การเปรียบเทียบผลการสอนวิชาเคมี 1 บางหัวข้อ ในระดับชั้น ป.กศ. สูง โดยใช้เบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ

ปริญญานิพนธ์

ของ

สุชน ช่วยเกิด

หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

7 มีนาคม 2518

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิตได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิตของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

.... ประธาน

..... กรรมการ

ประกาศคุณูปการ

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้รับความกรุณาในด้านการช่วยเหลือให้คำแนะนำเป็นอย่างดียิ่งจาก อาจารย์สมศักดิ์ แสนสุข ประธานกรรมการที่ปรึกษา และ อาจารย์อังคณา สายยศ กรรมการที่ปรึกษา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทั้งสองท่านอย่างสูง

สุธน ช่วยเกิด

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	กำนำ	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	5
	ความสาคัญของการวิจัย	5
	ขอบเขตของการศึกษาวิจัย	6
	กำจำกัดความและศัพท์เฉพาะ	6
	สมมุติฐานในการศึกษาวิจัย	7
2	เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย	8
	ชนิดและลักษณะของแบบเรียนโปรแกรม	8
	ผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนแบบโปรแกรม	9
3	วิธีดำเนินการวิจัย	13
	กลุ่มตัวอย่าง	13
	เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล	13
	การสร้างแบบเรียนโปรแกรม	13
	การสร้างแบบทดสอบและแบบสอบถาม	15
	การเก็บรวบรวมข้อมูล	17
	การจัดกระทำกับข้อมูล	17
	สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	18
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	21

บทที่ หน้า

5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 28
ความมุ่งหมายของการวิจัย 28
สมมุติฐานของการศึกษาวิจัย 28
วิธีดำเนินการวิจัย 28
สรุปผลการวิจัย 30
อภิปรายผล 31
ข้อเสนอแนะ 34

บรรณานุกรม 36

ภาคผนวก

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	ค่านัยสำคัญของคะแนนวิชาเคมี 1 ในบางหัวข้อ (ที่จะทำการสอน) ก่อนการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	13
2	ค่านัยสำคัญของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนการเรียนรู้เนื้อหา ระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลอง	22
3	ค่านัยสำคัญของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการเรียนรู้กับคะแนนหลังการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลอง	23
4	ค่านัยสำคัญของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการเรียนรู้กับหลังการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มควบคุม	23
5	ค่านัยสำคัญของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม	24
6	ค่านัยสำคัญของคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างคะแนนก่อนการเรียนกับคะแนนหลังจากการเรียนรู้เนื้อหาของนักเรียนกลุ่มทดลอง	25
7	ค่านัยสำคัญของคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างคะแนนก่อนการเรียนกับหลังการเรียนรู้เนื้อหาของนักเรียนกลุ่มควบคุม	26
8	ค่านัยสำคัญของ χ^2 ของแบบสอบถามทัศนคติต่อแบบเรียน-โปรแกรมและการเรียนการสอนแบบโปรแกรม	27

บทที่ 1

บทนำ

คำนำ

เนื่องจากในปัจจุบันนี้ประเทศไทยเรามีประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว พลเมืองต้องการการศึกษามากขึ้น ประกอบกับรัฐบาลก็จำเป็นจะต้องปรับปรุงและขยายการศึกษาออกสู่ประชาชนมากขึ้นเพื่อพัฒนากำลังคนให้เหมาะสมกับสภาพสังคมและการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจที่เป็นไปอย่างรวดเร็ว แต่ในการปรับปรุงและขยายการศึกษานี้รัฐบาลก็ประสบกับปัญหาต่าง ๆ มากมายที่สำคัญ ๆ ได้แก่ การขาดแคลนครูทั้งด้านปริมาณและคุณภาพ การขาดแคลนอุปกรณ์ เช่น อาคารเรียน และอุปกรณ์การเรียนที่ได้มาตรฐาน เป็นต้น ด้วยเหตุนี้เองเทคโนโลยีทางการศึกษาจึงมีความจำเป็นที่จะต้องนำมาใช้ในวงการศึกษาเพื่อช่วยขจัดปัญหาต่าง ๆ ให้เบาบางลงไปได้บ้าง ปัจจุบันนี้นักการศึกษาได้นำเอาวิธีสอนรูปแบบหนึ่งมาใช้เพื่อแก้ปัญหาให้สอดคล้องกับสภาพของสังคม คือการสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมเป็นหลักและเรียกขบวนการเรียนแบบนี้ว่าการเรียนแบบโปรแกรม (Programmed Learning) คือการเรียนแบบที่ผู้เรียนเรียนด้วยตนเอง โดยที่ครูไม่ต้องพูดสอน แต่ใช้สิ่งที่เรียกว่าแบบเรียนโปรแกรม (Programmed Book หรือ Programmed Text) ซึ่งเป็นหนังสือสำหรับให้เด็กเรียนด้วยตนเอง (ก่อ สวัสดิพานิช, 2511 : 136 – 138) ซึ่งแบบเรียนโปรแกรมนี้เป็นสิ่งที่มีข้อดีในด้านการช่วยให้ผู้เรียนเรียนได้ตามความสามารถของตนเอง คือเรียนรู้ได้มากและรวดเร็วตามความสามารถของเด็กแต่ละคนไป

ด้วยเหตุที่การสอนแบบโปรแกรม (Programmed Instruction) เป็นวิธีการสอนที่ให้เด็กได้เรียนด้วยตนเองและการริเริ่มนำมาใช้ในทางการศึกษาก็เพื่อแก้ปัญหาเรื่องจำนวนครูและสถานที่เรียนไม่เพียงพอกับจำนวนนักเรียน หลักใหญ่ ๆ ของการสอนแบบโปรแกรมจึงมีอยู่ 3 ประการ คือ ประการแรกภายในแบบเรียนโปรแกรมจะอธิบาย

บทเรียนและให้นักเรียนตอบคำถามเกี่ยวกับเนื้อหานั้นหลาย ๆ ข้อ ประการที่สองมีวิธีทำให้นักเรียนทราบได้ทันทีว่าคำตอบของตนถูกหรือผิด และประการที่สามให้นักเรียนมีโอกาสเรียนด้วยตนเอง โดยเวลาที่จะใช้ในการเรียนในบทเรียนหนึ่ง ๆ ขึ้นกับสติปัญญาความสามารถของนักเรียนแต่ละคน (สุภา ภุชงกุล, 2515 : 161 – 165)

เมื่อมาพิจารณาประกอบกับหลักจิตวิทยาการเรียนรู้แล้วจะเห็นว่ารากฐานของการเรียนการสอนแบบโปรแกรมอยู่บนรากฐานของจิตวิทยาการศึกษา คือการเสริมกำลัง (reinforcement) จากการได้รู้ผลของการกระทำทันที (รู้คำตอบ) อันเป็นสิ่งที่มีส่วนช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเพลิดเพลินในการเรียนหรือเป็นการสร้างศักยภาพในการเรียนบทเรียนต่าง ๆ และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับเทคนิคการสอนที่ใช้เทคโนโลยีอื่น ๆ แล้วข้อดีของการเรียนแบบโปรแกรมก็คือ แบบเรียนโปรแกรมนั้นใช้เรียนเดี่ยวได้ ส่วนจากภาพยนต์ - วิทยุ และโทรทัศน์ เพื่อการศึกษานั้น ใช้เรียนแบบที่มีผู้เรียนรวมกันไปเป็นกลุ่ม ๆ ทุก ๆ คนในกลุ่มจำเป็นจะต้องเข้าใจเนื้อหาเสียก่อนจึงจะก้าวไปขั้นต่อ ๆ ไปได้ (จึงทำให้ล่าช้า เด็กบางคนอาจเกิดความเบื่อหน่าย หรือเสียเวลาไปโดยไม่จำเป็น) และแบบเรียนโปรแกรมได้ถูกเตรียมขึ้นสำหรับสมองในระดับพื้นฐานต่าง ๆ กัน เพื่อผลสัมฤทธิ์ตามจุดมุ่งหมายที่วางไว้ได้เป็นอย่างดี (Rossi and Biddle, 1966 : 137 – 145) สิ่งที่น่าสนใจอีกประการหนึ่งในการเรียนการสอนแบบโปรแกรมก็คือ การจัดเรียงเรียงเนื้อหา (Organize subject matter) จะเห็นว่าในแบบเรียนโปรแกรมนั้นเนื้อหาวิชาและกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ที่ต้องการจะให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ถูกจัดเรียงลงไว้เป็นขั้น ๆ ดังที่เรียกว่า "กรอบ" (frames) ซึ่งในการจัดเรียงกรอบนี้เราจัดเรียงตามลำดับเนื้อหา จากง่าย (simple) ไปหายาก (complex) และจากรูปธรรมไปหานามธรรมเสมอ ซึ่งจะทำให้ง่ายแก่การที่จะเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง (Shumsky, 1968 : 36 - 37)

ถ้าจะดูตามลักษณะของการเรียนการสอนกันแล้วจะเห็นว่าการเรียนการสอนแบบโปรแกรมส่งเสริมหลักการศึกษาในด้านความแตกต่างระหว่างบุคคลอันเป็นลักษณะธรรมชาติของมนุษย์ได้เป็นอย่างดี ดังที่ ริตา ดุนน์ และเคนเนธ ดุนน์ (Rita Dunn and

Kenneth Dunn, 1972 : 45) มีความเห็นว่า การเรียนแบบโปรแกรม (Programmed Learning) เป็นสิ่งหนึ่งที่เป็นการก้าวไปสู่ individualizing instruction และประสบความสำเร็จในการส่งเสริมโอกาสแก่นักเรียนในการที่จะก้าวไปข้างหน้าตามความถนัด และความสามารถของตนเอง และถ้าจะพิจารณาเฉพาะแบบเรียนโปรแกรมก็จะพบว่า สาเหตุที่แบบเรียนชนิดนี้ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพก็เพราะแบบเรียนชนิดนี้วางอยู่บนรากฐานทางจิตวิทยาการศึกษาที่สำคัญ ๆ หลายประการดังที่ จาโคบส์ เมเออร์ และสโตลูโรว์ (Jacobs, Maier and Stolurow, 1966 : 11 – 1) ได้ประมวลมาสรุปไว้เป็นข้อ ๆ ดังนี้

1. จัดวางเนื้อหาตามจุดมุ่งหมายที่จะให้ผู้เรียนได้เรียนรู้
2. เรียบเรียงเนื้อหาเป็นขั้น ๆ ตามลำดับอย่างมีประสิทธิภาพ
3. เสนอเนื้อหาอย่างมีระเบียบเป็นเรื่อง ๆ ไป
4. นักเรียนได้มีส่วนร่วม (Active involving) อย่างดีด้วยตนเองอยู่ตลอดเวลา
5. ให้รู้ผลของการกระทำได้ทันที
6. นักเรียนมีโอกาสก้าวไปตามความสามารถและความถนัดของตนเอง
7. นักเรียนได้เรียนรู้จากจุดที่ตนยังบกพร่องหรือเข้าใจผิดได้

ผู้เขียนทั้งสามคนนี้ยังได้สรุปไว้ว่า วิธีการใช้แบบเรียนโปรแกรมที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันที่สำคัญ ๆ คือ

1. ใช้ในการสอนในห้องเรียน หรือให้เรียนที่บ้าน
2. ใช้เป็นเอกสารประกอบบทเรียนหลัก
3. ใช้แก้หรือฝึกเด็กที่ยังอ่อนในเนื้อหาบางประการ (Remedial Instruction)
4. ใช้กับการศึกษาผู้ใหญ่หรือเป็นคู่มือฝึกวิชาชีพบางประการ

มอร์แกน (Morgan, 1973 : 25 – 26) ได้ให้ข้อเสนอแนะแก่ประเทศที่

กำลังพัฒนาว่าควรจะวางแผนกำหนดหลักสูตรใช้แบบเรียนโปรแกรมเป็นช่วง ๆ ไปเพื่อช่วยขจัดปัญหาการกระจายการบริการทางการศึกษา ซึ่งแนวคิดนี้สำหรับประเทศไทย เอกวิทย์ ณ ถลาง (เอกวิทย์ ณ ถลาง, 2514 : 17 – 22) ได้สรุปไว้ในบทความเรื่อง "ข้อคิดบางประการเพื่อการปฏิรูปการศึกษา" ว่า การศึกษาไทยควรจัดแบบเรียนและอุปกรณ์การเรียนที่ดีจริง ๆ ให้เด็กได้เรียนโดยอิสระภายใต้การควบคุมดูแลของครูที่มีความสามารถ แม้อัตราส่วนของครูต่อนักเรียนจะสูงถึง 1 ต่อ 60 หรือ 1 ต่อ 80 ก็แน่ใจว่าจะได้ผล แบบเรียนและอุปกรณ์ที่จะจัดให้นี้จะต้องเป็นแบบเรียนสำเร็จรูป (Programmed Textbooks) ที่จัดทำอย่างพิถีพิถันกันจริง ๆ ถึงจะขาดแคลนครู เด็กก็จะช่วยตนเองได้ ผลพลอยได้ก็คือนักเรียนจะมีวินัยของตัวเองดีขึ้น มีความเป็นอิสระมากขึ้น และเป็นผู้ใหญ่เร็วขึ้น

ความรู้ทางด้านวิชาการด้านวิทยาศาสตร์นั้น ก็มีความจำเป็นที่จะต้องเผยแพร่แก่ประชาชนของประเทศ ดร.พิทักษ์ รักษพลเดช (พิทักษ์ รักษพลเดช, 2514:4) ได้กล่าวไว้ว่า การเรียนวิทยาศาสตร์ช่วยให้เด็กมีความสามารถในทางเศรษฐกิจและเศรษฐกิจเป็นกุญแจทองที่จะไขไปสู่การพัฒนาประเทศ ดังนั้นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนจึงนับว่าเป็นรากฐานหนึ่งของการพัฒนาประเทศ

กรีน (Green, 1962 : 150 – 151) ได้กล่าวเสนอแนะไว้ว่า ผู้ที่จะสร้างแบบเรียนโปรแกรมได้ดีที่สุดก็คือ ผู้ที่มีความรู้และคุ้นเคยกับเนื้อหาเรื่องนั้น ๆ มาก ผู้ที่เชี่ยวชาญทางการสร้างแบบเรียนโปรแกรมแต่ไม่คุ้นเคยกับธรรมชาติของเนื้อหาวิชานั้นย่อมเป็นการลำบากมากที่จะสร้างโปรแกรมที่ดีในเนื้อหาวิชานั้นได้ ดังนั้นครูผู้สอนที่สอนวิชาต่าง ๆ จึงเป็นผู้ที่สามารถจะสร้างบทเรียนโปรแกรมวิชานั้นได้ดี

สำหรับผู้วิจัยเองได้ทำการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ในเนื้อหาวิชาเคมีในระดับชั้น ป.กศ.สูงมาแล้ว โดยเฉพาะวิชาเคมี 1 เป็นเวลา 3 ภาคเรียน จึงได้ตัดสินใจสร้างแบบเรียนโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ระดับ ป.กศ.สูง ตามเนื้อหาวิชาเคมี 1 ในหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ชั้น ป.กศ.สูง ปี พ.ศ. 2510 เพื่อทดลองใช้และวิจัยเปรียบเทียบกับการสอนตามแบบปกติ โดยตั้งหัวข้อเรื่องการวิจัยในครั้งนี้ว่า

"การเปรียบเทียบผลการสอนวิชาเคมี 1 บางหัวข้อในระดับชั้น ป.กศ.สูง โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ"

ความมุ่งหมายของการวิจัย

(1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้น ป.กศ.สูง ในวิชาเคมี 1 ในหัวข้อเรื่อง อะตอมและโมเลกุล โครงสร้างอะตอม โมเลกุลและวาเลนซ์อิเล็กตรอน และตารางธาตุ โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ

(2) เพื่อศึกษาความเปลี่ยนแปลงทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ (scientific attitude) ของนักเรียนที่ทำการสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมและที่สอนตามปกติ

ความสำคัญของการวิจัย

(1) เป็นแนวทางในการสร้างแบบเรียนโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาเคมีตอนอื่น ๆ ต่อไป

(2) เป็นการเผยแพร่การใช้แบบเรียนโปรแกรมในการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับอุดมศึกษา (ป.กศ.สูง)

(3) เพื่อเป็นแบบอย่างของแบบเรียนโปรแกรมและจะได้แบบเรียนโปรแกรมไว้ใช้ต่อไป

(4) เป็นแนวทางปรับปรุงการเรียนการสอนโดยการใช้แบบเรียนโปรแกรมในระดับ ป.กศ.สูง วิชาวิทยาศาสตร์เนื้อหาเคมี

(5) เป็นการเผยแพร่เทคโนโลยีทางการศึกษาแบบหนึ่งแก่นักเรียนครู ซึ่งจะเป็นครูในอนาคต และเท่ากับเป็นการเผยแพร่วิธีการใช้แบบเรียนโปรแกรมออกสู่สังคม

(6) จะได้ทราบความรู้สึก (ทัศนคติ) ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่มีต่อการเรียนการสอนแบบโปรแกรม

ขอบเขตของการศึกษาวิจัย

(1) กลุ่มตัวอย่างได้แก่นักเรียนชั้น ป.กศ.สูง ของวิทยาลัยครูเทพสตรี จังหวัดลพบุรี แบ่งออกเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยมีจำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มรวมกัน 32 คน

กลุ่มทดลองหมายถึง นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยการใช้แบบเรียนโปรแกรม ส่วนกลุ่มควบคุมหมายถึงกลุ่มที่อาจารย์ทำการสอนโดยวิธีปกติ

(2) แบบเรียนโปรแกรมที่ใช้ หมายถึงแบบเรียนโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ เนื้อหาเคมี 1 ตามหลักสูตร ชั้น ป.กศ.สูง ปี พ.ศ. 2510 โดยผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเองตามเนื้อหาเคมี 1 ดังนี้ (หน่วยที่ 3 – 6 ในหลักสูตร)

- อะตอมและโมเลกุล
- โครงสร้างอะตอม
- โมเลกุลและวาเลนซ์อิเล็กตรอน
- ตารางธาตุ

(3) ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการสอนกลุ่มทดลอง (นักเรียนกลุ่มที่ใช้แบบเรียนโปรแกรม) ส่วนกลุ่มควบคุม อาจารย์ระมัด โชชัย เป็นผู้สอน

(4) การศึกษาทดลองกระทำในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2517 โดยใช้เวลาทำการสอน 16 ชั่วโมง

คำจำกัดความและศัพท์เฉพาะ

(1) "แบบเรียนโปรแกรม" ในที่นี้หมายถึงแบบเรียนโปรแกรมในเนื้อหาวิชาเคมี 1 ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง ในหัวข้อเรื่อง อะตอมและโมเลกุล โครงสร้างอะตอม โมเลกุลและวาเลนซ์อิเล็กตรอน และเรื่องตารางธาตุ

(2) "วิธีสอนแบบโปรแกรม" คือขบวนการสอนโดยให้นักเรียนกลุ่มทดลองเรียนด้วยตนเองจากแบบเรียนโปรแกรม

(3) "วิธีสอนตามปกติ" คือการสอนของอาจารย์ที่สอนกลุ่มควบคุม โดยไม่ใช้แบบเรียนโปรแกรม แต่ทำการสอนไปตามปกติเลือกใช้อุปกรณ์และวิธีการตามความเหมาะสมและสอนตามเนื้อหาเดียวกับแบบเรียนโปรแกรมที่ผู้วิจัยใช้กับกลุ่มทดลอง

(4) "ทัศนคติทางวิทยาศาสตร์" หมายถึงลักษณะดังต่อไปนี้

4.1 อยากรู้อยากเห็นในสิ่งแวดล้อม

4.2 เชื่อว่าผลต่าง ๆ เกิดขึ้นได้ก็เพราะเหตุ

4.3 เป็นคนยอมรับฟังความจริงใหม่ ๆ

4.4 ใช้ความคิดอย่างมีเหตุผล

4.5 ไม่เชื่อในโชคลางหรือคำทำนายที่ไม่มีเหตุผล

4.6 พร้อมที่จะเปลี่ยนแปลงความเชื่อเมื่อพบหลักฐานใหม่

4.7 พร้อมที่จะยอมรับความจริงเมื่อมีการพิสูจน์ที่เชื่อถือได้

4.8 ยอมรับนับถือความคิดเห็นของผู้อื่น

4.9 เป็นผู้ซื่อตรง อดทน ยุติธรรมและละเอียดลออ (พิทักษ์ รักษพลเดช, 2514 : 29)

สมมุติฐานในการศึกษาวิจัย

1. คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในกลุ่มทดลองแตกต่างกับกลุ่มควบคุม

2. คะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์จากการสอบครั้งหลัง (post test) ของนักเรียนทั้งสองกลุ่มสูงกว่าครั้งแรก (pretest)

บทที่ 2

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

<u>ชนิดและลักษณะของแบบเรียนโปรแกรม</u>

กรีน (Green, 1962 : 147) ได้กล่าวสรุปย่อ ๆ ไว้ว่า ในแบบเรียนโปรแกรม เนื้อหาของบทเรียนจะถูกแบ่งออกเป็นกรอบ ๆ (frames) ในแต่ละกรอบจะมีการเสนอเนื้อหาแล้วตั้งคำถามให้ผู้เรียนตอบ และเนื้อหาของแต่ละกรอบจะต่อเนื่องกันไป โดยทั่ว ๆ ไปแบบเรียนโปรแกรมมีอยู่ 2 ชนิด คือ

1. แบบเรียนโปรแกรมเชิงเส้นตรง (linear programme) ซึ่งแบบเรียนชนิดนี้ผู้เรียนจะต้องตอบคำถามไปทีละกรอบ ๆ ตามลำดับ ห้ามข้ามกรอบใด ๆ ทั้งสิ้น

2. แบบเรียนโปรแกรมแบบสาขา (branching programme) ในแบบเรียนชนิดนี้ ผู้เรียนไม่ต้องทำไปทุกกรอบตามลำดับ อาจข้ามไปทำกรอบใด ๆ ตามคำสั่งได้ ทั้งนี้เพราะผู้สร้างโปรแกรมวิเคราะห์ดูว่า ถ้าทำหรือเลือกคำตอบคำถามบางกรอบได้ถูกต้อง ก็แสดงว่าเข้าใจเนื้อหาในกรอบที่อยู่ถัด ๆ ไปจำนวนหนึ่งดีแล้ว

ในแบบเรียนโปรแกรมเชิงเส้นตรง (linear programme) เรานิยมให้ผู้เรียนตอบคำถามโดยการเติมคำ (constructed response) ทั้งนี้เพราะเราต้องการ recall ความรู้ ส่วนในแบบเรียนโปรแกรมแบบสาขา (branching programme) นั้น จะให้ผู้เรียนได้ตอบโดยการเลือกตอบ ซึ่งทั้งนี้ก็เพื่อความสะดวกในการที่จะสั่งให้แยกหรือข้ามไปทำในกรอบใด ๆ ได้ตามความต้องการของผู้เขียนโปรแกรมง่ายขึ้น และแบบเรียนโปรแกรมประเภทสาขานี้จะส่งผลในด้านการ recognition เนื้อหาของบทเรียน

ผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนแบบโปรแกรม

บีน (Donald G.Beane, 1965 : 319 – 327) ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบผลการเรียนจากแบบเรียนโปรแกรมวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง Plane Geometry ในระดับชั้น High School รัฐอิลลินอยส์ โดยเปรียบเทียบกันระหว่างแบบเรียนโปรแกรมเชิงเส้นตรงกับแบบสาขา โดยวัดเปรียบเทียบในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. คะแนนผลสัมฤทธิ์
2. ทัศนคติต่อแบบเรียนโปรแกรม
3. คะแนนความทรงจำ (retention)
4. เวลาที่ใช้
5. ประสิทธิภาพของการเรียนรู้ (คะแนนผลสัมฤทธิ์หารด้วยเวลาที่ใช้ในการเรียน)

ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า กลุ่มเด็กเก่งเรียนได้ดีกว่าเด็กอ่อนในทุก ๆ ด้าน ทั้งสองแบบของแบบเรียน ส่วนทัศนคติต่อแบบเรียนโปรแกรมนั้นชนิดเชิงเส้นตรงได้รับความนิยมมากกว่า ส่วนคะแนนในด้านอื่น ๆ พบว่า แบบเรียนโปรแกรมทั้งสองชนิดไม่ได้ให้ผลดีกว่ากันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ประการใด และทั้งสองแบบสามารถช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาได้อย่างดี

เบค (Marilyn Clark Beck, 1971 : 6270 A) ได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบเทคนิคการสอนวิชา Remedial Algebra ในชั้น Junior College โดยเปรียบเทียบกัน 3 วิธีสอน คือ แบบ multi - method (แบบจับฉ่ายหรือแบบผสม) แบบ lecture - discussion method และแบบ programmed instruction ผลพบว่า ผู้เรียนเรียนรู้ได้ดีทั้ง 3 วิธีสอน แต่วิธีแบบ multi - method มีคะแนนผลสัมฤทธิ์สูงกว่าอีก 2 วิธี ในคะแนน post test อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามหลังจากเรียนจบและทดสอบไปแล้ว 3 สัปดาห์ ไปทดสอบดูใหม่ คะแนนผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนทั้งสามกลุ่มไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแต่ประการใด

สตริกแลนด์ (Winfred Randolph Strickland, 1972 : 2510 A) ได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบผลของการสอนแบบโปรแกรมกับแบบปกติ (traditional lecture) ในวิชาชีววิทยาทั่วไป ที่มหาวิทยาลัย Southern Mississippi พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของผู้ที่เรียนแบบโปรแกรมสูงกว่าผู้ที่เรียนโดยวิธีสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คอนรอย (David E. Conroy,1973 : 5102 A) ได้ทำการวิจัยผลของการเรียนแบบโปรแกรมในวิชา Algbra 1 ใน Community College ซึ่งมีผู้เรียนอายุ 17 – 53 ปี พบว่า ผู้เรียนเรียนรู้ได้ดีและยังพบว่าผู้เรียนที่มีอายุมากกว่าจะเรียนได้ผลดีกว่าผู้ที่อายุน้อย แต่สำหรับระหว่างเพศแล้วพบว่าเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วเพศหญิงกับเพศชายไม่ได้มีผลสัมฤทธิ์ต่างกันแต่ประการใด

บอคแมน (David Carl Bockman, 1971 : 1893 A) ได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการเรียนการสอนแบบโปรแกรมกับวิธีสอนโดยการบรรยายสลับด้วยการอภิปรายในวิชาการถลุงแร่เบื้องต้น ที่ Fresno State College ในรัฐแคลิฟอร์เนีย หลังจากสอนจบแล้วทดสอบ (post test) พบว่าแบบโปรแกรมมีคะแนนผลสัมฤทธิ์สูงกว่า แต่เมื่อทดสอบดูคะแนนความทรงจำหลังจากเรียนจบไปแล้ว 5 สัปดาห์ ก็พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนทั้งสองกลุ่มมิได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงสรุปว่าทั้งสองวิธีสอนได้ผลดีพอ ๆ กัน

สำหรับในวิชาเคมีระดับ High School และอุดมศึกษานั้นก็มีผลการวิจัยในต่างประเทศ เช่น แอนเดอร์สัน (Carol Joy Anderson, 1971 : 1935 A) ได้ทำการวิจัยผลการเรียนการสอนวิชาเคมีในระดับ High School โดยสอนแบบโปรแกรมกับแบบปกติ พบว่า ทั้งสองกลุ่มไม่ได้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญแต่ประการใด

ยัง (Alfred Franklin Young,1971 : 1989 A) ได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบผลการเรียนการสอนวิชาเคมี ในเนื้อหาวิชาเคมี 1015 ที่มหาวิทยาลัย Oklahoma State โดยเปรียบเทียบกันระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยวิธีสอนแบบปกติกับ

วิธีสอนแบบโปรแกรมโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมในรูปของเอกสารประกอบการสอน (เป็น Supplementary Programmed Method) ผลพบว่า กลุ่มทดลอง (ที่ใช้แบบเรียนโปรแกรม) มแนวโน้มที่จะได้คะแนนผลสัมฤทธิ์สูงกว่ากลุ่มควบคุม (ที่สอนตามแบบปกติ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

มอริเบอร์ (Moriber, 1969 : 214) ได้สร้างแบบเรียนโปรแกรม เรื่อง ทฤษฎีอะตอมและพันธะเคมี จำนวน 536 กรอบ นำไปสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพในวิทยาลัย โดยเปรียบเทียบกับวิธีสอนแบบตามปกติ ใช้เวลาในการสอน 3 สัปดาห์ แล้ววัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ปรากฏว่ากลุ่มทดลอง (ที่เรียนด้วยแบบเรียนโปรแกรม) มีคะแนนผลสัมฤทธิ์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

วอล์คเกอร์ (Walker, 1972 : 163 – 170) ได้ทดลองใช้แบบเรียนโปรแกรมในการปฏิบัติการเคมีในระดับวิทยาลัย เพื่อดูว่าจะได้ผลบรรลุจุดมุ่งหมายที่ไม่ใช่เนื้อหา คือความเข้าใจในวิธีการทางวิทยาศาสตร์ได้ดีเพียงไร ทำการวิจัยโดยมีนักเรียนกลุ่มควบคุมซึ่งเข้าห้องปฏิบัติการเคมีตามปกติ จำนวน 49 คน และกลุ่มทดลองซึ่งใช้โปรแกรมเป็นหลักในการทดลอง จำนวน 51 คน ผลการวิจัยปรากฏว่า กลุ่มทดลองทำคะแนนเกี่ยวกับความมุ่งหมายที่ไม่ใช่เนื้อหาได้ดี

ส่วนการวิจัยเกี่ยวกับแบบเรียนโปรแกรมในประเทศไทยที่สำคัญ ๆ ได้แก่

อุดม มุ่งเกษม (อุดม มุ่งเกษม, 2513 : 47) ได้ทดลองใช้เครื่องช่วยสอนเปรียบเทียบกับการสอนโดยวิธีปกติ ในวิชาภาษาอังกฤษชั้น ป.7 ผลปรากฏว่า นักเรียนทั้งสองกลุ่มสามารถเรียนรู้วิชาภาษาอังกฤษไม่แตกต่างกัน แต่ผู้วิจัยสังเกตพบว่า เมื่อใช้เครื่องสอนนักเรียนมีความกระตือรือร้นและอยู่ในระเบียบกว่าการสอนแบบปกติ

ปรีชา คุณวัลลี (ปรีชา คุณวัลลี, 2515 : 24) ได้ทดลองสอนวิทยาศาสตร์ชั้น ป.5 โดยเปรียบเทียบระหว่างการใช้แบบเรียนโปรแกรมกับวิธีสอนตามปกติ แล้วเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์และความทรงจำของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม ผลปรากฏว่าไม่แตกต่างกัน

วรรณา เจียมทะวงษ์ (วรรณา เจียมทะวงษ์, 2515 : 40) ได้ทดลองใช้แบบเรียนโปรแกรมวิชาเลขคณิตสอนนักเรียนชั้น ป.5 เปรียบเทียบกับการสอนโดยวิธีปกติ ผลปรากฏว่านักเรียนทั้งสองกลุ่มได้คะแนนผลสัมฤทธิ์และความทรงจำไม่แตกต่างกัน แต่ผู้วิจัยพบว่าเมื่อใช้แบบเรียนโปรแกรมจะง่ายต่อการควบคุมชั้นเรียน

สำหรับแบบเรียนโปรแกรมเนื้อหาวิชาเคมี บรรชา รัตนวัย (บรรชา รัตนวัย, 2516 : 38) ได้สร้างและทดลองใช้เปรียบเทียบกับวิธีสอนตามปกติในวิชาเคมี ชั้น ม.ศ. 4 ผลปรากฏว่า นักเรียนทั้งสองกลุ่มทำคะแนนผลสัมฤทธิ์ในการเรียนเคมีได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้น ป.กศ.สูง ของวิทยาลัยครู-เทพสตรี จังหวัดลพบุรี ซึ่งกำลังจะเรียนวิชาเคมี 1 อยู่ จำนวน 32 คน ผู้วิจัยได้แบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยแบ่งให้คะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี 1 ซึ่งเป็นคะแนน pretest ของทั้งสองกลุ่มใกล้เคียงกัน ดังตารางผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนน pretest

