

การทดลองเปรียบเทียบผลการสอนวิชาอินทรีย์เคมี เรื่อง อะโรมาติซิตี (AROMATICITY)

ในระดับปริญญาตรีทางการศึกษา โดยใช้บทเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ

หอสมุดกลาง
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปริญญานิพนธ์

ของ

ประเสริฐ สุทธิประสิทธิ์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

กันยายน 2518

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิติไศ์พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒไค้

สุเมธ ๓๕๓๖ ประธาน
อานนท์ ๕๕๕๕ กรรมการ
วิภา ๕๕๕๕ กรรมการ

ประกาศคุณประการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ เพราะผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือแนะนำอย่างดี
จากรองศาสตราจารย์ สุนทรี พิธิกิจ อาจารย์อาภรณ์ วีรสาร และอาจารย์ปฐม นิคมานนท์
ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ยังได้รับความช่วยเหลืออย่างดีจากอาจารย์ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ อาจารย์
กรุณี เจริญพิทย์ อาจารย์อาทิตย์ เหล่าวานิชวัฒนา อาจารย์วิทยา จีระเชชากุล คุณมลิวดี
กุลวัฒนาพร คุณเอื้อจิต ล้อบุรณะ คุณอุทัยวัน สุทธิประสิทธิ์ คุณกณณา ทองนุ่ม คุณรงค์ ฮอนาม
คุณเฉลิม ศรีสวรรค์ และบุคคลอื่น ๆ รวมทั้งคุณชัชชาติ จิตติวงศ์จันทร์ ที่ช่วยเหลือด้านการพิมพ์
ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงทุกท่าน

ประเสริฐ สุทธิประสิทธิ์

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	2
สมมุติฐานของการศึกษาค้นคว้า	2
ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	3
ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	3
คำจำกัดความศัพท์เฉพาะ	3
2 เอกสารและการวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
เอกสารและการวิจัยในต่างประเทศ	5
เอกสารและการวิจัยในประเทศ	9
3 วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	12
กลุ่มตัวอย่าง	12
เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล	12
ก. บทเรียนโปรแกรมเรื่องอะโรมาทิสิตี	13
ข. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	14
ค. แบบสอบถามทัศนคติและความสนใจ	15
วิธีดำเนินการทดลอง	16
แบบของการวิจัย	17
การวิเคราะห์ข้อมูล	18

4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	19
	สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	19
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	19
5	สรุปผลการศึกษาค้นคว้า อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	28
	ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	28
	สมมุติฐานของการศึกษาค้นคว้า	28
	กลุ่มตัวอย่าง	28
	เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล	28
	การวิเคราะห์ข้อมูล	29
	สรุปผลการศึกษาค้นคว้า	29
	อภิปรายผลการศึกษาค้นคว้า	30
	ข้อสังเกตที่ได้จากการทดลองสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม	31
	ข้อเสนอแนะด้านการเรียนการสอน	32
	ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป	32
	บรรณานุกรม	33
	ภาคผนวก	37
	ภาคผนวก ก สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	
	ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ข้อมูล	
	ภาคผนวก ค บทเรียนโปรแกรม	
	ภาคผนวก ง แบบทดสอบ	
	ภาคผนวก จ แบบสอบถาม	

บัญชีตาราง

การวาง	หน้า
1 แสดงรายละเอียดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า.....	12
2 แสดงคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องอะโรมาติซิตี.....	15
3 แสดงคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) และสถิติพื้นฐานจากการทดสอบครั้งแรก (pretest) และ ครั้งหลัง (posttest).....	20
4 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบครั้งแรก (pretest) ของนิสิตที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมกับที่เรียนจากการสอนตามปกติ	22
5 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบครั้งหลัง (posttest) ของนิสิตที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมกับที่เรียนจากการสอนตามปกติ.....	23
6 แสดงการเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของนิสิตที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมกับที่เรียนจาก การสอนตามปกติ.....	24
7 แสดงทัศนคติและความสนใจของนิสิตที่มีต่อการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม.....	24
8 แสดงข้อคิดเห็นของนิสิตเกี่ยวกับการเรียนจากบทเรียนโปรแกรม.....	26
9 แสดงข้อเสนอแนะของนิสิตเกี่ยวกับการเรียนจากบทเรียนโปรแกรม.....	27

บัญชีภาพประกอบ

ภาพ	หน้า
1	แบบของการวิจัยที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า 17
2	เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) จากการทดสอบครั้งแรกและครั้งหลัง ของนิสิตกลุ่มที่เรียน จากบทเรียนโปรแกรมกับกลุ่มที่เรียนจากการสอนตามปกติ 21

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันประเทศต่าง ๆ โดยเฉพาะประเทศไทย กำลังประสบปัญหาทางการศึกษา อันเนื่องมาจาก การมีประชากรเพิ่มอย่างรวดเร็ว ประกอบกับการขาดแคลนครูอาจารย์และ หนังสือตำราในระดับต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระดับอุดมศึกษา เป็นผลให้การจัดการศึกษา ทำได้ในวงจำกัด ไม่สามารถขยายออกไปได้ตามความต้องการของสังคมและประเทศชาติ

วิธีหนึ่งที่จะแก้ไขปัญหาคือการขาดแคลนครูอาจารย์ และหนังสือตำราในระดับต่าง ๆ โดยเฉพาะในระดับอุดมศึกษานั้นสามารถทำได้ โดยการนำเอาเทคโนโลยีทางการศึกษาใหม่ ๆ มาใช้ให้มากกว่าที่เป็นอยู่

เทคโนโลยีทางการศึกษาที่กำลังเป็นที่นิยมและสนใจกันอยู่ทั่วไปอย่างหนึ่งที่เรากล่าวจะนำมาทดลองใช้ ก็คือ การสอนแบบโปรแกรม(Programmed Instruction) หรือการใช้บทเรียนโปรแกรม(Programmed Text) ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนด้วยตนเองได้ จะให้ความรู้ที่ละขั้นจากง่ายไปยาก เนื้อหาที่จะนำมาสอนอาจจะอยู่ในรูปของคำอธิบายหรือในรูปของคำถาม หรือแบบอื่น ๆ ก็ได้ที่เห็นว่าเหมาะสม ในกรอบปัญหาแต่ละกรอบ ผู้เรียนจะต้องตอบคำถาม อาจจะเป็นการเติมคำลงในช่องว่าง เลือกตอบหรือเขียนอธิบาย เมื่อผู้เรียนเขียนคำตอบแล้ว จะทราบทันทีว่าคำตอบนั้นถูกต้องหรือไม่ประการใด ถ้าผิดก็ย้อนไปดูตอนต้นใหม่ ถ้าถูกต้องก็เรียนต่อไปได้ การที่ผู้เรียนทราบทันทีว่าคำตอบของตนถูกต้องหรือผิดประการใดเป็นสิ่งจูงใจให้อยากเรียนรู้ต่อไป (กรมวิชาการ, 2515: 108)

การสอนแบบโปรแกรม ผู้เรียนจะเรียนด้วยตนเองเป็นหลัก ผู้สอนเป็นเพียงผู้แนะนำเท่านั้น (กรรณิการ์ พวงเกษม, 2516: 2) ในแต่ละตอนผู้เรียนจะได้เรียนรู้เรื่องหนึ่งเรื่องใดโดยเฉพาะ จะมีปัญหาคำถามเกี่ยวกับเรื่องนั้นโดยตรง

เมื่อพิจารณาดังข้อบ่งชี้ของบทเรียนโปรแกรมจะพบว่า สามารถนำไปใช้ได้ อย่างกว้างขวางกับทุกแขนงวิชา ดังที่ไฟน์ (Fine) ได้กล่าวถึงของนักการศึกษาที่มีชื่อเสียง

เจน ฮิลการ์ด (Hilgard) กล่าวว่า "...บทเรียนโปรแกรมสามารถนำไปใช้สอนได้กับเนื้อหาวิชาทุกวิชาโดยไม่มีข้อบกพร่องหรือจำกัดใด ๆ..." (Fine, 1962:559 - 560) และ สกินเนอร์กล่าวว่า "...ไม่ว่าเรื่องอะไรที่มนุษย์สามารถพูดถึงกันได้ เรื่องนั้นสามารถนำมาจัดทำเป็นบทเรียนโปรแกรมเพื่อใช้สอนได้..." (Fine, 1962:119)

นอกจากนี้ยังพบว่า บทเรียนโปรแกรมยังมีประสิทธิภาพสูง สามารถใช้สอนได้ตั้งแต่ 5 ถึง 200 คน (Fine , 1962 : 144 - 115) หรือ อาจถึง 500 คน โดยที่แต่ละคนสามารถเรียนรู้ได้ตามความสามารถของตนเอง (Fine , 1962 : 42)

การวิจัยและการทดลองสร้างบทเรียนโปรแกรมขึ้นใช้ในประเทศไทยยังอยู่ในวงจำกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระดับอุดมศึกษานั้นมีน้อยมาก ผู้วิจัยจึงตั้งใจจะสร้างบทเรียนโปรแกรมในวิชาเคมีขึ้นเพื่อทดลองใช้สอนเปรียบเทียบกับการสอนตามปกติ ผลการวิจัยในครั้งนี้นอกจากจะเป็นแนวทางในการทำการวิจัยเกี่ยวกับการสอนแบบโปรแกรมในระดับนี้และระดับต่าง ๆ ต่อไปแล้วยังช่วยทำให้มีบทเรียนโปรแกรมที่อาจจะใช้เป็นตำราในระดับนี้ต่อไปได้อีกด้วย

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนรู้วิชาอินทรีย์เคมี เรื่อง อะโรมาติซิตี จากการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ
2. เพื่อสร้างบทเรียนโปรแกรม เรื่อง อะโรมาติซิตี สำหรับนิสิตที่เรียนวิชาอินทรีย์เคมีในระดับปริญญาตรีทางการศึกษา
3. เพื่อศึกษาทัศนคติและความสนใจเกี่ยวกับการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม

สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า

1. ผลการเรียนรู้วิชาอินทรีย์เคมี เรื่อง อะโรมาติซิตี ของนิสิตกลุ่มที่เรียนโดยใช้บทเรียนโปรแกรมจะสูงกว่ากลุ่มที่เรียนตามปกติ
2. นิสิตกลุ่มที่เรียนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม จะมีทัศนคติและความสนใจที่ดีต่อการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

ผลจากการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ จะเป็นแนวทางประกอบการพิจารณาจัดทำ และนำบทเรียนโปรแกรมมาใช้ประกอบการสอนเนื้อหาวิชาต่าง ๆ ในระดับอุดมศึกษาและระดับอื่น ๆ เพื่อให้การเรียนการสอนได้ผลดีขึ้น กับทั้งเป็นการช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนครูอาจารย์ และหนังสือตำราต่าง ๆ ได้ทางหนึ่งด้วย

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. เนื้อหาที่จะให้ฝึกเรียนตามปกติและที่จะใช้สร้างบทเรียนโปรแกรมเป็น เนื้อหาวิชาอินทรีย์เคมี เรื่อง "อะโรมาติซิตี" ในระดับปีที่ ๓ ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษาบัณฑิต ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2. กลุ่มตัวอย่างเป็นนิสิตวิชาเอก วิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ วิทยาเขต ปทุมธานี ปีการศึกษา 2518 ในจำนวนนี้เป็นนิสิตภาคปกติชั้นปีที่ 3 จำนวน 28 คน และเป็นนิสิตภาคสมทบ รุ่น 6.21 จำนวน 14 คน แบ่งออกเป็น

กลุ่มทดลองจำนวน	20 คน
กลุ่มควบคุมจำนวน	22 คน

คำจำกัดความศัพท์เฉพาะ

1. บทเรียนโปรแกรม (Programmed Text)

หมายถึง บทเรียนโปรแกรมชนิดเส้นตรง (Linear Programmed Text) เรื่อง อะโรมาติซิตี ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้น

2. บทเรียนโปรแกรมชนิดเส้นตรง (Linear Programmed Text)

หมายถึง บทเรียนโปรแกรมที่จัดเนื้อหาของบทเรียนเป็นหน่วยย่อย ๆ ตามลำดับขั้นติดต่อกันไป ผู้เรียนทุกคนจะต้องเรียนตามลำดับจากกรอบแรกจนถึงกรอบสุดท้ายของบทเรียน

3. กรอบ (frame)

หมายถึง เนื้อหาของบทเรียนที่แบ่งออกเป็นส่วนย่อย ๆ ตามลำดับ ในแต่ละกรอบจะมีข้อที่เป็นคำถามและคำถามสลับกันไป พร้อมทั้งจะมีคำตอบให้เลือก หรือมีที่ว่างให้ตอบ แล้วจะมีการเฉลยคำตอบที่ถูกตองก่อนขึ้นกรอบต่อไป

4. ผลการเรียนรู้

หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น หลังจากการเรียนรู้โปรแกรม หรือเรียนจากการสอนตามปกติจบแล้ว การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ถือค่าแตกต่างของคะแนนสอบครั้งหลัง (คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน) กับคะแนนสอบครั้งแรก (คะแนนความรู้พื้นฐาน) เป็นสิ่งแสดงผลการเรียนรู้ของนิสิต

5. นิสิต

หมายถึง นิสิตวิชาเอกวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทร-วิโรฒ ซึ่งใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาค้นคว้า แบ่งออกเป็น

กลุ่มทดลอง จำนวน 20 คน เรียนจากบทเรียนโปรแกรม

กลุ่มควบคุม จำนวน 22 คน เรียนจากการสอนตามปกติ

6. ทัศนคติและความสนใจ

หมายถึง ทัศนคติและความสนใจของนิสิตที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมที่มีต่อการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม การศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ถือคะแนนที่ได้จากการตอบแบบสอบถามของนิสิตในกลุ่มทดลองเป็นสิ่งที่แสดงทัศนคติและความสนใจ

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสอนแบบโปรแกรมภาษาอังกฤษเรียกได้หลายอย่าง เช่น Programmed Instruction, Programmed Learning, Automated Instruction, Self Instruction, Learning time cut by half industrial tutoring หรือ Success Guarantee เป็นต้น ซึ่งล้วนแต่มีความหมายเหมือนกัน กล่าวคือ เป็นการสอนที่อาศัยบทเรียนโปรแกรม (Programmed Text) หรือ อุปกรณ์ช่วยสอนอื่น ๆ ในสหรัฐอเมริกานิยมเรียก "Programmed Instruction" และในอังกฤษนิยมเรียก "Programmed Learning" (มาลี คันดิยัทธ, 2516 : 17-18)

สำหรับการใช้คำในภาษาไทยนั้น กรมอาชีวศึกษาได้ทำให้การประชุมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับการสอนแบบโปรแกรมขึ้น เมื่อเดือนกรกฎาคม 2513 ที่ประชุมได้ถกเถียงคำแปลของ "Programmed Learning" ว่า " การเรียนด้วยตนเอง " แต่ยังไม่ตกลงเป็นทางการ ถึงนั้นแต่ละคนจึงเรียกชื่อต่างกันไป

เอกสารและงานวิจัยในต่างประเทศ

1. การสอนแบบโปรแกรมในวิชาเคมี

หลังจากที่เดย์ (Day, 1959 : 591) ได้เสนอบทความ เรื่อง "Teaching Machines" ขึ้นในปี 1950 แล้ว มหาวิทยาลัยต่าง ๆ ในอเมริกาได้ตื่นตัว เรื่อง การสอนแบบโปรแกรมกันอย่างกว้างขวาง ทำให้บทเรียนโปรแกรมแพร่หลายออกไปทั้งในอเมริกาและยุโรป

ทางกานเอเซียได้มีการจัดตั้ง UNESCO Pilot Project for Chemistry Teaching in Asia ขึ้น เริ่มดำเนินงานในประเทศไทยโดยสร้างบทเรียนโปรแกรมเล่มแรกขึ้นชื่อว่า "Introduction to Chemical Reaction" (The UNESCO Pilot Project for Chemistry Teaching in Asia, 1965-1966 : 1-138)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนี้มีมากมายทั้งในยุโรป และอเมริกา ผู้วิจัยขอยกตัวอย่างเฉพาะที่เกี่ยวกับการศึกษากันกว่าในครั้งนี้นี้ ดังนี้

เพาเวลล์ (Powell, 1963 : 23) ได้ทดลองใช้บทเรียนโปรแกรมที่สร้างขึ้น เรื่อง " การคำนวณน้ำหนักโมเลกุล " สอนนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายอายุระหว่าง 14 - 18 ปี พบว่านักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่เรียนดียิ่งขึ้น โดยใช้เวลาแตกต่างกัน 21 นาทีถึง 1 ชั่วโมง และนักเรียนมีความพอใจในการเรียนแบบนี้ เพาเวลล์สรุปว่า บทเรียนโปรแกรมสอดคล้องกับหลักแห่งความแตกต่างระหว่างบุคคล และเป็นที่ดึงดูดความสนใจของนักเรียน

ริอูสและคาร์เนล (Reusch and Carnell, 1963 : 27) ได้สร้างบทเรียนโปรแกรม เรื่อง " กฎการสมดุลเคมี การเปลี่ยนสมดุลและการคำนวณเกี่ยวกับสมดุล " หลังจากปรับปรุงจนมีความผิดพลาดน้อยกว่า 5 % แล้ว นำไปทดลองสอนกับนักศึกษาระดับปีที่ 1 ของมหาวิทยาลัยมิชิแกน ที่มีพื้นฐานรู้ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายแตกต่างกันมาก พบว่านักศึกษาส่วนใหญ่เห็นว่าเป็นแบบของการสอนที่ดี และยินดีจะเป็นกลุ่มตัวอย่างต่อไปอีก

โทบิน (Tobin, 1967 : 63) ได้กล่าวถึงผลงานของวิลคอก (Willcock) ซึ่งได้สร้างบทเรียนโปรแกรม เรื่อง " โครงสร้างของผลึกสารประกอบอินทรีย์ " กำหนดให้ผู้เรียนสร้างหุ่นจำลองประกอบการเรียนด้วย จากการทดลองสอนนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย 69 คน พบว่านักเรียนใช้เวลาเรียนเฉลี่ย 90 นาที คะแนนสอบครั้งแรกได้ 2.5 % ครั้งหลังได้ 60 % นักเรียนที่เรียนเร็วและเรียนช้าใช้เวลาต่างกันประมาณ 1 ชั่วโมง

คาร์เนลและคณะ (Carnes, and others, 1967 : 386)

อ้างถึงผลงานของวอช (Watch) ว่าการใช้บทเรียนโปรแกรมสอนวิชาปฏิบัติการทางเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้ผลดี ไม่มีปัญหาทางด้านการดำเนินงาน นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง

จากเอกสารและงานวิจัยดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า การสอนแบบโปรแกรมในวิชาเคมีในต่างประเทศได้แพร่หลายมานานแล้ว สามารถใช้กับเนื้อหาวิชาทั้งที่เป็นทฤษฎีและการปฏิบัติ

2. การเปรียบเทียบการสอนแบบโปรแกรมกับการสอนตามปกติ

การวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้ในต่างประเทศมีมากมายหลายสาขาวิชา ผู้วิจัยจะกล่าวถึงเฉพาะที่เกี่ยวกับวิชาเคมีและวิชาที่เกี่ยวข้องกับเคมีเท่านั้น

ในปี 1959 เดย์ (Day, 1959 : 591) ทดลองใช้บทเรียนโปรแกรมแบบสาขา (Branch Programmed Text) เรื่อง " ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ " สอนนักศึกษาของมหาวิทยาลัยโอไฮโอจำนวน 3 ห้องเรียน แต่ละห้องแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มทดลอง สอนโดยบทเรียนโปรแกรม และกลุ่มควบคุมสอนตามปกติ ผลการวิจัยพบว่า พวกแรกมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าพวกหลังประมาณ 20% นักเรียนในกลุ่มทดลองเห็นว่า บทเรียนมีเนื้อหาง่ายไป

ยั้งยง คันทณี (ยั้งยง คันทณี, 2515: 35) ได้กล่าวถึงผลการวิจัยของซาเคอโคท (Sacerdote) ซึ่งทำการวิจัยเมื่อปี 1962 กล่าวว่า ผลการสอนวิชาเคมีทั่วไป ณ มหาวิทยาลัย Fairleigh Dickenson โดยใช้การสอนแบบโปรแกรมกับแบบปกติ เมื่อนักศึกษาทั้ง 2 กลุ่มมีจำนวนเท่ากันคือ 46 คน และมี I.Q. เฉลี่ยเท่ากันนั้น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่มทดลองตก 1 คน ในขณะที่กลุ่มควบคุมตก 5 คน ซาเคอโคทสรุปว่า บทเรียนโปรแกรมให้ผลดีแก่ผู้เรียนระดับต่ำกว่าปานกลาง และระดับปานกลาง

ในปี 1962 บราวน์ (Brown, 1964: 26) ทำการวิจัย เรื่อง "A Comparison Test of Test Scores of Students Using Programmed Instructional with those of Students not Using Programmed Instructional Materials" กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ เป็นนักเรียนเกรด 8 และ 9 ของโรงเรียน 7 แห่ง กลุ่มตัวอย่างของแต่ละโรงเรียนแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มทดลองสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม และกลุ่มควบคุมสอนตามปกติ ผลการวิจัยพบว่า ผลการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรมได้ผลดีกว่าการสอนตามปกติทุก ๆ ด้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กรรณิการ์ พวงเกษม (กรรณิการ์ พวงเกษม, 2516; 16) ได้กล่าวถึงผลการวิจัยของโครมอนด์และสตีเฟนสัน (Cromond and Steffenson) ในปี 1963 ว่า นักศึกษาที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมเรียนรู้ได้เร็วกว่าการเรียนตามปกติและการเรียนจากแบบเรียนธรรมดา ในวิชาความรู้เบื้องต้น เรื่อง พันธุศาสตร์ (Introduction to Genetics) ระดับปริญญาตรี

ปีเดียวกันนี้เอง เดสซาร์ท (Dessert, 1966 : 53 : 57) ทำการวิจัย เรื่อง

" A Study of Programmed Learning with Superior Eight Grade Students "

โดยวิธีสอน 7 แบบในจำนวนนี้ 6 แบบเป็นวิธีสอนที่ใช้บทเรียนโปรแกรมประกอบการสอน -

และอีกแบบหนึ่งเป็นการสอนตามปกติ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่าวิธีสอนทั้ง 7 แบบ ทำให้นักเรียนเข้าใจได้ไม่แตกต่างกัน แต่การสอนตามปกติใช้เวลามากที่สุด และเป็นการยากที่ครูจะช่วยเหลือนักเรียนเป็นรายบุคคล วิธีสอนที่เหมาะสมที่สุดคือ ใช้บทเรียนโปรแกรมแบบสั้นตรง

ส่วนมอร์ริเบอร์ (Morriber, 1969 : 214) พบว่าการสอนวิชาวิทยาศาสตร์

กายภาพ เรื่อง " ทฤษฎีอะตอมและพันธะทางเคมี " ในระดับปริญญาตรีโดยใช้บทเรียนโปรแกรมจำนวน 536 กรอบ สอนนักศึกษาจำนวน 120 คน เปรียบเทียบกับการสอนตามปกติ ทั้งนี้โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวนเท่ากัน เป็นเวลา 3 สัปดาห์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมสูงกว่าอีกกลุ่มหนึ่งอย่างมีนัยสำคัญ

