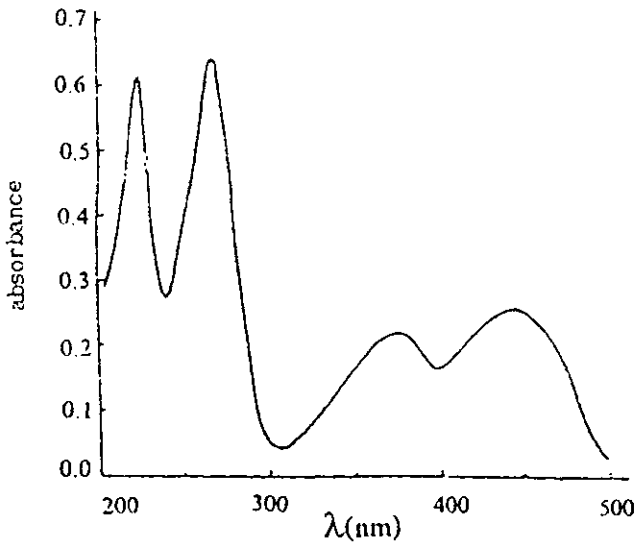
วัตถุประสงค์

หลังจากปฏิบัติกิจกรรม 2.1 แล้ว นักศึกษาสามารถ

1. หาสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารได้
2. ใช้เทคนิคสเปกโทรสโกปีวิเคราะห์หาปริมาณของสารได้

ยูวีวิสิเบิลแอบซอบชันสเปกโทรสโกปี เป็นเทคนิคของการวัดแสงในช่วงคลื่นแถบอัลตราไวโอเลต (ultraviolet; 185 - 350 nm) และในแถบแสงที่มองเห็นได้ (visible light; 350 – 800 nm) สารที่ดูดกลืนแสงได้ในช่วงคลื่นนี้จะนำพลังงานนั้นไปใช้ใน electronic transition คือ กระตุ้นให้อิเล็กตรอนในสถานะพื้น (ground state) เปลี่ยนไปอยู่ในสถานะเร้า (excited state)

สารแต่ละชนิดจะดูดกลืนแสงที่ช่วงคลื่นต่าง ๆ ได้ไม่เท่ากัน กราฟที่แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ กันนี้ เรียกว่า **สเปกตรัม** สารต่างชนิดกันมักมีสเปกตรัมต่างกันไป รูปที่ 1 เป็นสเปกตรัมของสารละลายไรโบเฟลวิน (riboflavin) หรือวิตามินบี 2



รูปที่ 1 สเปกตรัมดูดกลืนแสงของสารละลายไรโบเฟลวิน

จากกราฟจะเห็นได้ว่าไรโบเฟลวินดูดกลืนแสงในแถบอัลตราไวโอเลตที่ความยาวคลื่น 260 และ 370 nm และแถบแสงที่มองเห็นได้ที่ความคลื่น 450 nm ได้สูง ความยาวคลื่นที่สารนั้นดูดกลืนแสงได้สูงสุด เรียกว่า λ_{max} (maximum absorbtion) สเปกตรัมของสารที่บ่องบอกค่า λ_{max} นี้ จะมีลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละสารและปริมาณแสงที่ดูดกลืนไว้ที่ช่วงคลื่นหนึ่ง ๆ จะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับจำนวนโมเลกุล หรือความเข้มข้นของสารนั้นในสารละลาย ซึ่งสมบัติข้อนี้ได้นำมาใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารในสารละลาย

สมบัติการดูดกลืนแสงของสาร ถูกกำหนดโดยโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลที่ดูดกลืนแสงได้ เนื่องจากการจัดเรียงของอิเล็กตรอนในโมเลกุลของสารต่างชนิดกันมีลักษณะไม่เหมือนกัน และจากทฤษฎีควอนตัม (quantum theory) ซึ่งกล่าวว่า พลังงานของแต่ละอิเล็กตรอนมีค่าเฉพาะ (quantize) จึงทำให้สารละลายแต่ละชนิดมีสมบัติการดูดกลืนแสงแตกต่างกัน นั่นคือ มีสเปกตรัมการดูดกลืนแสงแตกต่างกันออกไปเป็นลักษณะประจำตัวเฉพาะของสารแต่ละชนิด นอกจากโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลแล้ว ปัจจัยอื่น ๆ ซึ่งมีผลต่อสมบัติการดูดกลืนแสงของสารซึ่งแสดงให้เห็นโดยการเปลี่ยนแปลงของสเปกตรัมการดูดกลืนแสง ได้แก่ สภาวะแวดล้อมทางเคมีอื่น ๆ ที่มีผลโดยตรงต่อลักษณะโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลของสารที่ดูดกลืนแสงได้ เช่น pH ชนิดของตัวทำละลาย และการจัดเรียงตัวของโมเลกุลขนาดใหญ่ที่ซับซ้อน เช่น กรดนิวคลีอิก (nucleic acid) ซึ่งมีความสามารถในการดูดกลืนแสงได้ไม่เท่ากันเมื่ออยู่ในรูปสายคู่ สายเดี่ยว และในรูปนิวคลีโอไทด์ (nucleotide) อิสระ เป็นต้น