ตาราง 1 ค่านัยสำคัญของคะแนนวิชาเคมี 1 ในบางหัวข้อ (ที่จะทำการสอน) ก่อนการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	n	$\bar{X}$	S^2	t	P
กลุ่มทดลอง	15	27.33	35.524	0.1377	$>.05$
กลุ่มควบคุม	17	27.00	54.750		

จากค่า t และ P ในตารางนี้ แสดงให้เห็นว่าคะแนน pretest ของนักเรียนทั้งสองกลุ่มไม่ได้แตกต่างกัน (df 30 $t_{.05}$ = $\pm$ 2.042)

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

1. การสร้างแบบเรียนโปรแกรม

ในแบบเรียนโปรแกรม เนื้อหาของบทเรียนได้ถูกแบ่งออกเป็นกรอบ ๆ (frames) ภายในแต่ละกรอบจะมีการเสนอเนื้อหา แล้วถามให้ผู้เรียนตอบ และ

เนื้อหาของแต่ละกรอบจะต่อเนื่องกันไป ในแบบเรียนโปรแกรมเชิงเส้นตรง (linear programme) เรานิยมให้ผู้เรียนได้ตอบโดยการเติมคำ (constructed response) ทั้งนี้เพราะจะได้ผลในการ recall เนื้อหา ส่วนในแบบเรียนโปรแกรมแบบสาขา (branching programme) นั้น จะให้ผู้เรียนได้ตอบโดยการเลือกตอบ ซึ่งจะให้ผลดีในด้าน reconition เนื้อหาของบทเรียน (Green, 1962 : 147)

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างแบบเรียนโปรแกรมเชิงเส้นตรง (linear programme) ในเนื้อหาวิชาเคมี 1 หน่วยที่ 3 – 6 ตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (แนะแนวการสอนวิทยาศาสตร์) ชั้น ป.กศ.สูง ปี 2510 (หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู, 2510 : 75 – 80)

ขบวนการสร้างแบบเรียนโปรแกรมครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามวิธีการของจาโคบซ์และคณะ (Jacobs, Maier and Stolurow, 1966 : 10 – 11) คือ หลังจากทำความเข้าใจจุดมุ่งหมายทั่วไปตามหลักสูตรแล้ว ก็ดำเนินการดังนี้

1. ตั้งจุดมุ่งหมายเฉพาะ
2. เขียนกรอบของแบบเรียนโปรแกรมตามลำดับเนื้อหา
3. ทดลองใช้และปรับปรุง (กับนักเรียนรายคน)
4. ทดลองกับนักเรียนรายกลุ่ม (การ Validate)

เมื่อวางจุดมุ่งหมายเฉพาะและเขียนแบบเรียนโปรแกรมขึ้นเป็นกรอบ ๆ เสร็จแล้ว ผู้วิจัยก็นำไปทดลองกับนักเรียนที่จบ ป.กศ.ต้น แล้วแต่ยังไม่ได้เรียนเนื้อหาตามในแบบเรียนโปรแกรมนี้เพียง 1 คน โดยที่แบบเรียนนี้ยังไม่ได้เขียนคำเฉลยไว้ให้ ผู้วิจัยได้นั่งสังเกตและคอยบอกว่าคำตอบของนักเรียนแต่ละกรอบถูกหรือผิดไปเรื่อย ๆ คอยถามดูว่านักเรียนตอบผิดเพราะเขาเข้าใจผิดว่าอย่างไร เพื่อแก้ไขประโยคและการลำดับเนื้อหาขั้นย่อย ๆ และบันทึก error rate ของนักเรียนในการตอบแบบเรียนโปรแกรมในแต่ละบท แล้วนำมาแก้ไขปรับปรุงโดยยึดหลักแบบเรียนโปรแกรมที่ดีตามที่ อุดม มุ่งเกษม (อุดม มุ่งเกษม, 2513 : 25) ได้กล่าวไว้ คือ

ก. นักเรียนตอบข้อแรกได้ถูกต้อง เพื่อกระตุ้นให้อยากเรียน

ข. เรียงเนื้อหาตามลำดับจากง่ายไปหายาก และจากรูปธรรมไปหานามธรรม

ค. ให้ตอบผิดได้โดยมี error rate ไม่เกิน 5%

$$\left(\text{error rate} = \frac{\text{จำนวนคำตอบที่ตอบผิด}}{\text{จำนวนคำตอบทั้งหมด}} \times 100\right)$$

เมื่อแก้ไขปรับปรุงแล้วก็นำมาทดลองใช้กับนักเรียนที่จบ ป.กศ.ต้น อีก 1 คน โดยที่ยังไม่ใส่คำเฉลยไว้ให้ แล้วนามาปรับปรุงเป็นแบบเรียนโปรแกรมที่สมบูรณ์ แบบเรียนโปรแกรมที่ได้นี้มี error rate 0.5 – 3% รวมทั้งหมดจำนวน 691 กรอบ มีแบบฝึกหัดและการทดลองประกอบอยู่ด้วย แล้วจึงนำไปทดลองใช้กับนักเรียนทั้งชั้นเรียนซึ่งกำลังจะเรียนเนื้อหาตามในแบบเรียนโปรแกรมอยู่พอดี ที่วิทยาลัยครูเทพสตรี ลพบุรี ในภาคต้น จำนวนนักเรียน 34 คน ซึ่งดูผลจากการทำแบบฝึกหัดและข้อทดสอบแล้ว ก็พบว่าแบบเรียนโปรแกรมนี้ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้เนื้อหาวิชาตามหลักสูตรได้เป็นอย่างดี

2. <u>การสร้างแบบทดสอบและแบบสอบถาม</u>

ก. <u>แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน</u>

เมื่อได้ศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหาของหลักสูตรแล้ว ผู้วิจัยก็ได้ออกแบบทดสอบตามเนื้อหาวิชาที่สร้างโปรแกรมนี้รวม 104 ข้อ แล้วนำไปทดสอบกับนักเรียน ป.กศ.สูง ปีที่ 2 ที่ได้เรียนวิชาเคมี 1 ไปแล้วที่วิทยาลัยครูพระนคร และวิทยาลัยครูเทพสตรี จำนวนนักเรียนรวม 82 คน แล้วนำมาวิเคราะห์รายข้อ เลือกเอาข้อที่มีค่า P .20 – .80 และค่า r .20 ขึ้นไป เมื่อวิเคราะห์และคัดเลือกเรียบร้อยแล้ว ได้ข้อทดสอบไว้ใช้จำนวน 70 ข้อ ซึ่งมีค่า P เฉลี่ย 0.50 และค่า r เฉลี่ย .40 หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบได้ .98

ข. <u>แบบสอบถามทัศนคติทางวิทยาศาสตร์</u>

ผู้วิจัยได้เขียนแบบสอบถามทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ขึ้นมาเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่าตามแบบของลิกเกิร์ต (Likert) โดยแบ่งน้ำหนักของการ

ประมาณค่าออกเป็นคะแนน ยึดเกณฑ์ที่ว่า ถ้าตอบข้อ ก. ข. ค. ง. และ จ. จะให้คะแนน 5 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ แล้วนำมาทาการหาค่า t โดยเทคนิค 25% ของกลุ่มสูง และกลุ่มต่ำเป็นรายข้อ โดยใช้สูตรที่ Edwards (Edwards, 1957 : 152 – 154) เสนอไว้ คือ

$$t = \frac{\bar{X}_H - \bar{X}_L}{\sqrt{\frac{\sum(X_H - \bar{X}_H)^2 + \sum(X_L - \bar{X}_L)^2}{n(n-1)}}}$$

เมื่อ $\sum(X_H - \bar{X}_H)^2 = \sum X_H^2 - \frac{(\sum X_H)^2}{n}$ ๐

เมื่อ $\sum(X_L - \bar{X}_L)^2 = \sum X_L^2 - \frac{(\sum X_L)^2}{n}$

และ n คือจำนวนนักเรียนในกลุ่ม 25%

เมื่อทำการวิเคราะห์แล้วก็คัดเลือกเอาเฉพาะข้อที่ค่า t ตั้งแต่ 1.74 ขึ้นไปไว้ใช้ในการวิจัย

ในการสร้างแบบสอบถามครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เขียนแบบสอบถามขึ้นทั้งหมด 20 ข้อ เมื่อนามาวิเคราะห์รายข้อ โดยจำนวนนักเรียน 126 คน (กลุ่มคะแนนสูงและต่ำกลุ่มละ 31 คน) แล้วได้คะแนนทดสอบไว้ใช้จำนวน 19 ข้อ

ก. <u>แบบสอบถามความรู้สึก (ทัศนคติ) ของนักเรียนต่อการเรียนการสอนแบบโปรแกรมและแบบเรียนโปรแกรม</u>

ผู้วิจัยได้เขียนแบบสอบถามความรู้สึกของนักเรียนต่อแบบเรียนโปรแกรมและการเรียนการสอนแบบโปรแกรมจำนวน 23 ข้อ พร้อมด้วยเปิดโอกาสให้แสดงความคิดเห็นไว้ตอนท้าย ซึ่งแบบสอบถามฉบับนี้จะใช้เฉพาะกับกลุ่มทดลองเท่านั้น

การเก็บรวบรวมข้อมูล

เมื่อผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความรู้ก่อนเรียนเนื้อหา (pretest) ด้วยแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี 1 และแบบสอบถามทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ และแยกนักเรียนออกเป็นกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองแล้ว ก็เริ่มทำการทดลองสอนในวันศุกร์ที่ 27 กันยายน พ.ศ. 2517 ซึ่งเป็นระยะเวลาที่นักเรียนกำลังจะเริ่มเรียนเนื้อหาตรงตามในแบบเรียโปรแกรมอยู่พอดี ส่วนกลุ่มควบคุมนั้น อาจารย์ระมัด โชชัย ได้ทำการสอนไปด้วยวิธีสอนตามปกติ การทดลองสอนกระทำเสร็จในวันศุกร์ที่ 25 ตุลาคม พ.ศ. 2517 รวมใช้เวลาทำการทดลองสอน 16 ชั่วโมง แล้วจึงทำการทดสอบหลังการเรียน (post test) ด้วยแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี 1 แบบสอบถามทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ กับนักเรียนทั้งสองกลุ่ม และให้นักเรียนกลุ่มทดลองตอบแบบสอบถามความรู้สึก (ทัศนคติ) ต่อการเรียนการสอนแบบโปรแกรมและแบบเรียนโปรแกรม

การจัดกระทำกับข้อมูล

เมื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ มาได้เรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยก็ทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ตามลำดับขั้นดังนี้

1. เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนการเรียนเนื้อหาของนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุมโดยใช้ t - test

2. เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างคะแนนสอบครั้งแรก (คะแนนก่อนการเรียนรู้) กับคะแนนที่สอบหลังจากการเรียนรู้ ภายในกลุ่มของนักเรียนทั้งสองกลุ่มโดยใช้ t - test แบบในกลุ่มเดียวกัน

3. เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลอง โดยใช้ t - test

4. หาความเปลี่ยนแปลงของคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของ

นักเรียนทั้งสองกลุ่ม จากคะแนนสอบครั้งแรกกับคะแนนหลังจากการเรียนรู้เนื้อหาวิชาแล้ว โดยใช้ t - test

5. รวบรวมความรู้สึกของผู้เรียนต่อแบบเรียนโปรแกรม และการเรียนการสอนแบบโปรแกรม โดยรวบรวมจากแบบสอบถาม และคิดหาค่านัยสำคัญโดยใช้ Chi - square technique รวมทั้งรวบรวมข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่าง ๆ ของนักเรียน

<u>สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล</u>

1. คะแนนเฉลี่ย คำนวณโดยใช้สูตร

$$\bar{X} = \frac{\Sigma X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ = คะแนนเฉลี่ย

ΣX = ผลรวมของคะแนนของนักเรียนทั้งหมด

N = จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่ม

2. ความแปรปรวนของคะแนน คำนวณโดยใช้สูตร

$$s^2 = \frac{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}{N(N-1)}$$

เมื่อ s^2 = ความแปรปรวนของคะแนน

ΣX = ผลรวมของคะแนน

ΣX^2 = ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวที่ยกกำลังสองแล้ว

N = จำนวนนักเรียนในกลุ่มนั้น ๆ

3. เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนระหว่างกลุ่ม ใช้สูตร

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}\left\{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right\}}}$$

เมื่อ $\bar{X}_1$ = คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่ 1

$\bar{X}_2$ = คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มที่ 2

S_1^2 = ความแปรปรวนของคะแนนของกลุ่มที่ 1

S_2^2 = ความแปรปรวนของคะแนนของกลุ่มที่ 2

n_1 = จำนวนนักเรียนในกลุ่มที่ 1

n_2 = จำนวนนักเรียนในกลุ่มที่ 2

4. เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนในกลุ่มเดียวกัน (จากการสอบครั้งแรกกับครั้งหลัง) โดยใช้สูตร

$$t = \frac{\bar{D}}{S_{\bar{D}}}$$

เมื่อ $\bar{D}$ = คะแนนเฉลี่ยของคะแนนความแตกต่างของข้อมูลทั้ง 2 กลุ่ม

$S_{\bar{D}}$ = ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ $\bar{D}$ หาได้จากสูตร

$$S_{\bar{D}} = \frac{S_D}{\sqrt{n}}$$

และ $$S_D = \sqrt{\frac{n\Sigma D^2 - (\Sigma D)^2}{n(n-1)}}$$

D = ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่ (จากการสอบครั้งแรกกับครั้งหลัง)

n = จำนวนนักเรียนในกลุ่ม

5. การสอบถามความรู้สึก (ทัศนคติ) ต่อแบบเรียนโปรแกรม และการเรียนการสอนแบบโปรแกรม ใช้การทดสอบ Chi - square ดังสูตร

$$X^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

เมื่อ X^2 = ค่า Chi - square

O = ค่าความถี่ที่ได้จริง ๆ

E = ความถี่ที่คาดหวังไว้ (Expected frequency)

พลสมุดกลาง
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กระทำตามลำดับขั้นดังนี้

1. เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนก่อนการเรียนรู้เนื้อหา (pretest) ของนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม (โดยใช้ t - test)

2. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนการเรียนรู้เนื้อหากับคะแนนที่ทดสอบหลังจากการเรียนรู้เนื้อหาแล้ว (post test) ภายในกลุ่มของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม

3. เปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลอง

4. หาความเปลี่ยนแปลงของคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม จากข้อมูลที่ตอบแบบสอบถามทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ครั้งแรกกับข้อมูลที่ตอบแบบสอบถามทัศนคติทางวิทยาศาสตร์หลังจากเรียนเนื้อหาที่ทำการทดลองสอนไปแล้ว

5. รวบรวมความรู้สึกและความคิดเห็นต่อแบบเรียนโปรแกรมและการเรียนการสอนแบบโปรแกรมของนักเรียนกลุ่มทดลอง จากแบบสอบถามความรู้สึก (ทัศนคติ) ต่อแบบเรียนโปรแกรมและการเรียนการสอนแบบโปรแกรม

สัญญลักษณ์ต่าง ๆ ที่ใช้เขียนแสดงไว้ในตารางผลการวิเคราะห์ข้อมูล แต่ละตัวมีความหมาย ดังนี้

N	=	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{X}$	=	คะแนนเฉลี่ย
S^2	=	ความแปรปรวนของคะแนน
t	=	ค่าอัตราส่วนนัยสำคัญทางสถิติ

54999

P = ระดับความเชื่อมั่น

$\bar{D}$ = ผลต่างเฉลี่ยของคะแนนก่อนการเรียนรู้เนื้อหากับหลังการเรียนรู้เนื้อหา

$S_{\bar{D}}$ = ความกลาดเคลื่อนมาตรฐานของผลต่างเฉลี่ยของคะแนน

<u>การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการเรียนรู้เนื้อหาที่ทำการทดลอง</u>

การเปรียบเทียบครั้งนี้ กระทำเพื่อพิจารณาดูว่าความรู้พื้นฐานทางเคมีของนักเรียนทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ ผลการวิเคราะห์สรุปไว้ในตารางที่ 1 คือ

ตาราง 2 ค่านัยสำคัญของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการเรียนรู้เนื้อหา ระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลอง

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\bar{X}$	S^2	t	P
กลุ่มทดลอง	15	27.33	35.524	0.1377	$>.05$
กลุ่มควบคุม	17	27.00	54.750		

(df = 30 $t_{.05} = \pm 2.042$)

จากตาราง จะเห็นว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนทั้งสองกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกันมาก คือแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น .05 แสดงให้เห็นว่าก่อนการเรียนรู้ นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีความรู้พื้นฐานในเนื้อหาที่จะเรียนอย่างเท่าเทียมกัน

<u>การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการเรียนรู้กับคะแนนภายหลังการเรียนรู้</u> (ภายในแต่ละกลุ่ม)

เมื่อทำการทดสอบหลังจากการเรียนรู้เนื้อหาเสร็จแล้ว ผู้วิจัยก็นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในแต่ละกลุ่มจากการทดสอบครั้งก่อนเรียนรู้กับหลังการเรียนรู้ มาเทียบกันเองภายในกลุ่ม ซึ่งผลการเปรียบเทียบแสดงไว้ในตารางที่ 3 และตารางที่ 4 คือ

ตาราง 3 ค่านัยสำคัญของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนการเรียนรู้กับคะแนนหลังการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มทดลอง

การทดสอบ	N	$\bar{D}$	S_D	t	P
ก่อนการเรียนรู้	15	21.33	6.250	13.218	$< .001$
หลังการเรียนรู้	15				

(df = 14 $t_{.001} = \pm$ 4.140)

ตาราง 4 ค่านัยสำคัญของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนการเรียนรู้กับหลังการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มควบคุม

การทดสอบ	N	$\bar{D}$	S_D	t	P
ก่อนการเรียนรู้	17	12.47	4.888	10.5196	$< .001$
หลังการเรียนรู้	17				

(df = 16 $t_{.001} = \pm$ 4.015)

จากตารางที่ 3 และตารางที่ 4 จะเห็นว่าหลังจากการเรียนรู้เนื้อหาแล้ว คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนทั้งสองกลุ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .001 แสดงว่านักเรียนทั้งสองกลุ่มได้เรียนรู้เนื้อหาวิชาที่ทำการสอนด้วยวิธีสอนทั้งสองวิธี

<u>การเปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลอง</u>

การเปรียบเทียบนี้กระทำเพื่อพิจารณาดูว่านักเรียนในกลุ่มควบคุม ซึ่งทำการสอนด้วยวิธีสอนตามปกติ กับนักเรียนในกลุ่มทดลอง ซึ่งสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมเป็นหลักนั้น สามารถเรียนรู้เนื้อหาเคมีที่ทำการสอนไปได้แตกต่างกันหรือไม่ และแตกต่างกันมากน้อยเพียงไร หรือแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับใด ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยก็เสนอไว้ในตารางที่ 5

ตาราง 5 ค่านัยสำคัญของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\bar{X}$	S^2	t	P
กลุ่มทดลอง	15	48.666	62.666	2.8192	$<.01$
กลุ่มควบคุม	17	39.471	104.265		

$(df = 30 \qquad t_{.01} = \pm 2.750)$

จากตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลนี้แสดงให้เห็นว่านักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเรียนรู้เนื้อหาวิชาเคมีได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% (หรือ .01) ซึ่งหมายความว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถใน

การเรียนวิชาเคมีในครั้งนี้สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม

<u>การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนภายในแต่ละกลุ่ม</u>

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละกลุ่ม โดยเปรียบเทียบคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ ก่อนการเรียนรู้เนื้อหากับภายหลังการเรียนรู้เนื้อหา กระทำเพื่อพิจารณาดูว่าภายหลังจากการเรียนรู้เนื้อหาที่ทำการสอนไปแล้ว นักเรียนได้มีการเปลี่ยนแปลงทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ไปด้วยหรือไม่ ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลก็ได้เสนอไว้ในตารางที่ 6 และตารางที่ 7

ตาราง 6 ค่านัยสำคัญของคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างคะแนนก่อนการเรียน กับคะแนนหลังจากการเรียนรู้เนื้อหา ของนักเรียนกลุ่มทดลอง

กลุ่มทดสอบ	N	$\bar{D}$	S_D	t	P
ก่อนการเรียนรู้	15	1.2000	4.7689	0.9745	>.05
หลังการเรียนรู้	15				

(df = 14 $t_{.05} = \pm$ 2.145)

ตาราง 7 ค่านัยสำคัญของคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างคะแนนก่อนการเรียนกับหลังการเรียนรู้เนื้อหาของนักเรียนกลุ่มควบคุม

การทดสอบ	N	$\bar{D}$	S_D	t	P
ก่อนการเรียนรู้	17	1.2352	4.1311	1.2328	>.05
หลังการเรียนรู้	17				

($t_{.05} = \pm 2.120$ df = 16)

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่เสนอไว้ในตารางที่ 6 และที่ 7 แสดงให้เห็นว่าทั้งนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนแปลงทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ไปในทางที่ดีขึ้น หรือคะแนนสูงขึ้นแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่พอจะเชื่อถือได้ระดับใดเลย จึงไม่สามารถจะสรุปได้ว่านักเรียนทั้งสองกลุ่มนี้มีทัศนคติทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นหลังจากเรียนเนื้อหาที่ทำการทดลองสอนไปแล้วแต่ประการใด

<u>ความรู้สึก (ทัศนคติ) ต่อแบบเรียนโปรแกรมและการเรียนการสอนแบบโปรแกรม</u>

จากข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม ผู้วิจัยพบว่านักเรียนในกลุ่มทดลองมีความรู้สึกในทางสนับสนุนแบบเรียนโปรแกรมและการเรียนการสอนแบบโปรแกรมคือ พบว่านักเรียนตอบแบบสอบถามในทางสนับสนุน (positive) ทุก ๆ ข้อ (นักเรียนตอบในทางสนับสนุนเกิน 50% ของจำนวนนักเรียนทุกข้อ) และเมื่อนำไปทดสอบข้อมูลด้วยการหาค่า Chi - square ก็ได้ค่าการกระจายของ χ^2 ดังนี้

ตาราง 8 ค่านัยสำคัญของ χ^2 ของแบบสอบถามทัศนคติต่อแบบเรียนโปรแกรมและการเรียนการสอนแบบโปรแกรม

ทัศนคติ	สนับสนุน	ไม่สนับสนุน	χ^2
กลุ่มทดลอง O	247	98	64.350
E			

($\chi^2_{.001}$ = 10.83 เมื่อ df = 1)

จากตารางที่ 8 จะเห็นว่าได้ค่า χ^2 รวม 64.350 แสดงว่า นักเรียนมีความรู้สึกสนับสนุนต่อแบบเรียนโปรแกรมและการเรียนการสอนแบบโปรแกรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .001

สำหรับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่าง ๆ พบว่านักเรียนบางคนได้แสดงความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะเพิ่มเติมไว้ดังนี้

1. ควรใช้แบบเรียนเป็นเครื่องประกอบการเรียนตลอดทั้งภาคเรียน

2. ควรจะทำเป็นรูปแบบเรียนที่นำไปเรียนเองที่บ้าน แล้วตั้งชื่อเสียใหม่ว่า แบบฝึกหัดเสริมทักษะ

3. เมื่อเติมช่องว่าง (ในแต่ละกรอบ) ทำได้ถูกต้องดี แต่เมื่อทำส่วนที่เป็นแบบฝึกหัดการคำนวณยังต้องใช้เวลานาน ๆ จึงจะทำได้ เพราะเข้าใจไม่ค่อยชัด

4. เรื่องเกี่ยวกับการคำนวณนั้นเข้าใจดี แต่นำหลักไปใช้ยาก ควรจะเพิ่มรายละเอียดให้ละเอียดมากยิ่งขึ้น

5. แบบเรียนโปรแกรมน่าจะเหมาะกับเด็กในระดับประถม และมัธยมศึกษาด้วย เพราะระดับนี้มีเวลาว่างมาก

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ชั้น ป.กศ.สูง ในวิชาเคมี 1 ในหัวข้อเรื่อง อะตอมและโมเลกุล โครงสร้างอะตอม โมเลกุลและวาเลนซ์อิเล็กตรอน และตารางธาตุ โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ

2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนทั้งกลุ่มที่สอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมและที่สอนตามปกติ

สมมุติฐานของการศึกษาวิจัย

1. กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาเคมีแตกต่างกัน

2. ทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน หลังจากเรียนเนื้อหาวิชาเคมีแล้วเปลี่ยนแปลงไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การสร้างเครื่องมือ

1.1 การสร้างแบบเรียนโปรแกรม เมื่อได้ศึกษาวิธีการสร้างแบบเรียนโปรแกรมแล้ว ผู้วิจัยก็ศึกษาหลักสูตรเนื้อหาวิชาเคมี 1 ตามหัวข้อที่ต้องการ แล้วจึงเขียนแบบเรียนโปรแกรมเชิงเส้นตรง (linear programme) ซึ่งให้ผู้เรียนได้แสดงออกโดยการเขียนตอบ เมื่อเขียนกรอบเสร็จแล้วจึงไปทดลองใช้กับนักเรียน 1 คน และเมื่อนำมาแก้ไขปรับปรุงแล้วจึงนำไปทดลองใช้ใหม่อีกครั้งหนึ่งกับนักเรียนอีก 1 คน นำมาพิจารณาปรับปรุงอีกครั้งหนึ่ง ได้แบบเรียนโปรแกรมจำนวน 691 กรอบ รวมทั้งมี

แบบฝึกหัดและการทดลองประกอบ มีอัตราความผิดพลาดของแบบเรียนนี้ 0.5 – 3% แล้วจึงนำไปทดลองกับนักเรียนรายกลุ่มจำนวน 34 คน ที่วิทยาลัยครูเทพสตรี ในภาคต้นของปีการศึกษา 2517 ซึ่งดูผลจากการทำแบบฝึกหัดแล้วก็พบว่านักเรียนสามารถเรียนรู้เนื้อหาได้

1.2 <u>การสร้างแบบทดสอบและแบบสอบถาม</u>

ก. <u>แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน</u> เมื่อศึกษาหลักสูตรแล้ว ผู้วิจัยได้ออกแบบทดสอบ 104 ข้อ นำไปทดสอบกับนักเรียน ป.กศ.สูง ปี 2 ที่เรียนเคมี 1 มาแล้ว นาแบบทดสอบมาวิเคราะห์รายข้อเก็บข้อที่มีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.20 – 0.80 และอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไปไว้ หลังจากการวิเคราะห์แล้วได้ข้อสอบไว้ใช้ 70 ข้อ ซึ่งมีค่าความยากง่ายเฉลี่ย 0.50 ค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย 0.40 และความเชื่อมั่น (หาแบบ split half) 0.98

ข. <u>แบบสอบถามทัศนคติทางวิทยาศาสตร์</u> ผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถามทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่าตามแบบของลิกเกิร์ต คือแต่ละข้อมีตัวเลือกให้ความเห็น 5 ตัว คือ ก ข ค ง และ จ จำนวน 20 ข้อ นาไปทดลองสอบ แล้วนำมาวิเคราะห์รายข้อตามเทคนิค 25% ของกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ คัดเลือกข้อที่มีค่า t 1.74 ขึ้นไปไว้ เมื่อวิเคราะห์เสร็จแล้วก็ได้แบบสอบถามจำนวน 19 ข้อ

ค. <u>แบบสอบถามความรู้สึก (ทัศนคติ) ต่อการเรียนการสอนแบบโปรแกรม</u> ผู้วิจัยได้เขียนแบบสอบถามความรู้สึกของนักเรียนต่อการเรียนการสอนแบบโปรแกรม จำนวน 23 ข้อ พร้อมด้วยเปิดโอกาสให้แสดงความคิดเห็น แบบสอบถามนี้ ใช้เฉพาะนักเรียนในกลุ่มทดลองเท่านั้น

2. <u>กลุ่มตัวอย่าง</u>

กลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษาคือนักเรียน ป.กศ.สูง ของวิทยาลัยครูเทพสตรี จังหวัดลพบุรี ซึ่งกำลังจะเริ่มเรียนเนื้อหาที่ทำการทดลองสอน กลุ่มตัวอย่างมีจำนวนนักเรียน 32 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มทดลอง 15 คน และกลุ่มควบคุม 17 คน

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

กระทำในภาคเรียนที่ 2 ของปีการศึกษา 2517 โดยทดสอบกลุ่มตัวอย่าง (pretest) เพื่อดูพื้นฐานความรู้ก่อนทำการทดลองสอน แล้วผู้วิจัยทำการสอนกลุ่มทดลอง และอาจารย์ประจำวิชาเคมี 1 ของวิทยาลัยครูเทพสตรีทำการสอนกลุ่มควบคุม เมื่อเรียนจบเนื้อหาที่ทำการทดลองสอนแล้วจึงทำการทดสอบ (post test) ด้วยแบบทดสอบและแบบสอบถามต่าง ๆ แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ต่อไป

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการเรียนรู้เนื้อหาของนักเรียนกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม โดยใช้ t - test

4.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างคะแนนสอบก่อนการเรียนรู้เนื้อหากับคะแนนที่สอบหลังจากการเรียนรู้เนื้อหาแล้วภายในกลุ่มของนักเรียนทั้งสองกลุ่ม โดยใช้ t - test แบบเปรียบเทียบภายในกลุ่มเกี่ยวกัน

4.3 เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลอง โดยใช้ t - test

4.4 หาความเปลี่ยนแปลงทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งสองกลุ่มโดยดูจากการตอบแบบสอบถามก่อนการเรียนรู้เนื้อหาเคมี กับการตอบแบบสอบถามหลังการเรียนรู้เนื้อหาเคมีแล้ว โดยใช้ t - test

4.5 รวบรวมความรู้สึก (ทัศนคติ) ต่อแบบเรียนโปรแกรมและการเรียนการสอนแบบโปรแกรม แล้ววิเคราะห์ข้อมูลโดยการใช้ Chi - square

สรุปผลการวิจัย

1. คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากการทดสอบครั้งแรก (pretest) ของนักเรียนทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

2. ทั้งนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีในเรื่องที่ทำการทดลองสอนสูงขึ้น

3. นักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเรื่องที่ทำการทดลองสอนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4 ทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่เปลี่ยนแปลงหลังจากการเรียนเนื้อหาเคมีที่ทำการทดลองสอนไปแล้ว

5. นักเรียนในกลุ่มทดลองมีความรู้สึกนิยมหรือสนับสนุนแบบเรียนโปรแกรมและการเรียนการสอนแบบโปรแกรม

<u>อภิปรายผล</u>

ผู้วิจัยมีความคิดเห็นต่อการวิจัยครั้งนี้ ดังนี้

ผลข้อ 1 การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีก่อนทำการทดลองสอน ผลปรากฏว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความรู้พื้นฐานทางเคมีของนักเรียนทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้เพราะนักเรียนทั้งสองกลุ่มนี้มีพื้นฐานความรู้ใกล้เคียงกัน (คือจบชั้น ป.กศ.ต้น จากวิทยาลัยครูเทพสตรี ซึ่งเรียนเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในชั้นต้น ๆ เหมือน ๆ กัน) ดังนั้นผู้วิจัยจึงเริ่มทำการทดลองสอนได้

ผลข้อ 2 พบว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมหลังจากการเรียนรู้เนื้อหาแล้วสูงกว่าคะแนนก่อนการเรียนรู้เนื้อหา แสดงว่าทั้งวิธีสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมและวิธีสอนตามปกติทำให้นักเรียนเรียนรู้เนื้อหาเคมีได้ ซึ่งวิธีสอนที่ใช้ทั้งสองวิธีนี้ก็เป็นวิธีที่ได้ผลดีเป็นที่ยอมรับกันทั่ว ๆ ไปในวงการศึกษาอยู่แล้ว นักเรียนจึงสามารถเรียนรู้เนื้อหาหรือมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สูงขึ้นกว่าการทดสอบครั้งแรก