ในปี 1970 น็อกซ์ (Knox, 1970 : 128) วิจัย เรื่อง " The

Programmed Instruction Approach to the Elimination of Gross Error in

Basic Studies " โดยมีความมุ่งหมายที่จะพัฒนา และประเมินผลประสิทธิภาพของบทเรียน

โปรแกรมซึ่งมีสามหน่วย ในการนี้ น็อกซ์ให้นักศึกษาของมหาวิทยาลัยเมืองทาเรนซ์เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มทดลองสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม และกลุ่มควบคุมสอนตามปกติ จากผลการวิจัยพบว่า พฤติกรรมในขั้นสุดท้ายของกลุ่มทดลองดีขึ้นอย่างน่าพอใจมากกว่ากลุ่มควบคุม โดยทั่วไปผู้เรียนเรียนจากบทเรียนโปรแกรมได้ แก่ผู้เรียนที่อ่อนมากต้องใช้การบรรยายประกอบด้วย

สองปีต่อมาวอล์คเกอร์ (Walker, 1972 : 163) วิจัยเปรียบเทียบผลการสอนวิชา

ปฏิบัติการเคมี ระหว่างการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม กับการสอนตามปกติในระดับมัธยมศึกษาที่ เพนซิลวาเนีย - จูเนียร์ - คอลเลจ กลุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มทดลองจำนวน 51 คนเรียนโดยบทเรียนโปรแกรม และกลุ่มควบคุมจำนวน 49 คนเรียนตามปกติ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มแรกสามารถทำคะแนนเกี่ยวกับความมุ่งหมายที่ไม่ใช่เนื้อหาได้ดีกว่ากลุ่มหลัง

จากตัวอย่างรายงานการวิจัยดังกล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่า การสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม จะให้ผลดีเท่ากับหรือดีกว่า การสอนตามปกติเสมอ และใช้เวลาเรียนน้อยลง ผู้เรียนเรียนรู้ตามความสามารถของตนเอง และใช้สอนได้ทั้งกลุ่มเล็กกลุ่มใหญ่

เอกสารและการวิจัยในประเทศ

เอกสารและงานวิจัยเกี่ยวกับบทเรียนโปรแกรมในประเทศไทยยังมีอยู่น้อยเมื่อเทียบกับของต่างประเทศ

บทเรียนโปรแกรมเล่มแรกคือ " แบบเรียนพีชคณิต ม.ศ.1 : Programmed Text Book " (กรมวิชาการ , 2510) ต่อมาก็มีบทเรียนโปรแกรม เรื่อง " การตั้งจุดมุ่งหมายในการสอน " และ เรื่อง " ทฤษฎีเซต " (เปรี๊ญ กุญฑ, 2512, 2513) และในปี 2515 มีบทเรียนโปรแกรม เรื่อง " การตั้งวัตถุประสงค์ของการสอน " (สำเร็จ บุญเรืองรัตน์, 2515)

ในปี 2513 อุดม มุ่งเกษม (2513) วิจัย เรื่อง " การทดลองใช้เครื่องสอนประกอบการสอนวิชาภาษาอังกฤษ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 7 " เครื่องสอนประกอบด้วยบทเรียนโปรแกรมที่ดัดแปลงมาจากของต่างประเทศ กลุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็น กลุ่มทดลองเรียนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม และกลุ่มควบคุมเรียนตามปกติ จำนวนนักเรียนเท่ากันคือ 37 คน ปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน แต่กลุ่มที่เรียนโดยบทเรียนโปรแกรม มีความกระตือรือร้นในการเรียนและอยู่ในระเบียบวินัย จึงทำให้ครูมีโอกาสดูช่วยเหลือเด็กที่เรียนอ่อนได้มากกว่า

ในปีต่อมา พลรัตน์ ลักษณะียนาวิน (2514) ศึกษาเปรียบเทียบผลการเรียนวิชาพีชคณิต ม.ศ.1 โดยใช้บทเรียนโปรแกรมของกรมวิชาการ เรื่อง " การบวก ลบ คูณ และหารนิพจน์พีชคณิต " จำนวน 259 กรอบ กับการเรียนตามปกติ แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่มกลุ่มละ 60 คนเท่ากัน กลุ่มแรกเป็นกลุ่มทดลองเรียนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม กลุ่มหลังเป็นกลุ่มควบคุมเรียนโดยการสอนตามปกติ ผลการวิจัยพบว่า การเรียนโดยใช้บทเรียนโปรแกรมให้ผลดีกว่า

ในปี 2515 วรรณา เจียมทะวงษ์ (2515) วิจัยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเลขคณิตชั้น ป.5 ใช้กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม กลุ่มละ 37 คนเท่ากัน กลุ่มแรกเป็นกลุ่มทดลองเรียนจากบทเรียนโปรแกรม กลุ่มหลังเป็นกลุ่มควบคุม เรียนจากการสอนตามปกติใช้เวลาทั้งหมด 10 ชั่วโมง ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและปริมาณการส่งวนความทรงจำ (retention) ของทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับการวิจัยของ ปรีชา คุณวัลลี (2515) ที่ทำการวิจัยในปีเดียวกัน โดยขบวนการต่าง ๆ เหมือนกัน กลุ่มตัวอย่างก็ระดับเดียวกัน แต่ทำกับวิชาวิทยาศาสตร์ชั้น ป.5 โดยใช้บทเรียนโปรแกรมเปรียบเทียบกับการสอนตามปกติ

อีก 1 ปีต่อมา นิสิศบัณฑิตวิทยาลัยแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 4 คน แต่ละคนได้สร้างและศึกษาประสิทธิภาพของบทเรียนโปรแกรมระดับประถมศึกษาตอนปลาย

การศึกษาประสิทธิภาพ และปรับปรุงบทเรียนดำเนินการ 3 ขั้นตอนคือ

1. ทดลองหาประสิทธิภาพกับนักเรียนคนเดียว
 2. ปรับปรุงบทเรียนแล้วนำไปหาประสิทธิภาพกับนักเรียน 10 คน
 3. ปรับปรุงบทเรียนแล้วนำไปหาประสิทธิภาพกับนักเรียน 100 คน
- ทั้งนี้โดยวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์การ

ห้ามเรียนถูก แล้วคำนวณโดยใช้สถิติมาตรฐาน 90/90 เพื่อประเมินผลบทเรียน ผลการศึกษาพบว่า

1. บทเรียนโปรแกรม เรื่อง " แรงลมแรงน้ำ " สำหรับชั้น ป.6 (กรรณิการ์ พวงเกษม, 2516) และ เรื่อง " ตัวสะกดภาษาไทย " สำหรับชั้น ป.5 (นิศยา วิชาลาภวัฒน์, 2516) มีประสิทธิภาพเชื่อถือได้ตามมาตรฐานสากล
2. บทเรียนโปรแกรม เรื่อง " สมบกลมทะเล " สำหรับชั้น ป.7 (เรไร แหวนเกตุ, 2516) และ เรื่อง " การใช้สูตรหาพื้นที่สี่เหลี่ยม " สำหรับชั้น ป.5 (มาลี คันธิบุตร, 2516) มีประสิทธิภาพไม่ได้มาตรฐาน ผู้วิจัยเสนอแนะว่า ถ้านำไปปรับปรุงอีกจะมีประสิทธิภาพเชื่อถือได้ตามมาตรฐานสากล

ปีเดียวกันนี้ บรรดา รัชทายาท (2516) สร้างและทดลองใช้บทเรียนโปรแกรมสอน วิชาเคมี ระดับ ม.ศ.4 โดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มคือ กลุ่มทดลองจำนวน 40 คนเรียน จากบทเรียนโปรแกรมและกลุ่มควบคุมจำนวน 43 คน เรียนตามปกติ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของทั้ง 2 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ที่กล่าวมาจะเห็นว่า การค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรมในประเทศไทยยังมีน้อยไม่กว้างขวาง โดยทั่วไปพบว่า ผลการเรียนโดยใช้บทเรียนโปรแกรมไม่แตกต่างจากผลการเรียนตามปกติ ซึ่งต่างจากผลการวิจัยในต่างประเทศ ดังนั้นควรที่จะมีการค้นคว้าวิจัยให้กว้างขวางออกไปอีก

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลสำหรับการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ เป็นนิสิต
ชั้นปีที่ 3 วิชาเอกวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พินิจโลก ปีการ-
ศึกษา 2518 จำนวน 42 คน ในจำนวนนี้เป็นนิสิตภาคปกติจำนวน 28 คน และเป็นนิสิต
ภาคสมทบรุ่นที่ 6.21 จำนวน 14 คน ผู้วิจัยได้แบ่งนิสิตทั้ง 2 ประเภทโดยวิธีสุ่มอย่าง-
ง่าย (Simple random sampling) ออกเป็น 2 กลุ่ม ได้จำนวนนิสิตในกลุ่มทดลอง 20 คน
และกลุ่มควบคุม 22 คน

ตาราง 1 แสดงรายละเอียดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

กลุ่มตัวอย่าง	นิสิตภาคปกติ			นิสิตภาคสมทบ			รวมทั้งหมด		
	ชาย	หญิง	รวม	ชาย	หญิง	รวม	ชาย	หญิง	รวม
กลุ่มทดลอง	12	3	15	2	3	5	14	6	20
กลุ่มควบคุม	12	1	13	6	3	9	18	4	22
รวมทั้งหมด	24	4	28	8	6	14	32	10	42

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลมี 3 อย่างคือ

ก. บทเรียนโปรแกรม เรื่อง อะโรมาติซิตี (Aromaticity)

ข. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ค. แบบสอบถามทัศนคติและความสนใจเกี่ยวกับการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม

ก. บทเรียนโปรแกรมเรื่องอะโรมาติซิตี

เป็นบทเรียนโปรแกรมเส้นตรงที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง เนื้อหาของบทเรียนแบ่งออกเป็น 5 ตอน ต่อเนื่องกัน รวมบทสรุปด้วยเป็น 6 ตอน แต่ละตอนแบ่งเนื้อหาออกเป็น ส่วนย่อย ๆ ที่มีทั้งคำอธิบาย เนื้อหา และคำถามซึ่งเรียกว่า " กรอบ(frame) " มีความยาวตลอดเนื้อหา 134 กรอบ กระดาษพิมพ์ชนิดสี

การสร้างบทเรียนโปรแกรมดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับวิธีสร้างบทเรียนโปรแกรม ทั้งจากหนังสือ - ตำรา และขอคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญ
2. ศึกษาหลักสูตร - แบบเรียนเคมี เรื่อง อะโรมาติซิตี (Aromaticity)
3. วางโครงเรื่อง เล่าโครงบทเรียน วัตถุประสงค์ และขอบข่ายของบทเรียน
4. เขียนบทเรียนโปรแกรม โดยยึดหลักการเขียนดังนี้
 - ให้ผู้เรียนตอบข้อแรกได้ถูกต้อง เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนอยากเรียน
 - ให้ผู้เรียนเรียนรู้ไปตามลำดับขั้น จากง่ายไปหายาก
 - ให้ผู้เรียนตอบได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ ผิดไม่เกิน 5%

(อุดม มุ่งเกษม, 2513:25)

ทั้งนี้โดยยึดแนวและแบบแผนการเขียนจากหนังสือ " Introduction to Educational Technology Work Book " ของ กุลกานี และคณะ (Kulkani, and others, 1974)

5. นำบทเรียนที่สร้างขึ้นไปทดลอง เพื่อปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น โดยนำไปทดลอง 2 ครั้งคือ

การทดลองครั้งที่ 1

ทดลองใช้กับนักศึกษาระดับปริญญาตรี (ป.อ.) ชั้นปีที่ 3 ของ วิทยาลัยครูจันทระเกษม จำนวน 2 คน เป็นชาย 1 คน หญิง 1 คน ระหว่างวันที่ 7 - 12 มีนาคม 2518 แบ่งการ - สอนออกเป็น 4 ครั้ง ครั้งละประมาณ 2 ชั่วโมง รวมเวลาที่ใช้ทั้งหมด 8 ชั่วโมง 50 นาที เวลาที่ใช้รวมทั้งเวลาในการอธิบายปัญหาต่าง ๆ ด้วย

การทดลองครั้งนี้ ผู้วิจัย และผู้ทดลองทั้ง 2 ได้ร่วมกันพิจารณาบทเรียนแต่ละกรอบ โดยละเอียดตั้งแต่กรอบแรกถึงกรอบสุดท้าย จากผลการทดลองพบว่า ในจำนวนบทเรียนทั้งหมด 141 กรอบนั้น ใช้ได้ 120 กรอบ ต้องปรับปรุงอีก 10 กรอบ ตัดทิ้งไป 11 กรอบ และสร้างเพิ่มขึ้นอีก 4 กรอบ

การทดลองครั้งที่ 2

ทดลองกับนักศึกษาระดับปริญญาตรี (ป.อ.) ชั้นปีที่ 3 ของวิทยาลัยครู จันทระเกษม จำนวน 9 คน เป็นชาย 4 คน หญิง 5 คน ระหว่างวันที่ 22 - 24 มีนาคม 2518 การทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยให้ผู้เรียน เรียนด้วยตนเองโดยตลอด แบ่งการเรียนออกเป็น 3 ครั้ง ครั้งละประมาณ 2 ชั่วโมง รวมเวลาที่ใช้ทั้งหมด 6 ชั่วโมง 20 นาที

เมื่อวิเคราะห์บทเรียนที่ทดลองแล้วพบว่า ต้องปรับปรุงวิธีทำการทดลองประกอบบทเรียนเป็นตอนที่ 2 และตอนที่ 3 เล็กน้อย ส่วนเนื้อหาอื่น ๆ ใช้ได้

ข. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบที่ใช้คือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อะโรมาติซิตี ข้อสอบเป็นแบบปรนัยมี 4 ตัวเลือก ใช้ทดสอบเพื่อความรู้ที่เรียนรู้น้อยกว่า ๆ ตามจุดมุ่งหมาย - หรือไม่ การสร้างแบบทดสอบดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาหลักการสร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเทคนิคการวิเคราะห์ข้อสอบจนเป็นที่กระจ่างชัด
2. สร้างข้อทดสอบจำนวน 50 ข้อ
3. นำข้อทดสอบไปทดลองเพื่อนำมาวิเคราะห์หาคุณภาพ โดยทดลองกับนิสิตภาคสมทบที่เคยเรียน เรื่อง อะโรมาติซิตีมาแล้ว ณ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน จำนวน 34 คน เมื่อวันที่ 24 เมษายน 2518 และ ณ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน จำนวน 40 คน เมื่อวันที่ 29 เมษายน 2518
4. วิเคราะห์ข้อทดสอบ เพื่อหาค่าความยากง่าย (p) อำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น
5. คัดเลือกข้อทดสอบที่มีคุณภาพสูง รวมทั้งปรับปรุงข้อทดสอบบางข้อที่พอใช้ได้ เพื่อให้เป็นข้อสอบฉบับจริงได้จำนวน 45 ข้อ

รายละเอียดเกี่ยวกับคุณภาพของแบบทดสอบที่ได้จากการทดลองแสดงไว้

ในตาราง 2 ดังนี้

ตาราง 2 แสดงคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อะโรมาติซิตี
ที่ได้จากการทดลอง

ชนิดของคุณภาพ	ค่าของคุณภาพ
จำนวนกลุ่มตัวอย่าง	74
จำนวนข้อคำถาม	45
ช่วงความยากง่าย	.17 - .82
ช่วงอำนาจจำแนก	.24 - .64
ค่าความเชื่อมั่น	.95

ก. แบบสอบถามวัดทัศนคติและความสนใจเกี่ยวกับการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม
แบบสอบถามที่ใช้ ประกอบด้วยข้อคำถามชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating
scale) จำนวน 14 ข้อ กับข้อคำถามปลายเปิดให้ใช้แสดงข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะอีก 1 ข้อ
แบบสอบถามนี้ใช้วัดทัศนคติและความสนใจในการเรียนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม
จากนิสิตในกลุ่มทดลอง การสร้างแบบสอบถามดำเนินการดังนี้

1. กำหนดขอบเขตของข้อคำถามที่ต้องการทราบ
2. เขียนข้อคำถามโดยพยายามใช้ข้อคำถามสั้น ๆ เข้าใจง่าย และอยู่ใน
ขอบเขตที่กำหนดไว้
3. นำไปทดลองใช้กับนักศึกษาในระดับปริญญาตรี (ป.อ.) จำนวน 9 คน ซึ่ง
เป็นกลุ่มเดียวกับที่ใช้ทดลองบทเรียนโปรแกรม ครั้งที่ 2
4. คัดเลือกข้อคำถามที่ใช้ได้ โดยพิจารณาจากการกระจายของคะแนนแล้ว
ปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น ได้ข้อคำถามชนิดมาตราส่วนประมาณค่าจำนวน 14 ข้อ กับข้อคำถามปลายเปิด
1 ข้อ นำมาใช้เป็นแบบสอบถามฉบับจริงต่อไป

วิธีดำเนินการทดลอง

เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้มีนิสิต 2 ประเภท คือ นิสิตภาคปกติ และนิสิตภาคสมทบ ดังรายละเอียดในหน้า 12 ดังนั้นผู้วิจัยจึงจัดสอน 2 ครั้ง ครั้งแรกกระทำกับนิสิตภาคสมทบ ระหว่างวันที่ 27 มิถุนายน ถึงวันที่ 11 กรกฎาคม 2518 ครั้งที่ 2 กระทำกับนิสิตภาคปกติ ระหว่างวันที่ 7 - 18 กรกฎาคม 2518 ทั้งนี้โดยใช้ขบวนการต่าง ๆ เหมือนกันดังนี้

1. แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยวิธีสุ่มอย่างง่าย ดังรายละเอียดเกี่ยวกับกลุ่มตัวอย่างในหน้า 12
2. สอนทบทวนความรู้พื้นฐานแก่กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 แบ่งการสอนออกเป็น 2 ครั้ง ๆ ละ 2 ชั่วโมง ทั้งนี้โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนเอง เนื้อหาที่สอนได้แก่
 - 2.1 ประเภทของสารประกอบอินทรีย์
 - 2.2 พันธะเคมีชนิดต่าง ๆ
 - 2.3 ปฏิริยาเคมีบางประเภท เช่น ปฏิริยารวมตัว และปฏิริยา-แทนที่เป็นต้น

3. ทดสอบครั้งแรก (pretest) กับกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 พร้อมกัน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ดังรายละเอียดในหน้า 14) ใช้เวลา 25 นาที นิสิตภาคสมทบทดสอบเมื่อวันที่ 1 กรกฎาคม 2518 และนิสิตภาคปกติทดสอบเมื่อวันที่ 9 กรกฎาคม 2518

4. ดำเนินการสอนแก่กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 ดังนี้

กลุ่มทดลอง สอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผู้วิจัยแบ่งการสอนออกเป็นคาบ ๆ ละประมาณ 1 ชั่วโมง 30 นาที รวมเวลาที่ใช้ทั้งหมด เกือบ 6 ชั่วโมง 55 นาที ผู้เรียนใช้เวลาเฉลี่ย 6 ชั่วโมง นิสิตกลุ่ม 7 ชั่วโมง

กลุ่มควบคุม สอนตามปกติโดยอาจารย์ประจำวิชา แบ่งการเรียนออกเป็นคาบ ๆ ละ 50 นาที 1 ครั้ง กับคาบละ 1 ชั่วโมง 50 นาที 2 ครั้ง รวมเวลาที่ใช้ทั้งหมด 4 ชั่วโมง 30 นาที

5. ทดสอบครั้งหลัง (posttest) กับกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 พร้อมกัน โดยทดสอบนิสิตภาคสมทบเมื่อวันที่ 11 กรกฎาคม 2518 และทดสอบนิสิตภาคปกติเมื่อวันที่ 18 กรกฎาคม

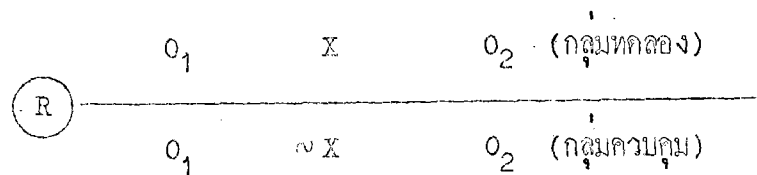
2516 (ข้อสอบและเวลาที่ใช้เหมือนกับการสอบครั้งแรก ในข้อ 3)

6. ให้นักศึกษากลุ่มทดลองตอบแบบสอบถาม จากแบบสอบถามวัดทัศนคติและความสนใจเกี่ยวกับการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม การตอบแบบสอบถามนี้ใช้เวลา 15 นาที

แบบของการวิจัย (Research Design)

การศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบทดลอง (Experimental Research)

แบบของการวิจัยใช้แบบสองกลุ่ม - วัดครั้งแรกและครั้งหลัง (กมล สุคประเสริฐ, 2516 : 64) ซึ่งเป็นแบบของการวิจัยที่จัดอยู่ในเกณฑ์ และเป็นที่ยอมรับกันทั่วไป สามารถเขียนเป็นแผนภูมิได้ดังนี้



ภาพ 1 แบบของการวิจัยที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

ทั้งนี้เพื่อ (R) = การคัดเลือกสมาชิกเข้ากลุ่มโดยการสุ่มอย่างง่าย

X = การทดลอง สำหรับการวิจัยครั้งนี้ X คือ การสอนโดย
ใช้บทเรียนโปรแกรม

$\sim X$ = ไม่ได้ทดลองอย่างแท้จริง สำหรับการวิจัยครั้งนี้ $\sim X$ คือ
การสอนตามปกติ

O_1 = ผลการสอบที่วัดได้ในครั้งแรก (protest) หรือคะแนน
ความรู้พื้นฐาน

O_2 = ผลการสอบที่วัดได้ในครั้งที่ 2 (posttest) หรือคะแนน
วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การใช้แบบของการวิจัย ซึ่งคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่ม เป็นการควบคุมตัวแปรอิสระต่าง ๆ เช่น เพศ วัย ประสบการณ์เดิม และอื่น ๆ เป็นต้น เป็นไปตามทฤษฎีของความน่าจะเป็น (Probability Theory) (กมล สุคประเสริฐ, 2516: 61)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 6 ตอนดังนี้

1. คำนวณค่าสถิติพื้นฐานของข้อมูล ได้แก่ $\bar{X}$, sd , และ s^2
2. เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบครั้งแรก (pretest) ของกลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรม กับกลุ่มที่เรียนจากการสอนตามปกติ โดยใช้ t -test
3. เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบครั้งหลัง (posttest) ของนิสิตกลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรม กับกลุ่มที่เรียนจากการสอนตามปกติ โดยใช้ t -test
4. เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของนิสิตที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมกับที่เรียนจากการสอนตามปกติ โดยใช้ t -test
5. วิเคราะห์ทัศนคติและความสนใจของนิสิต ที่มีต่อการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม โดยหาความถี่ และหาค่าเฉลี่ย
6. วิเคราะห์ข้อบกพร่องและข้อเสนอแนะของนิสิตที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์และการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยใช้
สัญลักษณ์ต่าง ๆ ดังนี้

n	หมายถึง	จำนวนนิสิตในกลุ่ม
Σ	หมายถึง	ผลรวม
$\bar{X}$	หมายถึง	คะแนนเฉลี่ย
s^2	หมายถึง	ความแปรปรวนของคะแนน
sd	หมายถึง	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
df	หมายถึง	degree of freedom
d	หมายถึง	ค่าแตกต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กับคะแนนความรู้พื้นฐาน
$\bar{d}$	หมายถึง	คะแนนเฉลี่ยของค่าแตกต่างของคะแนน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กับคะแนนความ - รู้พื้นฐาน
t	หมายถึง	ค่าอัตราส่วนนัยสำคัญทางสถิติ
s_d^2	หมายถึง	ความแปรปรวนของค่าแตกต่างของคะแนน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กับคะแนนความ - รู้พื้นฐาน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยแยกกล่าวตามลำดับดังนี้