ความสัมพันธ์ของปริมาณแสงที่สารดูดกลืนกับความเข้มข้นของสารละลาย

เมื่อลำแสงเอกรงค์ (monochromatic light) ผ่านสารละลายซึงมีสารที่มีสมบัติในการดูดกลืนแสงละลายอยู่ บางส่วนของแสงจะถูกสารนั้นดูดกลืนไว้ และปล่อยแสงส่วนที่เหลือออกมา มีผลทำให้แสงที่ผ่านออกจากสารละลายมีความเข้มข้นน้อยลง ปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืนไว้ ซึ่งวัดได้เป็นค่า แอบซอร์แบนซ์ (A; absorbance; optical density; O.D.) จะขึ้นอยู่กับจำนวนโมเลกุลของสารดูดกลืนแสงที่มีในสารละลายนั้น และจะเป็นไปตามกฎของเบียร์ – แลมเบิร์ต (Beer – Lambert's law)

$$A = \log Io/I = -\log I/Io = kcl$$

เมื่อ Io และ I = ความเข้มข้นของแสงก่อนและหลังผ่านสารละลายตามลำดับ

k = ค่าคงที่ของการดูดกลืนแสง หรือค่า extinction coefficient ซึ่งมีค่าเฉพาะสำหรับสารหนึ่ง ๆ และที่ช่วงคลื่นหนึ่ง ๆ

c = ความเข้มข้นของสารละลาย

l = เป็นความยาวของระยะทางที่แสงผ่านสารละลายที่จะวัดค่าการดูดกลืนแสง

ค่า k อาจกำหนดเป็น $E_{1cm}^{1\%}$ คือ เป็นค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่มีความเข้มข้นของสารดูดกลืนแสงเป็น 1 เปอร์เซ็นต์ (สารดูดกลืนแสง 1 g ในสารละลาย 100 cm^3) และความยาวของระยะทางที่แสงผ่าน 1 cm หรืออาจกำหนดเป็นค่า molar extinction coefficient; E_{1cm}^{1M} คือ เป็นค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่มีความเข้มข้นของสารดูดกลืนแสงเป็น 1 mol/ dm^3 และความยาวของระยะทางที่แสงผ่านเท่ากับ 1 cm

การดูดกลืนแสงของสารอาจวัดออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์แสงผ่าน (% transmittance)

% transmittance = I/ Io x 100

ค่าการดูดกลืนแสงและเปอร์เซ็นต์แสงผ่านของสารละลายจะสามารถวัดได้ โดยใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer) ซึ่งจะบอกค่าการดูดกลืนแสงเป็น log scale ระหว่าง 0 - α และบอกค่าเปอร์เซ็นต์แสงผ่านเป็น linear scale จาก 0 – 100 % โดยทั่วไปนิยมวัดเป็นค่าการดูดกลืนแสง เพราะจะแปรผันโดยตรงกับความเข้มข้นของสาร และสามารถใช้กฎของเบียร์ – แลมเบิร์ตคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายได้

การคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายจากการวัดค่าการดูดกลืนแสง

1. คำนวณจากค่า extinction coefficient หรือค่า k

จากกฎของเบียร์ – แลมเบิร์ต ถ้าเราทราบค่า k ของสารหนึ่งที่ความยาวคลื่นหนึ่ง ซึ่งมักจะเป็นที่ λ_{max} และทราบค่า A ของสารนั้นในสารละลายที่วัดที่ความยาวคลื่นเดียวกัน จะสามารถคำนวณความเข้มข้นของสารดูดกลืนแสงในสารละลายได้ ดังตัวอย่าง

ตัวอย่าง โคเอนไซม์ NADH มีค่า molar extinction coefficient; $E_{1cm}^{1M} = 6.22 \times 10^3$ $(mol/dm)^{-1}$ cm^{-1} ที่ 340 nm เมื่อนำสารละลายของ NADH ที่ต้องการหาความเข้มข้น มาวัดค่า A วัดได้ = 0.20 จงคำนวณความเข้มข้นของ NADH ในสารละลายนั้นว่าเป็นเท่าใด