ผลข้อ 3 เป็นการเปรียบเทียบผลของการสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ การวิจัยครั้งนี้เป็นไปตามสมมุติฐานข้อ 1 ที่ผู้วิจัยตั้งไว้ คือนักเรียนกลุ่มทดลองซึ่งเรียนโดยยึดแบบเรียนโปรแกรมเป็นหลักมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุม นั่นคือ กลุ่มทดลองเรียนรู้เนื้อหาวิชาได้ดีกว่ากลุ่มควบคุมที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะแบบเรียนโปรแกรมได้แยกแยะเนื้อหาออกเป็นขั้นเล็ก ๆ เรียงลำดับต่อเนื่องกันไปง่ายแก่การเข้าใจ และในขบวนการเรียนนั้นนักเรียนก็มีส่วนร่วมในการเรียนด้วยตนเอง (active involving) ต่อบทเรียนอยู่ตลอดเวลาหรือทุก ๆ ขั้น เพราะในการฝึกแก้ปัญหาหรือการตอบคำถามในกรอบต่าง ๆ นักเรียนจะต้องทำความเข้าใจ และใช้ความคิดและความเข้าใจไปตลอดเวลา ประกอบกับนักเรียนชั้นนี้อยู่ในระดับอุดมศึกษาแล้ว สามารถทำความเข้าใจและรับผิดชอบต่อกิจกรรมการเรียนด้วยตนเองได้เป็นอย่างดี ด้วยเหตุนี้เองแม้ผู้สอนทั้งสองกลุ่มได้วางแผนและทำความเข้าใจหรือตกลงเกี่ยวกับเนื้อหาและแบบฝึกหัดด้วยกัน แต่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองก็สูงกว่ากลุ่มควบคุมได้ แม้ผลการวิจัยในต่างประเทศ (ดังในบทที่ 2) ซึ่งทำการวิจัยเปรียบเทียบการสอนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติในระดับอุดมศึกษา ก็มักจะพบว่ากลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุม

ผลข้อ 4 ปรากฏว่า ผลการวิจัยไม่สอดคล้องกับสมมุติฐานข้อ 2 ที่ว่า ทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเปลี่ยนไปหลังจากเรียนเนื้อหาเคมีแล้ว แต่ผลการวิจัยพบว่า ทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไม่เปลี่ยนแปลง ผู้วิจัยตั้งสมมุติฐานไว้เช่นนี้เพราะได้สังเกตว่าในเนื้อหาที่เรียนประกอบด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และแต่ละขั้นตอนของเนื้อหาวิชาก็มีส่วนที่ให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์อยู่มาก อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยมีความเห็นว่าถ้าใช้เวลาทำการทดลองมากกว่านี้ คะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์คงจะสูงขึ้น คือ ผู้เรียนเปลี่ยนแปลงทัศนคติโดยมีทัศนคติทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น นั่นคือ ผู้เรียนเปลี่ยนแปลงทัศนคติโดยมีทัศนคติทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติได้

ส่วนผลข้อ 5 ซึ่งเป็นผลจากการสอบถามความรู้สึกต่อแบบเรียนโปรแกรมและการเรียนการสอนแบบโปรแกรมนั้นผลการวิจัยพบว่านักเรียนสนับสนุนหรือให้ความนิยมต่อแบบเรียนโปรแกรมและการเรียนการสอนแบบโปรแกรม ที่เป็นเช่นนี้คงจะเป็นเพราะแบบเรียนโปรแกรมและการเรียนการสอนแบบโปรแกรมมีข้อดีทางด้านจิตวิทยาการเรียนการสอนที่ใหม่ต่อนักเรียนอยู่หลายประการ เช่น มีการเสริมแรงโดยการให้รู้ผลของการกระทำหรือรู้คำตอบได้ทันที เรียงลำดับเนื้อหาอย่างละเอียดเป็นขั้น ๆ ไปทำให้เข้าใจง่าย นักเรียนสามารถก้าวไปทีละขั้น ๆ ตามความสามารถของตนเอง เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ช่วยส่งผลให้นักเรียนเกิดความเพลิดเพลิน และเรียนรู้เนื้อหาได้ดี เมื่อพิจารณาจากข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากแบบสอบถามก็แสดงให้เห็นว่านักเรียนกลุ่มนี้มีแนวความคิดในทางสร้างสรรต่อแบบเรียนโปรแกรมเป็นอย่างดี เช่น การเสนอให้เผยแพร่โดยใช้เป็นเอกสารประกอบบทเรียน เสนอให้ทดลองใช้ในระดับชั้นอื่น ๆ เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นข้อคิดที่ดี และมีใช้อยู่บ้างแล้วในต่างประเทศดังที่จาโคบส์ และคณะ (Jacobs, Maier and Stolurow, 1966: 11 – 18) ได้กล่าวไว้ว่า แบบเรียนโปรแกรมนิยมใช้กับการสอนในห้องเรียนหรือให้เรียนที่บ้านโดยยึดเป็นแบบเรียนหลัก ใช้เป็นเอกสารประกอบบทเรียน ใช้เพิ่มเติมหรือฝึกหัดเด็กประเภทที่ยังอ่อนเนื้อหานั้น ๆ และใช้กับการศึกษาผู้ใหญ่หรือเป็นคู่มือฝึกอาชีพบางประการ

นอกจากผลการวิจัยทั้งห้าข้อนี้แล้วขณะที่ทำการทดลองสอน ผู้วิจัยยังได้สังเกตเห็นว่าขณะอยู่ในห้องเรียน นักเรียนก็ให้ความสนใจกับบทเรียนเป็นอย่างดีโดยที่ต่างคนต่างทำของตนเองไปไม่ค่อยมีการรบกวนผู้อื่น หรือส่งเสียงคุยกัน ทั้งนี้เพราะผู้เรียนมีความกระตือรือร้นต่อบทเรียนพอสมควร และเป็นเพราะแต่ละคนย่อมมีส่วนร่วมอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากเวลาที่ทำการสอนค่อนข้างน้อยและนักเรียนที่เก่ง ๆ จะเรียนไปได้เร็ว ดังนั้นในระยะหลัง ๆ ผู้วิจัยจึงให้ผู้เรียนนำไปศึกษาเพิ่มเติมและทำแบบฝึกหัดบางส่วนที่บ้าน และยังพบว่าเมื่อนำกลับไปทำที่บ้าน นักเรียนก็รับผิดชอบดีและมีปัญหาในด้านความเข้าใจเนื้อหาน้อยมาก

จากผลการวิจัยทุก ๆ ข้อ และการสังเกต ผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่า การสอนแบบโปรแกรมมีประสิทธิภาพดี เหมาะสมที่จะนำมาใช้กับนักเรียนไทยในระดับ ป.กศ.สูง โดยเฉพาะวิชาเคมี 1 ตามเนื้อหาที่ทำการทดลองสอนไปแล้ว และแบบเรียนโปรแกรมที่สร้างขึ้นครั้งนี้ก็มีประสิทธิภาพสูงพอที่จะนำไปใช้ได้ในวิทยาลัยครูอื่น ๆ ทั่วไปในระดับ ป.กศ.สูง หรือสถาบันการศึกษาอื่น ๆ ที่มีพื้นฐานความรู้สูงพอที่จะต่อในเนื้อหาตามในแบบเรียนโปรแกรมนี้ได้

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป กระทรวงศึกษาธิการควรจะได้ส่งเสริมหรือดำเนินการผลิตแบบเรียนโปรแกรมโดยเฉพาะในระดับที่มีการวิจัยผลไว้แล้วออกเผยแพร่ โดยการดำเนินการด้วยตนเอง หรือร่วมกับสถาบันที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาเช่น มหาวิทยาลัยต่าง ๆ ทั้งนี้เพื่อเป็นการสนับสนุนนโยบายการส่งเสริมความเสมอภาคทางการศึกษาในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเพื่อเป็นแนวทางการให้การศึกษาแก่ประชาชนตามโครงการปฏิรูปการศึกษาในด้านการศึกษาตลอดชีพอีกด้วย

ข้อเสนอแนะเพื่อทำการวิจัยต่อไป

1. ควรจะทดลองเปรียบเทียบผลการสอนโดยการใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติในระดับชั้นอื่น ๆ ในวิชาเคมี และวิชาอื่น ๆ ดูบ้าง โดยเฉพาะในระดับของการศึกษาผู้ใหญ่

2. ควรจะดำเนินการสร้างแบบเรียนโปรแกรมเป็นรายวิชา โดยพยายามทำให้ครบทุกหัวข้อตามในหลักสูตร และทำการทดลองสอนโดยมีกลุ่มผู้วิจัยผลัดเปลี่ยนกันสอนเป็นระยะเวลาตลอดภาคเรียน

3. ควรจะทำการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการเรียนของนักเรียนที่มีความสามารถต่าง ๆ กัน เช่นเด็กกลุ่มเก่ง กับกลุ่มอ่อน

4. ควรจะเปรียบเทียบทัศนคติของผู้เรียนต่อวิชาที่เรียนหลังจากที่ทำการทดลองสอนเสร็จ

5. ควรจะทดลองสอนเปรียบเทียบกับเทคนิคอื่น ๆ เช่น การสอนแบบสืบสวนสอบสวน การสอนด้วยโทรทัศน์ ฯลฯ

6. ควรจะทดลองสอนเปรียบเทียบระหว่างวิธีสอนตามปกติ วิธีสอนแบบโปรแกรมในโรงเรียนหรือในห้องเรียน กับการเรียนจากแบบเรียนโปรแกรมโดยการศึกษาด้วยตนเองที่บ้าน

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

ก่อ สวัสดิพาณิชย์ "เทคโนโลยี่ทางการศึกษา" ประมวลบทความเกี่ยวกับนวกรรมและเทคโนโลยี่ทางการศึกษา กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ โรงพิมพ์คุรุสภา 2515 หน้า 136 – 138.

บรรชา รัตนวัย การสร้างและทดลองใช้แบบเรียนโปรแกรมสอนวิชาเคมีในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. วิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร 2516, 48 หน้า.

ปรีชา คุณวัลลี การศึกษาเปรียบเทียบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นประถมปีที่ 5 โดยใช้แบบเรียนโปรแกรมกับการสอนตามปกติ ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. วิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร 2512, 35 หน้า.

พิทักษ์ รักษพลเดช พฤติกรรมวิทยาศาสตร์กับการพัฒนาประเทศ วิทยาลัย – วิชาการศึกษา 2514, 82 หน้า.

วรรณา เจียมทะวงษ์ การศึกษาเปรียบเทียบการสอนวิชาเลขคณิตชั้นประถมปีที่ 5 ระหว่างการใช้แบบเรียนสำเร็จรูป (Programmed Textbook) กับการสอนตามปกติ ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. วิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร 2515, 47 หน้า.

วิจิตร ศรีสอ้าน "เทคนิควิทยาทางการศึกษา" ศูนย์ศึกษา 6 : 21 – 36 กันยายน – ตุลาคม 2512.

ล้วน สายยศ และอังคณา ตันติรัตนานนท์ สถิติวิทยาทางการศึกษา วัฒนาพานิช 2515, 276 หน้า.

ศึกษานิเทศก์, หน่วย กรมการฝึกหัดครู แนะแนวการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาชั้นสูง พ.ศ. 2510 เมษายน 2510 153 หน้า.

สุภา ภุชงกุล "Programmed Instruction" ประมวลบทความเกี่ยวกับนวกรรมและเทคโนโลยี่ทางการศึกษา กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ โรงพิมพ์คุรุสภา 2515 หน้า 161 – 165.

อุดม มุ่งเกษม การทดลองใช้เครื่องสอนประกอบการสอนวิชาภาษาอังกฤษในระดับชั้นประถมปีที่ 7 ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. วิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร 2513, 63 หน้า.

เอกวิทย์ ณ ถลาง "ข้อคิดบางประการเพื่อการปฏิรูปการศึกษา" การศึกษา สมาคมสังคมศาสตร์แห่งประเทศไทย โครงการตำราสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ไทยวัฒนาพานิช 2514 หน้า 17 – 22.

Anderson, Carol Joy, "The Development and Evaluation of Programmed Learning for High School Chemistry", Dissertation Abstracts International, Vol. 32, No. 4, October 1971, 1935 – A.

Beane, Donald G, "A Comparison of Linear and Branching Techniques of Programmed Instruction in Plane Geometry", The Journal of Education Research, Vol. 58, No 7, March 1965, P 319 – 327.

Beck, Marilyn Clark, "A Comparative Analysis of three methods of teaching Remedial Algebra on the Junior College Level". Dissertation Abstracts International, Vol. 31, No 12, June 1971, P 6270 – A.

Bockman, David Carl, "The Effectiveness of Programmed Instruction Versus The Lecture – Discussion Method of Teaching Basic Metallurgical Concepts", Dissertation Abtracts International, Vol. 32, No. 4, October 1971, 1893 – A.

Conroy, David E. "The Effects of Age and Sex Upon a Comparison Between Achivement Gains in Programmed Instruction and Conventional Instruction in Remedial Algebra I at Northern Virginia Community College", Dissertation Abstracts International, Vol. 32, No. 9, March 1972, P 5102 - A.

Dunn, Rita and Dunn, Kenneth, Practical Approaches to Individualizing Instruction: Contracts and Other Effective Teaching Strategies, Parker Publishing Company, Inc., 1972, 254 pp.

Edwards, Allen L., Techniques of Attitude Scale Construction, Appleton-Century-Crofts, Inc., 1957, 256 pp.

Fan, Chung-Teh, Item Analysis Table, Education Testing Service, 1952, 32 pp.

Green, Edward J., The Learning Process and Programmed Instruction, Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1962, 228 pp.

Jacobs, Poul I., Maier, Milton H. and Stolurow, Lawrence M., A Guide to Evaluation Self-Instructional Programs., Holt Rinehart and Winston, Inc., 1966, 84 pp.

Morgan, Robert M., "Mastery Learning and Programmed Instruction in Developing Countries", Educational Technology, October 1973, p. 25-28.

Moriber, George, "The Effects of Programmed Instruction in a College Physical Science Course for Non-Science Students", Journal of Research in Science Teaching, Vol. 6, No. 3, 1969, p. 214-216.

Rossi, Peter H. and Biddle, Bruce J., The New Media and Education, Anchor Books Doubleday and Company, Inc., 1966, 460 pp.

Shumsky, Abraham, In Search of Teaching Style, Moredith Corgpration, 1968, 252 pp.

Strickland, Winfred Randolph, "A Comparison of A Programed Course and A Traditional Lecture Course in General Biology" Dissertation Abstracts International, Vol. 32, No. 5, November 1971, 2510 - A.

Walker, Noojan C., "Programmed Chemistry Laboratory Experiments: Accomplishing Method Objectives", Science Education, Vol. 56, No. 2, 1972, p. 163 - 170.

Young, Alfred Franklin, "A Comparative Study of Supplementary Programed and Conventional Methods of Instruction in Teaching Freshman Chemistry 1015 At Oklahoma State University", Dissertation Abstracts International, Vol. 31, No.11, May 1971, p. 5882 - A.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์ข้อมูล

ตารางค่าความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล

ข้อที่	p	r	ข้อที่	p	r
1	.77	.42	20	.27	.22
2	.66	.25	21	.63	.34
3	.55	.28	22	.27	.50
4	.73	.50	23	.67	.45
5	.48	.50	24	.65	.72
6	.52	.50	25	.60	.37
7	.73	.33	26	.57	.42
8	56	.63	27	.25	.46
9	.48	.32	28	.40	.37
10	.38	.24	29	.64	.40
11	.50	.28	30	.30	.50
12	.66	.25	31	.45	.28
13	.47	.41	32	.24	.29
14	.77	.42	33	.75	.46
15	.59	.29	34	.73	.22
16	.64	.40	35	.78	.55
17	.66	.25	36	.58	.59
18	.50	.36	37	.45	.38
19	.77	.25	38	.37	.37

ข้อที่	p	r	ข้อที่	p	r
39	.27	.22	58	.57	.33
40	.55	.38	59	.36	.29
41	.72	.37	60	.32	.21
42	.52	.50	61	.52	.50
43	.55	.38	62	.47	.41
44	.48	.52	63	.45	.45
45	.75	.16	64	.23	.12
46	.41	.29	65	.60	.56
47	.48	.50	66	.47	.58
48	.45	.28	67	.33	.15
49	.38	.43	68	.70	.66
50	.28	.63	69	.33	.36
51	.28	.63	70	.34	.59
52	.52	.50			
53	.45	.15			
54	.38	.34			
55	.44	.63			
56	.34	.25			
57	.52	.32			

p เฉลี่ย = .50

r เฉลี่ย = .40

การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่ใช้ในการวิจัยหาแบบ split half โดยใช้สูตร

$$r_{tt} = \frac{2r}{1 + r}$$

ค่า r คำนวณจากสูตร

$$r = \frac{N\Sigma XY - \Sigma X\Sigma Y}{\sqrt{\{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2\}\{N\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2\}}}$$

ในการวิเคราะห์ข้อทดสอบครั้งนี้ ใช้ N จำนวน 82 คน และเมื่อ X แทนคะแนนข้อคี่ และ Y แทนคะแนนข้อคู่ของแต่ละคน ผลจากการแจกแจงได้ค่า

$\Sigma X = 1481$ $\Sigma Y = 1402$ $\Sigma X^2 = 29319$ $\Sigma Y^2 = 26378$ $\Sigma XY = 27758$

(พบว่า $\bar{X} = 18$ $\bar{Y} = 17$)

จึงได้ $N\Sigma XY = 2276156$ $N\Sigma Y^2 = 2162996$

$N\Sigma X^2 = 2404158$ $(\Sigma Y)^2 = 1965604$

$\Sigma X\Sigma Y = 2076362$ $(\Sigma X)^2 = 2193361$

แทนค่าสูตร

$$r_{tt} = \frac{2276156 - 2076362}{\sqrt{\{2404158 - 2193361\}\{2162996 - 1965604\}}}$$

$$r_{tt} = .9704$$

$$r_{tt} = \frac{2 \times .9704}{1 + .9704}$$

$$= .98$$

นั่นคือแบบทดสอบมีค่าความเชื่อมั่น .98

ตารางแสดงค่า t (อำนาจจำแนก) ของแบบสอบถามทัศนคติทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ค่า t	ข้อที่	ค่า t
1	3.633	11	3.985
2	4.043	12	3.415
3	3.846	13	4.192
4	2.774	14	2.028
5	2.896	15	1.364
6	4.681	16	6.200
7	3.781	17	5.073
8	2.277	18	8.316
9	5.330	19	5.392
10	4.981		

คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\sum X$	$\sum X^2$	$\bar{X}$	S^2	t
กลุ่มควบคุม	17	459	13269	27.00	54.750	0.1377
กลุ่มทดลอง	15	410	11704	27.33	35.524	

ตัวอย่างการหาค่า t ของคะแนนก่อนการเรียนรู้ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

สูตร

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\left\{\frac{(n_1-1)\,S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2}\right\}\left\{\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}\right\}}}$$

แทนค่าคะแนนก่อนการเรียนรู้

$$t = \frac{27.33 - 27.00}{\sqrt{\left\{\frac{14(35.524) + 16(54.75)}{30}\right\}\left\{\frac{1}{15}+\frac{1}{17}\right\}}}$$

$$t = \pm 0.1377$$

ตารางเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังการเรียนรู้ภายในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	N	ΣD	ΣD^2	$\bar{D}$	S_D	t
กลุ่มทดลอง	15	320	7374	21.33	6.250	13.218
กลุ่มควบคุม	17	212	3026	12.47	4.888	10.5196

ตารางเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากการเรียนรู้ระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	N	ΣX	ΣX^2	$\bar{X}$	S^2	t
กลุ่มทดลอง	15	730	36404	48.666	62.666	2.8192
กลุ่มควบคุม	17	671	28153	39.471	104.265	

ตารางเปรียบเทียบคะแนนทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการเรียนรู้ภายในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	N	ΣD	ΣD^2	$\bar{D}$	S_D	t
กลุ่มทดลอง	15	18	340	1.20	4.7689	0.9745
กลุ่มควบคุม	17	21	299	1.2352	4.1311	1.2328

ภาคผนวก ข

แบบเรียนโปรแกรม

แบบเรียนโปรแกรมวิชาเคมี 1

เรื่อง

อะตอมและโมเลกุล

โครงสร้างอะตอม

โมเลกุลและวาเลนซ์อิเล็กตรอน

ตารางธาตุ

คำชี้แจงสำหรับผู้เรียน

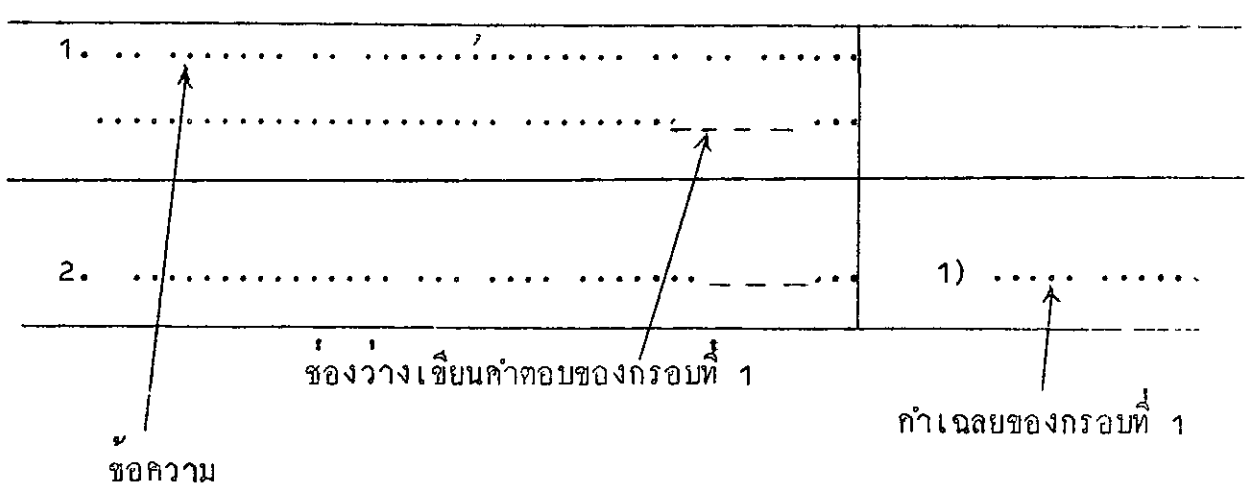
แบบเรียนเล่มนี้เรียกว่าแบบเรียนโปรแกรม (Programmed Textbook) เป็นแบบเรียนที่สร้างขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนได้ด้วยตนเอง ไม่ต้องใช้ครูพูดสอน แบบเรียนโปรแกรมจะทำหน้าที่เสมือนผู้สอนประจำตัวผู้เรียน ฉะนั้นผู้เรียนจะต้องปฏิบัติตามคำสั่งของแบบเรียนอย่างเคร่งครัดจึงจะได้ผลดี

รายละเอียดเกี่ยวกับแบบเรียนโปรแกรมนี้มีดังนี้

1. เนื้อหาในบทเรียนแบ่งออกเป็นขั้นเล็ก ๆ เรียกว่า<u>กรอบ</u> เรียงไปตามลำดับเนื้อหา

2. ในแต่ละกรอบจะมีข้อความที่เป็นความรู้ให้ท่านอ่าน และมีคำถามให้ท่านคิด ท่านจะเรียนรู้ไปตามลำดับทีละขั้น ๆ และสามารถทดสอบความเข้าใจไปพร้อม ๆ กับการอ่านด้วยการตอบคำถามในแต่ละกรอบ และการทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติมส่งให้ผู้สอนตรวจหลังจากเรียนจบแต่ละบทเรียน

3. ท่านจะทราบทันทีว่าคำตอบของท่านในแต่ละกรอบถูกหรือผิด เพราะจะมีคำเฉลยไว้ด้วยทางด้านขวามือของกรอบถัดไป ดังตัวอย่าง



วิธีเรียน

ขั้นที่ 1 อ่านข้อความในกรอบ (โดยใช้กระดาษปิดทับกรอบถัดไปไว้ก่อน)

ขั้นที่ 2 ตอบคำถามในกรอบนั้น ๆ โดยเติมช่องว่างให้ถูกต้องสมบูรณ์

ขั้นที่ 3 เมื่อเขียนคำตอบเสร็จแล้ว เลื่อนกระดาษที่ปิดทับกรอบถัดไปลงมาเพื่อดูคำตอบทางด้านขวามือ ถ้าถูกก็ทำกรอบถัดไป ถ้าผิดก็พิจารณาทำความเข้าใจเสียก่อน ถ้าไม่สามารถทำความเข้าใจได้ก็ถามผู้สอนได้ทันที

ห้ามเปิดดูคำตอบก่อนที่จะเขียนตอบเสร็จ ทั้งนี้เพราะถ้าดูคำตอบเสียก่อน ท่านจะไม่ได้คิดและอาจทำให้ไม่เข้าใจกระจ่างแจ้งได้

ท่านจะต้องทำทุก ๆ กรอบอย่าข้ามกรอบใดกรอบหนึ่ง รวมทั้งการทดลองต่าง ๆ คำถามและคำตอบไม่ใช่ข้อสอบ แต่เป็นบทเรียนที่ท่านจะต้องเรียนรู้

กรอบตัวอย่าง

1. มีนักเรียนสองกลุ่ม เมื่อกลุ่มที่หนึ่งมีจำนวนสองเท่าของกลุ่มที่สอง ถ้ากลุ่มที่สองมี 50 คน กลุ่มที่หนึ่งจะมี..... คน	
2. ถ้ากลุ่มที่หนึ่งเป็นผู้ชาย 80 คน จะเป็นผู้หญิงเพียง ..... คน	1) 100
3.	2) 20

การทดลอง

เรื่อง

กฎทรงมวลของสสาร

ในการเขียนสมการปฏิกริยาเคมีทั่ว ๆ ไป เรายึดหลักว่าอะตอมต่าง ๆ ย่อมไม่สูญหายไปไหน จึงเป็นที่น่าสงสัยว่าหลังจากเกิดปฏิกริยาเคมีแล้วผลรวมของน้ำหนักของสารเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่?

ตอนที่ 1 ตวงสารละลาย Na_2SO_4 ประมาณ 10 ml ใส่ flask ขนาดโต แล้วตวง $BaCl_2$ ประมาณ 5 ml ใส่หลอดทดลอง แล้วใส่หลอดนั้นลงไปใน flask แล้วปิดจุกยางดังรูป (ผู้สอนเตรียมสารละลายต่าง ๆ ให้ความเข้มข้นตามความเหมาะสม)

เอาไปชั่ง บันทึกน้ำหนักรวมของสารและภาชนะไว้

เปิดจุกยางออกเทสารละลายผสมกัน สังเกตดูว่ามีการเปลี่ยนแปลงหรือปฏิกริยาเคมีเกิดขึ้นอย่างไร บันทึกผลไว้

เอาหลอด (ซึ่งไม่มีสารละลายอยู่แล้ว) ใส่ลงใน flask ปิดจุดยางอันเดิม นำไปชั่งแล้วบันทึกน้ำหนักรวมอีกครั้งหนึ่ง

เปรียบเทียบน้ำหนักรวมของสาร (+ ภาชนะ) ก่อนผสม กับหลังจากผสมให้เกิดปฏิกริยาเคมีแล้ว

ตอนที่ 2 ทาเหมือนตอนที่ 1 แต่ใช้สารละลาย $FeCl_3$ 10 ml กับ KSCN (หรือ NH_4SCN) 5 ml แทน แล้วดำเนินการทดลองเหมือนกันทุก ๆ ขั้น

(หมายเหตุ การทดลองนี้ถ้าในห้องปฏิบัติการไม่มีสารเคมีที่กำหนดให้ ผู้สอนอาจใช้ปฏิกิริยาระหว่างสารคู่อื่น ๆ ที่เห็นได้ชัดเจนว่าเกิดปฏิกริยาเคมีได้ เช่น $Pb(NO_3)_2$ + KI $Pb(NO_3)_2$ + K_2CrO_2 $CaCl_2$ + Na_2SO_4 $Pb(NO_3)_2$ + $NaSO_4$ ฯลฯ)

ข้อมูลและแนวสรุปผลการทดลอง

เรื่อง

กฎทรงมวลของสสาร

ตอนที่ 1

1.1 น้ำหนักรวมของสารละลายและภาชนะก่อนผสมให้เกิดปฏิกริยา..... กรัม

1.2 เมื่อเทสารละลายผสมกันมีการเปลี่ยนแปลงหรือเกิดปฏิกริยาเคมีให้ผลอย่างไร บรรยายผลที่สังเกตเห็นมาพอสังเขป

....

....

1.3 น้ำหนักรวมของสารหลังจากผสมและเกิดปฏิกริยาเคมีแล้ว + ภาชนะ .... กรัม

1.4 เมื่อเอาน้ำหนักที่ชั่งได้ในข้อ 1.1 กับ 1.3 มาเปรียบเทียบกันแล้วแตกต่างกันมากน้อยเพียงไร (ต่างกันกี่กรัม หรือไม่เปลี่ยนแปลง).....

ตอนที่ 2

2.1 ผลรวมของน้ำหนักของสารและภาชนะ (สารละลาย) ก่อนผสมกันชั่งได้..... กรัม

2.2 บรรยายผลของปฏิกริยาเคมีที่สังเกตเห็นโดยย่อ ๆ

....

....

2.3 ผลรวมของน้ำหนักหลังจากผสมกันให้เกิดปฏิกริยาเคมีแล้ว..... กรัม

2.4 เปรียบเทียบน้ำหนักในข้อ 2.1 กับ 2.3 ว่าต่างกันหรือไม่ (ถ้าต่างกันน้อยมาก ๆ ก็สรุปว่าไม่ต่างกันเป็นเพราะความไม่เที่ยงของตาชั่ง)

....