1. ค่าสถิติพื้นฐานของข้อมูล
2. การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการสอบครั้งแรก (pretest) ของ

นิสิตกลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรม กับกลุ่มที่เรียนจากการเรียนตามปกติ

3. การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบครั้งหลัง (posttest) ของนิสิตกลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรม กับกลุ่มที่เรียนจากการสอนตามปกติ
4. การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของนิสิตที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมกับที่เรียนจากการสอนตามปกติ
5. ทักษะและความสนใจของนิสิต ที่มีต่อการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม
6. ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของนิสิต ที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรม

ตอนที่ 1 ค่าสถิติพื้นฐานของข้อมูล

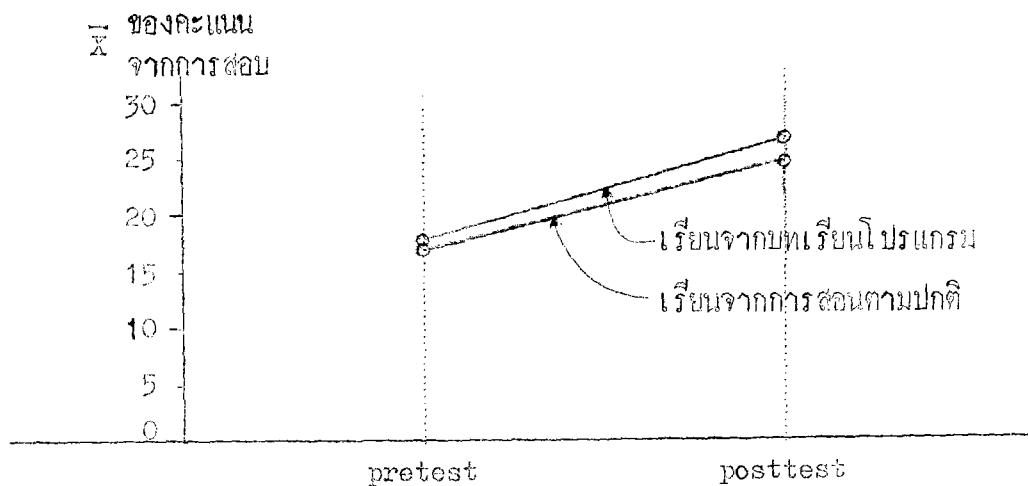
ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยแบ่งนิสิตออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่เรียนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม กับกลุ่มที่เรียนจากการสอนตามปกติ นิสิตทั้ง 2 กลุ่มได้รับการทดสอบ 2 ครั้ง คือ ทดสอบครั้งแรก (pretest) เป็นการทดสอบความรู้พื้นฐานก่อนเรียน และการทดสอบครั้งหลัง (posttest) เป็นการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากสอนจบแล้ว

ค่าสถิติในตารางที่ 3 จะแสดงคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง กับค่าสถิติพื้นฐานที่จำเป็น ทั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบให้เห็นแนวโน้มอย่างกว้าง ๆ ส่วนการทดสอบนัยสำคัญจะเสนอในตอนต่อไป

ตาราง 3 แสดงคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) และสถิติพื้นฐานจากการทดสอบครั้งแรก (pretest) และครั้งหลัง (posttest)

กลุ่มตัวอย่าง	n	การทดสอบครั้งแรก			การทดสอบครั้งหลัง		
		$\bar{X}$	sd	s^2	$\bar{X}$	sd	s^2
ใช้บทเรียนโปรแกรม	20	17.60	4.02	16.15	26.90	4.57	20.88
สอนตามปกติ	22	17.18	4.89	23.90	24.55	5.90	34.78

เพื่อเปรียบเทียบให้เห็นชัดเจนยิ่งขึ้น จึงนำค่าเฉลี่ยของการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง
ของนิสิตทั้ง 2 กลุ่มมาแสดงในภาพ 2



ภาพ 2 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) จากการทดสอบครั้งแรกและครั้งหลังของ
นิสิตกลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรม กับกลุ่มที่เรียนจากการสอนตามปกติ

จากค่าสถิติในตารางที่ 3 และภาพ 2 แสดงแนวโน้มดังนี้

1. คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบครั้งแรก จะเห็นว่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่
เรียนจากบทเรียนโปรแกรม ($\bar{X} = 17.60$) และของกลุ่มที่เรียนจากการสอนตามปกติ ($\bar{X} = 17.18$)
มีค่าใกล้เคียงกันมาก คือต่างกันเพียงทศนิยมเท่านั้น ดังนั้นพอจะกล่าวได้ว่า นิสิตทั้ง 2 กลุ่มมี
ความรู้พื้นฐาน เรื่อง อะโรมาติซิตี ก่อนเรียนเท่า ๆ กัน แต่เพื่อให้แน่ใจยิ่งขึ้นจึงให้นำค่าเฉลี่ยไป
ทดสอบนัยสำคัญ ด้วยผลที่เสนอไว้ในตอนที่ 2

2. คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบครั้งหลัง พอจะเห็นแนวโน้มว่าคะแนนเฉลี่ย
ของกลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรม ($\bar{X} = 26.90$) สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่เรียนจากการ
สอนตามปกติ ($\bar{X} = 24.55$) แต่ยังไม่อาจกล่าวได้ว่าคะแนนเฉลี่ยของทั้ง 2 กลุ่มนี้แตกต่างกันจริง
หรือไม่ ต้องนำไปทดสอบนัยสำคัญก่อนถึงผลในตอนที่ 3

3. ผลการเรียนรู้ ซึ่งพิจารณาได้จากความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบครั้งหลังกับครั้งแรก ของทั้ง 2 กลุ่ม พอจะกล่าวอย่างกว้าง ๆ ได้ว่า นิสิตที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมมีแนวโน้มที่จะมีผลการเรียนรู้สูงกว่านิสิตที่เรียนจากการสอนตามปกติ แต่ยังไม่สามารถยืนยันความแตกต่างนี้ได้ ผู้วิจัยได้นำความแตกต่างนี้ไปทดสอบนัยสำคัญ ถึงผลการทดสอบที่ได้เสนอไว้ในตอนที่ 4

4. ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (sd) และความแปรปรวน (s^2) จากการทดสอบครั้งหลัง ในตาราง 3 พบว่า ค่าสถิติทั้ง 2 ประเภทของกลุ่มที่เรียนจากการสอนตามปกติมากกว่าของกลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมแสดงว่า ผลการเรียนรู้ของนิสิตภายในกลุ่มที่เรียนจากการสอนตามปกติแตกต่างกันมากกว่ากลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรม นั่นคือ นิสิตในกลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมทำคะแนนได้มากน้อยแตกต่างกันน้อยกว่ากลุ่มที่เรียนจากการสอนตามปกติ

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบครั้งแรก (pretest) ของนิสิตที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมกับนิสิตที่เรียนจากการสอนตามปกติ

ข้อมูลในตอนนี้ เป็นการตรวจสอบว่า นิสิตกลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมกับที่เรียนจากการสอนตามปกติ มีความรู้พื้นฐาน เรื่อง อะโรมาติซิตี ก่อนเรียนใกล้เคียงหรือแตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์แสดงในตาราง 4

ตาราง 4 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบครั้งแรก (pretest) ของนิสิตที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมกับที่เรียนจากการสอนตามปกติ

กลุ่มตัวอย่าง	n	$\bar{X}$	s^2	t
ใช้บทเรียนโปรแกรม	20	17.60	16.15	.3303
สอนตามปกติ	22	17.18	23.90	

$$t_{.05} (df40) = 2.021$$

จากตาราง 4 แสดงให้เห็นว่า คะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบครั้งแรกของนิสิตกลุ่มที่ - เรียนจากบทเรียนโปรแกรม กับกลุ่มที่เรียนจากการสอนตามปกติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงแน่ใจได้ว่า นิสิตกลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมและกลุ่มที่เรียนจากการสอนตามปกติ มีความรู้พื้นฐานโดยเฉลี่ยพอ ๆ กัน

ตอนที่ 5 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบครั้งหลัง (posttest) ของนิสิตที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรม และนิสิตที่เรียนจากการสอนตามปกติ

ตาราง 5 แสดงผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบครั้งหลัง (posttest) ของนิสิตที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมกับที่เรียนจากการสอนตามปกติ

กลุ่มตัวอย่าง	n	$\bar{X}$	s^2	t
ไว้บทเรียนโปรแกรม	20	26.90	20.88	1.4366
สอนตามปกติ	22	24.55	34.78	

$$t_{.05(df40)} = 1.684$$

จากตาราง 5 แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยจากการทดสอบครั้งหลัง ของนิสิตที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมกับที่เรียนจากการสอนตามปกติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือนิสิตที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมกับที่เรียนจากการสอนตามปกติ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนพอ ๆ กัน

ตอนที่ 4 การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของนิสิตที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรม กับที่เรียนจากการสอนตามปกติ

ผู้วิจัยได้นำคะแนนความรู้พื้นฐานซึ่งได้จากการทดสอบครั้งแรก และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งได้จากการทดสอบครั้งหลังของนิสิตแต่ละคนในแต่ละกลุ่มมาหาค่าแตกต่าง (a) และนำค่าเฉลี่ยของค่าแตกต่าง (a) ของนิสิตทั้ง 2 กลุ่มมาเปรียบเทียบกัน ผลการวิเคราะห์ปรากฏในตาราง 6 ดังนี้

ตาราง 6 แสดงการเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของนิสิตที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรม
กับที่เรียนจากการสอนตามปกติ

กลุ่มตัวอย่าง	n	$\bar{d}$	s_d^2	t
ใช้บทเรียนโปรแกรม	20	8.80	12.91	.9076
สอนตามปกติ	22	7.82	11.68	

$$t_{.05(df40)} = 1.688$$

จากตาราง 6 แสดงให้เห็นว่า ผลการเรียนรู้ของนิสิตกลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรม
กับผลการเรียนรู้ของนิสิตที่เรียนจากการสอนตามปกติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า
นิสิตทั้ง 2 กลุ่มมีผลการเรียนรู้พอ ๆ กัน

ตอนที่ 5 ทักษะและความสนใจของนิสิตที่มีต่อการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม

จากการทดสอบทัศนคติและความสนใจของนิสิตที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรม โดยใช้แบบ
สอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น (ดังรายละเอียดในหน้า 15) เป็นเครื่องมือรวบรวมข้อมูล ปรากฏผลการ
วิเคราะห์แสดงในตาราง 7 ดังนี้

ตาราง 7 แสดงทัศนคติและความสนใจของนิสิตที่มีต่อการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม

ข้อที่	คำถาม	ความถี่					$\bar{x}$
		5	4	3	2	1	
1	น่าสนใจกว่าการสอนตามปกติ	4	14	2	-	-	4.10
2	เข้าใจง่ายกว่าการสอนตามปกติ	5	6	5	4	-	3.60
3	เข้าใจง่ายกว่าการเรียนรู้จากตำราโดยตรง	4	14	1	1	-	4.05

ตาราง 7 (ต่อ)

ข้อที่	คำถาม	ความถี่					x
		5	4	3	2	1	
4	เนื้อหาเรียงตามลำดับดี	5	13	2	-	-	4.15
5	ผู้สอนมีโอกาสดูช่วยเหลือนรายบุคคล	6	11	1	2	-	4.05
6	เสริมการเรียนรู้ตามความสามารถของแต่ละคน	4	12	3	1	-	3.95
7	ได้รับความรู้พอเพียง	-	9	2	8	1	2.95
8	เหมาะสมกับการสอนในระดับอุดมศึกษา	5	7	3	5	-	3.55
9	ทำให้ผู้เรียนชักชวนการเรียนของตนเองได้	5	13	2	-	-	4.15
10	การนำมาใช้กับระดับอุดมศึกษาได้มากขึ้น	4	6	6	3	1	3.45
11	มีประโยชน์คุ้มค่ากับการลงทุนสร้าง	-	7	6	5	2	2.90
12	ให้ความรู้ตามลำดับขั้น	4	12	2	2	-	3.90
13	พอใจที่จะเรียนโดยอิสระเรียนโปรแกรมต่อไป	2	14	3	1	-	3.89
14	สามารถนำมาใช้สอนแทนตำราได้	4	10	6	-	-	3.70
เฉลี่ยทุกข้อ		52	148	40	36	4	3.74

หมายเหตุ	5	หมายถึง	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
	4	หมายถึง	เห็นด้วย
	3	หมายถึง	ปานกลาง
	2	หมายถึง	ไม่เห็นด้วย
	1	หมายถึง	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

จากการวาง 7 แสดงให้เห็นว่า

1. เมื่อพิจารณาการเฉลี่ยของประเด็นคำถามทั้ง 14 ข้อ พบว่านิสิตมีความเห็นอยู่ในเกณฑ์เห็นด้วย หรือสนับสนุนการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม ($\bar{X} = 3.74$) นั่นคือนิสิตที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรม เรื่อง อะโรมาซิที มีทัศนคติ และความสนใจที่ดีต่อการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม
 2. ข้อคิดเห็นที่มีค่าเฉลี่ยสูง ($\bar{X} > 4.00$) ได้แก่ " น่าสนใจว่าการสอนตามปกติ " ($\bar{X} = 4.10$) " เข้าใจง่ายกว่าการเรียนจากตำราโดยตรง " ($\bar{X} = 4.05$) " เนื้อหาเรียงตามลำดับดี " ($\bar{X} = 4.15$) " ผู้สอนมีโอกาสดูแลสื่อรายบุคคล " ($\bar{X} = 4.05$) และ " ทำให้ผู้เรียนวัดผลการเรียนของตนได้ " ($\bar{X} = 4.15$)
- ส่วนข้อคิดเห็นอื่น ๆ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

ตอนที่ 6 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของนิสิตที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรม

ในจำนวนนิสิตที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมทั้งหมด 20 คนนั้น นิสิตแสดงข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 75 ไม่แสดงข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 25

ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของนิสิตเกี่ยวกับการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม แสดงไว้ในตาราง 8 และตาราง 9 ดังนี้

ตาราง 8 แสดงข้อคิดเห็นของนิสิตเกี่ยวกับการเรียนจากบทเรียนโปรแกรม

ข้อที่	ข้อคิดเห็น	ความถี่
1	- ช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี	3
2	- ไม่เหมาะสำหรับผู้ที่มีนิสัยขี้เกียจ หรือ เกียจคร้าน	3
3	- ใช้สอนได้เพียงบางโอกาสเท่านั้น	3
4	- การสอนจะได้ผลก็ต่อเมื่อผู้เรียนมีความรู้พื้นฐานพอเพียง	2
5	- การสร้างบทเรียนลงทุนสูงเกินไป	1
6	- ช่วยผู้เรียนที่เรียนช้าได้ดี	1

ตาราง 9 แสดงข้อเสนอแนะของนิสิตเกี่ยวกับการเรียนจากบทเรียนโปรแกรม

ข้อที่	ข้อเสนอแนะ	ความถี่
1	- เนื้อหาของบทเรียนโปรแกรมควรเป็นเนื้อหาที่เข้าใจได้ง่าย	2
2	- ควรแยกคำตอบของบทเรียนไว้รวมกัน เช่น ไว้ท้ายบทเรียน เป็นต้น	2
3	- ควรใช้บทเรียนโปรแกรมเป็นอุปกรณ์ประกอบการสอนอย่างหนึ่ง	1
4	- คำศัพท์ทางวิชาการ (technical terms) ต่าง ๆ ไม่ควรแปล การใช้ทับศัพท์	1
5	- ควรนำบทเรียนโปรแกรมไปสอนในระดับมัธยมศึกษาบ้าง	1
6	- บทเรียนควรมีความลึกซึ้งพอควร	1

สรุปผลการศึกษาค้นคว้า อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนรู้วิชาอินทรีย์เคมี เรื่อง อะโรมาติซิตี จากการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ
2. เพื่อสร้างบทเรียนโปรแกรม เรื่อง อะโรมาติซิตี สำหรับนิสิตที่เรียนวิชาอินทรีย์เคมีในระดับปริญญาตรีทางการศึกษา
3. เพื่อศึกษาทัศนคติและความสนใจเกี่ยวกับการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม

สมมุติฐานของการศึกษาค้นคว้า

1. ผลการเรียนรู้วิชาอินทรีย์เคมี เรื่อง อะโรมาติซิตี ของนิสิตกลุ่มที่เรียนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม น่าจะสูงกว่ากลุ่มที่เรียนตามปกติ
2. นิสิตกลุ่มที่เรียนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม น่าจะมีทัศนคติและความสนใจที่ดีต่อการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล เป็นนิสิตวิชาเอกวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ฒินุโลภ ปีการศึกษา 2518 ในจำนวนนี้เป็นนิสิตภาคปกติชั้นปีที่ 3 จำนวน 28 คน และเป็นนิสิตภาคสมทบ รุ่น 6.21 จำนวน 14 คน ผู้วิจัยได้แบ่งนิสิตทั้ง 2 ประเภทออกเป็นประเภทละ 2 กลุ่ม โดยวิธีสุ่มอย่างง่าย ได้กลุ่มทดลองซึ่งให้เรียนจากบทเรียนโปรแกรมจำนวน 20 คน และกลุ่มควบคุมซึ่งให้เรียนจากการสอนตามปกติจำนวน 22 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย

1. บทเรียนโปรแกรม เรื่อง อะโรมาติซิตี เป็นบทเรียนโปรแกรมชนิดเส้นตรง เนื้อหาของบทเรียนแบ่งออกเป็น 5 ตอนต่อเนื่องกัน กับบทสรุปรวมเป็น 6 ตอน มีจำนวน 134 กรอบ

มีการทดลองประกอบ 3 การทดลอง

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบจำนวน 45 ข้อ
3. แบบสอบถามวัดทัศนคติและความสนใจ เป็นแบบสอบถามที่ประกอบด้วยข้อคำถามชนิดมาตราส่วนประมาณค่า จำนวน 14 ข้อ และตอนท้ายของแบบสอบถามเป็นคำถามปลายเปิดให้ผู้เรียนแสดงข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการสอนโดยวิทยากรเรียนโปรแกรมอย่างอิสระ 1 ข้อ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 6 ตอนดังนี้

1. กำหนดค่าสถิติพื้นฐานของข้อมูล
2. เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบครั้งแรก (pretest) ของนิสิตกลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรม กับกลุ่มที่เรียนจากการสอนตามปกติ
3. เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบครั้งหลัง (posttest) ของนิสิตกลุ่มที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรม กับกลุ่มที่เรียนจากการสอนตามปกติ
4. เปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของนิสิตที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรม กับที่เรียนจากการสอนตามปกติ
5. วิเคราะห์ทัศนคติและความสนใจของนิสิต ที่มีต่อการสอนโดยวิทยากรเรียนโปรแกรม
6. วิเคราะห์ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะของนิสิต ที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรม

สรุปผลการศึกษากันควา

1. การเรียนรู้ของนิสิตกลุ่มที่เรียนโดยวิทยากรเรียนโปรแกรม กับกลุ่มที่เรียนจากการสอนตามปกติได้ผลพอ ๆ กัน
2. นิสิตกลุ่มที่เรียนโดยวิทยากรเรียนโปรแกรมมีทัศนคติและความสนใจเกี่ยวกับการสอนโดยวิทยากรเรียนโปรแกรมไปในทางที่ดี

อภิปรายผลของการศึกษาค้นคว้า

เมื่อพิจารณาผลการศึกษาค้นคว้าทั้ง 2 ข้อแล้ว จะพบว่าผลการศึกษาค้นคว้าข้อ 1 ไม่เป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ กล่าวคือ ผู้วิจัยตั้งสมมุติฐานไว้ว่า " ผลการเรียนรู้ของนิสิตกลุ่มที่เรียนโดยใช้บทเรียนโปรแกรมจะสูงกว่ากลุ่มที่เรียนตามปกติ " แต่ผลการศึกษาค้นคว้าแสดงให้เห็นว่า ผลการเรียนรู้ของนิสิตทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในการตั้งสมมุติฐาน ผู้วิจัยได้อาศัยแนวทางจากเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นของต่างประเทศ ผู้วิจัยคิดว่าสาเหตุที่ทำให้ผลการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ไม่เป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ ประการแรก ก็คือ การที่ผู้เรียน (ในกลุ่มทดลอง) ค้นเคยกับการสอนแบบที่ครูบอกความรู้ให้หมด โดยที่ผู้เรียนไม่ต้องค้นคิดหรือทำความเข้าใจด้วยตัวเองตั้งแต่เล็ก เมื่อมาเรียนจากบทเรียนโปรแกรม ซึ่งเป็นการเรียนระบบที่ผู้เรียนต้องทำความเข้าใจด้วยตนเองตามลำดับขั้น จากง่ายไปหายาก ยิ่งในบางตอนที่เนื้อหาค่อนข้างเข้าใจยาก ผู้เรียนจะต้องใช้ความพยายามมากขึ้น อาจทำให้ผู้เรียนไม่สามารถทำความเข้าใจไปตามลำดับขั้นได้โดยตลอดเนื่องจากผู้เรียนไม่คุ้นเคยกับการเรียนระบบนี้ ถึงแม้ว่าผู้เรียนจะมีความตื่นตัวและสนใจการเรียนจากบทเรียนโปรแกรม ซึ่งเป็นของใหม่ก็ตาม ด้วยเหตุนี้ผลการเรียนของนิสิตที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมจึงอาจจะไม่ดีเท่าที่ควรก็เป็นได้ สำหรับนิสิตนักศึกษาในต่างประเทศคุ้นเคยกับการเรียนการสอนที่ต้องทำความเข้าใจด้วยตนเองและค้นคิดด้วยตนเองมาตั้งแต่เล็ก จึงทำให้สามารถเรียนจากบทเรียนโปรแกรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการเรียนจากบทเรียนโปรแกรมจึงดีกว่าการเรียนตามปกติ

สิ่งที่น่าจะมีอิทธิพลต่อผลการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้อีกประการหนึ่งก็คือ ตัวบทเรียนโปรแกรมเอง เนื่องจากบทเรียนโปรแกรมจะเป็นเทคโนโลยีทางการศึกษาที่มีคุณค่าสามารถใช้สอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ก็ต่อเมื่อตัวบทเรียนโปรแกรมที่ใช้ได้ถูกสร้างและปรับปรุงแก้ไขอย่างสม่ำเสมอทั้งมีมาตรฐานเชื่อถือได้ สำหรับบทเรียนโปรแกรมที่ผู้วิจัยใช้ในครั้งนี้เป็นบทเรียนโปรแกรมที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นตามหลักการสร้างบทเรียนโปรแกรมมาตรฐาน ก่อนนำมาใช้ ได้นำไปทดลองใช้และปรับปรุงบทเรียนจนมีคุณภาพตามต้องการ อาจจะเป็นไปได้ว่าภูมิหลังหรือลักษณะของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการปรับปรุงบทเรียน กับกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลแตกต่างกัน ทำให้ผลการเรียนรู้ของนิสิตที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการรวบรวมข้อมูล (กลุ่มทดลอง) ไม่ดีเท่าที่ควรก็เป็นได้

นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาธรรมชาติของการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรมแล้ว จะพบว่า บทเรียนโปรแกรมเป็นเพียงอุปกรณ์หรือเครื่องมือช่วยสอนอย่างหนึ่งเท่านั้น บทเรียนโปรแกรมช่วยให้การเรียนการสอนได้ผลดียิ่งขึ้น อาจจะใช้แทนครูได้ในบางโอกาส การที่จะใช้สอนแทนครูจริง ๆ ให้ได้ผลดีเป็นระยะเวลานาน ๆ คงทำไม่ได้ หรือทำได้ยาก

สำหรับผลการศึกษาค้นคว้าในข้อ 2 นั้น พบว่าเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้ กล่าวคือนิสิตในกลุ่มทดลองมีทัศนคติ และความสนใจที่ดีต่อการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม

ข้อสังเกตที่ได้จากการทดลองสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม

1. ผู้เรียนโดยทั่วไปมีความกระตือรือร้นกับการเรียน สังเกตได้จากการรับผิดชอบและความตั้งใจเรียน ดังนั้นจึงนับได้ว่าการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรมมีส่วนช่วยสร้างแรงจูงใจในการเรียนให้แก่นักเรียนทางหนึ่งด้วย
2. ผู้เรียนสามารถเรียนและทดลองไปตามความสามารถของตนเอง ซึ่งพบว่าผู้เรียนแต่ละคนใช้เวลาแตกต่างกันออกไป โดยเฉพาะในขณะทำการทดลอง อันนี้เป็นข้อดีของบทเรียนโปรแกรมที่ส่งเสริมการเรียนรู้ตามความสามารถของแต่ละคน
3. การสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม ผู้สอนมีหน้าที่ช่วยเหลือแนะนำเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงทำให้มีเวลาว่างระหว่างการสอน เวลาว่างนี้ผู้สอนสามารถใช้ทำกิจกรรมอื่น ๆ อันเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนได้ เช่น การเตรียมเนื้อหาเพิ่มเติมแก่นักเรียนเก่ง หรือการช่วยเหลือผู้เรียนอ่อนเป็นรายบุคคล เป็นต้น
4. โดยเฉลี่ยการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรมใช้เวลามากกว่าการสอนตามปกติ ทั้งนี้เนื่องจากการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรมมีการทดลองประกอบการเรียนในแต่ละตอนด้วย ทำให้เสียเวลามาก
5. สิ่งที่สำคัญที่สุดของการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม ก็คือตัวบทเรียนโปรแกรม แต่บทเรียนโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพก็หรือมีคุณภาพสูงนั้น สร้างลำบากและลงทุนสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับประเทศไทยด้วยแล้ว จะพบว่าบทเรียนโปรแกรมยังไม่แพร่หลายและมีไม่มากนัก ถ้าหากว่า จะสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรมแล้ว ผู้สอนจำเป็นต้องสร้างบทเรียนโปรแกรมขึ้นใช้เอง อันนี้เป็นข้อเสียที่สำคัญข้อหนึ่งของการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรมในประเทศไทย

ข้อเสนอแนะด้านการเรียนการสอน

จากผลการศึกษาข้างต้นพบว่า การสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรมได้ผลดีพอ ๆ กับการสอนตามปกติ กับทำให้ผู้เรียนมีทัศนคติที่ดีต่อการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรมอีกด้วย ด้วยเหตุนี้ในการสอนบางเรื่องและบางโอกาสจึงอาจใช้บทเรียนโปรแกรมช่วยแบ่งเบาแรงของครู หรือใช้ในการทบทวนบทเรียนได้

ดังนั้นจึงควรที่จะได้มีการศึกษาค้นคว้า สร้าง และนำบทเรียนโปรแกรมมาใช้ในการสอนในระดับและสาขาวิชาต่าง ๆ ให้มากยิ่งขึ้นไปอีก

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป

เนื่องจากบทเรียนโปรแกรมเป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถใช้สอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่เนื่องจากเป็นสิ่งที่ค่อนข้างใหม่สำหรับประเทศไทย จึงควรจะได้มีการวิจัยให้กว้างขวางออกไปอีก ผู้วิจัยขอเสนอแนะดังนี้

1. ควรศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ ในสาขาวิชาต่าง ๆ ในระดับอื่น ๆ โดยก่อนทดลองสอนควรสร้างความพร้อมในการเรียนให้ผู้เรียนก่อน ซึ่งอาจจะทำได้โดยนำบทเรียนโปรแกรมที่มีเนื้อหาง่าย ๆ มาทดลองให้ผู้เรียนศึกษา เพื่อให้ผู้เรียนเคยชินกับการสอนแบบนี้
2. ควรจะทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรมกับการสอนวิธีอื่น ๆ เช่น การสอนแบบสืบสวนสอบสวน (Inquiry Method) และการสอนแบบให้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง เป็นต้น
3. ในการสร้างบทเรียนโปรแกรม ควรคำนึงถึงประสิทธิภาพของบทเรียนเป็นสำคัญ ผู้วิจัยจำเป็นต้องมีความรู้ทั้งด้านการสร้างบทเรียนโปรแกรม กับความรู้เฉพาะสาขาวิชาเป็นอย่างดี ก่อนที่จะนำบทเรียนโปรแกรมไปใช้ควรมีการทดลองเพื่อปรับปรุงคุณภาพของบทเรียนจนมีประสิทธิภาพตามมาตรฐานสากล โดยใช้สถิติมาตรฐาน 90/90 ทดสอบ
4. ควรศึกษาถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเรียนรู้จากการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม เช่น ลักษณะและความยากง่ายของเนื้อหาวิชา ระยะเวลาที่สอน ตลอดจนความรู้พื้นฐานและสติปัญญาของผู้เรียน เป็นต้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรรณิการ์ พวงเกษม การสร้างบทเรียนโปรแกรมเรื่อง "แรงลม-แรงน้ำ" สำหรับชั้นประถมศึกษา

ปีที่ 6 วิทยานิพนธ์ ก.ม. บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2516

กมล สุขประเสริฐ เทคนิคการวิจัย วัฒนาพานิช 2516, 288 หน้า

ชวาล แพทย์กุล เทคนิคการวิจัย วัฒนาพานิช 2508, 452 หน้า

นิตยา วิชาลการัตน์ การสร้างบทเรียนโปรแกรมเรื่อง "ตัวสะกดภาษาไทย" สำหรับชั้นประถมศึกษา

ปีที่ 5 วิทยานิพนธ์ ก.ม. บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2516, 159 หน้า

บรรชา รัตนวิทย์ การสร้างและทดลองใช้แบบเรียนโปรแกรมสอนวิชาเคมีในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4

ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร 2516, 264 หน้า

ประทีป สยามชัย "บทเรียนสำเร็จรูป" รูปแบบวิชาการ : รายงานการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 1

กรมสามัญศึกษา 2510 หน้า 221-228

ปรีชา กุณวัฒน์ การศึกษาเปรียบเทียบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้บท

เรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ ปริญญาานิพนธ์ กศ.ม. วิทยาลัยวิชาการศึกษา

ประสานมิตร 2512, 35 หน้า

เปื้อง กุมท แบบเรียนโปรแกรม เรื่อง การตั้งจุดมุ่งหมายในการสอน ร.พ.มิตรสยาม 2512,

61 หน้า

เปื้อง กุมท แบบเรียนโปรแกรม เรื่อง ทฤษฎีเซต ร.พ.ประเสริฐอักษร 2515, 83 หน้า

พลรัตน์ ลักษณะนาวัน การทดลองสอนเพื่อคณิตโดยใช้บทเรียนสำเร็จรูป วิทยานิพนธ์ ก.ม.

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2514

มาลี คันคิยท การสร้างบทเรียนโปรแกรมเรื่อง "การใช้สูตรหาพื้นที่สี่เหลี่ยม" สำหรับชั้นประถม

ศึกษาปีที่ 7 วิทยานิพนธ์ ก.ม. บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2516,

203 หน้า

ยิ่งยง คัมภีร์ รายงานการศึกษาเรื่องบทเรียนสำเร็จรูป เอกสารค้นคว้าประกอบการศึกษาวิชา

Independent Study บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2515 หน้า 34

เรไร แหวนเกตุ การสร้างบทเรียนโปรแกรมเรื่อง "ลมบก-ลมทะเล" สำหรับชั้นประถมศึกษา

ปีที่ 7 วิทยานิพนธ์ กศ.ม. บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2516

136 หน้า

ล้วน สายยศ และอังคณา คันศิริคานานนท์ สถิติวิทยาทางการศึกษา วัฒนาพานิช 2515,

276 หน้า

วรรณ เจียมทองษ์ การศึกษาเปรียบเทียบการสอนวิชาเลขคณิตชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ระหว่าง

การใช้แบบเรียนสำเร็จรูป (Programmed Textbook) กับการสอนตามปกติ

ปริญญาโท กศ.ม. วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร 2515, 71 หน้า

วิชาการ, กรม กระทรวงศึกษาธิการ พีชคณิต ม.ศ.1: A Programmed Textbook

ร.พ.คุรุสภา 2510, 256 หน้า

วิชาการ, กรม กระทรวงศึกษาธิการ ประมวลความรู้เกี่ยวกับนวัตกรรมและเทคโนโลยีทางการศึกษา

ร.พ.คุรุสภา 2515

วิชาการ, กรม กระทรวงศึกษาธิการ บทคัดย่องานวิจัยทางการศึกษา ร.พ.คุรุสภา 2515

สำเร็จ บุญเรืองรัตน์ การตั้งวัตถุประสงค์ของการสอน ม.ป.ท. ม.ป.ป. 2515 (โรเนียว)

อุกม มุ่งเกษม การทดลองใช้เครื่องสอนประกอบการสอนวิชาภาษาอังกฤษในระดับชั้นประถมศึกษา

ปีที่ 7 วิทยานิพนธ์ กศ.ม. วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร 2515, 180 หน้า

Brown, James W., Lewis, Richard and Hareclearoad, Fred F., "Programmed

Instruction Materials" in A.V. Instruction Media and Methods,

3 th.ed., McGraw-Hill, Inc., London, 1969, pp.114-115

- Brown, Kenneth E. and Abell, Theodore L., "Research in Teaching of High School Mathematics", The Mathematic Teachers, 54: 53-58 January, 1966
- ✓ Carnos and others, "An Experiment in the Use of Programmed Materials in Teaching High School Chemistry", Journal of Research in Science Teaching, 15: 386, no. 4, 1967-1968
- Carpenter and Fillmer, "A Comparison of Teaching Machines and Programmed Text in the Teaching of Algebra 1", Journal of Education Research, 58: 218-271 January, 1965
- ✓ Day, Jesse H., "Teaching Mechines", J.Chem.Educ., 36: 591-595, no.12, 1959
- ✓ Dessart, Donald Joseph, "A Study of Programmed Learning with Superior Eighth Grade Students", A.V.Communication Review, 14: 424, 1966
- Fan, Chung Teh, Item Analysis Table, Educational Testing Service, 1952, 32 pp.
- ✓ Fine, Benjamin, Teaching Machines, Stering Publishing Co., Inc., N.Y., 1962, 176 pp.
- Fry, Edward B., Teaching Machines and Programmed Instruction, McGraw-Hill Book Company., Inc., N.Y., 1963, 243 pp.
- Gage, H.D., editor, Handbook of Research on Teaching, Chicago Rand, McNally & Com., 1963
- Garrette, Henry E., Statistics in Psychology and Education, 6 th.ed., David McKay Com., Inc., N.Y., 1966, 491 pp.
- Knox, William Alfred, "The Programmed Instruction Approach to the Elimination of Gross Error in Basic Studies Composition (Language and Literature Linguistics)", Discertation Abstracts International 31: 2543 A-3092 A, December, 1970
- McNemar, Quinn, Psychological Statistics, 4 th.ed., John Wiley and Sons, 1969, 529 pp.

- Meriber, George, "The Effects of Programmed Instruction in a College Physical Science Courses for Non-Science Students", Journal of Research in Science Teaching, 6: 214-216, no.3, 1969
- Oppenheim, A.N., Questionnaire Design and Attitude Measurement, Heinemann Educational Book, Ltd., London, 1966
- Popham, W.James, Educational Statistics: Use and Interpretation, Harper & Row, Publishers, N.Y., 1967, 429 pp.
- Powell, Virginia P., "Programmed Instruction in High School Chemistry", J.Chem.Educ., 40: 23-24, 1963
- Reusch and Carnell "An Experimental Program on Chemical Equilibrium" J.Chem.Educ., 40: 27-28
- Sacerdote, Luciana, "Evaluation of Programmed Instruction", J.Chem.Educ., 39: 390, no.8, 1962
- Taylor, Gray R., "A Comparative Evaluation of Teaching Effectiveness and Efficiency for three Representation Modes-Programmed Multimedia for Groups, Programmed Textbook, and Multimedia Lecture-Discussion as Adapted from an Original Unit of Instruction", Dissertation Abstracts International, 30: 3843 A, 1970
- Tobin, H.J., editor, Problems and Methods in Programmed Learning, National Centre for Programmed Learning, School for Education, University for Birmingham, 1967, 104 pp.
- The UNESCO Pilot Project for Chemistry Teaching in Asia, Introduction to Chemical Reaction: A Programmed Instruction Sequence, Thailand National Documentation Center, 1965-1966, 138 pp.
- Walker, Hoojin C., Programmed Chemistry Laboratory Experiments: Accomplishing Method Objectives, Science Education, 56: 163-170, no.2, 1972

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าความเชื่อมั่น (r_{xx}) ของแบบทดสอบ

$$r_{xx} = \frac{2r_{12}}{1+r_{12}}$$

$$r_{12} = \frac{\text{ค่าสหสัมพันธ์ของคะแนนข้อที่ 1 และ ข้อที่ 2}}{n\sum XY - \sum X \sum Y}$$

$$= \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{(n\sum X^2 - (\sum X)^2)(n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}$$

(McNemar, 1969: 168)

2. คะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$)

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

$$\sum X = \text{คะแนนรวมของนิสิตในกลุ่ม}$$

$$n = \text{จำนวนนิสิตในกลุ่ม}$$

(McNemar, 1969: 16)

3. ความแปรปรวนของคะแนน (s^2)

$$s^2 = \frac{\sum x^2}{n-1}$$

$$n = \text{จำนวนนิสิตในกลุ่ม}$$

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

$$\sum X = \text{คะแนนรวมของนิสิตในกลุ่ม}$$

$$\sum X^2 = \text{คะแนนรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง}$$

(Popham, 1967: 21-22)

4. ความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวนของคะแนน ใช้ F-test

$$F = \frac{s_g^2}{s_l^2}$$

F = คำนวณสำคัญของความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน

s_g^2 = ความแปรปรวนของคะแนน (ความมาก)

s_l^2 = ความแปรปรวนของคะแนน (ความน้อย)

(Popham, 1967: 145-148)

5. เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนระหว่างกลุ่ม 2 กลุ่ม ใช้ t-test
(pooled variance t model)

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\left(\frac{\sum x_1^2 + \sum x_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right) \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \quad (df = n_1 + n_2 - 2)$$

$\bar{X}_1$ = คะแนนเฉลี่ยของคะแนนกลุ่มที่ 1

$\bar{X}_2$ = คะแนนเฉลี่ยของคะแนนกลุ่มที่ 2

n_1 = จำนวนนิสิตในกลุ่มที่ 1

n_2 = จำนวนนิสิตในกลุ่มที่ 2

$\sum x_1^2$ = $\sum x_1^2 - \frac{(\sum x_1)^2}{n_1}$

$\sum x_2^2$ = $\sum x_2^2 - \frac{(\sum x_2)^2}{n_2}$

(Popham, 1967: 145-148)

ภาคผนวก ข
การวิเคราะห์ข้อมูล

20-70

2-2

ค่าความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ-

วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	p	r	ข้อที่	p	r
1*	.17	.24	24	.58	.36
2	.42	.42	25	.32	.28
3	.24	.26	26	.31	.40
4	.34	.33	27	.39	.52
5	.50	.50	28	.70	.51
6	.71	.64	29	.34	.33
7*	.82	.47	30	.46	.25
8	.34	.42	31	.39	.52
9	.42	.26	32*	.16	.42
10	.39	.42	33	.34	.33
11	.45	.31	34	.50	.20
12	.37	.27	35	.50	.40
13	.40	.31	36	.29	.35
14	.60	.31	37	.26	.44
15	.62	.62	38	.30	.51
16	.41	.51	39	.37	.27
17	.37	.35	40	.44	.60
18	.69	.40	41	.66	.44
19	.39	.52	42	.45	.31
20	.50	.40	43	.24	.39
21	.71	.64	44	.63	.37
22	.61	.42	45	.28	.48
23	.70	.51			

หมายเหตุ

* เป็นข้อสอบที่ได้มีการปรับปรุงก่อนนำไปใช้

การหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ

วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากสูตร

$$r_{xx} = \frac{2r_{12}}{1+r_{12}}$$

r_{xx} = ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

$$r_{12} = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{\{n \sum X^2 - (\sum X)^2\} \{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}}$$

แทนค่าสูตร

$$r_{12} = \frac{74(9017) - 721(806)}{\sqrt{\{74(8919) - 721^2\} \{74(9664) - 806^2\}}}$$

$$= \frac{86132}{\sqrt{140165 \times 65500}}$$

$$= \frac{86132}{95816.48481856}$$

$$= 0.8989267$$

$$r_{xx} = \frac{2(0.8989267)}{1+0.8989267}$$

$$= 0.9467734$$

$$= 0.95$$

คะแนนจากการทดสอบครั้งแรก (วิชาความรู้พื้นฐาน) และ-
ครั้งที่สอง (วิชาสถิติเพื่อการเรียน)

กลุ่มทดลอง			กลุ่มควบคุม		
เลขที่	ครั้งแรก (x_1)	ครั้งที่สอง (x_2)	เลขที่	ครั้งแรก (x_1)	ครั้งที่สอง (x_2)
1	14	25	1	20	28
2	20	28	2	25	30
3	10	21	3	21	32
4	17	25	4	22	32
5	19	25	5	15	22
6	26	32	6	14	28
7	22	34	7	12	25
8	19	23	8	12	19
9	20	33	9	19	27
10	18	26	10	21	30
11	20	32	11	17	24
12	14	22	12	25	35
13	18	31	13	20	27
14	18	32	14	15	18
15	16	30	15	18	28
16	8	20	16	16	21
17	16	26	17	17	20
18	17	21	18	11	15
19	21	30	19	11	15
20	19	22	20	16	24
			21	10	13
			22	18	27
Σ	352	538	Σ	378	540
$\bar{x}$	17.600	26.900	$\bar{x}$	17.182	24.545
s^2	16.147	20.882	s^2	20.905	34.784

ค่าแตกต่างของคะแนนจากการทดสอบครั้งแรกและครั้งที่สอง

กลุ่มทดลอง			กลุ่มควบคุม		
เลขที่	d_1	d_1^2	เลขที่	d_2	d_2^2
1	11	121	1	8	64
2	8	64	2	5	25
3	11	121	3	11	121
4	8	64	4	10	100
5	6	36	5	7	49
6	6	36	6	14	196
7	12	144	7	11	121
8	4	16	8	7	49
9	13	169	9	8	64
10	8	64	10	9	81
11	12	144	11	7	49
12	8	64	12	10	100
13	3	9	13	7	49
14	14	169	14	3	9
15	14	196	15	10	100
16	12	144	16	15	225
17	10	100	17	3	9
18	4	16	18	3	9
19	9	81	19	4	16
20	3	9	20	8	64
			21	3	9
			22	9	81

$$\sum d_1 = 176$$

$$\sum d_1^2 = 1794$$

$$\bar{d}_1 = 8.800$$

$$s_{d_1}^2 = 12.905$$

$$\sum d_2 = 172$$

$$\sum d_2^2 = 1590$$

$$\bar{d}_2 = 7.818$$

$$s_{d_2}^2 = 11.679$$

การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบครั้งแรก

<u>กลุ่มทดลอง</u>	<u>กลุ่มควบคุม</u>
$n_1 = 20$	$n_2 = 22$
$\bar{X}_1 = 17.600$	$\bar{X}_2 = 17.182$
$s_1^2 = 16.147$	$s_2^2 = 23.905$
$\sum x_1^2 = \sum x_1^2 - \frac{(\sum x_1)^2}{n_1}$	$\sum x_2^2 = \sum x_2^2 - \frac{(\sum x_2)^2}{n_2}$
$= 6502 - \frac{(352)^2}{20}$	$= 6860 - \frac{(378)^2}{22}$
$= 306.800$	$= 365.273$

ทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน (Test of homogeneity of variances)

$$H_0 : s_1^2 = s_2^2 \quad F_{21,19} = \frac{23.905}{16.147}$$

$$= 1.480$$

$$= 1.48$$

จากตาราง $F \approx 2.10$

ดังนั้น ความแปรปรวนมีเอกพันธ์ นั่นคือ $s_1^2 = s_2^2$

ใช้สูตร pooled variance t model ($df = n_1 + n_2 - 2$)

(Popham, 1967:145-148)

ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย

$$\text{จากสูตร} \quad t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\left(\frac{\sum x_1^2 + \sum x_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right) \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

$$= \frac{17.600 - 17.182}{\sqrt{\left(\frac{306.8 + 365.273}{20 + 22 - 2} \right) \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{22} \right)}}$$

$$= \frac{0.4182}{1.2660}$$

$$= 0.3303$$

การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบครั้งหลัง

<u>กลุ่มทดลอง</u>	<u>กลุ่มควบคุม</u>
$n_1 = 20$	$n_2 = 22$
$\bar{X}_1 = 26.900$	$\bar{X}_2 = 24.545$
$s_1^2 = 20.882$	$s_2^2 = 34.784$
$\sum x_1^2 = \sum x_1^2 - \frac{(\sum x_1)^2}{n_1}$	$\sum x_2^2 = \sum x_2^2 - \frac{(\sum x_2)^2}{n_2}$
$= 14868 - \frac{(538)^2}{20}$	$= 13958 - \frac{(540)^2}{22}$
$= 395.800$	$= 730.455$

ทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน (Test of homogeneity of variances)

$$H_0 : s_1^2 = s_2^2 \quad F_{21,19} = \frac{34.754}{20.882}$$

$$= 1.665$$

$$= 1.67$$

จากตาราง $F \simeq 2.10$

ดังนั้น ความแปรปรวนมีเอกพันธ์ นั่นคือ $s_1^2 = s_2^2$

ใช้สูตร pooled variance t model ($df = n_1 + n_2 - 2$)

(Popham, 1967:145-148)

ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย

$$\text{จากสูตร} \quad t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\left(\frac{\sum x_1^2 + \sum x_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right) \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

$$= \frac{26.900 - 24.545}{\sqrt{\left(\frac{395.800 + 730.455}{20 + 22 - 2} \right) \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{22} \right)}}$$

$$= \frac{2.3546}{1.6389}$$

$$= 1.4366$$

การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ของนิสิตที่เรียนจากบทเรียนโปรแกรมกับที่เรียนจากการสอนตามปกติ

กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม
$n_1 = 20$	$n = 22$
$\bar{X}_1 = \bar{d}_1 = 8.800$	$\bar{X}_2 = \bar{d}_2 = 7.818$
$s_1^2 = s_{d_1}^2 = 12.905$	$s_2^2 = s_{d_2}^2 = 11.680$
$\sum x_1^2 = \sum x_{d_1}^2 = 245.200$	$\sum x_2^2 = \sum x_{d_2}^2 = 245.273$

ทดสอบความเป็นเอกพันธ์ของความแปรปรวน (Test of homogeneity of variances)

$$H_0 : s_1^2 = s_2^2 \quad F_{19,21} = \frac{12.905}{11.680}$$

$$= 1.1049$$

$$= 1.10$$

จากตาราง $F \approx 2.07$

ดังนั้น ความแปรปรวนมีเอกพันธ์ นั่นคือ $s_1^2 = s_2^2$

ใช้สูตร pooled variance t model ($df = n_1 + n_2 - 2$)

(Popham, 1967:145-148)

ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยของค่าแตกต่างของคะแนนสอบครั้งแรกและครั้งหลัง

$$\text{จากสูตร } t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\left(\frac{\sum x_1^2 + \sum x_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right) \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

$$= \frac{8.800 - 7.818}{\sqrt{\left(\frac{245.200 + 245.273}{20 + 22 - 2} \right) \left(\frac{1}{20} + \frac{1}{22} \right)}}$$

$$= \frac{0.9818}{1.0815}$$

$$= 0.9078$$

การวิเคราะห์ทัศนคติและความสนใจของนิสิตในกลุ่มทดลอง

ข้อที่	มาตราส่วนประมาณค่า					Σx	$\bar{x}$	sd
	5	4	3	2	1			
1	20	56	6	-	-	82	4.10	0.5525
2	25	24	15	8	-	72	3.60	1.2937
3	20	56	3	2	-	81	4.05	0.6864
4	25	52	6	-	-	83	4.15	0.5871
5	30	44	3	4	-	81	4.05	0.5596
6	20	48	9	2	-	79	3.95	0.7592
7	-	36	16	1	-	59	2.95	1.3196
8	25	28	9	10	-	71	3.55	1.9267
9	25	52	6	-	-	83	4.15	0.5871
10	20	24	18	6	1	69	3.45	0.4559
11	-	28	18	10	2	58	2.90	1.0208
12	20	48	6	4	-	78	3.90	1.1653
13	10	56	9	2	-	77	3.85	0.6908
14	20	40	6	8	-	74	3.70	1.0311
รวมทั้งหมด	52	148	40	36	4	1047	3.74	6.1411

ภาคผนวก ค

บทเรียนโปรแกรม

บทเรียนโปรแกรม

เรื่อง

อะโรมาติซิตี (AROMATICITY)

ความรู้พื้นฐานของผู้เรียน

ผู้ที่เรียนบทเรียนโปรแกรมเรื่องอะโรมาติซิตี จะต้องมีความรู้พื้นฐานในเรื่องต่อไปนี้

นี้มาแล้ว

1. สารประกอบอินทรีย์

- 1.1 สารประกอบไฮโดรคาร์บอนแบบอะลิฟาติก และแบบอะโรมาติก
- 1.2 สารประกอบจำพวก Alkanes , Alkenes และ Alkynes

2. พันธะเคมี (Chemical bonds)

- 2.1 พันธะไอออนิก (Ionic bond)
- 2.2 พันธะโควาเลนต์ (Covalent bond)
- 2.3 ไฮบริไดเซชัน (Hybridization)
- 2.4 ทฤษฎีวาเลนซ์บอนด์ (Valent - Bond Theory)

3. ปฏิกิริยาเคมีชนิดต่าง ๆ ดังนี้

- 3.1 ปฏิกิริยารวมตัว (Addition reaction)
- 3.2 ปฏิกิริยาแทนที่ (Substitution reaction)
- 3.3 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation reaction)

คำชี้แจงประกอบการใช้บทเรียนโปรแกรม

เรื่อง อะโรมาทิสต์

- (1) บทเรียนที่นิสิตจะได้เรียนต่อไปนี้ เรียกว่า " บทเรียนโปรแกรม "
- (2) บทเรียนโปรแกรม เรื่อง อะโรมาทิสต์นี้แบ่งออกเป็นตอน ๆ ต่อเนื่องกันไป แต่ละตอนประกอบด้วยส่วนย่อย ๆ เรียกว่า กรอบ ใช้สัญลักษณ์ " ก. " แต่ละกรอบประกอบด้วย

- 2.1 ส่วนที่เป็นคำอธิบาย
- 2.2 ส่วนที่เป็นคำถาม
- 2.3 ที่ว่างสำหรับตอบคำถาม

ในบางกรอบอาจจะมีแต่ส่วนที่เป็นคำอธิบายก็ได้

- (3) เมื่อนิสิตอ่านส่วนที่ 2.1 และ 2.2 แล้ว ตอบคำถามลงในที่ว่างสำหรับตอบคำถามใต้กรอบ

(2.3) แล้วจึงเปิดดูคำตอบซึ่งจะปรากฏอยู่ในหน้าต่อไป

ถ้าตอบผิดโปรดอ่านทบทวนคำอธิบาย และตอบคำถามให้ถูกต้องใหม่ ก่อนเรียนต่อไป

" อย่าผ่านไปโดยไม่เข้าใจ และอย่าเปิดดูคำตอบก่อนตอบคำถามเป็นอันขาด "

- (4) นิสิตจะต้องเริ่มเรียนตั้งแต่ กรอบที่ 1 (ก.1) ตอนที่ 1 เรื่อยไป
- (5) เมื่อมีปัญหาสงสัยประการใดโปรดสอบถามผู้ควบคุมทันที
- (6) บันทึกเวลา - กรอบที่เริ่มต้นและเวลา - กรอบที่ทำสำเร็จทุกครั้งที่ยื่นลงในตารางหน้าต่อไป

* บันทึกเวลา - กรอบที่เริ่ม แล้วลงมือทำได้ *

24/5/55

ตารางบันทึกเวลา - กรอบในการเรียน

ครั้งที่	วันที่ - เดือน	เวลาเริ่ม	เวลาเลิก	กรอบที่เริ่ม/หน้า	กรอบที่จบ/หน้า

รวมเวลาที่ใช้อย่างหมดจด ชม. นาที

บทนำ

นิสิตเคยทราบมาแล้วว่า สารประกอบอินทรีย์แบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 2 ประเภท คือ สารประกอบอะลิฟาติกและสารประกอบอะโรมาติก

สารประกอบที่อาจจัดเป็นสารประกอบอะโรมาติกได้แก่ เบนซีน (benzene : ) แนพทาซีน (naphthalene : ) อนุพันธ์ของเบนซีน (benzene derivatives) และสารประกอบอื่น ๆ ที่มีสมบัติคล้ายเบนซีน เช่น ไพโรล (pyrrole : ) และไพริดีน (pyridine : ) เป็นต้น

สาเหตุที่จัดสารเหล่านี้เป็นสารประกอบอะโรมาติกเนื่องจาก สารเหล่านี้มีสมบัติบางอย่างที่คล้ายกันซึ่งเรียกว่า " อะโรมาติซิตี (Aromaticity) "

บทเรียนโปรแกรมฉบับนี้นิสิตจะได้เรียนถึงสมบัติต่าง ๆ ที่อาจจัดได้ว่าเป็นอะโรมาติซิตี

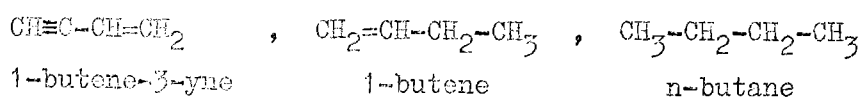
ตอนที่ 1

สารประกอบที่มีอะโรมาติซิตีมีสูตรโมเลกุล

แสดงความสามารถไม่อิ่มตัวสูง

ก.1 นิยามโดยเรียนมาแล้วว่าสารประกอบอินทรีย์บางชนิด เป็นสารประกอบไม่อิ่มตัว ความไม่อิ่มตัวของสารประกอบพวกนี้เกิดจากการมีพันธะคู่ (double bond) และ/หรือ พันธะสาม (triple bond) อยู่ในโมเลกุล

จงพิจารณาว่าสารประกอบต่อไปนี้สารใดมีความไม่อิ่มตัว



ก.2 ทั้ง 1-butene-3-yne และ 1-butene เป็นสารประกอบไม่อิ่มตัว จากผลการทดลอง 1-butene-3-yne มีความไม่อิ่มตัวสูงกว่า 1-butene

อะไรเป็นสาเหตุให้ 1-butene-3-yne มีความไม่อิ่มตัวสูงกว่า 1-butene ?

ก.3 เมื่อพิจารณาสูตรโมเลกุลของ 1-butene-3-yne และ 1-butene จะพบว่าในขณะที่สารประกอบทั้ง 2 มีจำนวนอะตอมของการบอนด์เท่ากันแต่ 1-butene มีจำนวนอะตอมของไฮโดรเจน (น้อยกว่า/เท่ากับ/มากกว่า)

ก.4 จาก ก.2 และ ก.3 แสดงว่า สารประกอบที่มีการเชื่อมเท่ากัน สารประกอบที่มีไฮโดรเจนน้อยกว่ามีความไม่อิ่มตัวสูงกว่า จงพิจารณาสารประกอบต่อไปนี้ สารใดมีความไม่อิ่มตัวสูงกว่า เบนซีน (C_6H_6) เฮกเซน (C_6H_{14})	ก.1 1-butene-3-yne , 1-butene
ก.5 จาก ก.4 พบว่าเบนซีนเป็นสารประกอบชนิดหนึ่งที่มีอะโรมาติซิตี มีสูตรโมเลกุลแสดงความไม่อิ่มตัวสูงหรือไม่ ?	ก.2
ก.6 ฟีนอล (Phenol) และแนพทาซีน (Naphthalene) ทั้งคู่เป็นสาร ประกอบที่มีอะโรมาติซิตี จงพิจารณาว่าสารประกอบแต่ละตัวมีสูตรโมเลกุลแสดงความ ไม่อิ่มตัวสูงหรือต่ำ	1-butene-3-yne มีพันธะสามอยู่ในโมเลกุล แต่ 1-butene ไม่มี
ก.7 สารประกอบอื่นที่มีอะโรมาติซิตีล้วนแต่มีสูตรโมเลกุลแสดงความไม่อิ่ม ตัวสูงทั้งสิ้น แสดงว่าสมบัติอย่างหนึ่งของอะโรมาติซิตี คือสูตรโมเลกุลของ สารประกอบ มีความไม่อิ่มตัว..... (สูง/ต่ำ)	ก.3 มากกว่า

ตอนที่ 2

โมเลกุลของสารประกอบที่มีอะโรมาติซิตีมีเสถียรภาพสูง

เราทราบมาแล้วว่า สมบัติประการหนึ่งของสารที่ไม่อิ่มตัวคือ มีความว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา-
รวมตัว (Addition reaction) และปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation reaction)

จากตอนที่ 1 เราทราบแล้วว่าโมเลกุลของสารประกอบที่มีอะโรมาติซิตีมีความไม่อิ่มตัวสูง การ --

ทดลองต่อไปนี้เป็นการทดลอง เพื่อศึกษาว่าสารประกอบที่มีอะโรมาติซิตีมีความว่องไว ต่อการเกิดปฏิกิริยารวมตัว และเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือไม่ โดยการใช้น้ำมันซึ่งได้กล่าวแล้วว่าเป็นสารประกอบที่มีอะโรมาติซิตี ทดสอบเปรียบกับไซโคลเฮกซีน

<u>การทดลองที่ 2.1</u> <u>ปฏิกิริยารวมตัว และปฏิกิริยาออกซิเดชัน</u> <u>ของสารประกอบที่มีอะโรมาติซิตี</u> <u>อุปกรณ์</u> - หลอดทดสอบ 4 หลอด และหยอกหยด 2 หลอด - แผ่นอะลูมิเนียมบาง ๆ ขนาดพอหุ้มหลอดทดสอบได้พอดี 2 แผ่น	ก.4 เบนซีน
<u>สารเคมี</u> - สารละลายโบรมีนในการบ่อนเคตระกลอไรท์ - สารละลาย KMnO_4 ที่เย็น และ เจือจาง - เบนซีน - ไซโคลเฮกซีน	ก.5 สูง
<u>วิธีทำการทดลองตอนที่ 1 ปฏิกิริยารวมตัว</u> 1. ใส่เบนซีนและไซโคลเฮกซีนอย่างละ 2 cm^3 ลงในหลอดทดสอบหลอดที่ 1 และหลอดที่ 2 ตามลำดับ 2. ใสหลอดทดสอบหุ้มสารละลายโบรมีนในการบ่อนเคตระกลอไรท์ลงในหลอดทั้ง 2 หลอดละ 4 หยดเท่า ๆ กัน แล้วสังเกตสีของสารละลายในหลอดทดสอบทั้ง 2	ก.6 ทั้งฟีนอล และแนพทาซีน มีความไว้มืดตัวสูง
3. ใสแผ่นอะลูมิเนียมบาง ๆ หุ้มและปิดปากหลอดทดสอบให้มิด 4. ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที แล้วจึงเปิดแผ่นอะลูมิเนียมที่หุ้มหลอดทั้งสองออก สังเกตการเปลี่ยนแปลงสีของสารละลายในหลอดทั้ง 2 เปรียบเทียบ 5. บันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2.1	ก.7 สูง



เบนซีน + สารละลาย
โบรมีนในคาร์บอน-
เตตระคลอไรด์

หลอดที่ 1



ไซโคลเฮกซีน + สาร
ละลายโบรมีนในคาร์-
บอนเตตระคลอไรด์

หลอดที่ 2

หมายเหตุ ระหว่างรอดผลการทดลองในตอนที 1 ให้ทำการทดลอง -
ตอนที่ 2 ไปก่อน

วิธีทำการทดลองตอนที่ 2 ปฏิกริยาออกซิเดชัน

1. ใส่เบนซีนและไซโคลเฮกซีนอย่างละ 2 cm³ ลงในหลอดทดสอบ
หลอดที่ 1 และหลอดที่ 2 ตามลำดับ
2. ใช้หลอดหยด ทุบสารละลาย KMnO_4 หยดลงในหลอดทดสอบทั้ง
สอง หลอดละ 4 หยดเท่ากัน เขย่าให้สารละลายผสมเป็นเนื้อเดียวกัน
3. สังเกตการเปลี่ยนสีของสารละลายในหลอดทั้งสองเปรียบ -
เทียบกัน
4. บันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 2.1



เบนซีน + สารละลาย

KMnO_4

หลอดที่ 1



ไซโคลเฮกซีน + สาร

ละลาย KMnO_4

หลอดที่ 2

การวางแผนกิจกรรมทดลองที่ 2.1

ตอนที่	ปฏิกิริยาที่ทดสอบ	สารที่ใช้	การเปลี่ยนสีของสารละลาย	
			เบนซีน	ไซโคลเฮกซีน
1	ปฏิกิริยารวมตัว	สารละลายโพรมีโนในการบอเนเตรกลอไรท์		
2	ปฏิกิริยาออกซิเดชัน	สารละลาย KMnO_4 (เย็น+เจือจาง)		

ก.1 จากผลการทดลองตอนที่ 1 เบนซีนเกิดปฏิกิริยารวมตัวหรือไม่?

ก.2 ทำไมเราจึงต้องหุ้มหลอดทดสอบ?

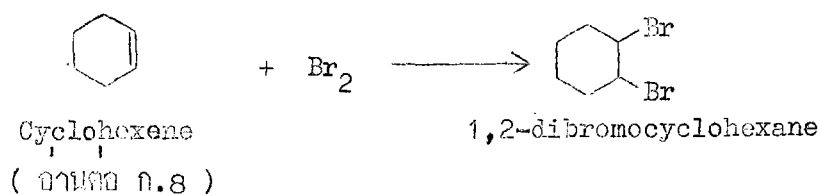
ก.3 การทดลองตอนที่ 1 ทำที่อุณหภูมิห้องหรือไม่?

ก.4 ไซโคลเฮกซีนได้หรือไม่?

ก.5 การทดลองซึ่งทำที่อุณหภูมิห้อง และไม่ใช้ตะกั่วไดออกไซด์ใด ๆ เรียกว่าเป็นการทดลองที่สถานะปกติ การทดลองของเราทำที่สถานะปกติหรือไม่?

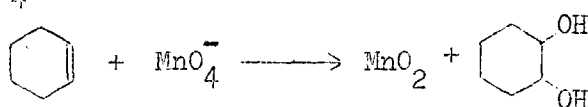
ก.6 จากผลการทดลองในตอนที่ 1 ไซโคลเฮกซีนเกิดปฏิกิริยารวมตัวหรือไม่?

ก.7 ตามที่เรียนมาไซโคลเฮกซีนเกิดปฏิกิริยารวมตัวทำให้สีของสารละลายจางลงถึงสมการ



ก.8 จากผลการทดลองในตอนที 1 จะสรุปได้หรือไม่ว่าที่สภาวะปกติ สารประกอบที่อะโรมาติคิตีไม่เกิดปฏิกิริยารวมตัว

ก.9 จากผลการทดลองตอนที่ 2 ไซโคลเฮกซีนถูกออกซิไดซ์ด้วยสารละลาย KMnO₄ เกิดปฏิกิริยากังนี้:-



ปฏิกิริยานี้เรียกว่าปฏิกิริยาอะไร

ก.10 เมื่อเติมสารละลาย KMnO₄ ลงในเบนซีนได้ผลต่างจากเมื่อเติมลงในไซโคลเฮกซีนอย่างไร

ก.11 เบนซีนไม่สามารถพอกจางสีของสารละลาย KMnO₄ แสดงว่าเกิดปฏิกิริยาออกซิเคชันหรือไม่ ?

ก.12 การทดลองครั้งนี้ทำให้สภาวะปกติหรือไม่ ?

ก.1

ไม่เกิด

ก.2

เพื่อไม่ให้สารละลาย
ในหลอดทดสอบถูกแสง

ก.3

ทำที่อุณหภูมิห้อง

ก.4

ไม่ใช่

ก.5

ทำให้สภาวะปกติ

ก.6

ทดลองได้ถูกต้องจะเกิด
ปฏิกิริยารวมตัว

ก.13 จากผลการทดลองในตอนที่ 2 เราสามารถสรุปเกี่ยวกับการ- เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบที่มีอะโรมาติซิตีที่สภาวะปกติ ได้อย่างไร ?	ก.7 -
ก.14 จากข้อสรุปใน ก. 8 และ ก. 13 แสดงว่าที่สภาวะปกติสาร- ประกอบที่มีอะโรมาติซิตีเกิดปฏิกิริยาต่อไปนี้หรือไม่ ? (1) ปฏิกิริยารวมตัว (2) ปฏิกิริยาออกซิเดชัน	ก.8 สรุปได้
ก.15 ดังนั้นสารประกอบที่มีอะโรมาติซิตี.....(วงไว/ไม่ วงไว)ต่อการเกิดปฏิกิริยารวมตัว และปฏิกิริยาออกซิเดชัน	ก.9 ปฏิกิริยาออกซิเดชัน
ก.16 ตามปกติสารประกอบไม่อินทรีย์วงไวต่อการเกิดปฏิกิริยารวม- ตัวและปฏิกิริยาออกซิเดชัน แต่สารประกอบอินทรีย์..... (วงไว/ไม่วงไว)ต่อการเกิดปฏิกิริยาทั้งสองชนิดดังกล่าว	ก.10 เมื่อเติมลงในเบสที่เข้มข้นของ สารจะละลายไม่เปลี่ยนแปลง แต่สีของสารจะละลายจางลง เมื่อเติมลงในไฮโดรคลอริก
ก.17 ที่เป็นดังนี้เนื่องจากโมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์มีเสถียร- ภาพสูง ส่วนโมเลกุลของสารประกอบไม่อินทรีย์มีเสถียรภาพไม่สูง เมื่อ เทียบกับสารประกอบอินทรีย์ (ว่านต่อ ก.18)	ก.11 ไม่เกิด
ก.18 แต่สารประกอบที่มีอะโรมาติซิตีไม่วงไวต่อการเกิดปฏิกิริยา- รวมตัว และปฏิกิริยาออกซิเดชัน ดังนั้นโมเลกุลสารประกอบที่มีอะโรมาติซิตีจึงมีเสถียรภาพ(สูง/ต่ำ)	ก.12 ทำที่สภาวะปกติ

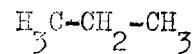
และสารประกอบที่มีพันธะคอกอย 2 ค จะอยู่ระหว่าง 56 ถึง

60 kcal/mol

ดังนั้น Heat of Hydrogenation ของสารประกอบที่เสถียร

ค 3 ค ควรมีค่าระหว่าง ถึง kcal/mol

n.19



propane

ก.23 สารประกอบที่มีอะโรมาติกที่พบว่ามีความ Heat of Hydrogenation

ต่ำกว่าที่ควรจะเป็น

แสดงจำค่า Heat of Hydrogenation ของสารประกอบพวกนี้.....(ต่ำกว่า/เท่ากับ/สูงกว่า) ที่ได้จากการคำนวณโดย

ยึดหลักจาก ก.22

0.20

2.

ก.24 โมเลกุลของเบนซีนมีพันธะคู่อยู่ 3 คู่ ดังนั้น Heat of Hydrogenation, การจะย่อยระหว่าง.....ถึง.....kcal/mol

n.21

ก.25 จากผลการทดลองพบว่า Heat of Hydrogenation ของเบนซีน มีค่าเพียง 48 kcal/mol เท่านั้น

แสดงว่า Heat of Hydrogenation ของเบนซีนต่ำกว่าที่ควร-
จะเป็นหรือไม่ ?