จากกฎของเบียร์ – แลมเบิร์ต $A = kcl$

$$C = \frac{0.20}{6.22 \times 10^3} \text{ mol/ dm}^3$$

$$= \frac{0.20 \times 10^{-6}}{6.22 \times 10^3} \text{ μmol}$$

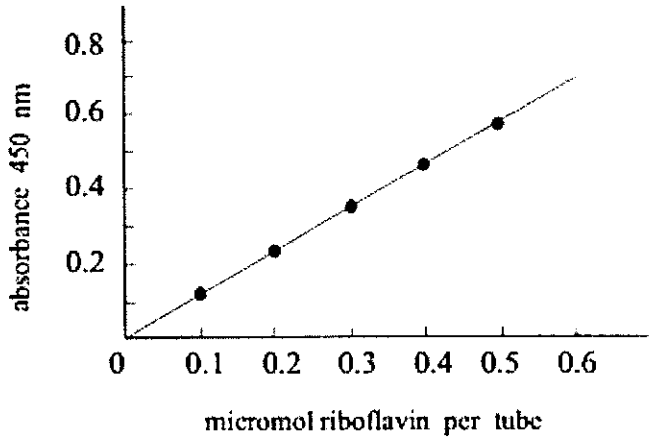
$$= 32 \text{ μmol}$$

เพราะฉะนั้น ความเข้มข้นของ NADH ในสารละลาย = 32 μmol

ในการนำค่า k มาใช้ในการคำนวณความเข้มข้นของสารดูดกลืนแสงในสารละลาย จะต้องจำไว้เสมอว่าการวัดค่า A ของสารละลาย จะต้องใช้ความยาวคลื่นเดียวกันกับที่ระบุไว้ในค่า k ทั้งนี้เพราะค่า k จะเปลี่ยนไปเมื่อความยาวคลื่นเปลี่ยน นอกจากนี้ สภาวะอื่น ๆ ของสารดูดกลืนแสงในสารละลายจะต้องคล้ายคลึงกับที่ใช้ในการคำนวณหาค่า k ของสารนั้นด้วย จึงจะให้ค่าความเข้มข้นที่ถูกต้อง

2. คำนวณจากเส้นมาตรฐาน (standard curve)

ในบางครั้ง ผู้ทดลองอาจจะหาค่า k ของสารที่ต้องการวัดไม่ได้ หรือไม่สามารถที่จะทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น และสภาวะเดียวกับที่ใช้คำนวณค่า k ได้ ก็อาจใช้วิธีสร้างเส้นมาตรฐาน โดยการนำสารละลายของสารนั้นที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กันมาวัดค่าการดูดกลืนแสง และเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้น จะได้เส้นตรงที่เรียกว่า **เส้นมาตรฐาน** ตัวอย่างข้างล่างนี้เป็นการสร้างเส้นมาตรฐานของสารละลายไรโบเฟลวิน โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 450 nm ของสารละลายที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน



รูปที่ 2 เส้นมาตรฐานของสารละลายไรโบเฟลวิน

เส้นมาตรฐานที่ได้จะบอกความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ 450 nm กับความเข้มข้นของไรโบเฟลวินในสารละลาย ซึ่งถ้าเราวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ช่วงคลื่นเดียวกับของไรโบเฟลวินในสารละลายตัวอย่าง หรือ unknown ก็จะสามารถอ่านค่าความเข้มข้นได้โดยตรงจากเส้นมาตรฐานที่สร้างขึ้น

ข้อควรระวังในการสร้างเส้นมาตรฐาน

1. จะต้องปรับค่าการดูดกลืนแสง หรือ A ของสารอื่น ๆ ที่อยู่ในสารละลายให้มีค่า = 0 เพื่อให้ค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้เป็นค่าที่มาจากการดูดกลืนแสงของสารที่ต้องการวัดเท่านั้น ซึ่งจะทำได้โดยจะต้องมีหลอดสารละลายเปล่า (blank) ทุกครั้งที่ใช้เทคนิคของสเปกโทรสโกปีในการหาปริมาณสาร ในหลอดสารละลายเปล่าจะต้องใส่สารทุกชนิดเหมือนกับหลอดที่จะทำการวัดค่าการดูดกลืนแสง ยกเว้นสารที่ต้องการวัดเพียงอย่างเดียว

2. ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่ใช้จะต้องอยู่ในช่วงที่เป็นปฏิภาคโดยตรงกับค่าการดูดกลืนแสง โดยจะต้องได้กราฟเส้นตรง ซึ่งแสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับค่าการดูดกลืนแสงเป็นไปตามกฎของเบียร์ – แลมเบิร์ต ถ้าความเข้มข้นของสารที่วัดมีค่าสูงเกินไป ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นจะไม่เป็นปฏิภาคโดยตรงกับค่าการดูดกลืนแสง นั่นคือ ไม่เป็นไปตามกฎของเบียร์ – แลมเบิร์ต กราฟที่ได้จะโค้งเล็กน้อย ทำให้การคำนวณค่าความเข้มข้นของสารจากค่าการดูดกลืนแสงไม่ถูกต้องตามความเป็นจริง

การเบี่ยงเบนจากกฎของเบียร์ – แลมเบิร์ต

ความสัมพันธ์ A = kcl ในกฎของเบียร์ – แลมเบิร์ต ได้มาจากข้อสมมุติที่ว่า

1. ลำแสงที่ส่งผ่านสารเป็นลำแสงเอกรงค์
2. การดูดกลืนแสงของแต่ละอนุภาคเป็นอิสระไม่ขึ้นแก่กัน
3. สารละลายที่ใช้ต้องเป็นเนื้อเดียวกัน (homogenous) ตลอดปริมาตร