สรุปว่า "ผลรวมของน้ำหนักของสสารก่อนเกิดปฏิกริยาเคมีกับหลังจากเกิดปฏิกริยาเคมีแล้วย่อมจะ..... กัน"

(เท่า/ต่าง)

หน่วยที่ 3

อะตอมและโมเลกุล

กฎต่าง ๆ เกี่ยวกับน้ำหนัก

1. สสารใด ๆ ยอมประกอบขึ้นด้วยเนื้อสารซึ่งเราเรียกว่า <u>มวล</u> (mass) ของสสารนั้นคือสสารทุกชนิดย่อมมีเนื้อสาร หรือที่เราเรียกว่า _____ ของมัน	
2. แม้นักวิทยาศาสตร์จะพบว่าสสารประกอบขึ้นด้วยอนุภาคเล็ก ๆ แต่อนุภาคเหล่านั้นยอมมีเนื้อสารซึ่งเราเรียกว่า_ _ _ _ เสมอ	1) มวล
3. สสารทุกชนิดมีน้ำหนัก และสสารทุกชนิดประกอบขึ้นด้วยมวลของสสารนั้นจึงกล่าวได้ว่า _ _ _ _ ของ _ _ _ _ _ _ เป็นตัวทำให้สสารมีน้ำหนัก	2) มวล
4. ตามหลักวิชาเลขคณิต ถ้าเอาน้ำตาลมา 2 กรัม ชั่งน้ำกลั่นมา 20 กรัม มาผสมกันก็จะได้สารละลายน้ำ ราย _ _ _ _กรัม	3) มวลของสสาร
5. นักวิทยาศาสตร์คนหนึ่งชั่งสารละลายเกลือแกงมา 5 กรัม และชั่งสารละลายของเงินไนเตรต (ซิลเวอร์ไนเตรต) มา 6 กรัม นำมาผสมกันแล้วพบว่ามีตะกอนขาว ๆ เกิดขึ้น แสดงว่ามีการเกิดปฏิกริยาเคมีขึ้น แต่เมื่อชั่งดูน้ำหนักรวมของสารผสมในภาชนะ ก็ยังพบว่าน้ำหนักรวมเป็นไปตามหลักการรวมเลขคณิตคือ _ _ _ _ _ _ _ กรัม	4) 22

6. เขาทำการทดลองดูกับสารอื่น ๆ บ้างโดยเอาสารละลายโซเดียม-ซัลเฟามา 5 กรัม ผสมกับน้ำปูนใส 10 กรัม เกิดตะกอนขาว ๆ ขึ้น เมื่อนำสารที่ผสมมาชั่งน้ำหนัก ก็พบว่าน้ำหนักของสารผสมนี้เท่ากับผลรวมของน้ำหนักก่อนผสมอีก คือ _ _ _ _ _ _ กรัม	5) 11
7. จากผลการทดลองทั้งสองครั้งนี้จะเห็นว่าน้ำหนักของสารที่ผสมกันแล้ว กับผลการรวมของน้ำหนักของสารก่อนทำการผสมย่อม _ _ _ _ _ _ _ กัน (เท่า/ต่าง)	6) 15
8. เราทราบมาแล้วว่ามวลของสสารที่เป็นสิ่งทำให้สสารมีน้ำหนัก ดังนั้นเมื่อน้ำหนักเท่ากันก็แสดงว่าสสารนั้นมี_ _ _ _ _ _ _ เท่ากัน นั่นคือผลการทดลองทั้งสองครั้งนี้แสดงให้เราเห็นว่า ผลรวมของมวลของสสารก่อนทำการผสมให้เกิดปฏิกริยาเคมี กับมวลของสสารภายหลังผสมให้เกิดปฏิกริยาเคมีแล้วย่อม _ _ _ _ _ _ _	7) เท่า
9. นั่นแสดงว่าปฏิกริยาเคมีใด ๆ ไม่ได้ทำให้มวลของสสารสลายไป หรือกล่าวได้ว่าปฏิกริยาเคมี (หรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมี) ย่อมทรงไว้ซึ่ง _ _ _ _ _ _ _ _ _ ของ _ _ _ _ _ _ _ _ _	8) มวลเท่ากัน

10. เมื่อทดลองเอาแมงกานีสไดออกไซด์ 2 กรัม ผสมกับโปตัสเซียม-คลอเรต 12 กรัม ใส่หลอดแล้วเผาหลอดให้เกิดปฏิกริยา เกิดกาซออกซิเจน 3 กรัม เหลือของแข็งอยู่อีก 11 กรัม ในการทดลองนี้ผลรวมน้ำหนักของสารก่อนปฏิกริยาคือ 2+ _ _ _ _ _ _ คือ _ _ _ _ _ _ กรัม	9) มวลของสสาร
11. ผลรวมของน้ำหนักของสารภายหลังปฏิกริยาเคมีคือ_ _ _ _ กรัม	10) 12 14
12. แสดงว่าในปฏิกริยาเคมีครั้งนี้ _ _ _ _ _ ของสสารก็มิได้เพิ่มขึ้นหรือสลายไปเลย	11) 14
13. คำว่า "กฎ" (Laws) ในทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงข้อความที่ยอมรับกันว่าเป็นความจริง สามารถพิสูจน์โดยการทดลองทางวิทยาศาสตร์ได้ ดังนั้นกฎต่าง ๆ ในทางวิทยาศาสตร์เราสามารถพิสูจน์ยืนยันว่าเป็นจริงได้โดยการ _ _ _ _ _ _ _ _ _	12) มวล
14. สิ่งใดที่เป็นความจริง ทดลองพิสูจน์ยืนยันได้ นักวิทยาศาสตร์จึงรวบรวมเขียนขึ้นเป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _	13) ทดลองทางวิทยาศาสตร์
15. จากผลการทดลองที่เสนอมาทั้งสามครั้งนี้ช่วยยืนยันให้เห็นว่าในปฏิกริยาเคมีนั้นมวลของสสารไม่ได้เพิ่มขึ้นหรือสลายไป นั่นคือในปฏิกริยาหรือการเปลี่ยนแปลงทางเคมีจะทรงไว้ซึ่ง_ _ _ ของ _ _ _ _ _ _ _ _	14) กฎ

16. นักวิทยาศาสตร์จึงได้ตั้ง "กฎมวลของสสาร" (Law of Conservation of mass) ขึ้น กฎนี้กล่าวว่า "ผลรวมของน้ำหนักของสารต่าง ๆ ก่อนเกิดปฏิกริยาเคมีและหลังปฏิกริยาเคมีย่อมเท่ากัน" ผลการทดลองทั้งสามกรั้ง เสนอมาและการทดลองที่ 1 ของเรา เป็นไปตามหรือสอดคล้องกับกฎ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

15) มวล สสาร

17. เอาสังกะสี 32 กรัม ใส่ให้เกิดปฏิกริยากับกำมะถันปริมาณ 32 กรัม เท่ากันเมื่อเกิดสารประกอบระหว่างสังกะสีกับกำมะถันขึ้น 48 กรัม จะเหลือกำมะถันอยู่ _ _ _ _ กรัม เป็นไปตามกฎ _ _ _ _ _ _ _ _ ของสสาร

16) ทรงมวลของสสาร

18. ถ้าไอโอดีน 127 กรัม กับโซเดียม 23 กรัม เกิดปฏิกริยากันเป็นสารประกอบหมด โดยไม่มีสารตั้งต้นคือโซเดียมหรือไอโอดีนเหลืออยู่เลย สารประกอบที่เกิดขึ้นจะมีปริมาณ _ _ _ _ _ กรัม

17) 16 ทรงมวล

19. เอาเกลือแกง (NaCl) มา 6 ปอนด์ เคี่ยวให้เหลวแล้วแยกด้วยกระแสไฟฟ้าจนหมดได้กาซคลอรีนออกมา 3.7 ปอนด์ จะได้โลหะโซเดียมประมาณ _ _ _ _ _ _ _ ปอนด์

18) 150

20. เมื่อเข้าใจความหมายของกฎทรงมวลแล้วก็มาศึกษากฎอื่น ๆ กันต่อไป เราพบว่าในสารประกอบใด ๆ ย่อมประกอบด้วยธาตุต่าง ๆ ในอัตราปริมาณที่แน่นอนคงที่เสมอ เช่นเกลือแกงก็จะต้องประกอบด้วยธาตุคลอรีนกับ_ _ _ _ _ _ _ _ เสมอในอัตราส่วนจำนวนอะตอม 1:1

19) 2.3

21. ในสารประกอบเกลือแกง อัตราส่วนประกอบโดยน้ำหนักก็พบว่าประกอบด้วยคลอรีนประมาณ 60% โดยน้ำหนัก อีก_ _ _ _ _% ของน้ำหนักก็เป็น _ _ _ _ _

20) โซเดียม

22. น้ำ (H_2O) เป็นสารประกอบที่จะต้องประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจนและ_ _ _ _ _ _ ถ้าเอาน้ำมา 9 กรัม แยกด้วยกระแสไฟฟ้าก็จะได้กาซไฮโดรเจน 1 กรัม และออกซิเจน 8 กรัม คือเป็นอัตราส่วน 1 : _ _ _ _ _ _ โดยน้ำหนักเสมอทุก ๆ ครั้งไป

21) 40 โซเดียม

23. ถ้าเอาน้ำมา 18 กรัม แยกด้วยกระแสไฟฟ้า ก็จะได้ออกซิเจน (กาซ) _ _ _ _ _ และได้กาซไฮโดรเจน _ _ _ _ _ กรัม

22) ออกซิเจน 8

24. และในขบวนการที่กลับกัน ถ้าเราเอากาซไฮโดรเจนมา 1 กรัม จุดกับกาซออกซิเจนให้เกิดน้ำ ก็จะมีออกซิเจนประมาณ 8 กรัม มาทำปฏิกริยารวมกับไฮโดรเจนเกิดน้ำ _ _ _ กรัม

23) 16 2

25. จะเห็นว่าอัตราส่วนหรือสัดส่วนองค์ประกอบของน้ำซึ่งเป็นสารประกอบเป็นค่าที่คงคงเสมอ คือธาตุ H : O เป็น_ _ _ _ _ _ _ _ _ โดยน้ำหนักเสมอ

24) 9

26. นักเคมีจึงตั้งกฎขึ้นคือ "กฎสัดส่วนคงตัว" หรือ "กฎสัดส่วนจำกัด" (Law of definite proportions) ซึ่งกล่าวว่า "ในสารประกอบใด ๆ ก็ตาม เมื่อหาสัดส่วนหรืออัตราส่วนโดยน้ำหนักของธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารนั้นก็จะได้เป็นตัวเลขที่คงที่ทุกครั้ง"

25) 1 : 8

27. กาซมีเทน (CH_4) มีอัตราจำนวนอะตอมเป็น 1 : 4 แต่อัตราส่วนหรือสัดส่วนโดยน้ำหนักของคาร์บอนต่อ_ _ _ _ _ _ เป็น 3 : 1 (เพราะอะตอมของคาร์บอนหนักกว่ามาก)

28. นั่นคือไม่ว่าจะเอากาซมีเทนมาจากไหนปริมาณเท่าไร เมื่อมาทำให้แยกสลายตัวออกดูก็จะได้ธาตุคาร์บอนกับไฮโดรเจนในอัตราส่วน _ _ _ _ _ _ _ โดยน้ำหนักเสมอ

27) ไฮโดรเจน

29. ถ้าเอากาซมีเทนมา 32 กรัม มาแยกสลายตัวออกก็จะได้คาร์บอน 24 กรัม และไฮโดรเจน 8 กรัม ก็จะได้ธาตุ _ _ _ _ _ 6 กรัม และไฮโดรเจน _ _ _ _ _ _ กรัม แสดงว่าธาตุทั้งสองรวมตัวกันอยู่ในอัตราส่วน 3 : 1 โดยน้ำหนักเสมอ เป็นไปตามกฎ _ _ _ _ _ _

28) 3 : 1

30. เมื่อแยกน้ำ 9 กรัม ด้วยกระแสไฟฟ้า ได้ไฮโดรเจน 1 กรัม กับออกซิเจน 8 กรัม ถ้านำไฮโดรเจน 2 กรัม มาจุดกับอากาศควรจะเกิดน้ำขึ้น _ _ _ _ _ _ _ กรัม เป็นไปตามกฎ _ _ _ _ _ _ _ _ _

29) คาร์บอน, 2 สัดส่วนจำกัด

31. สารประกอบออกไซด์ของกำมะถันคือ SO_2 ประกอบขึ้นด้วยกำมะถัน 50% <u>โดยน้ำหนัก</u> อีก 50% คือออกซิเจน นั่นคือ อัตราส่วนการรวมตัวระหว่างธาตุทั้งสองเป็น 1 ต่อ_ _ _ _ _ โดยน้ำหนัก	30) 18 สัดส่วนจำกัด
32. ถ้าเผากำมะถัน 10 กรัม ก็จะเกิด SO_2 (ซึ่งเป็นกาซ) ปริมาณ _ _ _ _ _ _ _ _ กรัม	31) 1
33. หรือถ้าเอาออกไซด์ของกำมะถันชนิดนี้มา 50 กรัม ทำให้ธาตุแยกตัวออกจากกันก็จะได้กำมะถัน _ _ _ _ _ _ กรัม และออกซิเจนปริมาณ _ _ _ _ _ _ กรัม แสดงว่าการรวมตัวของธาตุทั้งสองเป็นสารประกอบเป็นไปตามกฎ _ _ _ _ _	32) 20
34. ออกไซด์อีกชนิดหนึ่งของกำมะถัน มีชื่อเรียกว่า ซัลเฟอร์-ไตรออกไซด์ สูตรเป็น SO_3 ประกอบด้วยกำมะถัน 1 อะตอม ต่อออกซิเจน 3 อะตอม แต่มีอัตราส่วนโดยน้ำหนัก S ต่อ O เป็น 2 : 3 (หรือถ้าคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 40 : 60% เสมอ) นั่นคือถ้าเอา SO_3 5 กรัม มาแยกธาตุดูก็จะได้กำมะถัน_ _ _ _ _ _ กรัม และออกซิเจน _ _ _ _ _ _ กรัม	33) 25 25 สัดส่วนจำกัด
35. ในขบวนการสังเคราะห์ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ ถ้าต้องการได้สารนี้ 500 กรัม ก็จะต้องใช้กำมะถันไป _ _ _ _ _ _ กรัม การรวมตัวเป็นสารประกอบนี้เป็นไปตามกฎสัดส่วน_ _ _ _ _	34) 2 3

36. ธาตุบางคู่ (สองชนิด) รวมตัวกันเป็นสารประกอบตามกฎสัดส่วนคงตัว ได้มากกว่าหนึ่งชนิดหรือมากกว่าหนึ่งอัตราส่วน ดังเช่น กำมะถันกับออกซิเจน ซึ่งเกิดสารประกอบที่มีสูตรเป็น SO_2 มีอัตราส่วนการรวมตัวโดยน้ำหนักเป็น _ _ _ _ _ _ และสารประกอบที่มีสูตรเป็น SO_3 ซึ่งมีอัตราส่วนการรวมตัวของกำมะถันกับออกซิเจนเป็น _ _ _ _ _ _ _ _

35) 200 จากัด

37. ด้วยเหตุนี้จึงมีการตั้งกฎที่สามขึ้นคือ "กฎสัดส่วนพหุคูณ" (Law of multiple proportions) ซึ่งมีใจความว่า "ถ้าธาตุทั้งสองธาตุทำปฏิกริยากันเกิดเป็นสารประกอบได้มากกว่าหนึ่งชนิดแล้ว เมื่อให้น้ำหนักของธาตุหนึ่งคงที่ แล้วน้ำหนักของอีกธาตุหนึ่งนำมาเปรียบเทียบกันในสารประกอบแต่ละชนิดจะได้เป็นอัตราส่วนเลขลงตัวน้อย ๆ

36) 1 : 1
2 : 3

38. ตัวอย่างออกไซด์ของกำมะถันทั้งสองชนิด คือธาตุสองธาตุคือออกซิเจนกับกำมะถัน ทำปฏิกริยากันเป็นสารประกอบได้สองชนิดคือที่มีสูตรเป็น SO_2 และ _ _ _ _ _ _ ในอัตราส่วนโดยน้ำหนักเป็น 1 : 1 และ _ _ _ _ _ _ _

39. เมื่อน้ำหนักของกำมะถันคงที่ คือเท่ากันในทั้งสองอัตราส่วน (กรณีนี้เอา 2 คูณอัตราที่ 1) คือเป็น 2 : 2 และ 2 : 3 เราก็จะพบว่าเมื่อเปรียบปริมาณของออกซิเจนที่มารวมกับกำมะถันในออกไซด์ชนิดที่หนึ่งต่อชนิดที่สองเป็น 2 : แสดงว่าอัตราส่วนโดยน้ำหนักของออกซิเจนด้วยกัน ในสารประกอบสองชนิดนี้เป็นไปตามกฎสัดส่วน _ _ _ _ _ _ _

38) SO_3
2 : 3

40. ออกไซด์ของไนโตรเจน 3 ชนิด คือที่มีอัตราส่วน N ต่อ O เป็น 7 : 4, 7 : 8 และ 7 : 16 การเกิดสารประกอบระหว่างไนโตรเจนเป็นไปตามกฎ _ _ _ _ _ _ คืออัตราส่วนโดยน้ำหนักของออกซิเจนด้วยกันในสารประกอบสามชนิดนี้เป็น 1 : _ : _

39) 3 พหุคูณ

41. โลหะชนิดหนึ่งมีสารประกอบคลอไรด์ของมันอยู่ 2 ชนิด ชนิดแรกประกอบด้วยคลอรีน 56% โดยน้ำหนักอีก 44% เป็นโลหะนี้ ชนิดที่สองเป็นน้ำหนักของธาตุโลหะนี้เสีย 28% ส่วนอีก_ _ _% เป็นน้ำหนักของ _ _ _ _ _ _ _ _ _

40) สัดส่วนพหุคูณ 2 4

42. เราทำให้น้ำหนักของโลหะนี้เป็นค่าคงที่โดยให้เป็น 1 (เป็นค่าอื่นก็ได้) ก็จะได้ค่าน้ำหนักของคลอรีนในสารประกอบชนิดแรกเป็น $\frac{56}{44}$ (ค่านี้เป็นเอามาจากกรอบที่ 41) ได้ 1.27 ส่วนในสารประกอบชนิดที่สองเป็น (น.น.คลอรีน เมื่อให้ของโลหะเป็น 1) $\frac{72}{28}$ ได้ 2.56 มาเทียบหาอัตราส่วนกันระหว่างคลอรีนในสารประกอบชนิดแรกกับชนิดที่สองได้ _ _ _ _ _ _

41) 72 คลอรีน

43. หรือทำเป็นเลขลงตัวง่าย ๆ ได้เป็นอัตราส่วน 1 ต่อ_ _ _ _ _ แสดงว่าการเกิดสารประกอบนี้ได้เป็นไปอย่างสอดคล้องกับกฎ _ _ _ _ _ _

42) 1 : 2

44. ข้อสังเกตระหว่างกฎสัดส่วนจำกัดกับกฎสัดส่วนพหุคูณ ก็คือกฎสัดส่วนจำกัดนั้นเทียบอัตราส่วน (โดยน้ำหนัก) ระหว่างธาตุตั้งแต่สองชนิด ที่อยู่ในสารประกอบตัวเดียวกัน แต่กฎสัดส่วนพหุคูณเทียบอัตราส่วนของธาตุเดียวกันในสารประกอบสองชนิดนี้ขึ้นไป เช่นถ้ากล่าวว่าอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างธาตุกำมะถันกับออกซิเจนในสารประกอบชนิดหนึ่งเป็น 2 ต่อ 3 เสมอ ก็แสดงว่าการเกิดสารประกอบนั้นเป็นไปตามกฎ _ _ _ _ _ _ _ _	43) 2 สัดส่วนพหุคูณ
45. ถ้ากล่าวว่า เปรียบเทียบอัตราส่วนโดยน้ำหนักของออกซิเจนในสารประกอบ SO_2 กับ SO_2 แล้วได้เป็นอัตราส่วน 2 ต่อ 2 ก็แสดงว่าเป็นไปตามกฎ _ _ _ _ _ _ _ _ _	44) สัดส่วนจำกัด
46. สรุปว่าเราได้ทราบกฎเกี่ยวกับน้ำหนักในทางเคมี 3 กฎ คือ กฎทรง _ _ _ _ _ ของสสาร กฎ _ _ _ _ _ _ จำกัด (หรือคงตัว) และกฎ _ _ _ _ _ _ _ _	45) สัดส่วนพหุคูณ
47. จงพลิกกลับไปทบทวนทำความเข้าใจ และทบทวนข้อความที่อยู่ในเครื่องหมายคำพูด ในกรอบที่ 16, 26 และ 37 ทำแบบฝึกหัดที่ 1 ทุกข้อ ทำการทดลองเรื่องกฎสัดส่วนคงตัว แล้วจึงก้อยเริ่มต้นเรียนในหน่วยถัดไป	46) ทรงมวล สัดส่ว สัดส่วนพหุคูณ

แบบฝึกหัดที่ 1

1. ทำการทดลองครั้งที่ 1 พบว่าในสารประกอบออกไซด์ของแคลเซี่ยมนั้นประกอบด้วย Ca : O เป็น 5 : 1 เมื่อทำการทดลองครั้งที่สองพบว่า เมื่อเอาออกไซด์ของแคลเซี่ยมมา 48 กรัม มาแยกดูก็พบว่าประกอบด้วยออกซิเจน 8 กรัม การเกิดสารประกอบนี้เป็นไปตามกฎใด (กฎเกี่ยวกับน้ำหนัก) จงแสดงวิธีการคำนวณเทียบให้ดูก่อนที่จะสรุปว่าเข้ากฎใด

---

2. ถ้าเอา $MgCl_2$ มา 47.61 กรัม มาทำการแยกธาตุออกจากกันจนได้ Mg 12.16 กรัม ควรจะได้คลอรีนกี่กรัม โดยเป็นไปตามกฎเกี่ยวกับน้ำหนักข้อใด

---

3. สารประกอบระหว่างธาตุ X กับธาตุ Y เมื่อเรานำมาแยกธาตุออกจากกัน พบว่าได้อัตราส่วนโดยน้ำหนัก 1 : 8 เมื่อเอาธาตุ X มา 12 ปอนด์ เผาในที่ ๆ มีธาตุ Y มากเกินพอ จะเกิดสารประกอบระหว่างธาตุ X กับ Y ขึ้น 108 ปอนด์ จงแสดงวิธีคำนวณประกอบเพื่อแสดงให้เห็นว่าการเกิดสารประกอบของธาตุคู่นี้ที่ทำการทดลองมานี้เป็นไปตามกฎเกี่ยวกับน้ำหนักข้อใด

---

4. ออกไซด์ของตะกั่วมีอยู่ 2 ชนิด พบว่าชนิดที่ 1 ประกอบด้วยออกซิเจน 7.14% โดยน้ำหนักอีกชนิดหนึ่งประกอบด้วยออกซิเจน 13.3% โดยน้ำหนัก จงแสดงวิธีคำนวณ แสดงด้วยตัวเลขเพื่อยืนยันว่าการเกิดออกไซด์ของตะกั่ว หรือออกไซด์ของตะกั่วทั้งสองชนิดนี้เป็นไปตามกฎเกี่ยวกับน้ำหนักข้อใด

การทดลอง

เรื่อง

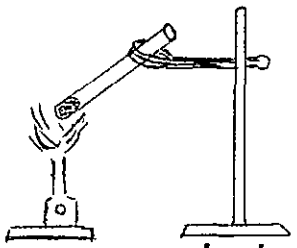
กฎสัดส่วนคงตัวหรือสัดส่วนจำกัด

(อัตราส่วนประกอบของธาตุในสารประกอบใด ๆ จะคงที่หรือไม่?)

วิธีการทดลอง เอา test tube ขนาดใหญ่มาตัก MnO_2 ประมาณ 1 ช้อน (ช้อน spatula) เอาไปเผาให้ร้อนเพื่อไล่ความชื้น วางไว้ให้เย็นแล้วเอา test tube ที่บรรจุ MnO_2 นี้ไปชั่ง บันทึกน้ำหนักที่แน่นอนไว้

ชั่ง $KClO_3$ มาประมาณ 4 กรัม ใส่ใน test tube ที่บรรจุ MnO_2 ไว้แล้ว ชั่งน้ำหนักที่แน่นอนไว้

หมุน test tube ให้สารทั้งสองชนิดผสมกันให้ดีแล้วเอา test tube ไปเผาด้วยตะเกียงบุนเสน โดยติดตั้งด้วย Clamp และ stand ดังภาพ



(ปฏิกริยาที่เกิดเมื่อเผาคือ $2KClO_3$ KCl $3O_2$ (MnO_2 เป็นตัวเร่งเท่านั้น ไม่ได้เกิดปฏิกริยา)

เผาประมาณ 15 นาที แล้วปล่อยให้เย็น นำ test tube ไปชั่งบันทึกน้ำหนักไว้ แล้วนำ test tube มาเผาใหม่อีกประมาณ 8 นาที วางให้เย็นนำไปชั่งบันทึกน้ำหนัก เปรียบเทียบกับครั้งแรก (หลังเผาครั้งที่ 1) ก็หยุดเผา แต่ถ้าน้ำหนักลดน้อยก็จะต้องทำการเผาและชั่งต่อๆ ไปจนน้ำหนักคงที่ซึ่งแสดงว่าไม่มีออกซิเจนที่จะสลายตัวต่อไปอีกแล้ว แล้วบันทึกน้ำหนักรวมของ test tube และสารจากการชั่งครั้งสุดท้ายไว้

ทำการทดลองอีกครั้งหนึ่งตามวิธีการข้างบนทุกประการ แต่เปลี่ยนปริมาณของ $KClO_3$ เป็นประมาณ 2 – 3 กรัม

ตารางข้อมูลและแนวสรุปผลการทดลอง

เรื่อง

กฎสัดส่วนคงตัวหรือสัดส่วนจำกัด

ครั้งที่ 1

a. น้ำหนักของ test tube + MnO_2 ..... กรัม

b. น้ำหนักของ test tube + MnO_2 + $KClO_3$ ..... กรัม

c. น้ำหนักของ $KClO_3$ (คือ b - a) ..... กรัม

d. ผลรวมน้ำหนักหลังจากเผา (ที่คงที่แล้วครั้งสุดท้าย) ..... กรัม

e. น้ำหนักของออกซิเจนที่สลายตัวออกเป็นกาซ O_2 ไป (คือค่า b - d) ..... กรัม

f. % โดย น.น.ของออกซิเจน = $\frac{\text{น.น.ออกซิเจน (ข้อ e)}}{\text{น.น. } KClO_2 \text{ (ข้อ c)}} \times 100 =$ %

ครั้งที่ 2

a. น้ำหนักของ test tube + MnO_2 ..... กรัม

b. น้ำหนักของ test tube + MnO_2 + $KClO_3$ ..... กรัม

c. น้ำหนักของ test tube (คือ b - a) ..... กรัม

d. ผลรวมน้ำหนักหลังจากเผาแล้ว (ครั้งสุดท้าย) ..... กรัม

e. น้ำหนักออกซิเจนที่หายออกไป (คือ b - d) ..... กรัม

f. % โดยน้ำหนักของออกซิเจน = $\frac{\text{น.น.ออกซิเจน}}{\text{น.น. } KClO_3} \times 100$ = %

เปรียบเทียบผลของการทดลองโดยดูจากข้อ f ของทั้ง 2 ครั้ง (ถ้าพบว่าใกล้เคียงมาก ก็สรุปได้ว่าเท่ากันได้ เพราะเครื่องมือและสภาพอื่น ๆ อีกมากมายไม่ได้ควบคุม) ผลพบว่า

% ของ O ในสารประกอบ $KClO_3$ จากการทดลองทั้งสองครั้ง_ _ _ _ _ _ _ กันมาก
(ใกล้เคียง/ต่าง)

สรุปว่า อัตราส่วนโดยน้ำหนักของธาตุใดในสารประกอบตัวเดียวกันย่อมเป็นค่าที่ .... อยู่เสมอ
(คงที่/เปลี่ยนแปลง)

ทฤษฎีอะตอมของดาลตัน

1. คำว่า "อะตอม" มาจากภาษากรีก แปลว่า "แบ่งแยกไม่ได้" ในสมัยกรีกเจริญได้ มีผู้เสนอความคิดว่า ถ้าแบ่งแยกสสารออกเป็นชิ้นเล็กที่สุดที่แบ่งแยกไม่ได้อีกแล้ว เขาเรียกชิ้นส่วนที่เล็กที่สุดนั้นว่า _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

2. ต่อจากนั้นมาก็ยอมรับกันว่า อะตอมหมายถึงอนุภาคที่เล็กที่สุดของสสารที่แบ่งแยก_ _ _ _ _ _ _ _ _ อีกแล้ว

1) อะตอม

3. มาถึงสมัยปี พ.ศ. 2347 จอห์น ดาลตัน (ฝรั่งนิยมเรียกสั้น ๆ กันเฉพาะชื่อหลังว่า ดาลตัน) ชาวอังกฤษได้รวบรวมทั้งทฤษฎีเกี่ยวกับอะตอมขึ้น เพื่อเป็นเกียรติแก่เขา ในตอนหลัง เราจึงเรียกทฤษฎีของเขาว่า ทฤษฎีอะตอม ของจอห์น_ _ _ _ _ _ หรือเรียกกันสั้น ๆ ว่า ทฤษฎี _ _ _ _ _ _ _ ของดาลตัน

2) ไม่ได้

4. ประการแรกทฤษฎีนี้ก็เหมือน ๆ กับของกรีกโบราณ คือกล่าวว่าสสารทุกชนิดประกอบด้วยชิ้นส่วนที่เล็กที่สุดที่แบ่งแยกไม่ได้อีกแล้ว เรียกว่า _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	3) ดาลตัน อะตอม
5. สิ่งที่จัดว่าเป็นชนิดเดียวกันจะต้องมีลักษณะ _ _ _ _ _ _ _ _ กัน (เหมือน / ต่าง)	4) อะตอม
6. ประการที่สองทฤษฎีอะตอมของดาลตันกล่าวว่า อะตอมของสารชนิดเดียวกันจะมีคุณสมบัติ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ทุกประการ	5) เหมือน
7. <u>อะตอม</u> ของไฮโดรเจนจะต้องมีน้ำหนักเท่ากันทุก ๆ _ _ _ _ _ _	6) เหมือนกัน
8. อะตอมของออกซิเจนทุก ๆ อะตอมจะมีน้ำหนัก<u>เท่า</u>กัน และทุก ๆ อะตอมของออกซิเจนจะต้องมีขนาด _ _ _ _ _ _ _ _ กัน	7) อะตอม
9. ประการที่สามดาลตันกล่าวว่า อะตอมย่อมไม่สูญหายไปและจะทำให้เกิดใหม่ก็ไม่ได้ ข้อความนี้สอดคล้องกับแนวคิดที่ว่า เราไม่สามารถทำให้สสารสลายตัวหมดไปได้ซึ่งสอดคล้องกับกฎ _ _ _ _ _ _ _ _ ของสสารที่เราได้ผ่านมาในเรื่องกฎเกี่ยวกับน้ำหนัก	8) เท่า
10. อะตอมของธาตุคาร์บอน ไม่ว่าจะอยู่ที่ไหน รวมอยู่ในสารใด เกิดปฏิกริยารวมตัวอยู่กับธาตุใด ก็จะยังคงเป็นธาตุ _ _ _ _ _ อยู่	9) ทรงมวล

11. ประการที่สี่ ดาลตันกล่าวว่าสารประกอบเกิดจากอะตอมของธาตุตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปมารวมกันด้วยอัตราส่วนจานวนอะตอมเป็นเลขลงตัวน้อย ๆ เช่นเกลือแกง (NaCl) ประกอบด้วยโซเดียมและคลอรีนในอัตราส่วนจำนวนอะตอม_ _ _ _ _ _ _ _ _	10) คาร์บอน
12. น้ำ (H_2O) ประกอบด้วยไฮโดรเจน 2 อะตอมกับออกซิเจน 1 อะตอม นั่นคือคิดเป็นอัตราส่วนจำนวนอะตอมเป็น._ _ _ : _ _ _ _ _ เราเรียก 1 H_2O ว่าหนึ่งโมเลกุลของน้ำ	11) 1 : 1
13. ประการที่ห้า ดาลตันกล่าวว่า โมเลกุลของสารประกอบชนิดเดียวกันย่อมมีคุณสมบัติเหมือนกันทุกประการ (คำว่า<u>โมเลกุล</u>เป็นชื่อหน่วยเรียกสารประกอบ) เช่น CO_2 จะเป็นกาซเหมือนกันทุก ๆ โมเลกุล ส่วน HCl ซึ่งละลายน้ำได้ก็จะต้องละลายได้ในน้ำทุก ๆ _ _ _ _ _ _ _ _ _	12) 2 : 1
14. หลังจากจอห์น _ _ _ _ _ _ ได้ตั้งทฤษฎีนี้ขึ้นแล้วก็ได้มีการค้นคว้าพบข้อขัดแย้งและข้อยกเว้นและคุณสมบัติของสสารบางประการที่ทฤษฎีนี้อธิบายไม่ได้. (ทำการทดลองเรื่องการนำไฟฟ้าของสารละลายก่อนขึ้นกรอบที่ 15)	13) โมเลกุล

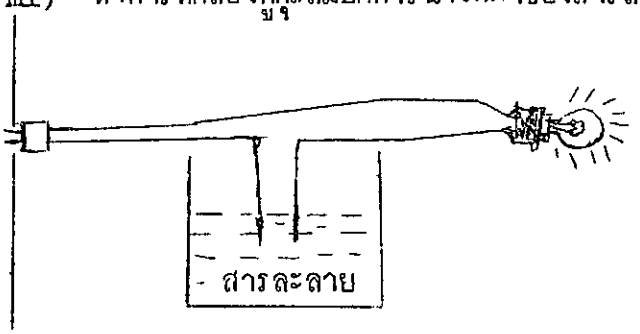
การทดลอง

เรื่อง

การนำไฟฟ้าของสารละลาย

สารละลายทุกชนิดนำไฟฟ้าได้หรือไม่?