Heat of Hydrogenation

ก.26 สารประกอบที่มีอะโรมาติกคือ... มีค่า Heat of Hydrogenation

ต่ำกว่าที่ควรจะเป็นทั้งสิ้น

(อ่านต่อ ก. 27)

ก.27 สารประกอบที่มีเสถียรภาพของโมเลกุลสูงจะมีค่า Heat of Hydrogenation ต่ำกว่าที่ควรจะเป็น ดังนั้นสารประกอบที่มีอะโรมาติซิตีมีเสถียรภาพของโมเลกุลเป็นอย่างไร ?	ก.22 84 , 90
ก.28 ที่เรียนมาทั้งหมดในตอนที่ 2 จะเห็นว่าโมเลกุลสารประกอบที่มีอะโรมาติซิตีมีเสถียรภาพเป็นอย่างไร ?	ก.23 ต่ำกว่า
ก.29 เสถียรภาพของโมเลกุลสารประกอบที่มีอะโรมาติซิตีแสดงออกได้อย่างไรบ้าง สรุปมา 2 ข้อ	ก.24 84 , 90
	ก.25 ต่ำกว่า

ตอนที่ 3

สารประกอบที่มีอะโรมาติซิตีเกิดปฏิกิริยาแทนที่ได้

สารประกอบที่มีอะโรมาติซิตีนอกจากมีสูตรโมเลกุลแสดงความไม่อิ่มตัวสูง และมีเสถียรภาพสูงแล้ว ยังเกิดปฏิกิริยาแทนที่ได้อีกด้วย ดังจะได้เรียนต่อไป :-

ก.1 1-propyne เป็นสารประกอบ Alkyne ชนิดหนึ่งที่มี active hydrogen เขียนแสดงได้ดังนี้ :- $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{CH} \\ \uparrow \\ \text{active hydrogen} \end{array}$ จงเขียนสูตรที่แสดง active hydrogen ของ 1-butyne $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}\equiv\text{CH}$	ก.26
--	-------------

ก.2 เมื่ออะตอมของไฮโดรเจนที่อยู่ในโมเลกุลของสารประกอบถูกแทนที่ด้วยอะตอม หนึ่งธาตุหรือไอออนใด ๆ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเรียกว่า " ปฏิกิริยาแทนที่ (substitution reaction) " จงเขียนปฏิกิริยาแทนที่ต่อไปนี้ให้สมบูรณ์ $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C}\equiv\text{CH} + \text{Na} \longrightarrow \quad + \frac{1}{2} \text{H}_2$	ก. 27 มีเสถียรภาพสูง
ก. 3 ปฏิกิริยาแทนที่มีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามชนิดของอะตอมหรือหมู่ธาตุหรือไอออนที่เข้าแทนที่ไฮโดรเจน เมื่อหมู่ไนโตร (-NO₂) เข้าแทนที่ไฮโดรเจนเรียกปฏิกิริยาแทนที่นี้ว่า " ปฏิกิริยาไนเตรชัน (Nitration reaction) " ถ้าหมู่ซัลโฟนิล (-HSO₃) เข้าแทนที่ไฮโดรเจนเรียกปฏิกิริยาแทนที่นี้ว่าอย่างไร ?	ก. 28 มีเสถียรภาพสูง
ก. 4 จงเขียนปฏิกิริยาโบรมิเนชันต่อไปนี้ให้สมบูรณ์ $\text{H}_3\text{C-CH}_3 \xrightarrow[\text{light, } 127^\circ]{\text{Br}_2} \quad + \text{HBr}$	ก. 29 1. ไม่เกิดปฏิกิริยารวมตัวและปฏิกิริยาออกซิเดชันที่สภาวะปกติ
ก.5 จงเขียนปฏิกิริยาคลอรีเนชันต่อไปนี้ให้สมบูรณ์ $\text{H}_3\text{C-CH}_3 \xrightarrow[\text{light, } 25^\circ]{\text{Cl}_2} \quad + \text{HCl}$	2. มีค่า Heat of Hydrogenation ต่ำกว่าปกติ
ก.6 จาก ก.3 - ก.5 แสดงว่าปฏิกิริยาไนเตรชัน ปฏิกิริยาโฟเนชัน ปฏิกิริยาโบรมิเนชัน และปฏิกิริยาคลอรีเนชัน ล้วนแต่เป็นปฏิกิริยา ทั้งสิ้น	ตอนที่ 3 ก. 1 $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C}\equiv\text{CH}$ ↑

ก.7 นอกจากปฏิกิริยาแทนที่ทั้ง 4 แล้วยังมีปฏิกิริยาแทนที่อื่น ๆ อีก การเรียงลำดับขึ้นอยู่กับชนิดของ.....หรือ.....หรือ.....ที่เข้าแทนที่ไฮโดรเจนในสารประกอบเป็นสำคัญ	ก. 2 $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C}\equiv\text{CNa}$
ก.8 สารประกอบบางประเภทเช่น Alkanes สามารถเกิดปฏิกิริยา แทนที่ได้ แต่สารประกอบบางประเภทเช่น Alkenes ไม่สามารถ เกิดปฏิกิริยาแทนที่ได้ แสดงว่าปฏิกิริยาแทนที่เป็นสมบัติ.....(เฉพาะ/ไม่- เฉพาะ)ของสารประกอบแต่ละประเภท	ก. 3 ปฏิกิริยาซัลโฟเนชัน หรืออาจตอบเป็นภาษาอังกฤษว่า Sulfonation reaction
ต่อไปนี้เราจะทำการทดลองเพื่อดูว่าสารประกอบที่มีอะโรมาติซิตี เกิดปฏิกิริยาแทนที่หรือไม่ ? การทดลองที่ 3.1 เป็นการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาในกรณี ของเบนซีน	ก. 4 $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{Br}$
การทดลองที่ 3.1 ปฏิกิริยาในกรณีของเบนซีน <u>อุปกรณ์</u> - หลอดทดสอบ 3 หลอด - หลอดหยด 2 หลอด - ปีกเกอร์ขนาด 50 cm³ 3 ใบ - กระบอกตวงขนาด 10 cm³ 1 ใบ <u>สารเคมี</u> - เบนซีน - น้ำกลั่น - กรดกำมะถันเข้มข้น - กรดไนตริกเข้มข้น	ก. 5 $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{Cl}$
<u>วิธีทำการทดลอง</u> 1. ผสมกรดไนตริกเข้มข้น 3 cm³ กับกรดกำมะถันเข้มข้น 2 cm³ ในหลอดทดสอบอย่างช้า ๆ ด้วยความระมัดระวัง	ก. 6 แทนที่

2. ตวงเบนซีนมา 1 cm^3 ใช้หลอดหยดหยดเบนซีนเต็มลงในหลอดข้อ 1 จนครบ 1 cm^3 พร้อมทั้งเขย่าและสังเกตการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิด้วย

3. เขย่าหลอดทดสอบต่อไปอีก 2 - 3 นาที เทสารทั้งหมดลงในปิกลีเกอร์ที่ใส่น้ำกลั่นไว้ประมาณครึ่งปิกลีเกอร์

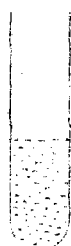
4. บันทึกลักษณะ สี และความหนาแน่นของสารที่เกิดขึ้นลงในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 3.1

5. ทำข้อ 1 - 4 ใหม่แต่ใช้น้ำกลั่นแทนเบนซีน เพื่อเปรียบเทียบผล

6. เติมเบนซีนลงในหลอดทดสอบ 1 cm^3 แล้วเทเบนซีนจากหลอดทดสอบลงในปิกลีเกอร์ที่เตรียมไว้ โดยบรรจุน้ำกลั่นประมาณครึ่งปิกลีเกอร์ สังเกตว่าเบนซีนละลายน้ำหรือไม่ ถ้าไม่ละลายให้บอกด้วยว่าหนักหรือเบากว่าน้ำ บันทึกผลการทดลองในตารางบันทึกผลการทดลองที่ 3.1



เบนซีน+conc. HNO_3
+conc. H_2SO_4



น้ำกลั่น+conc. HNO_3
+conc. H_2SO_4



เบนซีน

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 3.1

การทดสอบ	ผลการทดสอบ
1. เบนซีน+conc. HNO_3 +conc. H_2SO_4 เทลงน้ำกลั่น	
2. น้ำกลั่น+conc. HNO_3 +conc. H_2SO_4 เทลงน้ำกลั่น	
3. เบนซีนเทลงน้ำกลั่น	

ก.7

อะคอม, หนูอาตุ,
อ็อน

ก.8

เฉพาะ

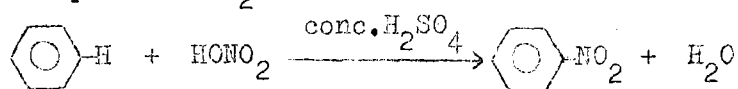
ก.9 เมื่อให้เบนซีนทำปฏิกิริยากับกรดไนตริกเข้มข้นสมกรรณกำหนด -
เข้มข้นให้ผลแตกต่างจากผลที่ได้เปรียบเทียบกับอย่างไร ?

ก.10 จากทฤษฎี " ในหลอดที่มีเบนซีน กรดไนตริกเข้มข้น และกรรณ
กำหนดเข้มข้นเมื่อเทลงน้ำจะได้อสารที่ชื่อว่า " ไนโตรเบนซีน "
มีลักษณะเป็นน้ำมันสีเหลืองอ่อน หนักกว่าน้ำ "

ผลการทดลองของนิสิตตรงตามทฤษฎีหรือไม่ ? อย่างไร ?

ก.11 ถ้าผลการทดลองของนิสิตได้ตรงตามทฤษฎีแสดงว่า เบนซีน
ทำปฏิกิริยากับกรดไนตริกเข้มข้น เมื่อมีกรรณกำหนดเข้มข้นอยู่ด้วยได้
สารประกอบชื่อว่า

ก.12 ปฏิกิริยาแทนที่ที่เกิดจากไฮโดรเจนในโมเลกุลของเบนซีนถูก
แทนที่ด้วยหมู่ไนโตร ($-\text{NO}_2$) ดังนี้ :-



ปฏิกิริยาแทนที่นี้เรียกว่า.....

ก.13 จากผลการทดลองตอนที่ 3.1 สรุปได้ว่าสารประกอบที่มี
อะโรมาติซิตี เช่น เบนซีน เป็นต้น เกิดปฏิกิริยาแทนที่ชื่อ.....ได้

ต่อไปจะทำการทดลองเพื่อดูว่าสารประกอบที่มีอะโรมาติซิตีในออก -
จากเกิดปฏิกิริยาในเกรนแล้ว จะเกิดปฏิกิริยาแทนที่อื่น ๆ ได้อีกหรือไม่

การทดลองที่ 3.2

ปฏิกิริยาโบรมิเนชันของอนิสีน

อุปกรณ์

- หลอดทดสอบ 1 หลอด

- หลอดหยด 3 หลอด

สารเคมี

- อนิสีน

- กรดเกลือเข้มข้น

- น้ำโบรมีน

วิธีทำการทดลอง

1. ใช้หลอดหยดกดยอนิสีนหยดลงในหลอดทดสอบ 5 หยด

2. ใช้หลอดหยดอื่น ๆ กรดเกลือเข้มข้นหยดลงในหลอดทดสอบ

จากข้อ 1 ที่ละหยด (พร้อมทั้งเขย่า) จนกระทั่งอนิสีนละลายหมด

3. หยคน้ำโบรมีนลงไปทีละหยดจนกระทั่งเกิดการเปลี่ยนแปลง

สังเกตสี และลักษณะของสารที่เกิดขึ้น เสร็จแล้วบันทึกผลลงในตารางบันทึก
ผลการทดลองที่ 3.2

ตารางบันทึกผลการทดลองที่ 3.2

ปฏิกิริยาที่ทดสอบ	สีและลักษณะของสารที่ได้

ก.14 จากผลการทดลองท่านเตรียมตะกอนได้หรือไม่ ?

ก.9

-

ก.10

-

ก.11

ไนโตรเบนซีน

ก.12

ปฏิกิริยาในเกรน

ก.13

ปฏิกิริยาในเกรน

ก.15 ตามทฤษฎีถ้าแทนที่ด้วยไฮโดรเจน จะได้ตะกอนสีขาวของ
2,4,6 - ไตรโบรโมอนิซีน

ผลการทดลองของท่านสอดคล้องกับทฤษฎีหรือไม่ ?

ก.14

ก.16 ถ้าผลการทดลองของท่านสอดคล้องกับทฤษฎีแสดงว่าอนิซีนทำปฏิกิริยากับน้ำโบรมีนได้สารประกอบที่ชื่อว่า

ก.17 อนิซีนถูกเปลี่ยนไปเป็น 2,4,6 - ไตรโบรโมอนิซีนแสดงว่าไฮโดรเจนในโมเลกุลของอนิซีน 3 อะตอมถูกแทนที่ด้วยโบรมีนอีกอน

ก.18 ปฏิกิริยาแทนที่นี้ ชื่อว่า

ก.19 สูตรโครงสร้างของอนิซีนคือ  ดังนั้นเราจึงเขียนสมการ - โบรมิเนชันของอนิซีนได้ดังนี้



ก.20 จากผลการทดลองที่ 3.2 แสดงว่าสารประกอบที่มีอะโรมาติซิตี เช่น อนิซีน เกิดปฏิกิริยาแทนที่ ชื่อว่า.....ได้

ก.21 จากผลการทดลองที่ 3.1 และ 3.2 แสดงว่าสารประกอบที่มีอะโรมาติซิตีเกิดปฏิกิริยาและ.....ได้	ก.15 -
ก.22 นอกจากนี้สารประกอบที่มีอะโรมาติซิตียังเกิดปฏิกิริยาแทนที่อื่น ๆ ได้ อีก แสดงว่าปฏิกิริยาแทนที่เป็นสมบัติของสารประกอบที่มีอะโรมาติซิตี	ก.16 2,4,6-ไตรโบรโม- อนิลีน ก.17 3

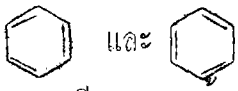
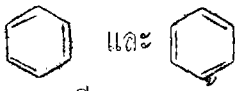
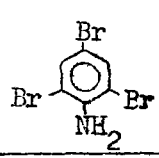
ตอนที่ 4

สารประกอบที่มีอะโรมาติซิตีมีเรโซแนนซ์ (Resonance)

เกิดขึ้นในโมเลกุล

สมบัติซึ่งจัดเป็นอะโรมาติซิตีที่เรียนไปแล้วได้แก่ สูตรโมเลกุลแสดงความไม่อิ่มตัวสูง โมเลกุลของสารประกอบที่มีอะโรมาติซิตีมีเสถียรภาพสูง และสารประกอบที่มีอะโรมาติซิตีเกิดปฏิกิริยาแทนที่ได้

นอกจากนี้สารประกอบที่มีอะโรมาติซิตียังมีเรโซแนนซ์ (Resonance) เกิดในโมเลกุล ดังจะได้กล่าวต่อไปนี้ :-

ก.1 เบนซีนเป็นสารประกอบชนิดแรกที่เรารู้จักว่ามีอะโรมาติซิตีต่อไปจะเรียนถึง เรโซแนนซ์ในโมเลกุลของเบนซีน (อ่านต่อ ก.2)	ก.18 ปฏิกิริยาโบรมิเนชัน
ก.2 นักวิทยาศาสตร์ค้นพบเบนซีนตั้งแต่ ค.ศ.1825 แต่ไม่สามารถพิสูจน์โครงสร้างได้ จนปี ค.ศ.1831 เคคูเล (Kecule) นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน จึงเสนอสูตรโครงสร้างของเบนซีนเป็น 2 แบบ คือ  และ  จากโครงสร้างของเคคูเล แสดงว่าโมเลกุลของเบนซีนประกอบด้วยพันธะเดี่ยวจำนวน.....พันธะ และพันธะคู่จำนวน.....พันธะ	ก.19  ก.20 ปฏิกิริยาโบรมิเนชัน

ก.3 ตามปกติพันธะเดี่ยวที่เกิดขึ้นระหว่างอะตอมของคาร์บอนในสารประกอบ มีความยาวพันธะ (bond length) ระหว่าง $1.48 \text{ \AA}$ ถึง $1.54 \text{ \AA}$ และพันธะคู่ที่เกิดขึ้นระหว่างอะตอมของคาร์บอนมีความยาวพันธะประมาณ $1.34 \text{ \AA}$ แสดงว่าพันธะเดี่ยวและพันธะคู่ระหว่างอะตอมของคาร์บอนมีความยาวเท่ากันหรือไม่ ?	ก.21 ในเทรชัน และปฏิกิริยา โบริมีเนชัน
ก.4 ถ้าโมเลกุลของเบนซีนประกอบด้วยพันธะเดี่ยว 3 พันธะและพันธะคู่ 3 พันธะแล้ว ความยาวของพันธะทั้ง 6 จะเป็นอย่างไร? (1) ทุกพันธะยาวเท่ากัน (2) ทุกพันธะยาวไม่เท่ากัน (3) พวงพันธะเดี่ยวยาวเท่ากัน และพวงพันธะคู่ก็ยาวเท่ากัน แต่ 2 พวงยาวไม่เท่ากัน	ก.22 ตอนที่ 4 ก.1
ก.5 จากการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า "เอกซเรย์คิฟแฟรคชัน (X-ray Diffraction)" พบว่าพันธะทั้ง 6 ในโมเลกุลของเบนซีนยาว $1.39 \text{ \AA}$ เท่ากันทุกพันธะ แสดงว่าโมเลกุลของเบนซีน (ประกอบด้วย/ไม่ประกอบด้วย) พันธะเดี่ยวสลับพันธะคู่ตามโครงสร้างของเคคูเล	ก.2
ก.6 โมเลกุลของเบนซีนไม่ได้ประกอบด้วยพันธะเดี่ยวสลับพันธะคู่ตามแบบเคคูเล แต่เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า "เรโซแนนซ์ (Resonance)" (อ่านต่อ ก.7)	3 , 3

ก.7 โมเลกุลที่มีเรโซแนนซ์ เป็นโมเลกุลที่เขียนแทนได้ด้วยโครง
สร้างมากกว่า 1 แบบ แต่ละแบบมีการจัดเรียงอะตอมเหมือนกัน
ต่างกันที่การจัดเรียงอิเล็กตรอนเท่านั้น
(อ่านต่อ ก.8)

ก.3

ไม่เท่ากัน

ก.8 จากตอนที่ 1 สูตรโครงสร้างของเบนซีนคือ.....

ก.4

ก.9 จากสูตรโครงสร้างของเบนซีนทำให้ทราบว่าโมเลกุลของเบน-
ซีนประกอบด้วยคาร์บอน.....อะตอมและไฮโดรเจน.....
อะตอม

(3)

ก.10 การบอนแต่ละอะตอมในโมเลกุลของเบนซีนจะเกิดพันธะแบบ
ซิกมา (σ -bond) กับอะตอมอื่น 3 อะตอม แสดงว่าอะตอมของ
คาร์บอนเกิดพันธะแบบซิกมาจากออร์บิทัลแบบใด ?

ก.5

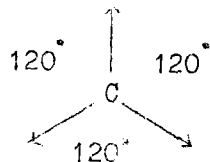
- (1) sp -orbital
- (2) sp^2 -orbital
- (3) sp^3 -orbital

ไม่ประกอบด้วย

ก.11 จงพิจารณาโครงสร้างของ sp^2 -Orbital ดังต่อไปนี้:-



หรือ



จากรูปจะเห็นว่า sp^2 -orbital

แต่ละออร์บิทัลทำมุม

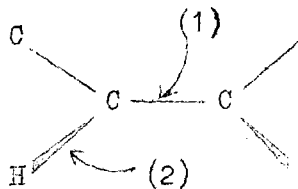
กันเป็น.....องศา

ก.6

ก.12 ในโมเลกุลของเบนซีน พันธะชนิดที่มี 2 ชนิดคือ:-

- (1) Carbon-Carbon sigma bond
- (2) Carbon-Hydrogen sigma bond

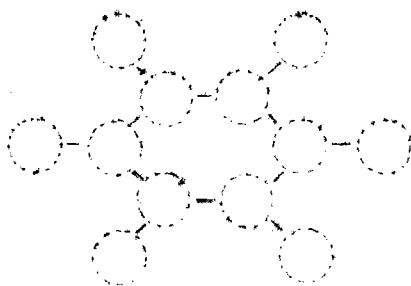
(ดูภาพประกอบ)



(อ่านต่อ ก.13)

ก.13 จาก ก.12 แสดงว่าแต่ละอะตอมของคาร์บอนในเบนซีน
เกิดพันธะแบบเดียวกับคาร์บอนอื่น.....อะตอม และกับไฮโดรเจน
.....อะตอม

ก.14 อาศัยความรู้ที่เรียนมา จงเขียนโครงสร้างของเบนซีนโดย
เติม C (คาร์บอน) หรือ H (ไฮโดรเจน) ลงในตำแหน่งที่เขียน
วงกลมๆ ไขว่ปลาไว้ให้ถูกต้อง



ก.15 เมื่อกลับมาพิจารณาอะตอมของคาร์บอนจะพบว่า คาร์บอนเป็น
ธาตุที่มีอะตอมมีกัมเบอร์ 6

ดังนั้นในคาร์บอน 1 อะตอมมีอิเล็กตรอนทั้งหมด.....

อิเล็กตรอน

ก.7

ก.8



ก.9

6 , 6

ก.10

(2)

ก.11

120

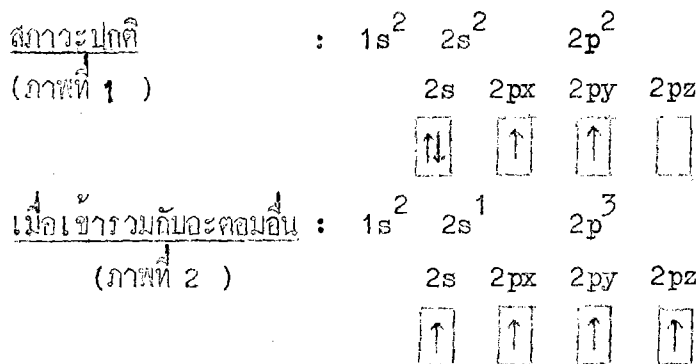
ก.16 การจัดเรียงอิเล็กตรอนทั้ง 6 จะเป็น $1s^2 2s^2 2p^2$
แสดงว่ามีอิเล็กตรอนวงนอกอยู่.....อิเล็กตรอน

ก.12

ก.17 การจัดเรียงอิเล็กตรอนแบบ $1s^2 2s^2 2p^2$ เป็นการจัด
เรียงอิเล็กตรอนที่สภาวะปกติของคาร์บอน เรายังไม่รวมตัวกับ
อะตอมอื่น
(อ่านต่อ ก.18)

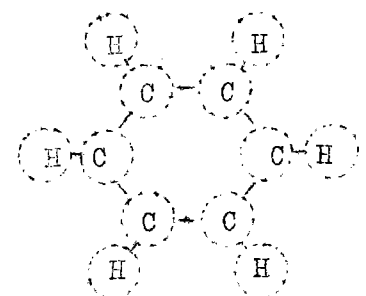
ก.13

ก.18 เมื่ออะตอมของคาร์บอนจะเข้าร่วมกับอะตอมอื่น จะเกิดการ
เคลื่อนย้าย (shift) อิเล็กตรอนดังนี้ :-



จากภาพแสดงว่าอิเล็กตรอนจาก 2pz เคลื่อนมาจาก.....

ก.14



ก.19 จากภาพที่ 2 จำนวนอิเล็กตรอนใน 2s 2px และ 2py มีอยู่
ออร์บิทัลละเท่าไร ?

ก.15

ก.20 ออร์บิทัล 2s 2px และ 2py ซึ่งมีอิเล็กตรอนอยู่ออร์บิทัล
ละ 1 อิเล็กตรอน รวมตัวกันกลายเป็นออร์บิทัลใหม่ชื่อว่า sp^2 -
orbital แสดงว่า sp^2 -orbital มีอิเล็กตรอนอยู่ทั้งสิ้น.....

6

ก.21 การเกิด sp^2 -orbital จัดเป็น Hybridization ชนิดหนึ่ง
(อ่านต่อ ก.22)

ก.16

ก.22 ออร์บิทัลที่ไม่ได้มีส่วนในการเกิด sp^2 -orbital คือ.....