การทดลองที่ไม่เป็นไปตามข้อสมมุติอย่างแท้จริง ทำให้เกิดการเบี่ยงเบนจากกฎของเบียร์ – แลมเบิร์ต ดังนี้

1. การดูดกลืนแสงของสารบางชนิดจะเป็นไปตามกฎของเบียร์ – แลมเบิร์ต เฉพาะความเข้มข้นช่วงหนึ่งเท่านั้น ที่ความเข้มข้นสูงกว่านี้ปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืนไว้จะไม่เป็นปฏิภาคโดยตรงกับความเข้มข้นของสาร ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติของสาร ตัวอย่างเช่น กรดเบส และเกลือบางชนิดจะแตกตัวในสารละลายเจือจาง แต่จะแตกตัวน้อยลงเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น และการดูดกลืนแสงของไอออน (ion) ที่แตกตัวออกมาก็อาจแตกต่างจากโมเลกุล ซึ่งยังไม่แตกตัวเป็นไอออน เป็นต้น ดังนั้น การใช้กฎของเบียร์ – แลมเบิร์ต จึงควรต้องทดสอบโดยการสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสาร ในช่วงที่การดูดกลืนแสงของสารเป็นไปตามกฎของเบียร์ – แลมเบิร์ต กราฟที่ได้จะเป็นเส้นตรงผ่านจุดตั้งต้น กราฟมาตรฐานนี้สามารถใช้เทียบหาความเข้มข้นของสารละลายชนิดเดียวกันที่ไม่ทราบความเข้มข้นได้ด้วย การเบี่ยงเบนจากกฎของเบียร์ – แลมเบิร์ต ที่ความเข้มข้นสูงนี้อาจเป็นได้ทั้งแบบเส้นกราฟโค้งขึ้น (positive deviation) หรือโค้งลง (negative deviation) ขึ้นอยู่กับชนิดของสาร นอกจากสาเหตุดังกล่าวแล้ว ยังอาจมีการเบี่ยงเบนจากกฎของเบียร์ – แลมเบิร์ตได้ ถ้าลำแสงที่ใช้มีช่วงความยาวคลื่นกว้างเกินไป (คือ ไม่ใช่ลำแสงเอกรงค์ที่แท้จริง) หรือถ้าคลื่นแสงที่ใช้ไม่ใช่ λ_{max} ของสาร เพราะจะทำให้ความไว (sensitivity) และความแม่นยำของเครื่องมือลดลง และอาจมีการรบกวนจากการดูดกลืนแสงของสารอื่นที่มี λ_{max} ในช่วงคลื่นใกล้เคียง

การทดลองที่ 2.1.1 การศึกษาสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลายโบรโมฟีนอลบลู (bromophenol blue)

หลักการ

โบรโมฟีนอลบลู มีความสามารถดูดกลืนแสงในช่วงคลื่นระหว่าง 340 – 620 nm โดยจะมีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ ไม่เท่ากัน ซึ่งจะทราบได้จากการหาสเปกตรัมของสารนี้ นอกจากนี้ที่ความยาวคลื่นหนึ่ง ๆ ถ้าหากสภาวะแวดล้อมทางเคมีเปลี่ยนไป ค่าการดูดกลืนแสงของสารก็เปลี่ยนไป

สารเคมี

1. สารละลายซิเทรตบัฟเฟอร์ 0.1 mol/ dm^3 pH 2.4 และ 5.2 กรณี pH 2.4 เตรียมโดยใช้กรดซิตริก (citric acid) 1.89 g และโซเดียมซิเทรต (sodium citrate) 0.29 g เติมน้ำกลั่นจนครบ 100 cm^3 กรณี pH 5.2 เตรียมโดยใช้กรดซิตริก 0.38 g โซเดียมซิเทรต 0.94 g เติมน้ำกลั่นจนครบ 50 cm^3
2. โบรโมฟีนอลบลู 1.5 mmol/ dm^3 ในเอทิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์
3. เอทิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์

วิธีทดลอง

1. เตรียมหลอดทดลองมา 4 หลอด ใส่สารละลายซิเทรตบัฟเฟอร์ โบรโมฟีนอลบลู และเอทิลแอลกอฮอล์ตามปริมาณในตาราง

หลอดที่ / สารที่เติม cm^3	1	2	3	4
สารละลายซิเทรตบัฟเฟอร์ 0.1 mol/ dm^3 pH	2.4	5.2	2.4	5.2
จำนวน	9.0	9.0	9.0	9.0
โบรโมฟีนอลบลู 1.5 mmol/ dm^3	0.2	0.2		
เอทิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์	0.8	0.8	0.8	0.8
A				

2. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 340, 360, 400, 420, 440, 460, 480, 500, 520, 540, 560, 580, 600, 620 nm โดยใช้สารละลายเปล่าหลอดที่ 3 ตั้งจุดศูนย์ เพื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงของหลอดที่ 1 และใช้สารละลายเปล่าหลอดที่ 4 ตั้งจุดศูนย์ เมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงของหลอดที่ 2

ข้อควรระวัง

ทุกครั้งที่เปลี่ยนความยาวคลื่นจะต้องใช้สารละลายเปล่าตั้งจุดศูนย์ หรือตั้งเครื่องให้อ่านค่าการดูดกลืนแสงเท่ากับ 0

3. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและความยาวคลื่น โดยใช้ค่าการดูดกลืนแสงเป็นแกนตั้ง ความยาวคลื่นเป็นแกนนอน

กราฟที่ได้ คือ สเปกตรัมของโบรโมฟีนอลบลู ให้ตรวจดูว่าความยาวคลื่นใดมีการดูดกลืนแสงสูงสุด

การทราบช่วงความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนแสงสูงสุดมีความสำคัญมาก เพราะในการวัดค่าการดูดคลื่นแสงเพื่อหาปริมาณของสารในสารละลาย เราจะเลือกวัดที่ความยาวคลื่นนี้

การทดลองที่ 2.1.2 การสร้างกราฟมาตรฐานและการหาค่าความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง

หลักการ

เนื่องจากโบรโมฟีนอลบลู เป็นสารที่สามารถดูดกลืนแสงได้ดังที่ได้ทำการทดลองมาแล้ว เราสามารถนำสมบัตินี้มาใช้หาปริมาณของโบรโมฟีนอลบลูในสารละลายได้ โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงและเปลี่ยนให้เป็นปริมาณโดยใช้กราฟมาตรฐาน (standard curve) ซึ่งจะแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและปริมาณของโบรโมฟีนอลบลูในสารละลาย

สารเคมี

1. สารละลายซิเทรตบัฟเฟอร์ 0.1 mol/ dm^3 pH 2.4
2. โบรโมฟีนอลบลู 1.5 mmol/ dm^3 ในเอทิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์
3. เอทิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์
4. สารละลายตัวอย่าง

วิธีทดลอง

1. เตรียมหลอดทดลอง มา 8 หลอด ใส่สารละลายซิเทรตบัฟเฟอร์ โบรโมฟีนอลบลู เอทิลแอลกอฮอล์ และสารละลายตัวอย่างตามปริมาณในตาราง

หลอดที่ / สารที่เติม (cm^3)	1	2	3	4	5	6	7	8
สารละลายซิเทรตบัฟเฟอร์ 0.1 mol/ dm^3 pH 2.4	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
สารละลายมาตรฐานโบรโมฟีนอลบลู 1.5 mmol/ dm^3	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6		
เอทิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	1	
สารละลายตัวอย่าง								1
A_{430}								

2. ผสมสารละลายในแต่ละหลอดให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที

3. วัดค่าการดูดกลืนแสงของแต่ละหลอดที่ 430 nm โดยใช้สารละลายเปล่า หรือ blank (หลอดที่ 7) ตั้งจุดศูนย์

4. เขียนกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ 430 nm กับความเข้มข้นของโบรโมฟีนอลบลู โดยให้ค่าการดูดกลืนแสงเป็นแกนตั้ง ความเข้มข้นเป็นแกนนอน (ใช้กฎบัญญัติไตรยางศ์คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายโบรโมฟีนอลบลูหลอดต่าง ๆ จากตารางก่อนเขียนกราฟ)

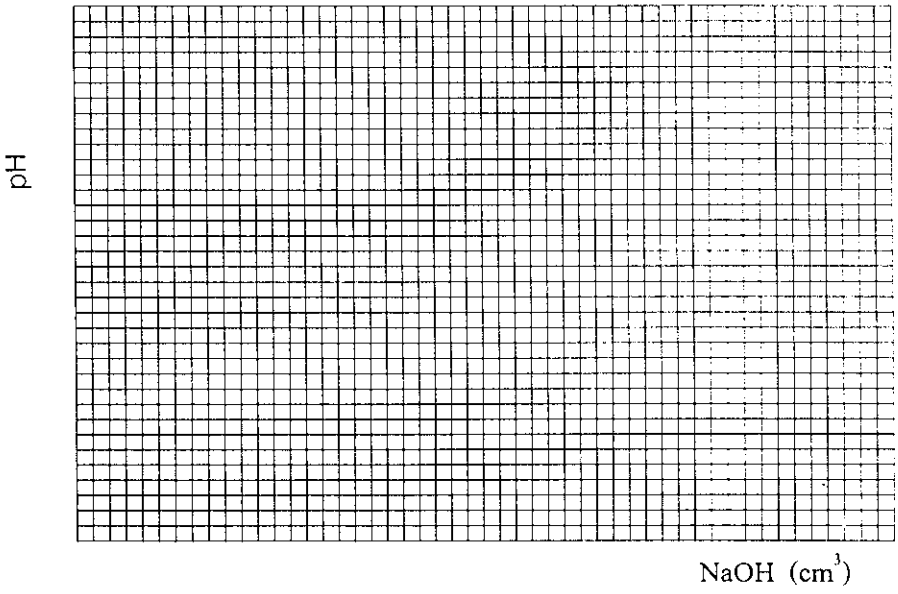
5. นำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างมาเทียบหาความเข้มข้นของโบรฟีนอลบลูจากกราฟมาตรฐาน