<u>วิธีทำการทดลอง</u> เอาสารละลายตามรายการข้างล่าง แต่ละชนิดประมาณ 25 ml ใส่ปีกเกอร์ (ขนาด 50 ml) ทำการทดลองดูคุณสมบัติการนำไฟฟ้าของสารละลายแต่ละชนิด ๆ ไป ดังภาพ



<u>สารละลายประเภทกรด</u>	<u>ประเภทเกลือ</u>	<u>สารอินทรีย์ทั่ว ๆ ไป</u>
HCl	NaCl	น้ำแป้ง
H_2SO_4	KI	น้ำเชื่อม
HNO_3	Na_2SO_4	อัลกอฮอล์
NaOH	$FeCl_3$	

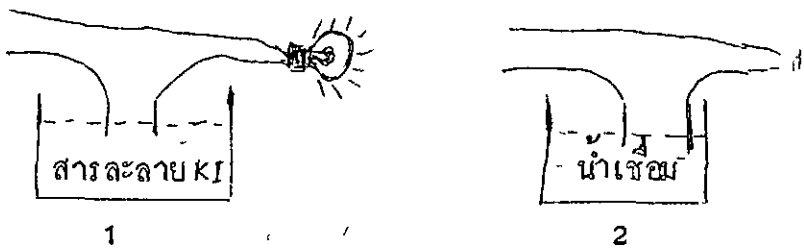
<u>การบันทึกผล</u> ทำเครื่องหมาย ✓ หน้าสารละลายที่นำไฟฟ้าได้

<u>ข้อสังเกตและสรุป</u>

1. สารละลายนำไฟฟ้าได้ทุกชนิดหรือไม่? _____
2. สารประเภทใดบ้างที่นำไฟฟ้าได้ทุก ๆ ตัว

_____

15. ตัวอย่างที่ทฤษฎีนี้ยังอธิบายไม่ได้ เช่นการนำไฟฟ้าของสารละลาย



1 2

จากรูปแสดงว่าสารละลายในภาชนะใบที่ 1 มีคุณสมบัตินำไฟฟ้า ได้ ส่วนสารละลายน้ำเชื่อม ในใบที่ 2 นำ _____ ไม่ได้. 14) ดาลตัน

16. เราพบความจริงว่าสารละลายของสารที่เป็นกรดและเกลือในทางเคมีจะนำ _____ ได้เสมอ ปรากฏการณ์นี้ทฤษฎี _____ ของ ดาลตัน ที่เราทราบมาข้างต้นไม่สามารถอธิบายได้. 15) ไฟฟ้า

17. ทั้งนี้ก็เพราะในปัจจุบันเราพบว่ายังมีอนุภาคที่เล็กกว่าอะตอมของธาตุลงไปอีก และอนุภาคเหล่านี้บางชนิดก็มีประจุไฟฟ้าอยู่ในตัว คือ อนุภาคโปรตอนและอิเล็กตรอน การมีจำนวนอนุภาคเหล่านี้ภายในอะตอมหรือในกลุ่มอะตอมต่าง ๆ แตกต่างกัน ทำให้สารมีคุณสมบัติในการนำ _____ แตกต่างกันไปด้วย (เรื่องเหล่านี้จะได้เรียนรู้กันในหน่วยต่อ ๆ ไป) 16) ไฟฟ้า อะตอม

18. เกี่ยวกับข้อความที่ว่า อะตอมย่อมไม่สูญหายหรือไม่เกิดใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับกฎ _ _ _ _ _ _ _ _ ของสสารนั้น ปัจจุบันยังคงยอมรับกันว่าเป็นจริง เฉพาะในปฏิกริยาเคมีธรรมดาทั่ว ๆ ไปเท่านั้น ในปฏิกริยาเคมีนิวเคลียร์ในปัจจุบันพบว่าเราสังเคราะห์อะตอมของธาตุชนิดใหม่ขึ้นได้ และมวลของสสารสามารถทำให้สลายไปเป็นพลังงานได้	17) ไฟฟ้า
19. เช่นในปฏิกริยาการรวมตัวกันทางนิวเคลียร์โดยอะตอมของไฮโดรเจนรวมกันใหม่เป็นอะตอมของฮีเลียมนั้นมวลของมันส่วนหนึ่งสลายตัวไปหรือสูญหายไปเป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ซึ่งเป็นอำนาจการทำลายของระเบิดไฮโดร จน	18) ทรงมวล
20. นั่นคือภายหลังจากปฏิกริยาเคมีนิวเคลียร์ชนิดนี้ ผลรวมน้ำหนักของสารภายหลังปฏิกริยาจะน้อยกว่าก่อนปฏิกริยา เพราะว่า _ _ _ _ (น้ำหนัก) ของสสารบางส่วนสลายไปเป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _	19) พลังงาน
21. นั่นแสดงว่ามวลของสสารมิได้หายไปเฉย ๆ แต่มันถูกเปลี่ยนไปเป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	20) มวล พลังงาน
22. และได้พบอีกว่าปริมาณของพลังงานที่เกิดขึ้นนี้ได้สอดคล้องกับปริมาณของมวลสาร (น้ำหนัก) ที่หายไป นักวิทยาศาสตร์สหรัฐฯ เชื้อชาติยิว ชื่อไอสไตน์ จึงได้คำนวณดูแล้วตั้งสูตรความสัมพันธ์ระหว่าง _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ของสสารกับ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	21) พลังงาน

23. ไอสไตน์บอกว่า เมื่อให้ E แทนพลังงานที่เกิดขึ้น (ให้มีหน่วยเป็นเอิร์ก) ให้ m แทนมวลของสสารที่สลายไปขณะเกิดปฏิกริยา (หน่วยเป็นกรัม) c ให้แทนค่าคงที่คือ 3×10^{10} ($\frac{\text{ซ.ม.}}{\text{วินาที}}$) ซึ่งเท่ากับค่าความเร็วในการเดินทางของแสงใน 1 วินาที ก็จะได้สูตร $E = mc^2$ ซึ่งเป็นสูตรความสัมพันธ์ระหว่าง มวลของ _____ กับ _____

22) มวล พลังงาน

24. จึงได้มีผู้เสนอกฎ ๆ หนึ่งคือ "กฎการอนุรักษ์มวลของสสารและพลังงาน" (Law of Conservation of matter and energy) ซึ่งมีใจความว่า "สสารและพลังงานนั้นเปลี่ยนกลับไปกลับมาหากันได้ และปริมาณรวมของสสารและพลังงานในเอกภพนี้คงที่" ตามใจความของกฎนี้ สสารก็มิได้สูญหายไปไหน แต่เปลี่ยนแปรไปเป็น _____ (แต่ยังไม่สามารถสังเคราะห์สสารจากพลังงานได้ในปัจจุบัน)

23) สสาร พลังงาน

25. ถ้าทดลองให้เกิดปฏิกริยานิวเคลียร์ครั้งหนึ่ง มวลของสสารสลายไป 1.6 กรัม ก็จะเกิดพลังงานขึ้น _____ $(3 \times 10^{10})^2$ เอิร์ก (ค่านี้ได้จากการแทนค่าสูตรในกรอบที่ 23)

24) พลังงาน

26. จงพลิกกลับไปอ่านทบทวนทำความเข้าใจข้อความในกรอบที่ 4, 6, 9 11, 13, 15, 17, 18 และ 24 แล้วจึงไปเริ่มต้นศึกษาในหน่วยถัดไป

25) 1.6

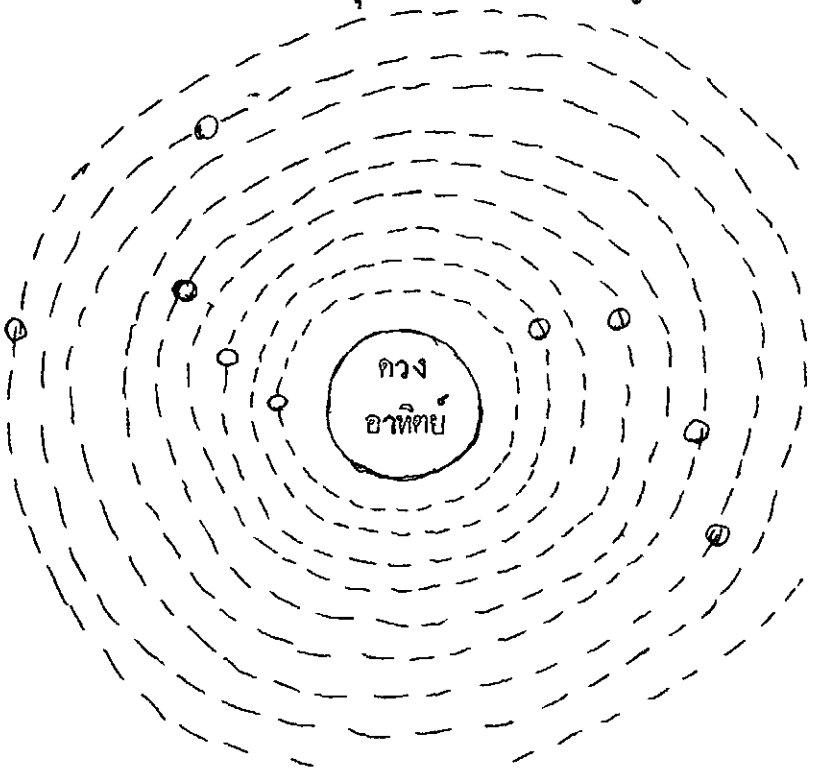
หน่วยที่ 4

อะตอมในทัศนะปัจจุบัน

โครงสร้างของอะตอม

1. ปัจจุบันก็ยอมรับกันว่า สสารทั้งปวงย่อมประกอบขึ้นด้วยอนุภาคเล็ก ๆ นักวิทยาศาสตร์เรียกอนุภาคเล็ก ๆ เหล่านั้นว่า "อะตอม" สารบริสุทธิ์ทั้งหลายก็ย่อมประกอบขึ้นด้วย _____ ของธาตุต่าง ๆ

2. มาพิจารณาโครงสร้างของระบบสุริยะ (ซึ่งเป็นสิ่งที่ใหญ่โต)



ในระบบสุริยะของเรามี _____ เป็นแกนกลาง และมีดาวเคราะห์ต่าง ๆ โคจร _____ อยู่รอบ ๆ เป็นบริวาร

1) อะตอม

3. อะตอมเป็นสิ่งที่เล็กมากมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น แต่ก็พบว่ามีโครงสร้างคล้ายกับระบบสุริยะมาก คือมีอนุภาคที่เป็นแกนกลางและมีอนุภาคที่เป็นบริวาร_ _ _ _ _ _ อยู่รอบ ๆ _ _ _ _ กลางทะตอมเช่นเดียวกัน

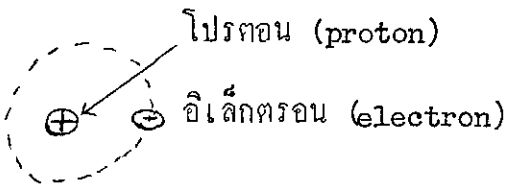
2) ดวงอาทิตย์,โคจร

4. ตัวอย่าง ไดอาแกรมแสดงส่วนประกอบและโครงสร้างของอะตอมของธาตุไฮโดรเจน จะเห็นว่ามีอนุภาคชนิดหนึ่งซึ่งใช้เครื่องหมายบวกกากับ

จะอยู่เป็น<u>แกนกลาง</u>ของอ_ อม และมีอนุภาคที่มีเครื่องหมาย _ _ _ _ _ _ _ โคจรอยู่รอบ ๆ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ของอะตอมนี้

3) โคจร,แกน

5. สังเกตชื่อของอนุภาคทั้งสองชนิดจากไดอาแกรม นั่นคืออนุภาคที่มีเครื่องหมาย



บวกและอยู่เป็นแกนกลางของอะตอม มีชื่อเรียกว่า _ _ _ _ _ _ _ (_ _ _ _ _)

4) ลบ แกนกลาง

6. ส่วนอนุภาคที่เป็นบริวารโคจรอยู่รอบ ๆ และมีเครื่องหมายลบกำกับมีชื่อว่า _ _ _ _ _ _ _ _	5) โปรตอน
7. สาเหตุที่ใช้เครื่องหมายลบกำกับอนุภาค _ _ _ _ _ _ _ _ ก็เพราะมันมีประจุไฟฟ้าเป็นลบ	6) อิเล็กตรอน
๘. ส่วนอนุภาค _ _ _ _ _ _ _ ที่ใช้เครื่องหมายบวกก็เพื่อแสดงว่ามันมีประจุไฟฟ้าเป็น _ _ _ _ _ _ _	7) อิเล็กตรอน
9. ในอะตอมใด ๆ จะมีอนุภาคชนิดหนึ่งที่มีประจุไฟฟ้าบวกอยู่เป็นแกนกลางเสมอ อนุภาคชนิดนั้นก็คือ _ _ _ _ _ _	8) โปรตอน บวก
10. และจะมีอนุภาคอีกชนิดหนึ่ง (ซึ่งอาจมีจำนวนหลายตัวก็ได้) โคจรหรือเคลื่อนที่รอบ ๆ แกนกลางในเส้นทางหรือวงโคจรที่แน่นอนตายตัว อนุภาคชนิดนี้มีชื่อว่า _ _ _ _ _ _ _	9) โปรตอน
11. ในอะตอมของไฮโดรเจน (พลิกกลับดูในกรอบที่ 4) มีโปรตอนอยู่จำนวน 1 ตัว และอิเล็กตรอนอยู่ _ _ _ _ _ _ _ ตัว	10) อิเล็กตรอน
12. จะเห็นว่าจานวนอนุภาคอิเล็กตรอนที่โคจรอยู่รอบ ๆ แกนกลางมีจำนวนเท่ากับจำนวนอนุภาค _ _ _ _ _ _ ในแกนกลางของอะตอม	11) 1

13. <u>แกนกลาง</u> ของอะตอมนั้นเราเรียกว่า<u>นิวเคลียส</u>ของอะตอม จึงกล่าวได้ว่านิวเคลียสของอะตอมประกอบขึ้นด้วยอนุภาค _ _ _ _ _ _ _ ซึ่งมีประจุไฟฟ้าเป็น _ _ _ _ _ _ _ _

12) โปรตอน

14. นี่คือไออาแกรมแสดงโครงสร้างอะตอมของฮีเลี่ยม (He)

สังเกตุว่ามีอิเล็กตรอน _ _ _ _ ตัว และมีโปรตอนอยู่ 2 ตัว และมีอนุภาคที่ไม่มีเครื่องหมายใด ๆ กำกับอีก_ _ _ _ _ ตัว

13) โปรตอน บวก

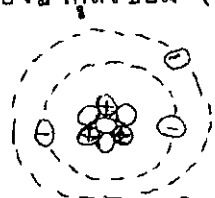
15. อนุภาคที่ไม่มีเครื่องหมายกำกับนี้ไม่มีประจุไฟฟ้า เราเรียกว่า อนุภาคนิวตรอน (neutron) จากไดอาแกรมในกรอบที่ 14 ฮีเลียมมีอนุภาคนิวตรอนอยู่ _ _ _ _ _ _ _ ตัวภายในนิวเคลียส

14) 2
2

16. เนื่องจากนิวตรอนนั้นเป็นกลางทางไฟฟ้า แต่โปรตอนมีประจุไฟฟ้าเป็นบวก ดังนั้นเมื่อรวมกันอยู่แล้ว จึงสรุปได้ว่า นิวเคลียสของอะตอมของธาตุทุกชนิดมีประจุไฟฟ้าเป็น _ _ _ _ _ เสมอ

15) 2

17. ไออาแกรมแสดงโครงสร้างอะตอมของธาตุลิเธี่ยม (Li)



ลิเธี่ยมมีอนุภาคนิวตรอนอยู่ _ _ _ _ _ ตัว ภายใน _ _ _ _ ของอะตอมของมัน

16) บวก

18. ลิเธี่ยมมีโปรตอน _ _ _ _ _ ตัว และมีอิเล็กตรอน_ _ _ ตัว

17) 4, นิวเคลียส

19. จะเห็นว่าวงโคจรของอิเล็กตรอนของลิเธี่ยมมี _ _ _ _ _ ชั้น ส่วนของฮีเลียมมีเพียง _ _ _ _ _ _ ชั้น

18) 3 3

20. จงเขียนรูปแสดงส่วนที่เรียกว่านิวเคลียสของอะตอมของธาตุฮีเลียม (ดูกรอบที่ 14) และของธาตุลิเธี่ยม (ดูจากกรอบที่ 17)

ฮีเลียม ลิเธี่ยม

19) 2 1

21. จะเห็นว่าจำนวนอนุภาคโปรตอนในนิวเคลียสของธาตุไม่จำเป็นจะต้องเท่ากับจำนวนของอนุภาคนิวตรอน แต่จะต้องมีจำนวนเท่ากับอนุภาค _ _ _ _ _ _ _ ภายนอกนิวเคลียส

20) ฮีเลียม ลิเธี่ยม

22. ไดอาแกรมแสดงโครงสร้างอะตอมของธาตุที่ 4 ในตารางธาตุคือธาตุเบอริลเลี่ยม (Be) ธาตุนี้มีโปรตอน_ _ _ _ _ _ ตัว อิเล็กตรอน _ _ _ _ _ ตัว และนิวตรอน _ _ _ _ _ _ _ตัว

21) อิเล็กตรอน

23. จะเห็นว่าจำนวนอนุภาคอิเล็กตรอนจะเท่ากับจำนวนอนุภาค _ _ _ _ _ _ ในนิวเคลียสเสมอ

22) 4 4

5

24. จึงสรุปเป็นกฎว่าโดยปกติแล้ว จำนวนอนุภาค _ _ _ _ _ ในนิวเคลียส ย่อมเท่ากับจานวนอนุภาค _ _ _ _ _ _ _ _ (ซึ่งกฎนี้เป็นจริง)

23) โปรตอน

25. โซเดียมซึ่งเป็นธาตุที่ 11 ในตารางธาตุ มีโปรตอน 11 ตัว ก็ต้องมีอิเล็กตรอน _ _ _ _ ตัว ยูเรเนียม (ธาตุที่ 92) มีโปรตอน 92 ตัว ก็มีอิเล็กตรอนอยู่ _ _ _ _ _ _ ตัวด้วย

24) โปรตอน อิเล็กตรอน

26. ตัวอย่างอะตอมของธาตุต่าง ๆ ที่ผ่านมานั้น เราก็พบว่าไฮโดรเจนเป็นธาตุเพียงชนิดเดียวที่ไม่มีอนุภาคนิวตรอนในนิวเคลียส นอกจากนั้นแล้วธาตุทุก ๆ ชนิดจะต้องมีอนุภาค _ _ _ _ _ _ ซึ่งไม่มีประจุไฟฟ้าอยู่ในนิวเคลียสเสมอ

25) 11 92

<u>อะตอมมิคนัมเบอร์</u> (Atomic Number) และ

<u>แมสนัมเบอร์</u> (Mass Number)

เมื่อเข้าใจโครงสร้างของอะตอมแล้วก็มาทำความเข้าใจกับศัพท์ "อะตอมมิคนัมเบอร์" กันต่อไป

27. อะตอมของธาตุแต่ละชนิดจะต้องมีจำนวนโปรตอนที่คงที่ เช่น ออกซิเจน (ธาตุที่ 8) ซึ่งเป็นธาตุที่มีโปรตอน 8 ตัว ทุก ๆ อะตอมของออกซิเจนจะต้องมีโปรตอนในนิวเคลียส_ _ _ _ ตัว จึงจะเรียกว่าเป็นอะตอมของธาตุออกซิเจน

26) นิวตรอน

28. และนั่นคือ ธาตุแต่ละชนิดจะต้องมีจำนวนโปรตอนใน_ _ _ _ _ ของอะตอมต่างไปจากอะตอมของธาตุชนิดอื่น	27) 8
29. เราเรียกเลขจำนวนโปรตอนในนิวเคลียสของธาตุว่า <u>อะตอมมิคนัมเบอร์</u> (Atomic Number) เช่น ไฮโดรเจนก็มีอะตอมมิคนัมเบอร์เป็น 1 ส่วน ฮีเลียมซึ่งมี 2 โปรตอนก็มีอะตอมมิคนัมเบอร์เป็น _ _ _ _ _ _ _ _	28) นิวเคลียส
30. นิวเคลียสของออกซิเจนมีโปรตอนอยู่ 8 ตัว ธาตุออกซิเจนจึงมีอะตอมมิคนัมเบอร์ _ _ _ _ _ _ _ _	29) 2
31. คาร์บอนมีอะตอมมิคนัมเบอร์ 6 ก็แสดงว่าอะตอมของคาร์บอนมีอนุภาค 6 ตัว	30) 8
32. การจัดเรียงอันดับที่ของธาตุต่าง ๆ ในตารางธาตุนั้น เราจัดเรียงตามอะตอมมิคนัมเบอร์ของมัน ดังนั้นธาตุที่ 103 ก็มีอนุภาค _ _ _ _ _ _ ซึ่งมีประจุไฟฟ้าเป็นบวก อยู่ 103 ตัว	31) โปรตอน
33. สรุปว่าอะตอมมิคนัมเบอร์ คือจำนวนอนุภาค _ _ _ _ _ _ ใน _ _ _ _ _ _ _ ของอะตอม	32) โปรตอน

34. เนื่องจากจำนวนโปรตอนเท่ากับจำนวนอิเล็กตรอน ดังนั้นเมื่อเราทราบอะตอมมิคนัมเบอร์ (จำนวนโปรตอน) เราก็ย่อมจำบอกจำนวนอนุภาค _ _ _ _ _ _ _ รอบ ๆ นิวเคลียสของอะตอมนั้นได้	33) โปรตอน นิวเคลียส
35. นั่นคืออะตอมมิคนัมเบอร์ช่วยบอกนุภาค _ _ _ _ _ _ โดยทางอ้อมแก่เรา แต่บอกจำนวนของอนุภาค _ _ _ _ _ _ _ ในนิวเคลียสโดยตรง	34) อิเล็กตรอน
36. ส่วนอนุภาค _ _ _ _ _ _ ซึ่งไม่มีประจุไฟฟ้านั้น มีอยู่ในนิวเคลียสของอะตอมของธาตุทุกชนิด ยกเว้นธาตุไฮ_ _ _ _ และในอะตอมของธาตุแต่ละชนิดก็ไม่จำเป็นต้องมีอนุภาคชนิดนี้ตายตัว ซึ่งจะได้ศึกษาได้จากกรอบถัด ๆ ไป	35) อิเล็กตรอน โปรตอน
37. เพื่อความสะดวกในการบอกหรือคำนวณหาจำนวนของอนุภาคนิวตรอน (และประโยชน์อื่น ๆ อีกเล็กน้อย) จากสัญญลักษณ์ นักวิทยาศาสตร์จึงตั้งศัพท์เฉพาะคือคำว่า "แมสนัมเบอร์" (Mass Number)ซึ่งหมายถึงผลรวมของอนุภาคนิวตรอนกับโปรตอนของธาตุนั้น หรือเขียนเป็นสูตรสั้น ๆ ได้ว่า แมสนัมเบอร์ = จำนวนโปรตอน + จำนวน _ _ _ _ _ _	36) นิวตรอน ไฮโดรเจน
38. เนื่องจากอนุภาคนิวตรอนเรานิยมใช้สัญญลักษณ์ N แทน ส่วนอะตอมมิคนัมเบอร์ใช้ Z แทน และแมสนัมเบอร์เราใช้ A แทน จึงเขียนสูตรตามข้อความในกรอบที่ 37 ได้ว่า $A = Z + N$ ซึ่งสูตรนี้นิยมใช้กันทั่วไป	37) นิวตรอน

39. ธาตุเบอริลเลียม (Be) ซึ่งเป็นธาตุที่ 4 ในตารางธาตุ มีโปรตอนหรืออะตอมมิคนัมเบอร์ 4 และมีนิวตรอนอยู่ 5 ตัว ธาตุนี้จึงมีแมสนัมเบอร์เป็น _ _ _ _ _ _ _

40. โปตัสเซี่ยมมีโปรตอนอยู่ 19 ตัว มีนิวตรอนอยู่ 20 ตัว โปตัสเซี่ยมจึงมีแมสนัมเบอร์ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

39) 9

41. ออกซิเจนซึ่งเป็นธาตุที่ 8 ในตารางธาตุ มีนิวตรอนอยู่ 8 ตัว ออกซิเจนมีแมสนัมเบอร์ _ _ _ _ _ _ _

40) 39

42. พบว่าในนิวเคลียสของธาตุยูเรเนียมซึ่งเป็นธาตุที่ 92 ในตารางธาตุ มีอนุภาคนิวตรอนอยู่ 146 ตัว ธาตุนี้จึงมีแมสนัมเบอร์เป็น _ _ _ _ _ _ _

41) 16

43. จากสูตรในกรอบที่ 38 ถ้าเรามีสัญญลักษณ์ที่เขียนบอกอะตอมมิคนัมเบอร์และแมสนัมเบอร์ไว้แล้ว เราต้องการทราบจำนวนนิวตรอนในอะตอม เราก็ใช้พจน์จากสูตรในกรอบที่ 38 จะได้เป็น A - Z = N หรือ N = _ _ _ _ _ _ _ _

42) 238

44. นั่นคือเราหาค่าจำนวนนิวตรอนโดยการเอาค่าอะตอมมิคนัมเบอร์ไปลบออกจาก _ _ _ _ _ _ _ _

43) A - Z

45.	โครเมี่ยมซึ่งเป็นธาตุที่ 24 ในตารางธาตุ (มีอะตอมมิคนัมเบอร์ 24) มีแมสนัมเบอร์ 51 ธาตุนี้จะมีนิวตรอนในนิวเคลียส _ _ _ _ _ ตัว	44) แมสนัมเบอร์
46.	เรเดียมมีอะตอมมิคนัมเบอร์ 88 แมสนัมเบอร์ 226 ธาตุนี้มีนิวตรอน _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ตัว	45) 27
47.	พลูโตเนี่ยมซึ่งเป็นธาตุที่ 94 มีแมสนัมเบอร์ 242 พลูโตเนียมมีอนุภาคนิวตรอน _ _ _ _ _ _ _ ตัว	46) 138
48.	ธาตุที่ 104 มีแมสนัมเบอร์ 260 ธาตุนี้มีอนุภาคนิวตรอนในนิวเคลียสของมัน _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ตัว	47) 148
49.	จะเห็นว่าตามที่เราได้เรียนรู้มาในหน่วยนี้ อนุภาคที่สำคัญที่ประกอบขึ้นเป็นอะตอมของธาตุมีอยู่ 3 ชนิด คือ อนุภาคนิวตรอน โปรตอน และอนุภาค _ _ _ _ _ _ _ อนุภาคทั้งสามชนิดนี้จัดว่าเป็น <u>อนุภาคมูลฐานของอะตอม</u>	48) 156

50. ความจริงนักวิทยาศาสตร์พบว่ายังมีอนุภาคอื่น ๆ อีกที่อยู่ภายในอะตอมของธาตุ เช่น อนุภาคโปซิตรอน (Positron) ซึ่งมีน้ำหนักเท่ากับอิเล็กตรอน แต่มีประจุไฟฟ้าเป็นบวก อนุภาคมีซัน (Meson) อนุภาคแอนตี้โปรตอน (Antiproton) อนุภาคนิวตริโน (Nrutrino) ซึ่งอนุภาคเหล่านี้เป็นอนุภาคที่ไม่คงตัวหรือไม่เสถียร (Unstable) สลายตัวไปได้ง่าย ๆ พบและศึกษาได้ในเวลาเกิดปฏิกริยานิวเคลียร์ เป็นอนุภาคที่อะตอมไม่จำเป็นต้องมีเสมอไป จึงไม่ชัดว่าอนุภาคเหล่านี้เป็นอนุภาค _ _ _ _ _ _ _ _ ของอะตอม

49) อิเล็กตรอน

<u>สัญญลักษณ์นิวเคลียร์</u> (Nuclear Symbol) และ <u>ไอโซโทป</u> (Isotope)

51. ในกรอบที่ 37 เราเคยพูดกันถึงเรื่องการคำนวณอนุภาคนิวตรอนจากสัญญลักษณ์ (หรือไม่จำเป็นต้องมีสัญญลักษณ์ก็ได้) สัญญลักษณ์ที่กล่าวถึงก็คือ <u>สัญญลักษณ์นิวเคลียร์</u> (N uclear symbol) คำว่า "นิวเคลียร์" นี้ก็มาจากคำว่านิวเคลียส์ ซึ่งในที่นี้หมายถึงนิวเคลียสของอะตอมนั่นเอง ดังนั้นสัญญลักษณ์นิวเคลียร์จึงหมายถึงสัญญลักษณ์ที่เขียนบอกถึงส่วนประกอบของ _ _ _ _ _ _ _ _ _ <u>ของอะตอม</u> นั่นเอง

50) มูลฐาน

---

52. ส่วนประกอบของนิวเคลียส์เราทราบมาแล้วว่าประกอบขึ้นด้วยอนุภาคมูลฐานเพียงสองชนิด คือ อนุภาค _ _ _ _ _ _ ซึ่งมีประจุไฟฟ้าเป็นบวก และอนุภาค _ _ _ _ _ _ ซึ่งไม่มีประจุไฟฟ้า

51) นิวเคลียส

53. จำนวนอนุภาคโปรตอนในนิวเคลียสของอะตอมเราเรียกว่า _ _ _ _ _ _ _ _ _ นัมเบอร์

52) โปรตอน นิวตรอน

54. ส่วนจำนวนโปรตอนรวมกับจำนวนนิวตรอนในนิวเคลียสเราเรียกว่า _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

53) อะตอมมวล

55. อะตอมมิคนัมเบอร์เราเขียนแทนด้วยอักษรตัว Z (ดูกรอบที่ 38 ก็ได้) ส่วนแมสนัมเบอร์เราใช้สัญญลักษณ์อักษรตัว _ _ _ _ แทน

54) แมสนัมเบอร์

56. สัญญลักษณ์นิวเคลียร์มีโครงรูปโดยทั่วๆไป เป็น ${}_{Z}X^{A}$ หรือ ${}^{A}_{Z}X$ (แต่นิยมเขียนแบบแรกมากกว่า) ในสัญญลักษณ์นั้น A หมายถึงแมสนัมเบอร์ ส่วน Z หมายถึง _ _ _ _ _ และ X นั้นเราแทนสัญญลักษณ์ของธาตุใด ๆ เช่น ถ้าเป็นสัญญลักษณ์นิวเคลียร์ของคาร์บอนก็ใช้ C แทน X เสีย

55) A

57. ดังนั้นคาร์บอนซึ่งเป็นธาตุที่ 6 (อะตอมมิคนัมเบอร์ 6) และมีแมสนัมเบอร์ 12 ก็จะมีสัญญลักษณ์นิวเคลียร์เป็น ${}_{6}C^{12}$ ส่วนคลอรีนซึ่ง มีอะตอมมิคนัมเบอร์ 17 และมีแมสนัมเบอร์ 35 ก็จะมีสัญญลักษณ์นิวเคลียร์เป็น _ _ _ _ _ _ _ _

56) อะตอมมิคนัมเบอร์

58. ออกซิเจนซึ่งเป็นธาตุที่ 8 มีแมสนัมเบอร์ 16 เขียนสัญญลักษณ์นิวเคลียร์ได้เป็น _ _ _ _ _ _ _ _

57) ${}_{17}Cl^{35}$

59. ไฮโดรเจน (H) ซึ่งเป็นธาตุที่ 1 อะตอมที่มีแมสนัมเบอร์เป็น 1 ก็เขียนสัญญลักษณ์นิวเคลียร์ได้เป็น _ _ _ _ _ _ _ _ ส่วนอะตอมของไฮโดรเจนที่มีแมสนัมเบอร์ 2 เขียนสัญญลักษณ์นิวเคลียร์เป็น _ _ _ _ _ _ _ และอะตอมที่มีแมสนัมเบอร์ 3 ก็เขียนสัญญลักษณ์นิวเคลียร์ได้เป็น _ _ _ _ _ _

58) $_{8}O^{16}$

60. โบรมีน (Br) ซึ่งเป็นธาตุที่ 35 มีแมสนัมเบอร์ 79 มีสัญญลักษณ์นิวเคลียร์เป็น _ _ _ _ _ _

59) $_{1}H^{1}$ $_{1}H^{2}$ $_{1}H^{3}$

61. ธาตุชนิดหนึ่งให้มีสัญญลักษณ์ของมันเป็น X มีโปรตอนอยู่ในนิวเคลียส 103 ตัว มีแมสนัมเบอร์ 257 เขียนสัญญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุนี้ได้เป็น _ _ _ _ _ _ _

60) $_{35}Br^{79}$

62. เราได้ทราบมาแล้วว่า แมสนัมเบอร์ นั้นเป็นผลบวกของอนุภาคโปรตอนกับ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ภายในนิวเคลียสของอะตอม

61) $_{103}X^{257}$

63. โซเดียม (Na) ซึ่งมีอะตอมมีคนัมเบอร์ 11 มีนิวตรอน 12 ตัว ก็จะมีสัญญลักษณ์นิวเคลียร์เป็น _ _ _ _ _ _ _ _

62) นิวตรอน

64. นักวิทยาศาสตร์สังเคราะห์ธาตุใหม่ขึ้นได้ธาตุหนึ่ง สำรวจพบว่าอะตอมของมันมีอนุภาคโปรตอนอยู่ 104 ตัว มีนิวตรอนอยู่ 156 ตัว เมื่อยังไม่ได้ตั้งชื่อก็สมมุติให้เป็นธาตุ X มีสัญญลักษณ์เป็น X เขาจะเขียนเป็นสัญญลักษณ์นิวเคลียร์เพื่อเสนอให้ผู้อื่นรู้จักได้ง่าย ๆ โดยเขียนได้เป็น _____

63) $_{11}Na^{23}$

65. ธาตุไอโอดีนมีสัญญลักษณ์นิวเคลียร์เป็น $_{53}I^{127}$ แสดงว่าธาตุนี้มีโปรตอน _____ ตัว และนิวตรอน _____ ตัว