4

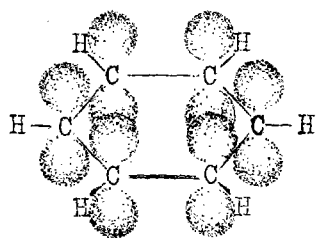
ก.23 ออร์บิทัลที่ไม่ได้มีส่วนในการเกิด sp^2 -orbital นี้เรียกว่า
ออร์บิทัลอิสระ ดังนั้นออร์บิทัลอิสระมีอิเล็กตรอนอยู่.....
อิเล็กตรอน

ก.17

ก.24 อาศัยโครงสร้างของเบนซีนใน ก.13 และความรู้จาก ก.18
ถึง ก.23 เขียนโครงสร้างของเบนซีนได้เป็น

ก.18

2s



(อ่านต่อ ก.25)

ก.19

1 อิเล็กตรอน

ก.25 จากรูปโครงสร้างของเบนซีนใน ก.24 พบว่า p-orbital
ของคาร์บอนทุกอะตอมประกอบด้วย lobelobes
อยู่บนและล่างของระนาบโมเลกุล

ก.20

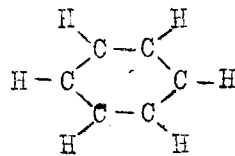
3 อิเล็กตรอน

ก.26 ทั้ง 2 lobes มีอิเล็กตรอนจำนวนเท่าไร ?

ก.27 อาศัยความรู้ที่ว่า ออร์บิทัลทั้ง 3 ใน sp^2 อยู่ในระนาบเดียวกัน และแต่ละอะตอมของการ์บอนในโมเลกุลของเบนซีนเกิดพันธะแบบซิกมาด้วยการ์บอนอื่น 2 อะตอม และกับไฮโดรเจนอีก 1 อะตอมโดยใช้ sp^2 -orbital

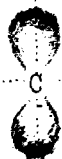
ฉะนั้นทุกอะตอมในโมเลกุลของเบนซีนอยู่ในระนาบเดียวกันหรือไม่ ?

ก.28 เมื่อทุกอะตอมในโมเลกุลของเบนซีนอยู่ในระนาบเดียวกัน โมเลกุลของเบนซีนจะมีลักษณะแบนหรือไม่ ?



โครงสร้างของเบนซีน

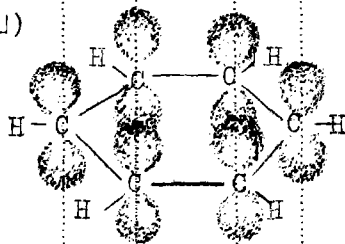
ก.29 แต่ละอะตอมของการ์บอนในโมเลกุลของเบนซีนจะมี p-orbital อยู่ในแนวตั้งฉากกับระนาบของโมเลกุลทั้งภาพ



แนวระนาบโมเลกุลของเบนซีน.....

(อ่านต่อ ก.30)

ก.30 เมื่อ p-orbital ของการ์บอนทุกอะตอมอยู่ในแนวตั้งฉากกับระนาบโมเลกุล ดังนั้นทุก p-orbital จะอยู่ในแนวขนานกันหรือไม่ ? (ดูรูปประกอบ)



ก.21

ก.22

pz -orbital

ก.23

ก.24

ก.25

ก.26

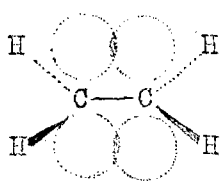
ก.31 ทุกออร์บิทัลจากรูปใน ก.30 มีอิเล็กตรอนรวมกันทั้งสิ้นเท่าไร? ก.27

ก.32 แต่ละ p-orbital อยู่ใกล้ชิดกันจึงเกิด ซ้อนกันบางส่วน
(Overlapping) ระหว่าง p-orbitals ขึ้น
(อ่านต่อ ก.33)

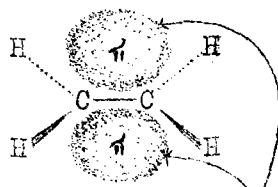
อยู่ในระนาบเดียวกัน

ก.33 ก่อนพิจารณาการซ้อนกันบางส่วนของ p-orbital ในโมเลกุลของเบนซีน จงพิจารณาการซ้อนกันบางส่วนใน ethene (C_2H_4) ก่อนดังนี้ :-

ก.28



หรือ



เกิดจากการซ้อนกันบางส่วน
ของ p-orbitals

(อ่านต่อ ก.34)

ลักษณะแบน

ก.34 จาก ก.33 จะเกิดการซ้อนกันบางส่วนของ p-orbitals ได้.....คู่

ก.29

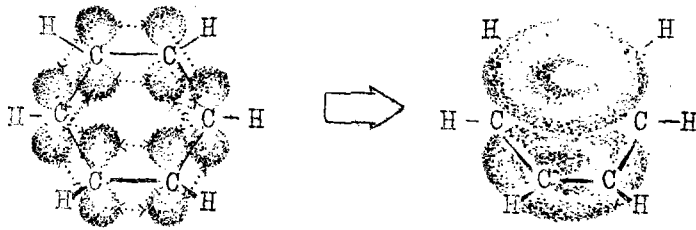
ก.35 การซ้อนกันบางส่วนของ p-orbitals 1 คู่ทำให้เกิด
lopes ของ pi-orbital ได้กี่ lobe ?

ก.30

ก.36 เราเขียนสูตรโครงสร้างของ ethene เป็น $CH_2=CH_2$
โดยให้ 1 ชื่อแทนพันธะที่ชื่อว่า.....และอีกชื่อหนึ่งแทนพันธะ
ที่ชื่อว่า.....

อยู่ในแนวขนานกัน

ก.37 สำหรับเบนซีน แต่ละ p - orbital จะเกิดซ้อนกันบางส่วน กับออร์บิทัลข้างเคียง ทำให้เกิด π - orbital ทั่วไประหว่างคาร์บอน ทุกอะตอมแสดงได้ดังนี้



รูปที่ 1

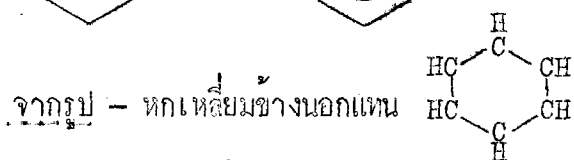
รูปที่ 2

จากรูปที่ 1 จะเห็นว่า π - orbital ของเบนซีนมีลักษณะเป็นวงแหวน 2 วงอยู่บนและล่างของระนาบโมเลกุล
(อ่านต่อ ก.38)

ก.38 นักเคมีกำหนดโครงสร้างของเบนซีนเป็นดังนี้

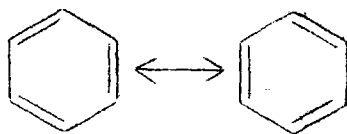


หรือ



- วงกลมข้างในแทน π - orbital ที่เกิดจากการซ้อนกันบางส่วนของ p - orbital ทั้งหมด
(อ่านต่อ ก.39)

ก.39 เราอาจเขียนโครงสร้างแสดงตำแหน่งที่แน่นอนของอิเล็กตรอนในเบนซีนได้ 2 แบบดังนี้



(อ่านต่อ ก.40)

ก.31

6

ก.32

ก.33

ก.34

1

ก.35

2

ก.36

พันธะซิกมา , พันธะพาย

ก.40 จาก ก.7 กล่าวว่า โมเลกุลที่มีเรโซแนนซ์เป็นโมเลกุลที่เขียนแทนได้ด้วยโครงสร้างมากกว่า 2 แบบ แต่ละแบบมีการจัดเรียงอะตอมเหมือนกัน ต่างกันที่การจัดเรียงอิเล็กตรอนเท่านั้น

ดังนั้นโมเลกุลของเบนซีนจะมีเรโซแนนซ์หรือไม่ ?

ก.37

ก.41 เราทราบแล้วว่าเรโซแนนซ์ในเบนซีนเกิดจาก π - orbital ทั้งบนและล่างของระนาบโมเลกุล

ต่อไปเราจะพิจารณาสารประกอบอื่นที่มีอะโรมาติซิตีว่ามีเรโซแนนซ์หรือไม่อย่างไร

(อ่านต่อ ก.42)

ก.38

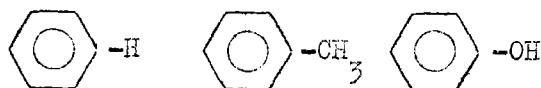
ก.42 อนุพันธ์ของเบนซีนเป็นสารประกอบที่มีวงแหวนเบนซีน (benzene ring) อยู่ในโมเลกุล

จงบอกชื่อสารที่จัดเป็นอนุพันธ์ของเบนซีนจากรายชื่อสารต่อไปนี้

โทลูอีน ( -CH₃) ฟีนอล ( -OH) ไพรีดีน ()

ก.39

ก.43 พิจารณาโครงสร้างของโทลูอีน และฟีนอลเปรียบเทียบกับเบนซีนดังต่อไปนี้



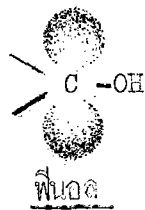
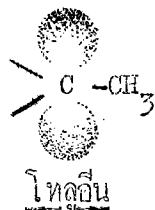
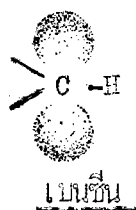
เบนซีน

โทลูอีน

ฟีนอล

โครงสร้างของโทลูอีน และฟีนอล มีอะไรที่แสดงว่าแตกต่างจากโครงสร้างของเบนซีน ?

ก.44 พิจารณาโครงสร้างบางส่วนของเบนซีน โทลูอีน และฟีนอลดังนี้



หมู่เมทิล ($-CH_3$) และหมู่ไฮดรอกซิล ($-OH$) เกี่ยวข้องกับการเกิด π -orbital ในวงแหวนเบนซีนหรือไม่ ?

ก.40

มีเรโซแนนซ์

ก.41

ก.45 โทลูอีนและฟีนอลซึ่งเป็นอนุพันธ์ของเบนซีนมีเรโซแนนซ์เกิดขึ้นในวงแหวนเบนซีนในโมเลกุลของสารทั้งสองหรือไม่ ?

ก.46 อนุพันธ์ของเบนซีนชนิดอื่น ๆ ที่เกิดจากไฮโดรเจนในวงแหวนเบนซีนถูกแทนที่ด้วยหมู่ต่าง ๆ เช่น อนีลีน ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$) ไนโตรเบนซีน ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$) และโบรโมเบนซีน ($\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}$) เป็นต้น จะเกิดเรโซแนนซ์ในโมเลกุลได้หรือไม่ ?

ก.42

โทลูอีน, ฟีนอล

ก.47 สรุปได้ว่าโมเลกุลของเบนซีนและอนุพันธ์ของเบนซีนชนิดต่าง ๆ จะ.....(มี/ไม่มี) เรโซแนนซ์เกิดในโมเลกุล

ก. 43

ก.48 นอกจากเบนซีนและอนุพันธ์ของเบนซีนแล้ว ยังมีสารประกอบอื่น ๆ อีกที่มีอะโรมาติซิตี เช่น ไพรีน (C_{10}H_8) ไพโรล ($\text{C}_4\text{H}_5\text{N}$) และแนฟทาลีน (C_{10}H_8) เป็นต้น

ต่อไปเราจะพิจารณาเรโซแนนซ์ในไพรีนเป็นตัวอย่าง

(อ่านต่อ ก. 49)

ณ ตำแหน่งที่เบนซีนเป็นไฮโดรเจน ในโทลูอีนเป็นหมู่เมทิล และในฟีนอลเป็นหมู่ไฮดรอกซิล

ก.49 ไพรีดีนเป็นสารประกอบพวก cyclic compounds ที่แตกต่างจากเบนซีนและอนุพันธ์ของเบนซีนที่เรียนมาแล้ว ก่อไปขอให้พิจารณาว่าไพรีดีนแตกต่างจากเบนซีนอย่างไร จงบอกข้อแตกต่างที่สังเกตได้



เบนซีน



ไพรีดีน

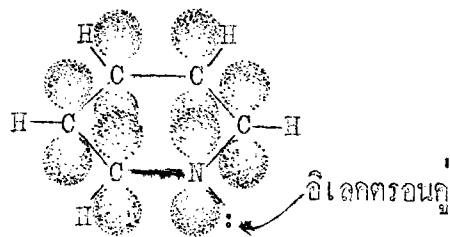
ก.44

ไม่เกี่ยว

ก.45

มี

ก.50 จากสูตรโครงสร้างของไพรีดีน : , p-orbital ของไพรีดีนแสดงได้ดังนี้ :-



ก.46

เกิดได้

จากโครงสร้างข้างบน ที่ตำแหน่งของไนโตรเจน (N) นั้นไนโตรเจนของเบนซีนตำแหน่งนี้เป็นอะตอมของธาตุอะไร ?

ก.47

ก.51 ไนโตรเจนในไพรีดีนเกิดพันธะแบบฮิบริดมาซิก sp^2 กับอะตอมข้างเคียง.....อะตอม ไม่เกิดพันธะแบบฮิบริดกับไฮโดรเจนเหมือนในเบนซีน เพราะตำแหน่งดังกล่าวไม่มีไฮโดรเจนแต่เป็นอิเล็กตรอนคู่แทน

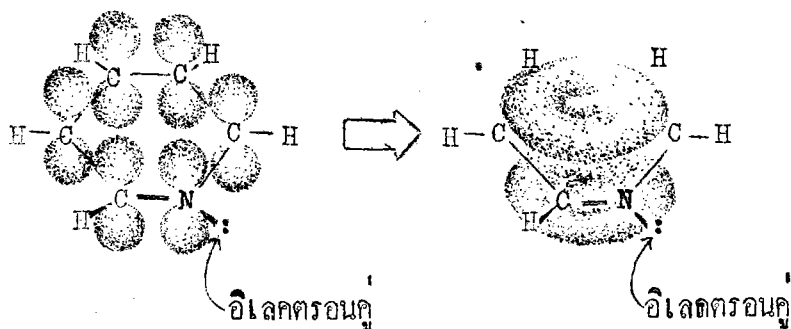
มี

ก. 48

ก.52 จากโครงสร้างใน ก.50 แต่ละ p-orbital ซึ่งตั้งฉากกับระนาบของโมเลกุลมีอิเล็กตรอนอยู่เท่ากันหรือไม่? มีอยู่ออร์บิทัลละเท่าไร?

—

ก.53 p-orbital ทั้ง 6 จะเกิดซ้อนกันบางส่วนเช่นเดียวกับในเบนซีน ทำให้เกิด π -orbital รูปวงแหวนขึ้นทั้งข้างบนและข้างล่างของโมเลกุลไพริดีนดังนี้

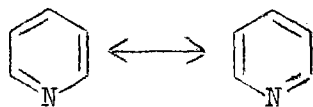


(อ่านต่อ ก.54)

ก.54 ในโมเลกุลของไพริดีนเกิด π -orbital เราจึงเขียนโครงสร้างได้เป็น หรือ

วงกลมข้างในแทนอะไร ?

ก.55 การเกิด π -orbital ใน ก.53 ทำให้เราอาจเขียนโครงสร้างแสดงตำแหน่งที่แน่นอนของอิเล็กตรอนในไพริดีนได้ 2 แบบคือ



ดังนั้นในโมเลกุลของไพริดีนมีเรโซแนนซ์หรือไม่ ?

ก.56 เราสามารถพิจารณาเรโซแนนซ์ในโมเลกุลของสารประกอบอื่นที่มีอะโรมาติซิตีได้ โดยอาศัยหลักเดียวกันนี้ (อ่านต่อ ก.57)

ก.57 เราสรุปได้ว่า " สารประกอบที่มีอะโรมาติซิตีมีเรโซแนนซ์เกิดในโมเลกุล " (อ่านต่อ ตอนที่ 5)

ก.49

ในไพริดีนมีไนโตรเจน
อยู่ภายในเบนซีนมี
เฉพาะคาร์บอน และไฮโดร -
เจน

ก.50

คาร์บอน

ก.51

2

ก.52

เท่ากัน ,
มีอยู่ออร์บิทัลละ 1-
อิเล็กตรอน

กฎของฮุกเกิล (THE HÜCKEL RULE)

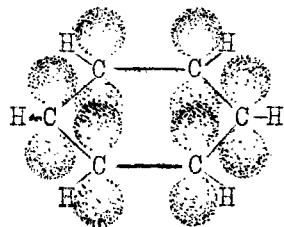
4. ก่อนที่ผ่านมา เราทราบแล้วว่าสมบัติที่จัดว่าเป็นอะโรมาติซิตี คือ :-

1. สูตรโมเลกุลของสารประกอบที่มีอะโรมาติซิตีแสดงความไม่อิ่มตัวสูง
2. โมเลกุลสารประกอบที่มีอะโรมาติซิตีมีเสถียรภาพสูง
3. สารประกอบที่มีอะโรมาติซิตี เกิดปฏิกิริยาแทนที่ได้
4. สารประกอบที่มีอะโรมาติซิตีมีเรโซแนนซ์ในโมเลกุล

นอกจากนี้ยังมีสมบัติอื่นที่จัดเป็นอะโรมาติซิตี แต่ในบทเรียนนี้จะไม่กล่าวถึง

ต่อไปจะนำกฎของฮุกเกิล (The Hückel Rule) ซึ่งเป็นกฎที่ใช้พิจารณาโครงสร้างของสารประกอบเพื่อดูว่ามีอะโรมาติซิตีหรือไม่มากล่าว

ก.1 จงพิจารณาโครงสร้างของเบนซีนแล้วตอบคำถามข้างล่าง



(1) แต่ละ p-orbital มีอิเล็กตรอนอยู่เท่าไร ?

(2) ทุกออร์บิทัลมีอิเล็กตรอนรวมกันเท่าไร ?

(3) เมื่อ p-orbital ทั้ง 6 เกิดซ้อนกันบางส่วน ทำให้เกิด π -orbital เป็นรูปอะไร ?

ก.53

-

ก.54

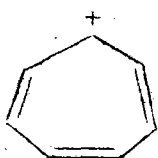
π -orbital

ก.55

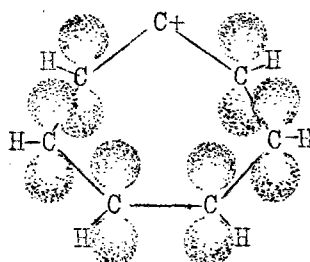
มีเรโซแนนซ์

ก.56

ก.2 จงพิจารณาโครงสร้างของ tropylium ion แล้วตอบคำถาม



หรือ



ก.57

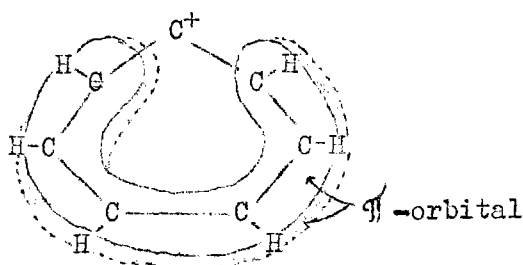
-

- (1) มี p-orbital อยู่ทั้งหมดเท่าไร ?
 (2) แต่ละ p-orbital มีอิเล็กตรอนอยู่เท่าไร ?
 (3) ทุก p-orbital มีอิเล็กตรอนรวมกันเท่าไร ?

ก.1

- (1) 1 อิเล็กตรอน
 (2) 6 อิเล็กตรอน
 (3) รูปร่างแหวน 2 วง

ก.3 จากการศึกษาพบว่า tropylium ion สามารถแสดงอะโรมาซิตีได้เนื่องจาก p-orbital ทั้ง 6 เกิดซ้อนกันบางส่วน
 ดังรูป :-



(อ่านต่อ ก. 4)

ก.4 จากกฎของฮุกเกต " สารประกอบใดที่มีจำนวน π - อิเล็กตรอน (อิเล็กตรอนใน π-orbital) เท่ากับ $4n + 2$ เมื่อ $n = 0, 1, 2, 3, 4, \dots$ สารประกอบนั้นมีอะโรมาซิตี "

(อ่านต่อ ก.5)

ก.5 จากกฎของฮุกเกตสารประกอบที่มีอะโรมาซิตีจะต้องมี π-orbital หรือไม่ ?

ก.6

เมื่อ $n = 0 : 4n+2 = 4(0) + 2 = 2$

$n = 1 : 4n+2 = 4(1) + 2 = 6$

$n = 2 : 4n+2 = 4(2) + 2 = 10$ เป็นดังนี้เรื่อย ๆ ไป

ดังนั้นจำนวนอิเล็กตรอนใน π -orbital ของสารประกอบที่มีอะโรมาติกซึ่งสอดคล้องกับกฎของฮุกเกลคือ 2, 6, 10, 14, 18,

ถ้าเลขคู่สารประกอบที่มีจำนวนอิเล็กตรอนใน π -orbital เท่ากับ 3 หรือ 4 จะมีอะโรมาติกหรือไม่ ?

ก.2

(1) 6 ออร์บิตอล

(2) 1 อิเล็กตรอน

(3) 6 อิเล็กตรอน

ก.3

ก.7 จาก ก.6 แสดงว่าเลข 2, 6, 10, 14, ... เป็นจำนวน - อิเล็กตรอนที่มีอยู่ใน π -orbital ของสารประกอบที่มีอะโรมาติกหรือไม่ ?

ก.4

ก.8 จงใช้กฎของฮุกเกลประกอบการพิจารณาโมเลกุลของเบนซีน และ tropylium ion แล้วใส่คำตอบลงในตารางข้างล่าง

(1) มี π -orbital เกิดขึ้นหรือไม่ ?

(2) มี π -orbital กี่วง ?

(3) ก. มี π -อิเล็กตรอนเท่าไร ?

ข. จำนวน π -อิเล็กตรอนสอดคล้องกับสูตร $4n+2$ หรือไม่ ?

(4) จงหาค่าของ n

ก.5

ต้องมี

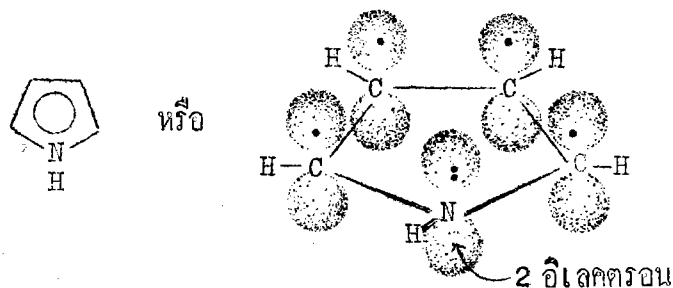
ข้อที่	เบนซีน	tropylium ion
1		
2		
3	ก	ก
	ข	ข
4		

ก.9 จาก ก.8 แสดงว่าโครงสร้างของเบนซีน และ tropylium ion
เป็นไปตามกฎของฮุกเกิลหรือไม่ ?

ก.6

ไม่มีอะโรมาติกิตี

ก.10 จงพิจารณาโครงสร้างของไพโรล



ก.7

ใช่

จากรูปขวา จำนวนอิเล็กตรอนใน p - orbital ของคาร์บอน
แต่ละอะตอมมี.....อิเล็กตรอน และของไนโตรเจนมี.....
อิเล็กตรอน

ก.8

ก.11 จาก ก.10 รวมจำนวนอิเล็กตรอนใน p - orbital ของคาร์บอน
ทั้ง 4 กับ ของไนโตรเจน 1 อะตอมเป็น.....อิเล็กตรอน

ก.12 p - orbital ทั้ง 5 ของไพโรลเกิดซ้อนกันบางส่วนทำให้เกิด
π - orbital มีอิเล็กตรอนอิเล็กตรอน

ก.13 π - อิเล็กตรอนจำนวนนี้สอดคล้องกับสูตร $4n + 2$ หรือไม่
ถ้าสอดคล้อง n มีค่าเท่าไร ?