บันทึกผลกิจกรรม
บทเรียนสำเร็จรูปบทนำ บัฟเฟอร์ และสเปกโทรสโกปีกับการวิเคราะห์
บันทึกผลตอนที่ 1 กิจกรรม 1.1

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1.1.1 (ข้อ 1) การไทเทรตระหว่างกรดไฮโดรคลอริกกับโซเดียมไฮดรอกไซด์

NaOH 0.1 mol/ dm^3 (cm^3)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
pH									
NaOH 0.1 mol/ dm^3 (cm^3)	8.5	9.0	9.5	10	11	12	13	14	15
pH									

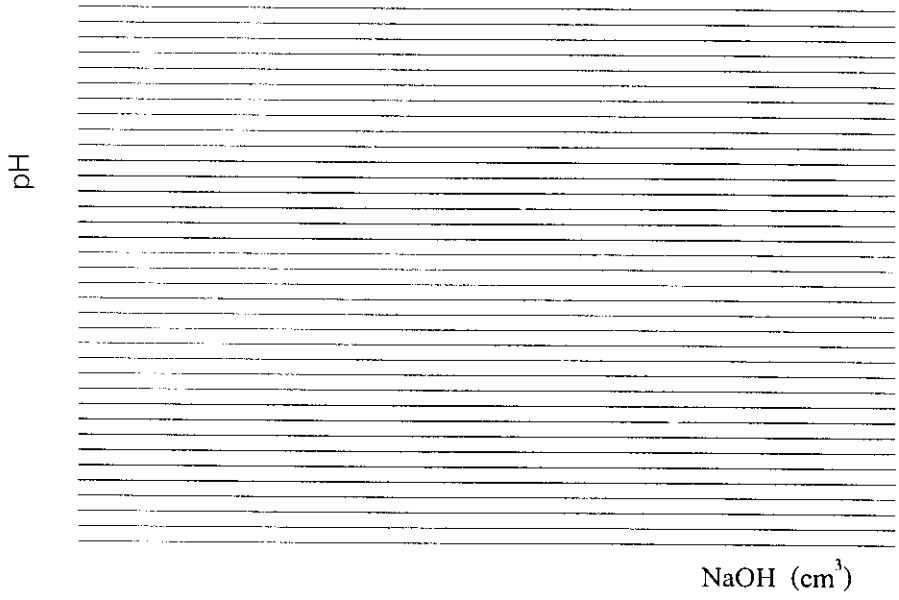
กราฟการไทเทรตระหว่างกรดไฮโดรคลอริกกับโซเดียมไฮดรอกไซด์



ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1.1.1 (ข้อ 2) การไทเทรตระหว่างกรดฟอสฟอริกกับโซเดียมไฮดรอกไซด์

NaOH 0.2 mol/ dm^3 (cm^3)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH											
NaOH 0.2 mol/ dm^3 (cm^3)		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
pH											
NaOH 0.2 mol/ dm^3 (cm^3)		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
pH											

กราฟการไทเทรตระหว่างกรดฟอสฟอริกกับโซเดียมไฮดรอกไซด์



ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 1.1.2 การทดสอบสมบัติของบัฟเฟอร์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน

ผลของการเติม HCl 0.2 mol/ dm^3 และ NaOH 0.2 mol/ dm^3 ครั้งละ 0.5 cm^3 ลงในฟอสเฟตบัฟเฟอร์ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน

หลอดที่ / สารที่เติม (cm^3)	1	2	3	4	5	6	7	8
ฟอสเฟตบัฟเฟอร์								
เข้มข้น (mol/ dm^3)	0	0.05	0.1	0.2	0	0.05	0.1	0.2
ปริมาตร (cm^3)	5	5	5	5	5	5	5	5
เติม HCl 0.2 mol/ dm^3 (cm^3) :								
วัด pH								
0.5								
1.0								
1.5								
2.0								
2.5								
เติม HaOH 0.2 mol/ dm^3 (cm^3) :								
วัด pH								
0.5								
1.0								
1.5								
2.0								
2.5								

กิจกรรม 1.2 ตอบคำถามต่อไปนี้

1. เตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ที่มี pH 5.15 จะต้องใช้ $NaC_2H_3O_2$ กี่กรัม ผสมกับ $HC_2H_3O_2$ 1 mol เพื่อเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ ปริมาตร 1 dm^3

2. จงเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ที่มี $[H^-] = 1.8 \times 10^{-5}$ M

3. เตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ pH 9.00 ปริมาตร 100 cm^3 จาก NH_4OH 0.10 mol/ dm^3 จะต้องผสม NH_4Cl กี่กรัม

4. จงให้เหตุผลถึงลักษณะที่แตกต่างกันของกราฟที่ได้จากการไทเทรตระหว่าง HCl กับ NaOH และระหว่าง H_3PO_4 กับ NaOH

5. จากกราฟที่ได้ท่านจะสามารถคำนวณค่า pKa ของกรด H_3PO_4 ได้อย่างไร

6. จงให้เหตุผลว่าเหตุใดความเข้มข้นของบัฟเฟอร์จึงมีผลต่อการเปลี่ยน pH ของสารละลายเมื่อมีการเติมกรดหรือเบสลงไป

คำตอบ

1. วิธีคำนวณปริมาณของ $NaC_2H_3O_2$ เพื่อผสมกับ $HC_2H_3O_2$ 1 mol ในการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ 1 dm^3 pH 5.15

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. วิธีเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ที่มี $[H^+] = 1.8 \times 10^{-5}$ M

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. วิธีคำนวณปริมาณของ NH_4Cl ที่ใช้ในการเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ pH 9.00 ปริมาตร 100 cm^3 จาก NH_4OH 0.10 mol/ dm^3

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. กราฟที่ได้จากการไทเทรตระหว่าง HCl กับ NaOH และระหว่าง H_3PO_4 กับ NaOH มีลักษณะแตกต่างกัน เพราะ

.....

.....

.....

.....

.....

5. จากกราฟที่ได้สามารถคำนวณค่า pKa ของกรด H_3PO_4 ได้โดย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. ความเข้มข้นของบัฟเฟอร์มีผลต่อการเปลี่ยน pH ของสารละลายเมื่อมีการเติมกรดหรือเบสลงไป เพราะ

.....

.....

.....

.....

.....

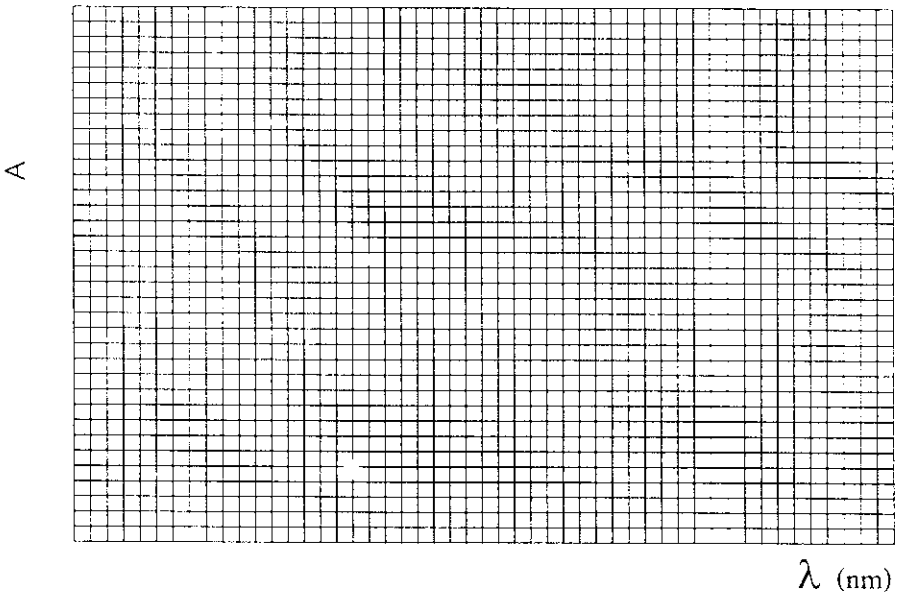
บันทึกผลตอนที่ 2 กิจกรรม 2.1

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2.1.1 การศึกษาสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลายโบรโมฟีนอลบลู

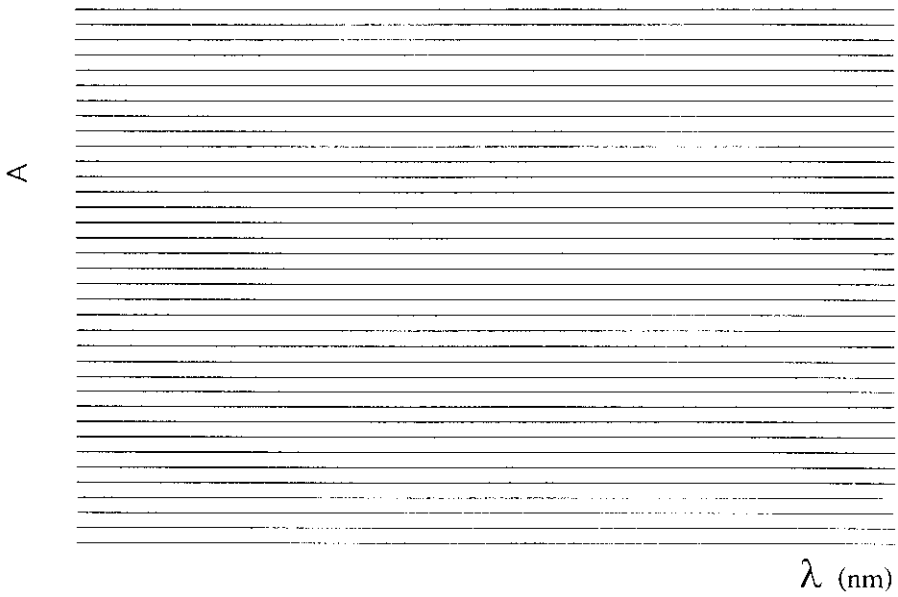
ความยาวคลื่น (nm)	340	360	380	400	420	440	460	480	500	520	540	560	580	600	620
A หลอด 1															
A หลอด 2															

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง (A) และความยาวคลื่น (λ)

หลอด 1



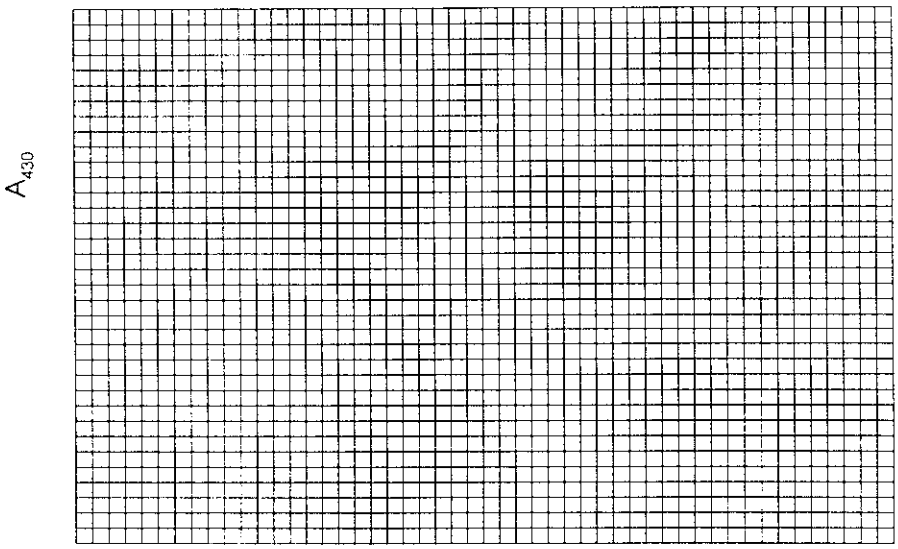
หลอด 2



ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2.1.2 การสร้างกราฟมาตรฐาน และการหาความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง

หลอดที่ / สารที่เติม (cm^3)	1	2	3	4	5	6	7	8
สารละลายซิเทรตบัฟเฟอร์ 0.1 mol/ dm^3 pH 2.4	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
สารละลายมาตรฐานโบรโมฟีนอลบลู 1.5 mmol/ dm^3	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6		
เอทิลแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	1	
สารละลายตัวอย่าง								1
A_{430}								

กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง A_{430} และความเข้มข้นของโบรโมฟีนอลบลู



กิจกรรม 2.2 ตอบคำถามต่อไปนี้

1. สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลายโบรโมฟีนอลบลู หลอด 1 และหลอด 2 เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร จงให้เหตุผลประกอบผลการทดลอง

2. λ_{max} ของสารละลายโบรโมฟีนอลบลู อยู่ที่ความยาวคลื่นเท่าไร

3. จงแสดงวิธีคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายโบรโมฟีนอลบลูหลอดต่าง ๆ จากตารางเป็นหน่วย mg/ 100 cm^3 (ก่อนเขียนกราฟ)

4. ความเข้มข้นของโบรโมฟีนอลบลูในสารละลายตัวอย่างมีค่าเท่าไร

คำตอบ

1. สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสารละลายโบรโมฟีนอลบลู หลอด 1 และหลอด 2 มีลักษณะ .....

เพราะ .....

.....

.....

2. λ_{max} (ความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด) ของสารละลายโบรโมฟีนอลบลู คือ

.....

.....

.....

3. วิธีคำนวณความเข้มข้นของสารละลายโบรโมฟีนอลบลู เป็น mg/ 100 cm^3 (ตัวอย่างการคำนวณของหลอดที่.....)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. ความเข้มข้นของโบรโมฟีนอลบลูในสารละลายตัวอย่างซึ่งเทียบจากกราฟมาตรฐานมีค่าเท่ากับ .....

.....