64) $_{104}X^{260}$

66. ธาตุที่มีสัญญลักษณ์นิวเคลียร์เป็น $_{86}Rn^{222}$ มีอนุภาคนิวตรอนในนิวเคลียส์เป็นจำนวน _____ ตัว

65) 53 74

67. ธาตุที่มีสัญญลักษณ์นิวเคลียร์เป็น $_{27}Co^{59}$ จะมีจำนวนโปรตอน _____ ตัว และนิวตรอน _____ ตัว

66) 136

68. ถ้านิวเคลียสของธาตุชนิดหนึ่งมีจำนวนประจุบวกเป็น 50 และมีนิวตรอนอยู่ 70 ตัว ธาตุนี้ควรจะมีสัญญลักษณ์นิวเคลียร์เป็น _____ (สมมุติให้สัญญลักษณ์เป็น X)

67) 27 32

69. ถ้าสังเกตดูจากกรอบที่ 59 จะเห็นว่าอะตอมของธาตุไฮโดรเจนมีอยู่ 3 ชนิด คือที่มีแมสนัมเบอร์เป็น 1 2 และ _____ (แต่อะตอมมิกนัมเบอร์ของไฮโดรเจนต้องเป็น 1 เสมอ)

68) $_{50}X^{120}$

70. เราเรียกไฮโดรเจนมี 3 ไอโซโทป (Isotopes)คือไอโซโทปที่มีแมสนัมเบอร์ 1 ไอโซโทปที่มีแมสนัมเบอร์ 2 และ _____ ที่มีแมสนัมเบอร์ 3

69) 3

71. เขียนสัญญลักษณ์นิวเคลียร์ของไฮโดรเจนทั้งสามไอโซโทปได้เป็น $_1H^1$ และ_ _ _ _ _ _ _ _ และ _ _ _ _ _ _ ตามลำดับ

70) ไอโซโทป

72. ปัจจุบันเราพบว่าธาตุยูเรเนียมมีหลายไอโซโทปด้วยกันคือ $_{92}U^{232}$ $_{92}U^{233}$ $_{92}U^{235}$ และ $_{92}U^{238}$ จากสัญญลักษณ์นิวเคลียร์เหล่านี้จะเห็นว่าแต่ละอะตอมหรือแต่ละไอโซโทปมีอะตอมมิกนัมเบอร์เหมือนกัน ใช้สัญญลักษณ์ของธาตุเหมือนกัน แต่มีเลข _ _ _ _ _ _ _ นัมเบอร์ต่างกัน

71) $_1H^2$ $_1H^3$

73. เราจึงสรุปความหมายของ "ไอโซโทป" ได้ว่า ไอโซโทปหมายถึงอะตอมของธาตุที่มีอะตอมมิกนัมเบอร์เหมือนกัน แต่มีเลข _ _ _ _ _ _ _ ต่างกัน

72) แมส

74. การที่เราจะบอกว่าธาตุอะตอมใดที่มีชื่ออะไรหรือเป็นธาตุใดนั้น เราจะต้องดูที่อะตอมมิคนัมเบอร์เท่านั้น ถ้าพบว่ามันมีอะตอมมิค-นัมเบอร์เป็น 32 แล้ว เราจะต้องเรียกมันว่ายูเรเนียมเสมอ อะตอมที่เรียกว่าไฮโดรเจนได้ก็แสดงว่ามันจะต้องมีอะตอมมิคนัมเบอร์เป็น _____ เสมอ

73) แมสนัมเบอร์

75. ออกซิเจนมีอยู่ 3 ไอโซโทป คือ $_{8}O^{16}$ $_{8}O^{17}$ และ $_{8}O^{18}$ จะเห็นว่าทั้งสามไอโซโทปจะมี _____ นัมเบอร์เหมือนกันคือ 8 เราจึงจะเรียกว่ามันเป็นธาตุ _____ ทั้งสามอะตอม

74) 1

76. แต่ออกซิเจนทั้งสามอะตอมนี้มี _____ นัมเบอร์ต่างกัน

75) อะตอมมิก นัมเบอร์

77. เราจึงเรียกว่ามันเป็นธาตุเดียวกันคือออกซิเจน แต่เป็นคนละไอ _____ กัน

76) แมส

78. เมื่อพิจารณาดูนิวเคลียสของอะตอมต่าง ๆ ที่เป็นธาตุเดียวกันแต่ต่างไอโซโทปกัน (ซึ่งมีอะตอมมิกนัมเบอร์เท่ากัน) ก็จะพบว่ามีจำนวนอนุภาค _____ ซึ่งมีประจุไฟฟ้าบวกเท่ากันทุกอะตอม

77) ไอโซโทป

79. เมื่อพิจารณาจำนวนอนุภาคนิวตรอนในแต่ละไอโซโทป เช่น $_{3}O^{16}$ มีนิวตรอน 16 - 3 เป็น 3 ตัว $_{8}O^{17}$ มีนิวตรอน _ _ _ _ _ _ _ ตัว และ $_{8}O^{13}$ มีนิวตรอน_ _ _ _ _ ตัว	78) โปรตอน
80. นั่นคือแต่ละไอโซโทปของออกซิเจน (หรือธาตุอื่น ๆ ก็เป็นทำนองเดียวกัน) จะมีจำนวนอนุภาค _ _ _ _ _ ในนิวเคลียสต่างกัน	79) 9 10
81. ดังนั้นจึงกล่าวได้อีกว่า "ธาตุต่างไอโซโทปกันมีจำนวนอนุภาค _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ต่างกัน	80) นิวตรอน
82. หรืออาจกล่าวได้อีกว่า ไอโซโทปต่าง ๆ ของธาตุใดคืออะตอมของธาตุนั้น ที่มีจำนวนโปรตอนหรืออะตอมมิคนัมเบอร์เท่ากัน แต่จำนวนอนุภาค_ _ _ _ _ _ _ ในนิวเคลียสต่างกัน	81) นิวตรอน
83. ถ้าเราวิเคราะห์พบว่ามีอะตอมอยู่ 4 ชนิด คือ $_{6}A^{12}$ $_{7}B^{14}$ $_{6}C^{14}$ และ $_{8}D^{16}$ อะตอมที่เป็นธาตุเดียวกันแต่ต่างไอโซโทปกันคือธาตุ $_{6}A^{12}$ กับธาตุ _ _ _ _ _ _	82) นิวตรอน
84. การที่เราจะบอกได้ว่าไอโซโทปใดเป็นธาตุใด หรืออะตอมใดเป็นธาตุใดนั้นเราดูได้จากเลข _ _ _ _ _ นัมเบอร์ของมัน	83) $_{6}C^{14}$

35. ดังนั้นถ้าจะดูเฉพาะชื่อของมัน ธาตุในกรอบที่ 33 ทั้ง 4 อะตอม นี้จำแนกเป็นธาตุเพียง 3 ชนิด คือ ธาตุ B ธาตุ C และ ธาตุ _____

34) อะตอมมิก

36. ทั้งนี้เพราะธาตุทั้ง 4 อะตอมนี้มีค่า _____ นัมเบอร์ ซ้ำกันเพียง 2 อะตอม คือ A กับ C

35) D

37. ไอโซโทปต่าง ๆ ของยูเรเนียมที่สำคัญคือ $_{92}U^{232}$ $_{92}U^{233}$ $_{92}U^{235}$ และ $_{92}U^{238}$ จากสัญญลักษณ์นิวเคลียร์นี้ เราอ่านชื่อของแต่ละไอโซโทปว่า ยูเรเนียม 232 ยูเรเนียม 233 ยูเรเนียม 235 และ _____ ตามลำดับ

36) อะตอมมิค

38. คาร์บอนมี 2 ไอโซโทปคือ $_{6}C^{12}$ และ $_{6}C^{14}$ ซึ่งเราเรียกชื่อของแต่ละไอโซโทปว่า คาร์บอน 12 และคาร์บอน _____

37) ยูเรเนียม 23

39. จะเห็นว่าในการเรียกชื่อธาตุต่าง ๆ เพื่อบ่งบอกไอโซโทปของมันให้ชัดเจนนั้น เราจะต้องเรียกชื่อธาตุนั้นแล้วตามด้วยเลข _____ นัมเบอร์ของไอโซโทปนั้น

38) 14

90. O^{16} เราก็เรียกว่า _____ 16

89) แมส

91. O^{18} เราเรียกว่า _ _ _ _ _ _ _	90) ออกซิเจน
92. ในกรอบที่ 70 และ 71 เราทราบว่าธาตุไฮโดรเจนมี 3 ไอโซโทป คือที่มีแมสนัมเบอร์ 1 2 และ 3 ซึ่งเขียนเป็นสัญญลักษณ์นิวเคลียร์ได้เป็น $_1H^1$ $_1H^2$ และ _ _ _ _ _	91) ออกซิเจน 13
93. สำหรับไอโซโทปทั้งสามของไฮโดรเจนมีชื่อเรียกโดยเฉพาะ (ไม่เรียกตามกฎเหมือนธาตุอื่น ๆ) ก็อ $_1H^1$ เรียกว่า protium (โปรเตี้ยม) $_1H^2$ เรียกว่า deuterium (ดิวทีเรี่ยม) และ _ _ _ _ _ เรียกว่า tritium (ตริเตี้ยม)	92) $_1H^3$
94. นั่นคือ "ดิวทีเรียม" ก็คือไฮโดรเจนที่มีแมสนัมเบอร์เป็น _ _ _ _ _ _ _ _ นั่นเอง	93) $_1H^3$
95. <u>ตริเตี้ยม</u> คือไฮโดรเจนที่มีแมสนัมเบอร์ _ _ _ _ _ _ _	94) 2
96. ส่วนไอโซโทปต่าง ๆ ของธาตุอื่น ๆ นั้นเรายังคงเรียกตามกฎ คือเรียกชื่อธาตุก่อนแล้วตามด้วยเลข _ _ _ _ _ _ _	95) 3

97. C_{o}^{60} ซึ่งเป็นไอโซโทปหนึ่งของธาตุโคบอลต์ ที่ให้รังสีแกมมารังสี ใช้บำบัดรักษาเนื้องอกหรือมะเร็งในสมองได้ เราจะเรียกชื่อของไอโซโทปนี้ว่า _____

96) แมสนัมเบอร์

98. U^{235} เป็นไอโซโทปหนึ่งของยูเรเนียมที่เคยบรรจุระเบิดปรมาณูทิ้งญี่ปุ่น (ลูกแรก) เราอ่านชื่อไอโซโทปนี้ว่า _____

97) โคบอลต์ 60

99. จงพลิกกลับไปทบทวนทำความเข้าใจ กรอบที่ 51 56 57 65 72 73 32 38 และควรจะจดบันทึกสิ่งที่นักเรียนคิดว่าเป็นใจความสำคัญหรือเป็นกฎลงในสมุดบันทึกลงไว้ก่อนที่จะเริ่มต้นเรื่องถัดไป

98) ยูเรเนียม 235

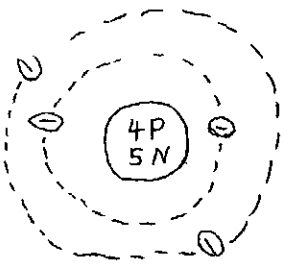
การจัดเรียงอิเล็กตรอนภายในอะตอม

(Electronic configuration)

100. อะตอมของธาตุต่างประกอบด้วยอนุภาคมูลฐานที่สำคัญ 3 ชนิด คืออนุภาคโปรตอน นิวตรอน และอนุภาค _____

101. อนุภาคอิเล็กตรอนซึ่งบางทีนักเคมีใช้สัญลักษณ์แทนต่าง ๆ กัน เช่น $e^{-}_{-1}e^{o}, \beta^{-}$ นั้นมีประจุไฟฟ้าเป็น _____

100) อิเล็กตรอน

102. ส่วนโปรตอนนั้นสัญญลักษณ์ที่นิยมใช้คือ p $_1p^1$ $_1H^1$ และมีประจุไฟฟ้าเป็น _____	101) ลบ
103. นิวตรอนมีสัญญลักษณ์ n $_0n^1$ และ N (ไม่ใช่ไนโตรเจน) และเป็นอนุภาคที่ไม่มีประ _____	102) บวก
104. อิเล็กตรอนจะโคจรอยู่รอบ ๆ นิว _____ ของอะตอม	103) ประจุไฟฟ้า
105. ส่วนอนุภาคที่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของนิวเคลียสของอะตอมคือ อนุภาค น _____ และอนุภาค _____	104) นิวเคลียส
106. นี่คือโครงสร้างอะตอมของธาตุเบอริลเลียม 9 ($_4Be^9$)  ธาตุนี้มีโปรตอน _____ ตัว และอิเล็กตรอนเท่ากับโปรตอน คือ _____ ตัว	105) นิวตรอน โปรตอน

107. ธาตุไฮโดรเจน (ซึ่งเคยผ่านมาแล้วข้างต้น) มีอิเล็กตรอน 1 ตัว มีอิเล็กตรอนโคจรรอบนิวเคลียสเพียงชั้นเดียว แต่เบอริลเลียมซึ่งมีอิเล็กตรอน 4 ตัว มีวงโคจรรอบนิวเคลียสอยู่ _____ ชั้น

106) 4
4

103. เนื่องจากในนิวเคลียสของอะตอมมีโปรตอน ซึ่งมีประจุไฟฟ้าบวกบรรจุอยู่ (ส่วนนิวตรอนนั้นเป็นกลางทางไฟฟ้า) ดังนั้นนิวเคลียสของอะตอมต่าง ๆ จึงมีประจุไฟฟ้าเป็น _____ ไปด้วย

107) 2

109. สสารที่มีประจุไฟฟ้าตรงกันข้ามกัน (ประจุต่างกัน) ย่อมจะดึงดูดกันหรือมีแรงดึงให้เข้าหากันด้วยอำนาจทางไฟฟ้า นั่นคืออนุภาคโปรตอนซึ่งปะปนอยู่กับนิวตรอนในนิวเคลียส น่าจะดึงดูดเอาอนุภาค _____ ซึ่งมีประจุไฟฟ้าลบไปเกาะติด

103) บวก

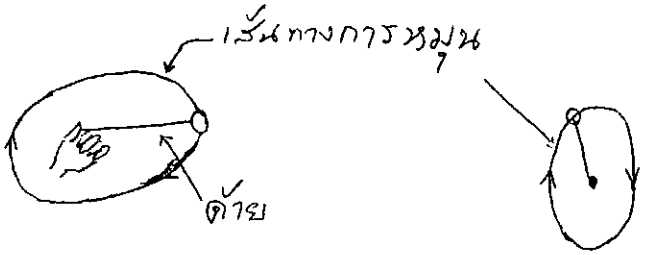
110. เนื่องจากโปรตอนแต่ละตัวมีน้ำหนักมากกว่าอิเล็กตรอน ดังนั้นโปรตอนจึงน่าจะดึงดูดเอาอนุภาคอิเล็กตรอนไปเกาะอยู่ใน _____ ของอะตอมเหมือนกับโปรตอนเอง

109) อิเล็กตรอน

111. แต่เราพบว่าอิเล็กตรอนเคลื่อนที่อยู่ในวงโคจร (orbits) ที่แน่นอนรอบนิวเคลียสอย่างเป็นชั้น ๆ (shell) แสดงว่าจะต้องมีสิ่งมาช่วยกระทำให้มันเคลื่อนที่อยู่ใน _____ โคจรที่แน่นอนตายตัวนั้น

110) นิวเคลียส

112. การทดลอง เอาเชือกด้ายประมาณ 1 - 2 คืบ ผูกแท่งยางลบหรือซอลค์ จับปลายเชือกด้วยนิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้แล้วแกว่งให้หมุนอย่างเร็ว ทั้งในแนวราบและแนวดิ่ง สังเกตผลในแต่ละแนว



แนวราบ แนวดิ่ง

เมื่อสังเกตดู<u>ระยะทาง</u> จากมือถึงแท่งซอลค์ พบว่าขณะกำลังแกว่งด้วยความเร็วสูง ๆ จะมีการรักษา _____ จากมือถึงแท่งซอลค์ให้คงที่อยู่เสมอ

111) <u>วง</u>โคจร

---

113. ถ้าเราวางปลายเชือก แท่งซอลค์จะหลุดออกจาก _____ โคจรของการหมุนทันที

112) ระยะทาง

---

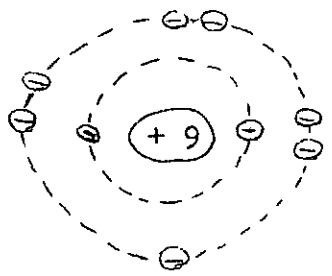
114. สมมุติเปรียบเทียบว่านิ้วมือที่จับหางเชือกคือนิวเคลียสของอะตอม แท่งซอลค์หรือยางลบที่หมุนไปรอบ ๆ นั้นเปรียบเทียบได้กับอนุภาค _____ ที่โคจรรอบ ๆ นิวเคลียส

113) วงโคจร

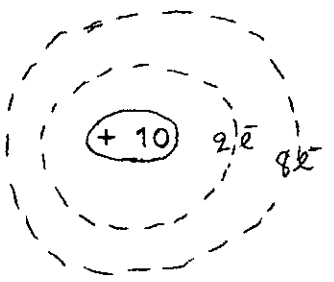
115. การที่แท่งซอล์คหรือยางลบหลุดกระเด็นออกไปเมื่อเราปล่อยหาง-เชือกนั้นก็แสดงว่าการหมุนหรือการเคลื่อนที่อย่างเร็วรอบ ๆ มือทำให้เกิดแรงเหวี่ยงที่เป็นแรงเฉื่อยหนีศูนย์กลางได้ ในทำนองเดียวกันอิเล็กตรอนที่กำลังเคลื่อนที่อย่างเร็วรอบ ๆ นิวเคลียสก็เกิดแรง _____ ขึ้น เช่นเดียวกัน	114) อิเล็กตรอน
116. นักวิทยาศาสตร์สรุปว่า การเคลื่อนที่อย่างเร็วของอนุภาค-อิเล็กตรอนจนดูเห็นเป็นหมอกเป็นชั้น ๆ นั้น ทำให้เกิดแรงหนีศูนย์กลาง ที่ทำให้อิเล็กตรอนจะหลุดหนีห่างไกลออกจากนิว _____ ของอะตอม	115) หนีศูนย์กลาง
117. เส้นเชือกผูกแท่งซอล์คเปรียบเทียบได้กับอำนาจแรงดึงดูดทางไฟฟ้า นั่นคืออิเล็กตรอนไม่ยอมหลุดไปจากอะตอมได้ง่าย ๆ เพราะมีแรงดึงดูดระหว่างนิวเคลียสกับตัวอนุภาค _____ _____ เอง	116) นิวเคลียส
118. แรงที่ดึงให้วัตถุที่เคลื่อนที่เข้าหาศูนย์กลางนั้น เราเรียกว่า แรงสู่ศูนย์กลาง นั่นคืออิเล็กตรอนที่กำลังเคลื่อนที่อยู่ก็มีแรง _____ อีกด้วย	117) อิเล็กตรอน
119. อิเล็กตรอนอยู่ในวงโคจรที่คงที่ของแต่ละตัวได้ ก็เพราะมีความสมดุลย์ระหว่างแรง (ที่กระทำต่อนิวเคลียส) ทั้งสองชนิดคือแรงหนีศูนย์กลางกับแรง _____	118) สู่ศูนย์กลาง

120.	ถ้าแรงหนีศูนย์กลางมากเกินไป อิเล็กตรอนตัวนั้นก็จะหลุด-กระเด็นออกจากวง _ _ _ _ _ _ _ (orbit) ของมัน	119) สู่ศูนย์กลาง
121.	แต่ตรงกันข้ามถ้าแรงสู่ศูนย์กลางมากเกินไป อิเล็กตรอนก็จะถูกดึงดูดให้เข้าไปเกาะติดอยู่ใน _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ของอะตอม	120) โคจร
122.	สรุปว่าสาเหตุที่อิเล็กตรอนสามารถโคจรอยู่ได้ในวงโคจร (orbit) ที่แน่นอน อยู่กันได้เป็นชั้น ๆ (shells) ก็เพราะความสมดุลของแรงที่มันมีต่อนิวเคลียส นั่นคือแรงหนี _ _ _ _ _ _ _ สมดุลกับแรง _ _ _ _ _ _ _ _	121) นิวเคลียส
123.	เราทราบมาแล้วว่าในอะตอมปกติ อนุภาคอิเล็กตรอนจะมีจำนวนเท่ากับจำนวนอนุภาค _ _ _ _ _ _ ในนิวเคลียส	122) ศูนย์กลาง สู่ศูนย์กลาง
124.	และตัวเลขที่ใช้บ่งบอกจำนวนโปรตอนในนิวเคลียสของอะตอมก็คือเลข _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ นั่นเอง	123) โปรตอน
125.	ดังนั้นในอะตอมปกติใด ๆ เรารู้จำนวนของอนุภาคอิเล็กตรอนได้ทางอ้อมโดยการดูจากเลข _ _ _ _ _ _ ของธาตุ	124) อะตอมมิก

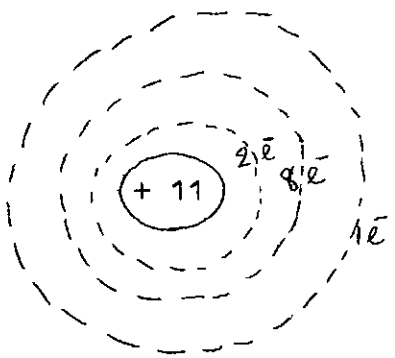
126. ไดอาแกรมของอะตอมของธาตุต่าง ๆ



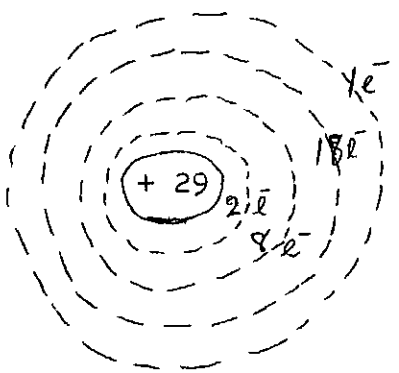
ฟลูออรีน



นีออน



โซเดียม



ทองแดง (Cu)

ในนิวเคลียสของฟลูออรีนเขียน +9 เพราะมีโปรตอน 9 ตัว
นั่นคือมีอะตอมมิคนัมเบอร์ _ _ _ _ _ _ _ ส่วนของทองแดง
มีอะตอมมิคนัมเบอร์_ _ _ _ _ _ _ _ _ _

125) อะตอมมิค–นัมเบอร์

127. ส่วนในชั้นถัดออกมาซึ่งเป็นชั้นที่ 2 เมื่อมีอิเล็กตรอนมากกว่า 8 ตัว ก็จะต้องไปอยู่ในชั้นถัดไป นั่นคือในชั้นที่ 2 จะมีอิเล็กตรอนอยู่ได้ไม่เกิน _ _ _ _ _ _ _ _ ตัว

127) 2

128. ส่วนในชั้นถัดออกมาซึ่งเป็นชั้นที่ 2 เมื่อมีอิเล็กตรอนมากกว่า 8 ตัว ก็จะต้องไปอยู่ในชั้นต่อถัดไป นั่นคือในชั้นที่ 2 จะมีอิเล็กตรอนอยู่ได้ไม่เกิน _____ ตัว

127) 2

---

129. เมื่อดูจากของธาตุทองแดง (กรอบ 126) พบว่าในชั้นที่ 3 จะมีอิเล็กตรอนอยู่ได้ _____ ตัว (และเหลือมาในชั้นที่ 4 อีก 1 ตัว)

128) 8

---

130. สรุปว่าในชั้นที่ 1 จะมีอิเล็กตรอนอยู่ได้มากที่สุดแล้วเพียง 2 ตัว ชั้นที่ 2 มีไม่เกิน _____ ตัว และชั้นที่ 3 ไม่เกิน _____ ตัว

129) 18

---

131. นักวิทยาศาสตร์ได้พยายามศึกษาค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างอันดับชั้นที่ (ของวงโคจร) กับจำนวนอิเล็กตรอน จนได้สูตรว่า <u>ในแต่ละชั้น (shell) จะมีอิเล็กตรอนอยู่ได้มากที่สุดไม่เกิน $2n^2$ ตัว</u> เมื่อ n หมายถึงอันดับชั้นที่ เช่นในชั้นที่ 1 ก็แทนค่า n ด้วยเลข 1 จึงได้ว่าในชั้นที่ 1 อิเล็กตรอนไม่เกิน $2 + 1^2$ คือ _____ ตัว

130) 8 18

---

132. ถ้าอยากทราบว่าชั้นที่ 2 อิเล็กตรอนจะอยู่ได้ไม่เกินกี่ตัวก็แทนค่าสูตร $2\ n^2$ โดยแทนค่า n ในสูตรด้วยเลข _____

131) 2

133. ในชั้นที่ 2 ก็จะมีอิเล็กตรอนไม่เกิน $2 + 2^2$ _ _ _ _ ตัว	132) 2
134. ในชั้นที่ 3 ก็จะมีอิเล็กตรอนไม่เกิน _ _ _ _ _ _ _ _ ตัว	133) 8
135. ชั้นที่ 4 จะมีอิเล็กตรอนอยู่ได้ไม่เกิน _ _ _ _ _ _ _ _ ตัว	134) 18
136. ดูในธาตุทุก ๆ ชนิดในปัจจุบันแล้วก็พบว่าสูตร $2n^2$ ที่ใช้หาจำนวนอิเล็กตรอนที่มากที่สุดในแต่ละชั้นนี้ เป็นจริงตามสูตรนี้เพียงชั้นที่ 1 – 4 เท่านั้น พอถึงชั้นที่ 5 จะเริ่มกลับเท่ากับในชั้นที่ 4 คือมีอิเล็กตรอนในชั้นที่ 5 ไม่เกิน _ _ _ _ ตัว	135) 32
137. ในชั้นที่ 6 เท่ากับชั้นที่ 3 คือมีอิเล็กตรอนไม่เกิน _ _ _ ตัว	136) 32
138. ในชั้นที่ 7 เท่ากับชั้นที่ 2 คืออิเล็กตรอนไม่เกิน_ _ _ _ ตัว	137) 18
139. อย่างไรก็ตามคิดกันว่าถ้าพบธาตุใหม่มากขึ้น ๆ อะตอมมิค–นัมเบอร์สูงขึ้น ๆ กฎนี้ก็จะเป็นจริงได้ คือชั้นที่ 5 ก็จะมีมากกว่า _ _ _ _ _ _ _ ตัวได้ คือเป็น $2 + 5^2$ หรือ _ _ _ _ _ _ _ _ ตัวได้	138) 8

140. แต่ในปัจจุบันนี้พอจะสรุปปริมาณ หรือจำนวนที่มากที่สุดของอิเล็กตรอนได้เป็น

ชั้นที่	จำนวนอิเล็กตรอนจะไม่เกิน
1	—
2	— —
3	18
4	...
5	32
6	18
7	...

139) 32

50

---

141. แสดงว่าจำนวนอิเล็กตรอนที่มากที่สุดที่จะอยู่ได้ในชั้นที่ 1--4 ยังคงคำนวณได้จากสูตร _____ นั่นเอง โดยเฉพาะธาตุที่ 1 – 8 ในตารางธาตุเป็นไปตามกฎง่าย ๆ นี้ทุก ๆ ตัว

140) 2

8

32

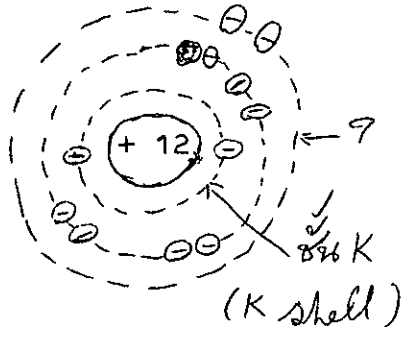
8

---

142. แทนที่จะเรียกว่าชั้นที่ 1 2 3 4 5 6 7 บางทีเราใช้ตัวพิมพ์ใหญ่แทน คือเรียกว่าชั้น K L M N O P Q ไปตามลาดับ นั่นคือ ชั้น K ก็หมายถึงชั้นที่ 1 ชั้น Q ก็หมายถึงชั้นที่ _____

141) $2n^2$

143. ไดอาแกรมโครงสร้างอะตอมของ ธาตุที่ 12



ชั้นนอกสุด (ชั้นที่ 3) ควรจะเรียกว่าชั้น _ _ _ _ _

142) 7

144. ชั้นที่ 5 ก็เรียกว่า _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ shell

143) M

145. นักวิทยาศาสตร์พบว่าการจัดอิเล็กตรอนในอะตอมนั้น ธาตุจะจัดเรียงให้เต็มมาจากชั้นใน ๆ ก่อน ทั้งนี้เพราะว่าอิเล็กตรอนก็ชอบที่จะให้พลังงานในตัวมันน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ นั่นคือในชั้นในเข้าไประดับพลังงานในตัวของอิเล็กตรอนจะ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ กว่าในชั้นนอก ๆ
(มาก / น้อย)

144) 0

146. อิเล็กตรอนจะถูกบรรจุอยู่ในชั้นที่ 2 จนเต็มคือกรอบ 8 ตัว แล้วจึงจะบรรจุในชั้นที่ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ต่อไป

145) น้อย

147. ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าระดับพลังงานในชั้นที่ 2 น้อยกว่าหรือต่ำกว่าชั้นที่ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ซึ่งอยู่ถัดออกมา	146) 3
148. เนื่องจากในแต่ละชั้นอิเล็กตรอนมีระดับพลังงานไม่เท่ากันนี้เอง นักวิทยาศาสตร์จึงให้ชื่อชั้นของอิเล็กตรอนอีกชื่อหนึ่งว่า "energy level" เช่น ชั้น K ก็เรียกว่า K energy level หรือ first energy level (ระดับพลังงานที่ 1) ชั้น Q ซึ่งเป็นชั้นที่ 7 ก็เรียกว่า Q shell (ชั้น Q) หรือ Q _ _ _ _ _ _	147) 3
149. เนื่องจากอิเล็กตรอนชอบอยู่ในชั้นที่ระดับพลังงานต่ำ ๆ และพบว่าชั้นใน ๆ มีระดับพลังงานต่ำกว่าชั้นนอก ดังนั้น ถ้ามีอิเล็กตรอนมาเพียง 2 ตัว และมีที่ว่างตั้งชั้นที่ 1 – 7 มันก็จะต้องเลือกไปบรรจุในชั้นที่ _ _ _ _ _ _ _ ก่อนเสมอ	148) energy level

150. ตัวอย่างการจัดเรียงอิเล็กตรอนที่แสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจน จะต้องบรรจุให้เต็มจากชั้นใน ๆ ออกมาก่อน และไม่มีชั้นใ มีจานวนอิเล็กตรอนเกิน 2 n^2 ตัว (ไม่ถึงไม่เป็นไร)

ธาตุ	อะตอมมิคนัมเบอร์	จำนวนอิเล็กตรอนในชั้น (shell)						
		1 (K)	2 (L)	3 (M)	4 (N)	5 (O)	6 (P)	7 (Q)
โซเดียม	11	2	8	1				
ทองแดง	29	2	8	18	1			
ทองคำ	79	2	8	18	32	18	1	
เรเดียม	88	2	8	18	32	18	8	2

จากตารางนี้ธาตุที่มีชั้นของอิเล็กตรอนมากที่สุดคือธาตุ_ _ _ _

149) 1

---

151. เราพบวาในชั้นที่ 1 และ 2 อิเล็กตรอนจะต้องเต็มตามสูตร _ _ _ _ _ _ _ _ เสียก่อนจึงจะไปชั้นถัดไป

150) เรเดียม

---

152. ไนโตรเจนซึ่งเป็นธาตุที่ 7 จะมีอิเล็กตรอนในชั้นที่ 1 อยู่ 2 ตัว และในชั้นที่ 2 จำนวน _ _ _ _ _ _ _ ตัว

151) 2 n^2

---

153. นั่นคือเราอาจเขียนได้ง่าย ๆ ว่า ไนโตรเจนซึ่งเป็นธาตุที่ 7 มีการจัดเรียงอิเล็กตรอน อิเล็กตรอนในอะตอมเป็น 2 5 (คืออยู่ในชั้นที่ 1 จำนวน 2 ตัวและชั้นที่ 2 อีก 5 ตัว) ฟลูออรีนซึ่งเป็นธาตุที่ 9 (อะตอมมิคนัมเบอร์ 9) จะมีการจัดอิเล็กตรอนในอะตอมเป็น 2 _ _ _ _ _ _ _ _ _

152) 5

154. แมกเนเซี่ยม จะมีการจัดอิเล็กตรอนในอะตอม (ธาตุที่ 12) เป็น 2 _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