ข้อที่	เบนซีน	tropylium ion
1	มี	มี
2	2	2
3	6	6
	ข สอด- คล้อง	สอดคล้อง
4	1	1

ก.14 ถัดนั้นตามกฎของฮุกเกิลไพโรลมีอะโรมาติซิตีหรือไม่ ?

ก.9

เป็นไปตามกฎของฮุกเกิล

ก.15 โดยทั่วไปพบว่าสารประกอบที่มีอะโรมาติซิตีมีจำนวนอิเล็กตรอนใน π -orbital (หรือ π -อิเล็กตรอน) เท่ากับ 6 ถ้ามีมากกว่านี้ มักจะเกิดในสารประกอบที่มีโมเลกุลใหญ่ เช่น แนพทาซีน () มี 10 อิเล็กตรอนอยู่ใน 10 p-orbitals และแอนทราซีน () มี 14 อิเล็กตรอนอยู่ใน 14 p-orbitals เป็นต้น

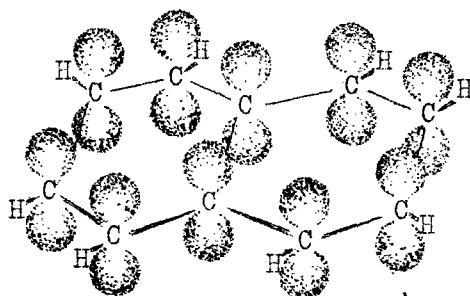
ก.10

1, 2

(อ่านต่อ ก.15)

ก.11

ก.16 จงพิจารณาโครงสร้างของแนพทาซีนแล้วตอบคำถามข้างล่าง



6

(1) มี p-orbital ทั้งหมดเท่าไร ?

(2) แต่ละ p-orbital มีอิเล็กตรอนอยู่

เท่ากันหรือไม่ ?

(3) ถ้ามีอยู่เท่ากัน แต่ละ p-orbital มี

อิเล็กตรอนอยู่เท่าไร ?

(4) ทุกออร์บิทัลมีจำนวนอิเล็กตรอนรวมทั้งสิ้น

เท่าไร ?

(5) เมื่อเทียบกับสูตร $4n + 2$ แล้ว n มีค่าเท่าไร ?

ก.12

6

ก.13

สอดคล้อง ,
มีค่าเท่ากับ 1

ก.17 จากกฎของฮุกเกิล เมื่อ $n = 0$ แล้ว π-อิเล็กตรอนมีอยู่เท่าไร	ก.14 มีอะโรมาติกิตี
ก.18 วงแหวน (ring) ที่ π-orbital มี 2 อิเล็กตรอนจะเป็น - วงแหวนที่ประกอบด้วยอะตอม 2 หรือ 3 อะตอม ถ้าประกอบด้วย 2 อะตอม จะไม่เกิดวงแหวน แต่ถ้าประกอบด้วย 3 อะตอมจะเกิดวงแหวนได้ แต่ไม่เสถียร ดังนั้นสารประกอบที่มีอะโรมาติกิตีซึ่งมีจำนวนอิเล็กตรอนใน π-orbital เท่ากับ 2 จึงไม่มีจริงในธรรมชาติ (อ่านต่อ ก.19)	ก.15 -
ก.19 ในตอนที่ 5 นี้สรุปได้ว่าเราสามารถพิจารณาว่าสารประกอบใด มีอะโรมาติกิตีหรือไม่โดยใช้กฎของฮุกเกิล	ก.16 (1) 10 ออร์บิทัล (2) เท่ากัน (3) 1 อิเล็กตรอน (4) 10 อิเล็กตรอน (5) 2
	ก.17 2
	ก.18 -
	ก.19 -

บทสรุป

อะโรมาติซิตีเป็นสมบัติของสารประกอบอะโรมาติก ตัวอย่างของสารประกอบพวกนี้ได้แก่ เบนซีน ฟีนอล โทลูอิน ไพรีน ไพโรล และอนุพันธ์ของเบนซีน รวมทั้งแนฟทาลีน กับแอนทราซีนด้วย เป็นต้น สมบัติของสารประกอบดังกล่าวได้แก่ :-

1. สูตรโมเลกุลแสดงความไม่อิ่มตัวสูง

2. โมเลกุลมีเสถียรภาพสูง เพราะ

2.1 ที่สภาวะปกติไม่เกิดปฏิกิริยารวมตัว และปฏิกิริยาออกซิเดชัน

2.2 สารประกอบนั้นมีค่า Heat of Hydrogenation ต่ำกว่าปกติ

3. สารประกอบที่มีอะโรมาติซิตีเกิดปฏิกิริยาแทนที่ชนิดต่าง ๆ ได้ เช่น ปฏิกิริยาไฮโดรเจน ปฏิกิริยาโบรมิเนชัน ปฏิกิริยาซัลโฟเนชัน ปฏิกิริยาคลอรีเนชัน และปฏิกิริยาฟรีเซลล์กราฟ เป็นต้น

4. โมเลกุลมีเรโซแนนซ์

นอกจากนี้ยังมีสมบัติอื่นที่จัดเป็นอะโรมาติซิตีได้ แต่ไม่ได้นำมากล่าวไว้ในบทนี้ สมบัติดังกล่าวสามารถทดสอบได้โดยใช้เครื่องมือบางชนิด เช่น เครื่องนิวเคลียร์ - แมกเนติก - เรโซแนนซ์ - สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และเครื่องอินฟราเรด - สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ เป็นต้น

สารประกอบใดจะมีอะโรมาติซิตีหรือไม่ เราสามารถพิจารณาได้จากจำนวนอิเล็กตรอนในโครงสร้างของสาร โดยใช้กฎของฮุกเกิล (The Hückel Rule)

อุปกรณ์และสารเคมีประกอบการทดลอง

อุปกรณ์

- หลอดทดสอบขนาดกลาง 1 หลอด
- หลอดหยด 4 หลอด
- ปีกเกอร์ขนาด 50 cm^3 3 ใบ
- แผนภูมิเขียนบาง ๆ $6 \times 10 \text{ นิ้ว}^2$
- กระบอกตวงขนาด 10 cm^3 1 ใบ

สารเคมี

- เบนซีน
- อนิซีน
- โซโคดเฮกซีน
- น้ำโบรมีน
- กรดเกลือเข้มข้น
- กรดไนตริกเข้มข้น
- กรดกำมะถันเข้มข้น
- สารละลาย KMnO_4
- สารละลายโบรมีนในคาร์บอนเตตระคลอไรด์

ภาคผนวก ง

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เรื่อง

อะโรมาติซิตี (AROMATICITY)

คำชี้แจง (1) ให้ตอบในกระดาษคำตอบเท่านั้น

(2) เลือกข้อที่เห็นว่า ๑ ในข้อหลังอักษร ก ข ค หรือ ง ในกระดาษคำตอบ
โปรดระวังให้เลขข้อคำตอบตรงกับข้อคำถามเสมอ

1. เราสามารถทำนายความไม่อิ่มตัวของสาร
ได้จาก

- ก. สูตรโมเลกุล
- ข. น้ำหนักโมเลกุล
- ค. จำนวนธาตุในโมเลกุล
- ง. ชนิดของธาตุในโมเลกุล

2. ข้อความใดถูกต้องที่สุด ?

- ก. อะโรมาติซิตีบอกความไม่อิ่มตัวของสารได้
- ข. อะโรมาติซิตีขึ้นอยู่กับความไม่อิ่มตัวของสาร
- ค. อะโรมาติซิตีของสารแสดงได้ทางสูตรโมเลกุลด้วย
- ง. สูตรโมเลกุลเพียงอย่างเดียวก็สามารถบอกอะโรมาติซิตีของสารได้

3. ที่สภาวะปกติสารประกอบที่มีอะโรมาติซิตี
ไม่เกิดปฏิกิริยาชนิดไหน ?

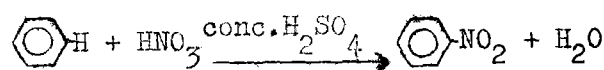
- ก. ปฏิกิริยาแทนที่
- ข. ปฏิกิริยาไนเตรชัน
- ค. ปฏิกิริยาออกซิเดชัน
- ง. ปฏิกิริยาโบรมิเนชัน

4. ปฏิกิริยาข้อไหนที่ไม่บอกเสถียรภาพของโมเลกุล ?

- ก. ปฏิกิริยารวมตัว
- ข. ปฏิกิริยาโบรมิเนชัน
- ค. ปฏิกิริยาออกซิเดชัน
- ง. ปฏิกิริยาไฮโดรจิเนชัน

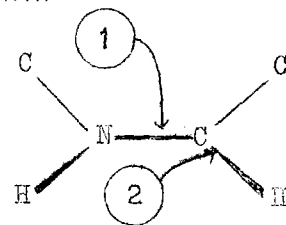
5. สารประกอบชนิดหนึ่งไม่ทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน
และมีค่า Heat of Hydrogenation ค่ากว่า
ที่ควรจะเป็นอยู่ 20 kcal/mol ท่านจะสรุป
ได้อย่างไร ?

- ก. สารนี้ไม่อิ่มตัว
 - ข. สารนี้มีอะโรมาติซิตี
 - ค. สารนี้เกิดปฏิกิริยาการแทนที่ได้
 - ง. สารนี้มีโมเลกุลที่มีเสถียรภาพสูง
- ใช้สมการต่อไปนี้สำหรับตอบคำถามข้อ 6 - 8



6. จากสมการแสดงว่าเกิดปฏิกิริยาชนิดไหน ?

- ก. ปฏิกิริยาแทนที่
- ข. ปฏิกิริยารวมตัว
- ค. ปฏิกิริยาออกซิเดชัน
- ง. ปฏิกิริยาอัลโฟเนชัน

7. ถ้าไม่ใช้เบนซีนเป็นสารเริ่มต้นจะใช้สารชนิดใดจึงจะเกิดปฏิกิริยาในข้อ 6
- hexene
 - butene
 - ethene
 - aniline
8. ปฏิกิริยาดังกล่าวเกิดจากสารประกอบประเภทใด ?
- สารประกอบอิมคว
 - สารประกอบไมอิมคว
 - สารประกอบที่มีอะโรมาติซิตี
 - สารประกอบที่ไม่มีอะโรมาติซิตี
9. ข้อใดที่ค้านกับโครงสร้างเบนซีนของเคคูเล ?
- โครงสร้างเบนซีนมี 2 แบบ
 - โมเลกุลเบนซีนมีพันธะเดี่ยว 3 พันธะ
 - โมเลกุลเบนซีนประกอบด้วยพันธะเดี่ยวและพันธะคู่
 - ความยาวของพันธะทั้ง 6 ในโมเลกุลของเบนซีนยาวเท่ากัน
- เลือกข้อ ก - ง ให้เหมาะสมกับข้อ 10 - 14
10. โมเลกุลของเบนซีนไม่มีพันธะชนิดใด ?
- Carbon - Carbon π -bond
 - Carbon - Carbon sigma bond
 - Carbon - Hydrogen sigma bond
 - Carbon - Nitrogen sigma bond
11. พันธะที่มีโมเลกุลของไพโรลแต่ไม่มีโมเลกุลของเบนซีนคือพันธะชนิดใด ?
12. การเกิดเรโซแนนซ์ใช้พันธะชนิดใด ?
13. จากรูปต่อไปให้พันธะหมายเลข (1) เป็นพันธะชนิดใด ?
- 
14. จากรูปข้อ 13 พันธะหมายเลข (2) เป็นพันธะชนิดใด ?
- เลือกข้อ ก - ง ให้เหมาะสมกับข้อ 15 - 16
- $1s^2 2s^2 2p^2$
 - $1s^1 2s^1 2p^4$
 - $1s^2 2s^1 2p^4$
 - $1s^1 2s^2 2p^3$
15. คาร์บอนอะตอมเมื่ออยู่โดดเดี่ยวจะมีการจัดเรียงอิเล็กตรอนแบบใด ?
16. อะตอมไฮโดรเจนในอะตอมคาร์บอนจะมีการจัดเรียงอิเล็กตรอนแบบใด ?
15. สูตรโมเลกุลของเบนซีนสอดคล้องกับสูตรทั่วไปข้อใด ?
- $C_n H_{2n-6}$
 - $C_n H_{2n-4}$
 - $C_n H_{2n}$
 - $C_n H_{2n+2}$

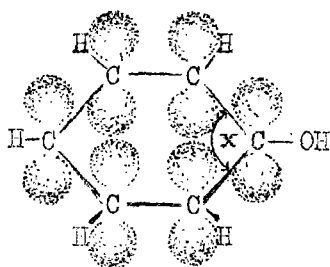
18. จากสูตรโมเลกุลของเบนซีนแสดงว่ามีพันธะคู่กี่เท่าไร ?

- ก. 1 พันธะ
- ข. 2 พันธะ
- ค. 3 พันธะ
- ง. 4 พันธะ

19. ออร์บิทัลอิสระมีอิเล็กตรอนอยู่เท่าไร ?

- ก. ไม่มีอิเล็กตรอน
- ข. มี 1 อิเล็กตรอน
- ค. มี 2 อิเล็กตรอน
- ง. มี 3 อิเล็กตรอน

จงพิจารณาโครงสร้างของฟีนอลดังต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 20 - 24



20. การบอนแต่ละอะตอมเกิดพันธะแบบซิกมา กับอะตอมอื่นกี่อะตอม ?

- ก. 1
- ข. 2
- ค. 3
- ง. 4

21. พันธะแบบซิกมาที่เกิดขึ้นข้อ 20 ใช้ออร์บิทัลแบบใด ?

- ก. sp -orbitals
- ข. sp^2 -orbitals
- ค. sp^3 -orbitals
- ง. s^2p^2 -orbitals

22. จากรูปข้างบนมุม x เป็นมุมกี่องศา ?

- ก. 30°
- ข. 60°
- ค. 90°
- ง. 120°

23. ทุกออร์บิทัลอิสระจัดเป็นออร์บิทัลชนิดไหน ?

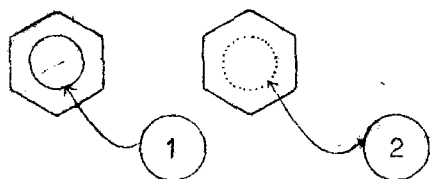
- ก. s -orbital
- ข. p -orbital
- ค. d -orbital
- ง. f -orbital

24. ทุกออร์บิทัลอิสระมีอิเล็กตรอนรวมทั้งหมดเท่าไร ?

- ก. 2 อิเล็กตรอน
- ข. 4 อิเล็กตรอน
- ค. 6 อิเล็กตรอน
- ง. 8 อิเล็กตรอน

จงพิจารณารูปข้างล่างนี้แล้วเลือกข้อ

ก - ง ให้เหมาะสมกับข้อ 25 - 26



ก. π -cloud or π -orbital

ข. Carbon - Carbon sigma bond

ค. Carbon - Carbon double bond

ง. Carbon - Hydrogen sigma bond

25. ตำแหน่งที่หมายเลข (1) ชี้หมายถึงอะไร ?

26. ตำแหน่งที่หมายเลข (2) ชี้หมายถึงอะไร ?

27. เรโซแนนซ์หมายถึงอะไร ?

ก. ชนิดของสารประกอบอะโรมาติก

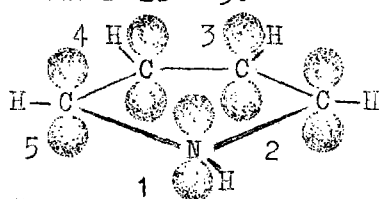
ข. สมบัติของสารประกอบอะโรมาติก

ค. ปฏิกิริยาของสารประกอบอะโรมาติก

ง. องค์ประกอบของสารประกอบอะโรมาติก

ใช้โครงสร้างของ pyrrole ข้างล่างนี้

ตอบคำถามข้อ 28 - 30



28.  หมายถึงอะไร ?

ก. s -orbital

ข. p -orbital

ค. d -orbital

ง. f -orbital

29. ออร์บิทัลหมายเลขอะไรที่มี 2 อิเล็กตรอน ?

ก. 1

ข. 2

ค. 3

ง. 4

30. ทุกออร์บิทัลมีอิเล็กตรอนรวมกันเท่าไร ?

ก. 2

ข. 4

ค. 6

ง. 8

31. การเกิดพันธะของไนโตรเจนในไพร์ดีน คล้ายกับการเกิดพันธะในข้อใดมากที่สุด ?

ก. คาร์บอนในมีเทน

ข. คาร์บอนในฟีนอล

ค. ไนโตรเจนในอนีนีน

ง. ไนโตรเจนในแอมโมเนีย

32. การเกิดพันธะของไนโตรเจนในข้อ 31 มีโครงสร้างเป็นรูปอะไร ?

ก. pyramid

ข. triangle

ค. tetrahedral

ง. square planar

เลือกข้อ ก - ง ให้เหมาะสมกับข้อ 33 - 34

- ก. มีเรโซแนนซ์ในโมเลกุล
- ข. มีสูตรโมเลกุลแสดงความเป็นอิมัลสูง
- ค. ที่สภาวะปกติไม่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน
- ง. มีค่า Heat of Hydrogenation
ต่ำกว่าปกติ

33. ปฏิกิริยารีดอกซ์ในโซ่ของเสถียรภาพของ
โมเลกุล ?

34. ใช้ข้อใดพิจารณาอะโรมาติซิตีของสารง่ายที่สุด ?

35. สมบัติข้อใดเกี่ยวข้องกับ π -orbital
ในโมเลกุล ?

36. สารประกอบที่มีเรโซแนนซ์เขียนโครงสร้างได้
หลายแบบ แต่ละแบบมีอะไรที่แตกต่างกัน ?

- ก. การจัดพันธะ
- ข. จำนวนอะตอม

- ค. จำนวนอิเล็กตรอน
- ง. การจัดเรียงอิเล็กตรอน

37. มีความแตกต่างในข้อ 36 แต่ความเหมือน
กันก็มีคือ :-

- ก. มีจำนวนอะตอมเท่ากัน
- ข. มีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากัน
- ค. มีการจัดเรียงอะตอมเหมือนกัน
- ง. ถูกทุกข้อ

ข้อความต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 38 - 45

" สารประกอบใดที่มีจำนวน π -

อิเล็กตรอน (อิเล็กตรอนใน π -orbital)

เท่ากับ $4n + 2$ เมื่อ $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

สารประกอบนั้นมีอะโรมาติซิตี "

38. ข้อความดังกล่าวคือ :-

- ก. $4n + 2$ rule
- ข. Hückel rule
- ค. π -orbital rule
- ง. Aromaticity rule

39. π -อิเล็กตรอนเป็นอิเล็กตรอนที่ได้มาจาก
ออร์บิทัลชนิดใด ?

- ก. s-orbital
- ข. p-orbital
- ค. d-orbital
- ง. f-orbital

40. จำนวนอิเล็กตรอนที่เป็นไปได้ใน
 π -orbital คือ :-

- ก. 2
- ข. 6
- ค. 12
- ง. 18

41. เบนซีน () มีค่า n เท่าไร ?

ก. 0

ข. 1

ค. 2

ง. 3

42. จงเปรียบเทียบค่า n ของไพโรล ()

กับเนฟทาลีน ()

ก. 0 : 1

ข. 1 : 1

ค. 1 : 2

ง. 1 : 3

43. จงเปรียบเทียบจำนวนอิเล็กตรอนใน π -

orbital ของไพรีดีน ()

กับแอนทราซีน ()

ก. 1 : 2

ข. 1 : 3

ค. 2 : 5

ง. 3 : 7

44. สารประกอบที่มีอะโรมาติซิตีส่วนมาก

มีจำนวนอิเล็กตรอนใน π -orbital เท่าไร ?

ก. 2

ข. 6

ค. 10

ง. 12

45. สารประกอบชนิดหนึ่งมีจำนวนอิเล็กตรอน

ใน π -orbital เท่ากับ 4 ท่าน

จะสรุปได้อย่างไร ?

ก. สารนี้มีเรโซแนนซ์

ข. สารนี้ไม่มีอะโรมาติซิตี

ค. สารนี้เกิดไฮบริดเซชัน

ง. สารนี้มีอิเล็กตรอนไม่ตรงกับสูตร $4n+2$

ภาคผนวก จ

แบบสอบถามทัศนคติและความสนใจ

แบบสอบถามความพึงพอใจเกี่ยวกับการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม

เพศ.....อายุ..... วิชา.....

คะแนนเฉลี่ยตั้งแต่เรียนมา.....

พื้นฐานความรู้เดิม ☐ ป.กศ.สูง ☐ พ.ม. ☐ ป.ม.
 ☐ เลื่อนจากปีที่ 2 ☐ อื่น ๆ (โปรดระบุ).....

อายุราชการหรือประสบการณ์การทำงาน.....

ขอให้ท่านพิจารณาข้อความที่เกี่ยวกับการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรมในแต่ละข้อแล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความรู้สึกเห็นของท่าน

ท่านมีความเห็นเกี่ยวกับการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรมอย่างไรบ้าง

	เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ปานกลาง	ไม่ เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย อย่างยิ่ง
1 น่าสนใจกว่าการสอนตามปกติ					
2 เข้าใจง่ายกว่าการสอนตามปกติ					
3 เข้าใจง่ายกว่าการเรียนรู้จากตำราโดยตรง					
4 เนื้อเรื่องเรียงตามลำดับที่					
5 ผู้สอนมีโอกาสช่วยเหลือรายบุคคล					
6 เสริมการเรียนรู้ตามความสามารถของแต่ละคน					
7 ได้รับความรู้พอเพียง					
8 เหมาะสมกับการสอนในระดับอุดมศึกษา					
9 ทำให้ท่านวัดผลการเรียนของท่านได้					
10 ควรนำมาใช้กับระดับอุดมศึกษาให้มากขึ้น					

- 11 มีประโยชน์คุ้มค่ากับการลงทุนสร้าง
- 12 ให้ความรู้ตามลำดับขั้น
- 13 พอใจที่จะเรียนโดยใช้บทเรียนโปรแกรมต่อไป
- 14 สามารถนำมาใช้สอนแทนตำราได้

เห็นด้วย อย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ปานกลาง	ไม่ เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย อย่างยิ่ง

- 15 ท่านมีความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะอย่างไรบ้างเกี่ยวกับการสอนโดยใช้บทเรียนโปรแกรม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ

นาย ประเสริฐ สุทธิประสิทธิ์

เกิด

27 พฤศจิกายน 2494

ณ อำเภอบางคนที จังหวัดสมุทรสงคราม

การศึกษา

2511 ได้รับประกาศนียบัตรประโยคมัธยมศึกษาตอนต้น คะแนนอันดับ 1
ของ ร.ร.บางคนที "สกลวิสุทธิ" จังหวัดสมุทรสงคราม

2512 ได้รับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษา คะแนนอันดับ 2
ของวิทยาลัยครูเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี

2516 ได้รับปริญญา กศ.บ. เกียรตินิยม(เคมี) จากวิทยาลัยวิชาการศึกษา
ประสานมิตร กรุงเทพมหานคร

2518 ได้รับปริญญา กศ.ม. (เคมี) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
กรุงเทพมหานคร