153) 7

155. ธาตุที่มีอะตอมมิคนัมเบอร์ 15 จะมีการจัดอิเล็กตรอนภายในอะตอมเป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _

154) 2 8 2

156. ธาตุที่ 4 จะมีการจัดอิเล็กตรอนเป็น _ _ _ _ _ _

155) 2 8 5

157. ฮีเลี่ยมซึ่งมีอะตอมมิคนัมเบอร์ 2 มีการจัดอิเล็กตรอนภายในอะตอมเป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

156) 2 2

15๘. อิเล็กตรอนที่อยู่ในชั้นนอกสุดของอะตอมเราเรียกว่า "<u>วาเลนซ์อิเล็กตรอน</u>" (Valence electron) ธาตุคลอรีนซึ่งมีอิเล็กตรอนในชั้นนอกสุด 7 ตัว เราก็กล่าวได้ว่าคลอรีนมีวาเลนซ์อิเล็กตรอน _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ตัว

157) 2

159. ออกซิเจนมีอิเล็กตรอนในชั้นนอกสุด 6 ตัว (การเรียงเป็น 2 6) เราจึงเรียกว่าออกซิเจนมีวาเลนซ์อิเล็กตรอน _ _ _ _ _ _ _ _ ตัว

15๘) 7

160. ธาตุที่ 15 ในตารางธาตุ จะมี_ _ _ _ _ อิเล็กตรอน _ _ _ _ _ _ _ _ ตัว

159) 6

161. ธาตุที่ 5 ในตารางธาตุ มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน_ _ _ _ ตัว	160) วาเลนซ์ 5
162. แมกเนเซี่ยม ซึ่งเป็นธาตุที่ 12 มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน _ _ _ _ _ _ _ _ ตัว	161) 3
163. ไอโดรเจนซึ่งเป็นธาตุที่ 1 ก็มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน _ _ _ _ _ _ _ _ ตัว	162) 2
164. ธาตุที่ 16 มี _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ 6 ตัว	163) 1
165. เมื่อดูจากกรอบที่ 150 ธาตุเรเดียมมีวาเลนซ์อิเล็กตรอน _ _ _ _ _ _ _ _ ตัว	164) วาเลนซ์ อิเล็กตรอน
166. เมื่อมีความเข้าใจเกี่ยวกับไดอะแกรม และการจัดโครงสร้างของอะตอม แล้วสิ่งที่จะต้องทาความเข้าใจให้ชัดเจนลงไปก็คือ เนื้อที่ภายในอะตอมนั้นเต็มไปด้วย<u>ที่ว่าง</u> (space) เป็นส่วนมาก นั่นคือเมื่อเปรียบเทียบพื้นที่กันแล้ว พื้นที่ที่เป็นนิวเคลียส และมีอิเล็กตรอนทับไว้จะน้อยกว่าพื้นที่ที่เป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ มากมายภายในอะตอม	165) 2

167. อีกประการหนึ่งไดอะแกรมโครงสร้างอะตอมของธาตุต่าง ๆ ที่เขียนให้ดูนี้ไม่ใช่เป็นไดอะแกรมย่อส่วน กล่าวคือสัดส่วนที่แท้จริงแล้วอะตอมซึ่งเล็กมาก (มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น) นั้นเส้นผ่าศูนย์กลางของอะตอมโดยทั่ว ๆ ไป จะโตกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของนิวเคลียสประมาณ ๑ หมื่นเท่า เราจึงกล่าวได้ตามกรอบที่ 166 ว่า เนื้อที่ภายในอะตอมส่วนใหญ่จะเป็นที่ _ _ _ _ _ _ _ _ ภายในอะตอม

166) ที่ว่าง

ไอออน (ion)

168. เราทราบมาแล้วว่าในอะตอมปกติใด ๆ ก็ตาม จำนวนอนุภาคอิเล็กตรอนจะต้องเท่ากับจำนวนอนุภาค _ _ _ _ _ _ หรือ _ _ _ _ _ _ _ _ นัมเบอร์ของธาตุนั้น ๆ

167) ที่ว่าง

---

169. บางทีอนุภาคอิเล็กตรอนจะเกิดการหลุดออกจากอะตอมของธาตุปกติอะตอมหนึ่ง แล้วไปเกาะติดอยู่กับอะตอมอีกอะตอมหนึ่ง ทำให้อิเล็กตรอนของอะตอมนั้นมีจำนวน _ _ _ _ _ _ _ _ (เท่าหรือไม่เท่า) กับอนุภาคโปรตรอนในนิวเคลียสของแต่ละอะตอม

168) โปรตรอน อะตอมมิค

---

170. อิเล็กตรอนมีประจุไฟฟ้าลบ แต่โปรตรอนมีประจุไฟฟ้า _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

169) ไม่เท่า

171. ดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ –1 หน่วย (แต่ละตัว) เท่ากับโปรตอน ซึ่งแต่ละตัวมีประจุบวก + 1 หน่วย แล้วเกิดหักล้างกันอะตอมปกติก็จะไม่มีประจุ _ _ _ _ _ _ _ _ _	170) บวก
172. อะตอมใดที่อิเล็กตรอนหลุดไปเสีย 1 ตัว ก็จะมีจำนวนอิเล็กตรอนน้อยกว่าอนุภาค _ _ _ _ _ _ _ _ อยู่ 1 ตัว	171) ไฟฟ้า
173. เมื่อโปรตอนซึ่งมีประจุไฟฟ้าบวกมีมากกว่าเช่นนี้เมื่อคิดค่าประจุหักลบกันแล้ว อะตอมที่เสียอิเล็กตรอนไปก็จะมีประจุไฟฟ้าเป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	172) โปรตอน
174. อะตอมของโซเดียมซึ่งเป็นธาตุที่ 11 ในตารางธาตุ เมื่อเสียอนุภาคอิเล็กตรอนไป 1 ตัว ก็จะเหลืออิเล็กตรอน_ _ _ _ ตัว แต่เหลือโปรตอน _ _ _ _ _ _ ตัว เท่าเดิม	173) บวก
175. ดังนั้นเมื่อคิดหักลบล้างประจุกัน (– 10 กับ + 11) ก็จะเหลือประจุไฟฟ้าเป็น + 1 นั่นคืออะตอมนั้นมีประจุไฟฟ้าเป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ (บวก หรือ ลบ)	174) 10 11
176. ในทางกลับกัน ฟลูออรีน ซึ่งมีอะตอมมิคนัมเบอร์ 9 เมื่อได้รับอิเล็กตรอนมาอีก 1 ตัว มันก็จะมีอิเล็กตรอน _ _ _ _ ตัว แต่มีโปรตอน _ _ _ _ _ _ ตัว	175) บวก

177. เมื่อคิดรวมค่าประจุของฟลูออรีนตามในกรอบที่ 176 (คือ–10 กับ +9) ก็จะพบว่าอะตอมนี้มีประจุไฟฟ้า –1 นั่นคืออะตอมนี้มีประจุไฟฟ้าเป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ (บวก หรือ ลบ)

176) 10
9

178. เรามีศัพท์เฉพาะเรียกอะตอมที่มีประจุไฟฟ้า "ไอออน" (ion)ดังนั้น เมื่ออะตอมปกติใด ๆ ได้รับอิเล็กตรอนมา หรือเสียอิเล็กตรอนไป ทำให้อะตอมนั้นมีประจุไฟฟ้า เราก็กล่าวได้ว่าอะตอมนั้นได้กลายเป็น _ _ _ _ _ _ ไปแล้ว

177) ลบ

179. อะตอมที่มีประจุไฟฟ้าเป็นบวก เนื่องจากสูญเสียอิเล็กตรอนไปเราก็เรียกว่า <u>ไอออนบวก</u> (positive ion) ดังเช่น ธาตุโซเดี่ยมเมื่ออะตอมของโซเดียมอิเล็กตรอนหลุดไปหนึ่งตัว ทำให้อะตอมนั้นมีประจุไฟฟ้าบวก เราก็เรียกอะตอมนั้นว่าเป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ของโซเดียม

178) ไอออน

180. ส่วนอะตอมที่มีประจุไฟฟ้าลบเนื่องจากได้รับอิเล็กตรอนมานั้น เราเรียกว่ามันเป็น <u>ไอออนลบ</u> (negative ion) ดังนั้น กรอบที่ 176 และ 177 เมื่อรับอิเล็กตรอนเข้ามา 1 ตัว อะตอมปกติของฟลูออรีนก็กลายเป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ของฟลูออรีน

179) ไอออนบวก

181. จากกรอบที่ 180 ทำให้เรามีข้อสังเกตได้ว่า อะตอมที่มีอิเล็กตรอนมากกว่าปกติเราจะเรียกมันว่า _____ ลบ	180) ไอออนลบ
182. จากกรอบที่ 179 เราก็พบว่าอะตอมที่มีอิเล็กตรอนน้อยกว่าปกติเราเรียกว่า _____	181) ไอออน
183. เมื่ออะตอมปกติของโลหะแคลเซี่ยมเสียอิเล็กตรอนไปจำนวน 2 ตัว อะตอมนั้นก็กลายเป็นไอออน _____ ของแคลเซี่ยม	182) ไอออนบวก
184. แต่เมื่อคลอรีน (อะตอมที่ปกติ) รับอิเล็กตรอนมาเพิ่มขึ้น 1 ตัว มันก็จะกลายเป็น _____ ของคลอรีน	183) บวก
185. คำว่า "ไอออน" ยังกินความหมายรวมถึงกลุ่มอะตอมที่เกาะกันอยู่และมีประจุไฟฟ้าอีกด้วย เช่น $SO_4^{=}$ NO_3^{-} PO_4^{-3} ทั้งสามชนิดนี้มีประจุไฟฟ้าเป็นลบจึงเรียกว่า _____	184) ไอออนลบ
186. ส่วน NH_4^{+} ก็จัดเป็น _____ บวก	185) ไอออนลบ

187. เราพบว่าถ้ามันมีโอกาสที่จะเคลื่อนที่ได้อย่างสะดวกแล้วไอออนจะนำไฟฟ้าได้ ดังนั้นในสารละลายเราจะพบว่า Na^+ และ Cl^- นำ _ _ _ _ _ _ _ _ ได้	186) ไอออน
<u>ทบทวนโครงสร้างของอะตอม</u> 1. อะตอมประกอบขึ้นด้วยแกนกลางของมัน และมีอนุภาคชนิดหนึ่งโคจรหรือเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วจนดูเป็นหมอก อยู่เป็นชั้น ๆ รอบแกนกลาง อนุภาคที่เคลื่อนที่อยู่นี้คืออนุภาค _ _ _ _ _	187) ไฟฟ้า
2. แกนกลางของอะตอมเราเรียกว่า _ _ _ _ _ ของอะตอม	1) อิเล็กตรอน
3. แกนกลางหรือนิวเคลียสของมันประกอบด้วยอนุภาค 2 ชนิด คือ นิวตรอน และ _ _ _ _ _ _ _ _	2) นิวเคลียส
4. อิเล็กตรอนมีประจุไฟฟ้าเป็น _ _ _ _ _ _ _	3) โปรตอน
5. โปรตอนมีประจุไฟฟ้าเป็น _ _ _ _ _ _ _ นิวเคลียสมีประจุไฟฟ้าเป็น _ _ _ _ _ _ _ _	4) ลบ

6. ในอะตอมปกติจำนวนอิเล็กตรอนจะเท่ากับจำนวน _ _ _ _ _ _ ในนิวเคลียส	5) บวก บวก
7. จำนวนของโปรตอนเราเรียกว่า _ _ _ _ _ นัมเบอร์ของธาตุ	6) โปรตอน
๔. จำนวนของอนุภาคมูลฐานในนิวเคลียส (โปรตอน + นิวตรอน) เราเรียกว่า _ _ _ _ _ _ _ นัมเบอร์	7) อะตอมมิค
๙. อิเล็กตรอนในชั้นนอกสุดของอะตอมเราเรียกว่า _ _ _ _ _ อิเล็กตรอน	8) แมส
10. การสูญเสียและการได้รับอิเล็กตรอนของอะตอมปกติทำให้อะตอมมีประจุไฟฟ้าขึ้น และเรา.รียกว่ามันกลายเป็น _ _ _ _ _ _ _	๙) วาเลนซ์
11. ไอออนที่มีอิเล็กตรอนมากกว่าปกติเราเรียกว่า ไอออนลบ ส่วนไอออนที่มีอิเล็กตรอนน้อยกว่าปกติเราเรียกว่า_ _ _ _ _	10) ไอออน
12. ธาตุ X มีโปรตอน 100 ตัว นิวตรอน 120 ตัว เขียนสัญญลักษณ์นิวเคลียสของธาตุ X ได้เป็น _ _ _ _ _ _	11) ไอออนบวก

13. ธาตุที่ 10 มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน _ _ _ _ _ _ ตัว

12) $^{220}X_{100}$

14. สัญญลักษณ์นิวเคลียส $^{50}X_{25}$ $^{70}X_{25}$ $^{50}X_{27}$ $^{70}X_{27}$ $^{60}X_{27}$ อะตอมที่เป็นธาตุเดียวกันแต่ต่างไอโซโทปกันมีอยู่ 3 อะตอม คือ _ _ _ _ _ _ และ _ _ _ _ _ _

13) ธ

14) $^{50}X_{27}$

$^{70}X_{27}$

$^{60}X_{27}$

หน่วยที่เกี่ยวกับน้ำหนักและจำนวนทางเคมี

น้ำหนักอะตอมหรืออะตอมมิคแมส

(Atomic Weight or Atomic Mass)

1. ในชีวิตประจำวันเราชั่งบอกน้ำหนัก ของสิ่งต่าง ๆ ในหน่วยต่าง ๆ กันไป เช่น ระบบเมตริกเป็นกรัม กิโลกรัม ระบบอังกฤษเป็นปอนด์ เป็นต้น หน่วยเป็น กรัม กิโลกรัม ปอนด์ เหล่านี้ล้วนแต่เป็นหน่วยบอกปริมาณ _ _ _ _ _ _ ของสิ่งต่าง ๆ ทั้งสิ้น

2. ในทางวิทยาศาสตร์ เมื่อพบอนุภาคบางชนิดเล็กมาก ๆ จะบอกน้ำหนักเป็นกรัม กิโลกรัม ก็จะเป็นตัวเลขที่ยุ่งยากมาก นักวิทยาศาสตร์จึงตั้งศัพท์คำว่า "หน่วยน้ำหนัก" ขึ้นมาจากภาษาอังกฤษที่เรียกชื่อว่า " a. m. u. " (เอ เอ็ม ยู) ซึ่งย่อมาจาก " atomic mass unit " นั่นคือ "เอ. เอ็ม. ยู" (หรือหน่วยน้ำหนัก) เป็นหน่วยของ _ _ _ _ _ _ _ ของสสาร

1) น้ำหนัก

3. 1 หน่วย เอ เอ็ม ยู คิดเทียบกับน้ำหนักเป็นกรัม ได้ $= 1.66 \times 10^{-24}$ กรัม (หรือ $\frac{1.66}{10^{24}}$ กรัม) ถ้าธาตุคาร์บอน 1 อะตอมหนัก 12 เอ.เอ็ม.ยู ก็หมายความว่า คาร์บอน 1 อะตอม หนัก = 12×1.66 _ _ _ _ กรัม

2) น้ำหนัก

4. สสารหรืออนุภาคชิ้นเล็ก ๆ ชิ้นหนึ่งหนัก 500 เอ.เอ็ม.ยู ถ้าคิดเป็นกรัมได้ = _____ $\times$ _____ 10^{-24} กรัม

3) 10^{-24}

5. สิ่งใดก็ตามที่เป็นสสารสิ่งนั้นย่อมมีน้ำหนัก อะตอมก็เป็นสสารชิ้นเล็ก ๆ ดังนั้นอะตอมของธาตุต่าง ๆ ก็ย่อมจะต้องมี _____

4) 500 $\times$ 1.66

6. อะตอมเป็นชิ้นส่วนที่เล็ก ๆ มาก ๆ ดังนั้นในการบอกน้ำหนักของอะตอมของธาตุเราจึงนิยมในหน่วยน้ำหนักเป็น เอ. ____ ด้วย

5) น้ำหนัก

7. พบว่าไฮโดรเจน 1 อะตอม หนัก 1.008 $\times$ 1.66 $\times$ 10^{-24} กรัม นั่นคือไฮโดรเจน 1 อะตอมหนัก 1.008

6) เอ.เอ็ม.ยู

8. ฮีเลี่ยม 1 อะตอมหนัก 4.0026 เอ.เอ็ม.ยู คิดเป็นกรัม ก็จะได้ _____ กรัม

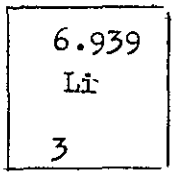
7) เอ.เอ็ม.ยู

9. ปริมาณน้ำหนักของธาตุใด ๆ เพียง 1 อะตอม เราก็เรียกว่า น้ำหนักอะตอม (atomic wight) ของธาตุนั้น ในกรอบที่ 8 เราจะพบว่า ฮีเลียมมีน้ำหนักอะตอมเป็น _____ เอ.เอ็ม.ยู

8) 4.0026 $\times$ 1.66 $\times$ 10^{-24}

10. เมื่อไฮโดรเจน 1 อะตอมหนัก 1.008 เอ.เอ็ม.ยู เราก็กล่าวได้ว่าธาตุไฮโดรเจนมี น _ _ _ _ _ _ _ _ _ ม เป็น 1.008	9) 4.0026
11. 1 อะตอมของโซเดียมหนัก 22.99 เอ.เอ็ม.ยู ก็แสดงว่าน้ำหนัก _ _ _ _ _ _ _ ของโซเดียมเป็น 22.99	10) น้ำหนักอะตอม
12. ด้วยเหตุที่สสารมีมวล (mass) มันจึงมีน้ำหนัก อนุภาคที่เป็นส่วนประกอบของอะตอม (โปรตอน นิวตรอน อิเล็กตรอน) ก็เป็นสสาร (มีมวล) ดังนั้นมันจึงมี _ _ _ _ _ _ _ ด้วย	11) อะตอม
13. พบว่าอนุภาคอิเล็กตรอนหนัก 0.000549 เอ.เอ็ม.ยู อนุภาคโปรตรอนหนัก 1.00728 เอ.เอ็ม.ยู อนุภาคนิวตรอนหนัก 1.00865 เอ.เอ็ม.ยู จะเห็นว่าอนุภาคทั้งสามนี้ อนุภาค _ _ _ _ _ หนักที่สุด และอนุภาค _ _ _ _ _ _ _ _ _ เบาที่สุด	12) น้ำหนัก

14. จงนำเอาตารางธาตุของท่านขึ้นมาพิจารณาประกอบด้วย จะเห็นว่าในตารางธาตุนั้น สัญญลักษณ์ของธาตุแต่ละตัวจะอยู่ในกรอบสี่เหลี่ยม มีตัวเลขบอกค่าต่าง ๆ ไว้ด้วย ดังเช่น



จากกรอบนี้จะเห็นว่าลิเธียมมีน้ำหนักอะตอม _____ (เอ.เอ็ม.ยู) และมีอะตอมมิคนัมเบอร์_____

13) นิวตรอน อิเล็กตรอน

15. ธาตุไนโตรเจน (ธาตุที่ 7) มีน้ำหนักอะตอมเป็น ____

14) 6.939

16. ธาตุที่ 103 มีน้ำหนักอะตอมเป็น _____

15) 14.007

17. โซเดียมมีน้ำหนักอะตอมเป็น _____

16) 257

18. จะเห็นว่าอะตอมมิคนัมเบอร์ของธาตุจะเป็น<u>จำนวนเต็ม</u> เสมอแต่น้ำหนักอะตอม<u>ไม่จำเป็น</u>จะต้องเป็น _____

17) 22.991

19. หรือจะกล่าวว่าเมื่อพิจารณาจากตารางธาตุก็จะพบว่าอะตอม-มิคนัมเบอร์จะต้องเป็นค่าจำนวนเต็ม แต่ _____ นั้น ส่วนมากเป็นทศนิยมแต่บางทีอาจเป็นจำนวนเต็มก็ได้

18) จำนวนเต็ม

20. ถ้าสังเกตดูคำบรรยายในตารางธาตุในบรรทัดสุดท้าย ในวงเล็บจะพบว่าเขาบอกไว้ว่า based on C^{12} ซึ่ง C^{12} ก็คือ C^{12} หรือคือคาร์บอน 12 นั่นเอง C12 ก็คือธาตุคาร์บอนที่มีแมสนัมเบอร์ _____	19) น้ำหนักอะตอม
21. ที่เขากล่าวว่า based on C 12 ก็หมายถึงว่าน้ำหนักอะตอมของธาตุต่าง ๆ นั้น ในปัจจุบันเราคิดเป็นเอ.เอ็ม.ยู แต่ในวิธีการเทียบหานั้นหนักเป็น $\frac{1}{12}$ ของคาร์บอน 12 ถ้า 2 เอ.เอ็ม.ยู ก็หนักเป็น _____ เท่าของ $\frac{1}{12}$ ของคาร์บอน 12	20) 12
22. ถ้า 12 เอ.เอ็ม.ยู ก็หนักเท่ากับ 1 อะตอมของธาตุคาร์บอน _____ พอดี	21) สอง (หรือ 2)
23. ทั้งนี้ก็เพราะธาตุคาร์บอน 12 เพียง 1 อะตอมจะหนักเป็น 12 _____ พอดีนั่นเอง	22) 12
24. สรุปว่าในการเทียบหาน้ำหนักอะตอมของธาตุในปัจจุบันเราใช้ธาตุ _____ 12 เป็นธาตุมาตรฐาน	23) เอ.เอ็ม.ยู

โมลและกรัมอะตอม

1) ในชีวิตประจำวันเราจะพบคำศัพท์ที่ใช้แทนจำนวน ต่าง ๆ เช่น คำว่าโหล แทนจำนวน 12 แทนที่จะพูดว่า "มีสมุดจำนวน 12 เล่ม" เราก็พูดว่า มีสมุด อยู่ 1 _ _ _ _ _ _ _	
2) คำว่า "โมล" ซึ่งในภาษาอังกฤษสะกดเป็น mole (พจนานุกรมศัพท์ทั่ว ๆ ไป อาจแปลว่าไฝ) ก็เป็นศัพท์เฉพาะที่นักวิทยาศาสตร์ตั้งขึ้นแทน จำ_ _ _ _ _ _ _ _ _ เลข ทำนองเดียวกับคำว่าโหล	1) โหล
3) คำว่าโมลนี้ ใช้แทนจำนวนเลข 6.02×10^{23} นั่นคือ ถ้านักเคมีบอกเราว่ามีธาตุทองแดงอยู่ 1 โมลอะตอม ก็หมายถึงมีธาตุทองแดงอยู่จำนวน _ _ _ _ _ _ อะตอม นั่นเอง	2) จำนวนเลข
4. ดังนั้นคำจำกัดความของคำว่า "โมล" ก็คือจำนวนเลข _ _ _ _ _ _	3) 6.02×10^{23}
5. จำนวนโมเลกุลของสารใด ๆ 1 โมล ก็หมายถึงมีสารนั้นอยู่ _ _ _ _ _ _ _ _ _ โมเลกุล	4) 6.02×10^{23}

6. ถ้าเราพบว่าในสารละลายมีไอออนของโซเดียมอยู่จำนวน $6.02 + 10^{23}$ ไอออน เราก็กล่าวได้ว่ามีไอออนของโซเดียมอยู่ 1 _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	5) $6.02 + 10^{23}$
7. จากกรอบที่ 2 – 6 เราได้ความรู้ว่าความหมายของโมล (mole) ก็คือ _ _ _ _ _ _ _ _ เลข ซึ่งมีค่าเป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _	6) โมล
8. เมื่อมีผู้ค้นพบสิ่งใหม่ ๆ หรือตั้งทฤษฎีใด ๆ ขึ้น เรามักจะใช้ชื่อผู้ค้นพบหรือตั้งทฤษฎีนั้น เช่น เรียกว่า "ทฤษฎีอะตอมของดาลตัน" เพื่อเป็นเกียรติแก่นายจอห์น _ _ _ _ _ _ ผู้ตั้งทฤษฎีอะตอมนี้	7) <u>จำนวน</u>เลข $6.02 + 10^{23}$
9. จำนวนเลข $6.023 + 10^{23}$ นี้ Avogadro ชาวอิตาลีเป็นผู้เสนอจำนวนตัวเลขนี้ เราจึงเรียกจำนวนนี้ว่าจำนวนเลขของ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	8) ดาลตัน
10. จงเปิดตารางธาตุดูน้ำหนักอะตอมของธาตุดังต่อไปนี้อีกครั้งหนึ่ง คือ ไฮโดรเจนมีน้ำหนักอะตอมเป็น _ _ _ _ _(เอ.เอ็ม.ยู) ลิเธียม " " _ _ _ _ _ โซเดียม " " _ _ _ _ _	9) Avogadro

11. นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นคว้าพิสูจน์จนเป็นที่แน่ชัดแล้วว่าธาตุบริสุทธิ์ใด ๆ จำนวน 1 โมลอะตอม จะมีน้ำหนักเท่ากับเลขน้ำหนักอะตอมของธาตุนั้นที่คิดในหน่วยเป็นกรัม เช่น 1 โมลอะตอมของไฮโดรเจนจะหนัก 1.008 กรัม พอดีและ 1 โมลอะตอมของลิเธียมจะหนัก _____ กรัม

10) 1.0080
6.939
22.991

12. หรือลิเธียม 6.02×10^{23} อะตอมจะหนัก _____ กรัม

11) 6.939

13. 1 โมลของโซเดียมจะหนัก _____ กรัม หรือจะกล่าวว่าโซเดียม 22.99 กรัม จะมีจำนวนอะตอมเป็นจำนวน _____ อะตอม

12) 6.939

14. จึงสรุปได้ว่าธาตุบริสุทธิ์ใด ๆ ปริมาณ 1 โมลอะตอมจะมีน้ำหนักเท่ากับ น _____ ของธาตุนั้นพอดี เมื่อคิดในหน่วยน้ำหนักเป็น _____

13) 22.99
6.02×10^{23}

15. ถ้าในความหมายของปริมาณที่เป็นจำนวนเลขแล้วคำว่า _____ หมายถึงจำนวนเลขที่มีค่า 6.02×10^{23}

14) น้ำหนักอะตอม กรัม

16. และถ้าในความหมายที่แสดงถึงปริมาณที่เป็นน้ำหนักแล้ว ความหมายของโมล หมายถึงน้ำหนักอะตอมของธาตุในหน่วยที่คิดเป็น _ _ _ _ _ _ _ _ ของธาตุจำนวน _ _ _ _ _ _ _ _ อะตอม

15) โมล

17. เนื่องจาก "โมล" ในกรณีที่เป็นปริมาณน้ำหนักนั้นคิดในหน่วยเป็นกรัม จึงมีศัพท์คำว่า "น้ำหนักกรัมอะตอม" (gram atomic wright) หรือคำที่นิยมเรียกกันมากก็คือ "กรัมอะตอม" (gram atom) "กรัมอะตอม" หรือน้ำหนักกรัมอะตอมนั้น ก็หมายถึงน้ำหนักคิดในหน่วยเป็นกรัมของธาตุ 1 โมลหรือจำนวน 6. _ _ _ _ _ _ _ อะตอม

16) กรัม
6 02+10^23

18. ธาตุไฮโดรเจน $6.02 + 10^{23}$ อะตอมจะหนัก_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ กรัม

17) $6.02 + 10^{23}$

19. ดังนั้นธาตุไฮโดรเจน 1 กรัมอะตอม จะหนัก _ _ _ _ _ _ _ _ _ กรัม เพราะว่า 1 กรัมอะตอม ของไฮโดรเจนหมายถึงมีธาตุไฮโดรเจนอยู่จำนวน _ _ _ _ _ _ _ อะตอม

18) 1.0080

20. เนื่องจากจำนวนเลขของ Avogadro ก็มีค่า $6.02+10^{23}$ ฉะนั้นปริมาณธาตุ 1 กรัมอะตอม ย่อมหมายถึงปริมาณของธาตุที่มีจำนวนอะตอมของธาตุนั้นอยู่เท่ากับจำนวนเลขของ _ _ _ _ _ _ _ _ นั่นเอง

19) 1.0080
6.024 0^23

21.	สรุปว่าปริมาณ 1 กรัมอะตอมของธาตุใด ๆ เป็นปริมาณน้ำหนักที่เท่ากับน้ำหนักอะตอมของธาตุนั้นซึ่งคิดในหน่วยเป็น _ _ _ _ _ _ _	20) Avogadro
22.	"กรัมอะตอม" เป็นปริมาณที่นักวิทยาศาสตร์นิยมใช้กันอยู่เสมอ เพราะว่าในการเตรียมหรือผลิตสารเคมีต่าง ๆ นั้น จะเอาสาร (โดยการชั่ง ตวง) มาทำปฏิกิริยากันทีละอะตอมหรือจำนวนน้อย ๆ นั้น ยากที่จะเอามาได้ จึงใช้แสดงหรือเอามาในหน่วยเป็นโมล หรือกรัมอะตอม	21) กรัม

น้ำหนักโมเลกุลและกรัมโมเลกุล

(Molecular Weight and Gram Moleoule)

1.	เราทราบมาแล้วว่าโมเลกุล หมายถึงหน่วยของชิ้นส่วนของสารที่เล็กที่สุดที่อยู่เป็นอิสระได้ และแสดงคุณสมบัติของสารนั้น และโมเลกุลเรายังแบ่งแยกชนิดออกเป็น โมเลกุลของธาตุ และโมเลกุลของสาร _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	
2.	O_2 เป็นสูตรแสดงโมเลกุลของธาตุ _ _ _ _ _ _ _	1) สารประกอบ
3.	Cl_2 เป็นสูตรแสดง _ _ _ _ _ _ ของธาตุ_ _ _ _	2) ออกซิเจน

4. P_4 เป็นสูตรแสดง _____ ของ _____ ฟอสฟอรัส	3) โมเลกุล [illegible]
5. C เป็นสูตรแสดง _____ ของธาตุ_____	4) โมเลกุล ธาตุ
6. จะเห็นว่าสูตรโมเลกุลของธาตุประกอบด้วยอะตอมของ _____ เพียงชนิดเดียวเท่านั้น	5) โมเลกุล คาร์บอน
7. NaCl เป็นสูตรโมเลกุลของสารประกอบ โซเดียมคลอไรด์ หรือที่เรารู้จักกันว่า _____	6) ธาตุ
8. H_2SO_4 เป็นสูตรโม _____ ของสารประกอบ กรดกำมะถัน	7) เกลือแกง
9. H_2O เป็นสูตร _____ ของสารประกอบ น้ำ	8) โมเลกุล
10. CO_2 เป็นสูตรโมเลกุลของ _____ ที่มีชื่อว่า คาร์บอนไดออกไซด์	9) โมเลกุล
11. จะเห็นว่าในโมเลกุลของสารประกอบจะประกอบไปด้วยธาตุ ตั้งแต่_____ ชนิดขึ้นไป	10) สารประกอบ

12. น้ำหนักอะตอมของธาตุเราดูได้จากตารางธาตุ เพราะเป็นน้ำหนักอะตอมเดียวของธาตุเดียว จึงเขียนบรรจุไว้ได้สะดวก แต่น้ำหนักโมเลกุลมักจะประกอบไปด้วยน้ำหนักของธาตุตั้งแต่สองอะตอมขึ้นไป จึงไม่มีเขียนไว้ในตารางธาตุ	11) สอง (หรือ 2
13. แต่เราสามารถคำนวณน้ำหนักโมเลกุลได้ง่าย ๆ โดยยึดหลักที่ว่า "น้ำหนักโมเลกุลของสารใด คือผลรวม (หรือผลบวก) ของน้ำหนักอะตอมของทุก ๆ อะตอมในสูตรโมเลกุลของสารนั้น" เช่น น้ำหนักโมเลกุลของ NaCl ก็คือผลรวมของน้ำหนักอะตอมของธาตุโซเดียมกับน้ำหนักอะตอมของธาตุ _ _ _ _ _ _	
14. ถ้าโซเดียมมีน้ำหนักอะตอม 22.99 คลอรีนมีน้ำหนักอะตอมเป็น 35.45 ผลรวมของน้ำหนักอะตอมของธาตุทั้งสองเป็น _ _ _ _ _ _ _	13) คลอรีน
15. นั่นคือ น้ำหนักโมเลกุล ของเกลือแกงก็เป็น _ _ _ _ _ (จะใส่หน่วย เอ.เอ็ม.ยู หรือไม่ใส่ก็ได้)	14) 58.44
16. (ดูน้ำหนักอะตอมของธาตุในตารางธาตุประกอบ) น้ำก็จะมีน้ำหนักโมเลกุลเป็น 2(1.008) + _ _ _ _ _ _ _ _ ได้เป็น _ _ _ _ _ _ _ _	15) 58.44

17.	ถ้าน้ำหนักอะตอมของออกซิเจนเป็น 16 คาร์บอนเป็น 12 กาซคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะมีน้ำหนักโมเลกุลเป็น _ _ _ _	16) 15.999 18.007
18.	อย่าลืมว่าในการคำนวณจะต้องรวมน้ำหนักอะตอมของธาตุในโมเลกุลทุก ๆ อะตอมใน H_2SO_4 ก็จะต้องรวมน้ำหนักอะตอมของไฮโดรเจนทั้ง 2 อะตอม กำมะถัน 1 อะตอม และออกซิเจน _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ อะตอม	17) 14
19.	ถ้า น.น.อะตอมของออกซิเจนเป็น 16 กำมะถันเป็น 32 และไฮโดรเจนเป็น 1 น้ำหนักโมเลกุลของ H_2SO_4 ก็จะเป็น _ _ _ _ _ _ _ _	18) 4
20.	น้ำหนักโมเลกุลของกาซออกซิเจน (O_2) ก็จะเป็น _ _ _ _ _ _ (เมื่อ น.น.อะตอมออกซิเจนเป็น 16)	19) 98
21.	น้ำหนักโมเลกุลของธาตุฟอสฟอรัส (P_4) จะเป็น _ _ _ _ _ _ _ _ (ดูจากตารางธาตุในแถวที่ 5 พบว่าฟอสฟอรัสมี น.น.อะตอม 30.974)	20) 32
22.	น้ำหนักโมเลกุลของธาตคาร์บอนซึ่งมีเพียง 1 อะตอมใน 1 โมเลกุล ก็จะเป็น _ _ _ _ _ _ _ _	21) 123.996

23. สรุปว่าในการคำนวณ น้ำหนักโมเลกุลของสารนั้น จะต้องรวมเอาน้ำหนักอะตอมของธาตุชนิดและทุก ๆ <u>อะ</u> _ _ _ _ ที่อยู่ในสูตร _ _ _ _ _ _ _ ของมัน	22) 12.011
24. เราทราบมาแล้วว่า "กรัมอะตอม" ของธาตุใด ๆ มีค่าเท่ากับน้ำหนักอะตอมของธาตุนั้น (ซึ่งดูได้จากตารางธาตุ) ที่คิดในหน่วยน้ำหนักเป็น _ _ _ _ _ _	23) อะตอม โมเลกุล
25. ในทำนองเดียวกัน "กรัมโมเลกุล" ของสารใด ๆ ก็คือ น้ำหนัก _ _ _ _ _ _ _ ของสารนั้นคิดในหน่วยน้ำหนักเป็น _ _ _ _ _ _	24) กรัม
26. นั่นคือ ปริมาณสาร 1 กรัมโมเลกุลจะมีน้ำหนักเท่ากับน้ำหนัก<u>โ</u> _ _ _ _ _ _ ของมัน ที่คิดในหน่วยเป็นกรัม	25) โมเลกุล กรัม
27. เช่นต้องการได้น้ำจำนวน 1 กรัมโมเลกุล เราก็ชั่งมาเป็นปริมาณ _ _ _ _ _ _ _ กรัม (ซึ่งเท่ากับน้ำหนักโมเลกุลของน้ำ)	26) โมเลกุล
28. หนึ่งกรัมอะตอมของธาตุใดจะมีจำนวนอะตอมของธาตุนั้น 6.02×10^{23} อะตอม ในทำนองเดียวกัน 1 กรัม โมเลกุลของสารใดก็จะมีสารนั้นอยู่จำนวน _ _ _ _ _ โมเลกุล หรือ 1 โมลโมเลกุล	27) 18.007

29. คลอรีน 1 กรัมโมเลกุล (สูตรโมเลกุลเป็น Cl_2) จะหนัก _ _ _ _ _ _ _ กรัม (น.น.อะตอมดูจากตารางธาตุได้ 35.45)	28) $6.02 + 10^{23}$
30. ฟอสฟอรัส 1 กรัมโมเลกุล (สูตรโมเลกุลเป็น P_4) ก็จะหนัก _ _ _ _ _ _ _ กรัม	29) 70.90
31. ถ้ามีกาซออกซิเจน (O_2) อยู่ 16 กรัม ก็แสดงว่ามีออกซิเจนอยู่ประมาณ _ _ _ _ _ _ กรัม โมเลกุล หรือ _ _ _ _ _ _ โมล	30) 123.๘96
32. มีน้ำแข็งแห้งบริสุทธิ์ ($\overline{CO_2}$) อยู่ ๘๔ กรัม ก็แสดงว่ามีน้ำแข็งแห้งอยู่ ประมาณ _ _ _ _ _ _ _ โมล หรือ ประมาณ _ _ _ _ _ กรัมโมเลกุล	31) 0.5 0.5
	32) 2 2

หน่วยที่ 5

โมเลกุลและวาเลนซ์อิเล็กตรอน

วาเลนซ์อิเล็กตรอนกับการรวมตัวทางเคมี

(การรวมตัวระหว่างอะตอมเป็นโมเลกุล)

1. วาเลนซ์อิเล็กตรอน (valence electron) คือ อิเล็กตรอนที่อยู่ในชั้น _ _ _ _ _ _ _ สุดของอะตอม

2. เราพบว่าไม่มีอะตอมของธาตุใดมีอิเล็กตรอนในชั้นนอกสุดเกิน 8 ตัว นั่นคือไม่มีอะตอมของธาตุใดมีวาเลนซ์อิเล็กตรอนเกิน _ _ _ _ _ _ ตัว อย่างมากที่สุดก็เพียง _ _ _ _ _ ตัวเท่านั้น

1) นอก

3. สิ่งที่แปลกก็คือ อะตอมของธาตุต่าง ๆ จะพยายามมีอิเล็กตรอนในชั้นนอกสุด หรือที่เรียกว่า วา _ _ _ _ _ _ อิเล็กตรอนของอะตอมของมันมีจำนวนครบ 8 ตัวเสมอ

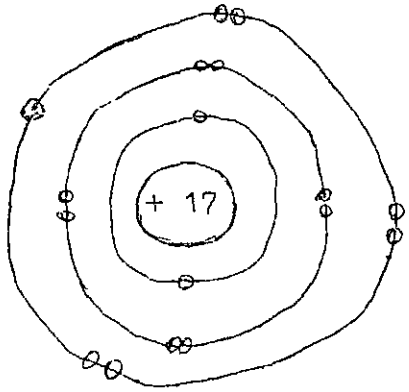
2) 8

8

4. ในอะตอมปกติของธาตุต่าง ๆ นั้นมีธาตุกลุ่มกาซเฉื่อย เท่านั้นที่โครงสร้างอิเล็กตรอนของมันมั่นคงสมบูรณ์ที่สุด คือมีอิเล็กตรอนในวงนอกสุด 8 ตัว เช่น ธาตุเนออน อาร์กอน ฯลฯ ในแถวขวาสุด (กลุ่ม 0) ธาตุอื่น ๆ ก็พยายามที่จะเลียนแบบธาตุในกลุ่มกาซ _ _ _ _ _ _ เหล่านี้บ้าง คือทำให้โครงสร้างของอะตอมสมบูรณ์มั่นคง โดยมีวาเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น _ _ _ _ เป็น

3) วาเลนซ์

5. นี่คือโครงสร้างอะตอมของธาตุคลอรีนซึ่งเป็นธาตุที่ 17



อะตอมของคลอรีนมีวาเลนซ์อิเล็กตรอน _ _ _ _ _ _ _ ตัว

4) เฉลย
8

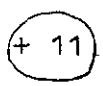
---

6. เพื่อให้โครงสร้างอะตอมของบันสมบูรณ์มั่นคงเหมือนกาซเฉื่อย อะตอมของคลอรีนจึงต้องการอิเล็กตรอนอีก _ _ _ _ _ ตัว เพื่อวาเลนซ์อิเล็กตรอนของมันจะได้ครบ _ _ _ _ _ _ ตัว

5) 7

---

7. จงเขียนโครงสร้างอะตอมของโซเดียม ซึ่งเป็นธาตุที่ 11 ให้สมบูรณ์

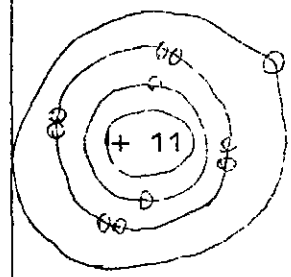


6) 1
2

---

8. พบว่าอิเล็กตรอนในชั้นในสุดของโซเดียมเป็น 2 ชั้น ถัดออกมาเป็น _ _ _ _ _ _ _ และชั้นนอกสุดเป็น _ _ _ _ _ ตัว นั่นคือวาเลนซ์อิเล็กตรอนของโซเดียมมีอยู่ _ _ _ _ _ _ ตัว

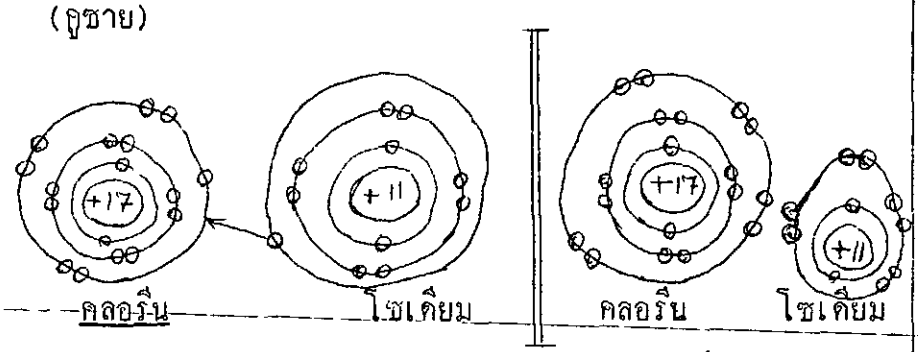
7)



9. ถ้าโซเดียมสูญเสียอิเล็กตรอนชั้นนอกสุดไป 1 ตัว ก็จะเหลือชั้นถัดเข้าไปกลายมาเป็นชั้นนอกสุดแทน ซึ่งเราพบว่าในชั้นถัดเข้าไปนั้นมีอิเล็กตรอนอยู่ _ _ _ _ _ ตัวพอดี

8) 2 1 1

10. จงสังเกตเปรียบเทียบสองอะตอมในซีกขวามือกับซีกทางซ้ายมือ (คู่ซ้าย)



(คลอไรด์)

อะตอมของธาตุทั้งสอง (โซเดียมและคลอรีน) คู่ทางซ้ายมือแสดงให้เห็นว่าอะตอมของคลอรีนกำลังได้รับอนุภาค_ _ _ _ จากชั้นนอกสุดของอะตอมของธาตุ _ _ _ _ _ _ _ _

9) 2

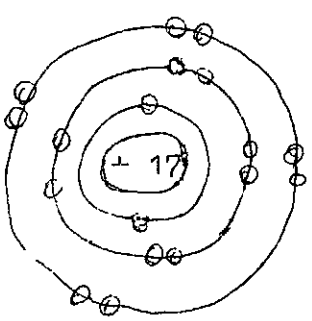
11. จำนวนวาเลนซ์อิเล็กตรอน ของทั้งสองอะตอมของธาตุทางขวามือต่างก็มีจำนวนเท่ากับ _ _ _ _ _ ตัว พอดี

10) อิเล็กตรอน โซเดียม

12. ไดอาแกรมในกรอบที่ 10 แสดงให้เห็นว่าธาตุ _ _ _ _ _ ได้มีการสูญเสียอิเล็กตรอนไป และธาตุ _ _ _ _ _ _ _ ได้รับหรือมีอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้น แล้วทั้งสองอะตอมต่างก็กลายเป็นอะตอมที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น 8 ซึ่งถือว่าเป็นโครงสร้างอะตอมที่มั่นคง สมบูรณ์ตามแบบกาซเฉื่อย

11) 8

13. พิจารณาดูอะตอมของคลอรีน หลังจากรับอิเล็กตรอนมา 1 ตัว แล้วจะมีโครงสร้างเป็น



นิวเคลียสของมันยังคงมีประจุไฟฟ้าเป็น + _ _ _ _ _ _

12) โซเดียม คลอรีน

14. แต่มันมีจำนวนอิเล็กตรอนทั้งหมด _ _ _ _ _ _ ตัว

13) + 17

15. นั่นคือหลังจากรับอิเล็กตรอนมาแล้ว อะตอมของคลอรีนจะมีประจุไฟฟ้าลบรวม (รวมเฉพาะประจุลบเท่านั้น ยังไม่หักกับประจุบวก) เป็น _ _ _ _ _ _ _ _

14) 18

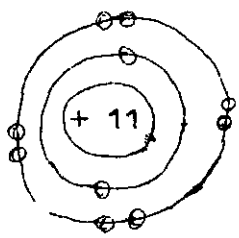
16. เมื่อรวมกันและหักลบกันแล้วอะตอมที่เกิดขึ้นใหม่ของคลอรีนนี้ (หลังจากรับอิเล็กตรอน) จะมีประจุไฟฟ้าชนิด _ _ _ _ _ มากกว่าประจุไฟฟ้าชนิด _ _ _ _ _ _ อยู่ 1 หน่วย

15) – ๑

17. ดังนั้นอะตอมของคลอรีนนี้จึงมี _ _ _ _ _ _ รวมเป็น – 1

16) ลบ บวก

18. จากกรอบที่ 10 ในซีกขวามือเราพบว่า โครงสร้างอะตอมของโซเดียม เมื่อเสียอนุภาคอิเล็กตรอนไป 1 ตัว ก็จะเป็น



จะเห็นว่าอะตอมนี้มีจำนวนประจุไฟฟ้าบวก (โปรตอน) เป็นจำนวน 11 หน่วย แต่มีประจุลบ (จำนวนอิเล็กตรอน) อยู่เป็นจำนวน _ _ _ _ _ _ หน่วย (หรือตัว)

17) ประจุไฟฟ้า

19. เมื่อหักลบกันแล้วก็จะเหลือประจุของอะตอมนี้เป็น + 1 ทั้งนี้เพราะประจุไฟฟ้าชนิด _ _ _ _ _ มากกว่าอยู่ 1 หน่วย

18) 10

20. สรุปว่าเมื่อการให้และรับอิเล็กตรอนกันแล้ว อะตอมของโซเดียมก็มีประจุไฟฟ้าเป็น _ _ _ _ _ _ _ _ ส่วน (บวก / ลบ)
อะตอมของธาตุคลอรีนก็มีประจุไฟฟ้าเป็น _ _ _ _ _ _

19) บวก

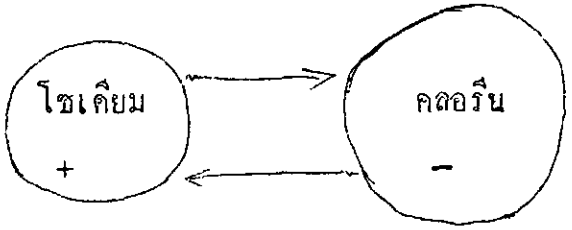
21. เราทราบมาแล้วว่าอะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่มีอิเล็กตรอนมากหรือน้อยกว่าปกติเราเรียกว่า<u>ไอออน</u> อะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่มีประจุไฟฟ้าบวก เราเรียกว่า <u>ไอออนบวก</u> ส่วนอะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่มีประจุไฟฟ้าลบ เราเรียกว่า_ _ _ _ _

20) บวก
ลบ

22. ดังนั้นเมื่อเกิดการให้และรับอิเล็กตรอนกันดังข้างต้นนี้แล้ว โซเดียมก็จะกลายไปเป็นไอออน_ _ _ _ _ _ _ ส่วนคลอรีนก็จะกลายเป็น _ _ _ _ _ _ _ ซึ่งเรียกว่าคลอไรด์ไอออน

21) ไอออนลบ

23. สสารที่มีประจุไฟฟ้าตรงข้ามกันจะดึงดูดกัน



ดังนั้นไอออนของธาตุโซเดียมกับคลอรียจึงมีแรง_ _ _ _ _ ต่อกัน

22) บวก
ไอออนลบ

24. ไอออนของธาตุโซเดียมกับคลอรีนจึงเคลื่อนที่เข้าเกาะติดกัน กลายเป็นโมเลกุลของเกลือแกง ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีชื่อทางภาษาเคมีว่า โ _ _ _ _ _ _ คลอไรด์	23) ดึงดูด
25. เนื่องจากไอออนทั้งสองนี้มีประจุไฟฟ้าเป็น +1 และ −1 เมื่อมันมาเกาะติดรวมกันอยู่เป็นโมเลกุล (NaCl) ประจุไฟฟ้าเมื่อหักล้างกันแล้ว จึงได้ = _ _ _ _ _ _ _ หรือไม่มี _ _ _ _ _ _ ไฟฟ้านั่นเอง	24) โซเดียม
26. การรวมตัวระหว่างโซเดียมกับคลอรีนนี้ เป็นตัวอย่างขบวนการรวมตัวกันทางเคมี ซึ่งอะตอมที่สูญเสียอิเล็กตรอนไปจะมีประจุไฟฟ้าเป็น _ _ _ _ _ _ หรือที่เรียกว่า _ _ _ _ บวก	25) 0 ประจุ
27. ส่วนอะตอมที่ได้รับอิเล็กตรอนก็จะมีประจุไฟฟ้าเป็น _ _ _ _ หรือที่เรียกว่า _ _ _ _ _ _ ลบ	26) บวก ไอออน
28. การรวมตัวกันโดยใช้วิธีการให้ (transfer) และรับอนุภาคอิเล็กตรอนแล้วอะตอมจะกลายเป็นไอออน (ion) แล้วมารวมกันอยู่เป็นโมเลกุลโดยแรงยึดเหนี่ยวทางไฟฟ้า เราเรียกแรงยึดเหนี่ยวระหว่างไอออนบวกกับไอออนลบนี้ว่า พันธะไอโอนิค (หรือ ionic bond)(bond แปลว่าพันธะหรือแรงยึดเหนี่ยว) คำว่า ionic ก็มาจากคำว่า _ _ _ _ _ _ ที่เติม ic เข้าไปนั่นเอง	27) ลบ ไอออน

29. จึงกล่าวได้ว่าพันธะหรือแรงยึดเหนี่ยวทางเคมีที่เรียกว่า "พันธะไอโอนิค" (ionic bond) นั้นเกิดจากไอ _____ บวกและลบมาเกาะกันอยู่

28) ion

30. เราเรียกสารประกอบที่เกิดจากการที่อะตอมของธาตุ 2 ชนิดขึ้นไปให้และรับอิเล็กตรอน แล้วกลายเป็นไอออนมาเกาะกันอยู่เป็นโมเลกุลว่า "สารประกอบไอโอนิค" (ionic compound) ดังนั้นโซเดียมคลอไรด์จึงเป็นสารประกอบ _____ ชนิดหนึ่ง

29) ไอออน

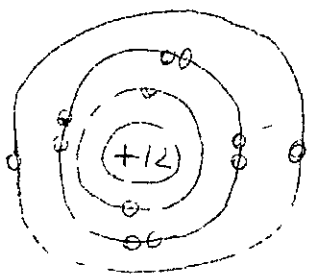
31. กรณีที่ธาตุ 2 ชนิด จะเกิดเป็นสารประกอบไอโอนิค หรือเกิดพันธะไอโอนิคต่อกันนั้น จะเกิดขึ้นได้ในกรณีที่ธาตุชนิดหนึ่งเป็นธาตุโลหะ (มักมีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 1–3 ตัว) และอีกชนิดหนึ่งเป็นธาตุอโลหะ (ซึ่งมักมีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 4–7) ดังตัวอย่างที่กล่าวมา คือ โลหะโซเดียม (ธาตุโซเดียม) กับธาตุคลอรีนซึ่งจัดเป็นธาตุ _____ ซึ่งมีวาเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น 7

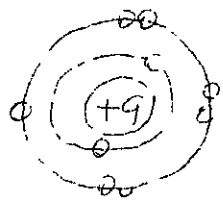
30) ไอโอนิค

32. ตัวอย่างการเกิดสารประกอบไอโอนิค หรือเกิดพันธะไอโอนิคระหว่างธาตุอื่น ๆ เช่น ธาตุแมกเนเซียมซึ่งเป็นธาตุที่ 12 กับธาตุฟลูออรีน (F) ซึ่งเป็นธาตุที่ _____ (ดูตารางธาตุหมู่ที่ 7 เอ)

31) อโลหะ

33. ดูโครงสร้างอะตอมของธาตุทั้งสองก็อ





แมกเนเซียม ฟลูออรีน

แมกเนเซียมมีวาเลนซ์อิเล็กตรอน _ _ _ _ _ _ ตัว

ฟลูออรีนมีวาเลนซ์อิเล็กตรอน _ _ _ _ _ _ _ _ ตัว

32) 9

---

34. แมกเนเซียมจะต้องเสียอิเล็กตรอนไป _ _ _ _ _ _ _ ตัว จึงจะหมดในชั้นนอกสุด และเหลือในชั้นถัดเข้าไปซึ่งมีอยู่ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ตัว

33) 2 7

---

35. แต่ฟลูออรีนจะรับอิเล็กตรอนมาได้เพียงอะตอมละ _ _ _ _ _ _ ตัว จึงจะได้วงนอกสุดครบ จำนวน _ _ _ _ _ ตัว ฟอกี

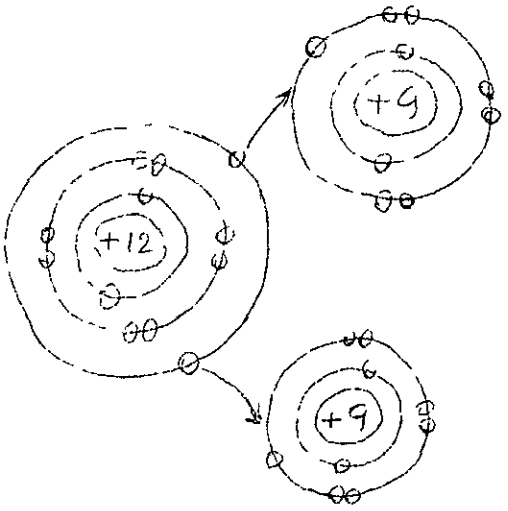
34) 2 8

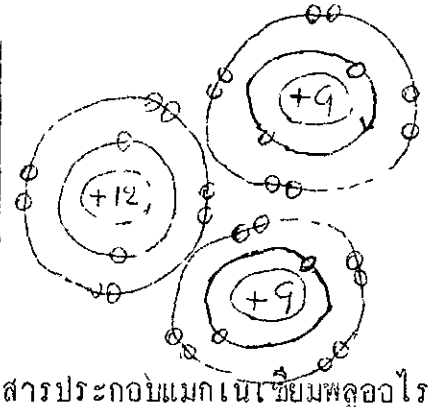
---

36. เพื่อจะรับอิเล็กตรอนจากแมกเนเซียมทั้ง 2 อิเล็กตรอน จึงต้องมีฟลูออรีนมาอีก _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ อะตอม

35) 1 8

37. ไดอาแกรม จึงเป็น





สารประกอบแมกเนเซียมฟลูออไรด์

(MgF_2) 36) 1

38. จากไดอาแกรมในกรอบที่ 37 แสดงว่าฟลูออรีนจำนวน _ _ _ _ _ _ _ _ อะตอม จึงจะรับอิเล็กตรอนจากแมกเนเซียม _ _ _ _ _ _ _ _ อะตอมได้พอดี

39. หลังจากให้และรับอิเล็กตรอนกันเรียบร้อยแล้วฟลูออรีนก็กลายเป็นไอออนที่มีประจุไฟฟ้าเป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ (บวก/ลบ) 38) 2 1

40. ส่วนแมกเนเซียมก็เป็นไอออนที่มีประจุไฟฟ้าเป็น _ _ _ _ _ _ 39) ลบ

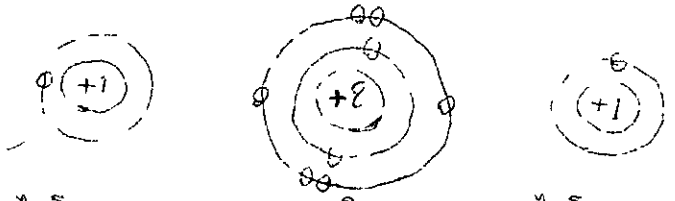
41. ไอออนบวกของแมกเนเซียมและไอออนลบของฟลูออรีนจึงดึงดูดกัน (เพราะมีประจุต่างกัน) เข้าเกาะติดกันกลายเป็น<u>โมเลกุลของสารประกอบ</u> โดยที่มีแมกเนเซียมจำนวน 1 ตัว มาเกาะติดกับไอออนของฟลูออรีนจำนวน _ _ _ _ _ _ _ _ ตัว 40) บวก

42. พันธะหรือแรงเกาะกันระหว่างแมกเนเซียมไอออนกับฟลูออไรด์ไอออน (ไอออนของฟลูออรีน) นี้เราเรียกว่าพันธะ _____ _____ และเรียกสารประกอบแมกเนเซียมฟลูออไรด์นี้ว่าเป็นสารประกอบ ไอ _____ _____

41) 2

---

43. เมื่อเข้าใจการเกิดพันธะไอโอนิก หรือการเกิดสารประกอบไอโอนิกแล้วก็เข้าใจกับการรวมตัวทางเคมีแบบอื่น ๆ ต่อไป โดยพิจารณาจากไดอาแกรมการรวมตัวกันระหว่างอะตอมของธาตุอโลหะด้วยกัน



ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไฮโดรเจน

จะเห็นว่าออกซิเจนมีวาเลนซ์อิเล็กตรอน _____ ตัว และยังต้องการอีก _____ ตัว จึงจะครบ 8

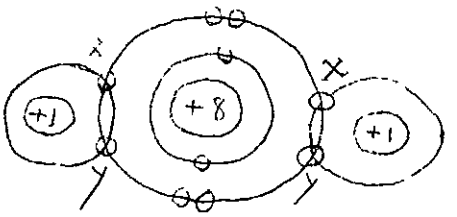
42) ไอโอนิก
ไอโอนิก

---

44. ส่วนไฮโดรเจนนั้นให้อิเล็กตรอนไปไม่ได้อีกแล้ว เพราะไม่มีอิเล็กตรอนชั้นในอีกแล้ว และมันต้องการอิเล็กตรอนอีกเพียง 1 ตัว เพื่อจะได้มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น _____ เหมือนกับก๊าซเฉื่อยตัวที่ 2 ในตารางธาตุ คือก๊าซ _____

43) 6
2

45. นี่คือโมเลกุลของน้ำ ซึ่งเป็นสารประกอบระหว่างไฮโดรเจนกับออกซิเจน (H_2O)



อิเล็กตรอนที่มีอักษร x และ y กำกับนั้นเป็นอิเล็กตรอนที่ถูกอะตอมของธาตุออกซิเจนกับอะตอมของธาตุ _____ ส่งมาใช้ร่วมกัน (โดยสมมุติให้ x นั้นเดิมเป็นของออกซิเจน และ y นั้นเดิมเป็นของไฮโดรเจน

44) 2 อิเล็กตรอน

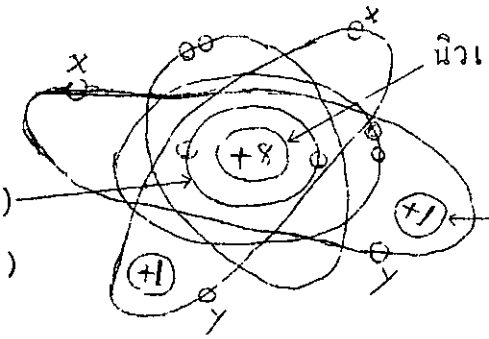
46. เมื่อเรานับจำนวนวาเลนซ์อิเล็กตรอนของอะตอมของออกซิเจนในสารประกอบน้ำ (H_2O) เราก็จะต้องนับทั้งอิเล็กตรอน x และ y ดังนั้นวาเลนซ์อิเล็กตรอนของออกซิเจนในสารประกอบนี้จึงครบ _____ ตัวพอดี

45) ไฮโดรเจน

47. ส่วนวาเลนซ์อิเล็กตรอนของไฮโดรเจนแต่ละอะตอมก็นับทั้ง x และ y ที่ใกล้ ๆ นิวเคลียสของมัน ดังนั้นแต่ละอะตอมของไฮโดรเจนในสารประกอบ น้ำ ก็จะมีวาเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น _____ ตัวเหมือนฮีเลียม

46) 8

48. โครงสร้างอย่างละเอียดแสดงการเกิดพันธะแบบไหม้นี้อาจเขียนได้เป็น



สังเกตว่าอิเล็กตรอนที่มีเครื่องหมาย x และ y กำกับจะโคจรรอบ ๆ นิวเคลียสของธาตุทั้งสอง คือรอบๆ นิวเคลียสของอะตอมของธาตุ ออก _____ __ และธาตุ __ด้วย

47) 2

---

49. ดังนั้นเมื่อนับดูว่าวาเลนซ์อิเล็กตรอนเมื่อธาตุรวมตัวกันแล้วของออกซิเจนก็จะครบ _____ ส่วนของไฮโดรเจนนั้นก็จะสมบูรณ์เหมือนของก๊าซเฉื่อยฮีเลียมคือ ครบ ____ __ _____ ตัว

48) ออกซิเจน
ไฮโดรเจน

---

50. วิธีการแบบนี้เราเรียกว่าอะตอมของธาตุทั้งสองชนิดส่งอิเล็กตรอนมา share กัน หรือเรียกว่าธาตุเกิดการ sharing of electron คือส่งอนุภาค _____ _____ มาใช้ร่วมกันนั่นเอง

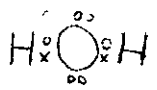
49) 8
2

---

51. พันธะทางเคมีที่เกิดขึ้นโดยขบวนการรวมตัวทางเคมีแบบนี้เราเรียกว่า พันธะโควาเลนต์ (covalent bond) และในทำนองเดียวกันเราเรียกสารประกอบที่โมเลกุลของมันมีเฉพาะพันธะชนิดนี้ว่าสารประกอบ _____ _____ (covalent compound)

50) อิเล็กตรอน

52. เราอาจเขียนแสดงการจัดโมเลกุลของน้ำโดยสูตรอิเล็กตรอนิค ที่แสดงให้เห็นเฉพาะการจัดวาเลนซ์อิเล็กตรอนของแต่ละอะตอม ได้เป็น



เราเรียกอิเล็กตรอนคู่ที่ธาตุส่งไปใช้ร่วมกัน 1 คู่ว่าเป็น 1 bond (หรือ 1 พันธะ) ในโมเลกุลนี้จึงมีพันธะโควาเลนต์อยู่ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ พันธะ

51) โควาเลนต์

53. อีกตัวอย่างหนึ่ง คือการรวมตัวระหว่างอะตอมของธาตุคลอรีนด้วยกันเป็นโมเลกุลของก๊าซ Cl_2 คือก๊าซ _ _ _ _ _ _ _ _

52) 2

54. คลอรีนซึ่งเป็นธาตุที่ 17 จะมีวาเลนซ์อิเล็กตรอน _ _ _ _ ตัว

53) คลอรีน

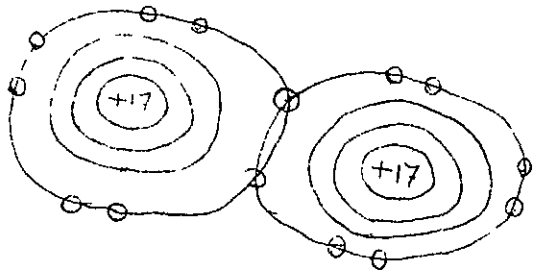
55. แสดงว่ามันต้องการอิเล็กตรอนอีกอะตอมละ _ _ _ _ _ _ ตัว จึงจะครบ 8 _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

54) 7

56. เนื่องจากอะตอมทั้งสองต่างก็ไม่ยอมสูญเสียหรือให้อิเล็กตรอนแก่กันแต่ต่างก็จำเป็นที่จะต้องได้มาอีกอะตอมละหนึ่งตัว ทั้งสองอะตอมจึงต้องทำการ s _ _ _ _ _ _ _ _ อนุภาคอิเล็กตรอนกัน นั่นคือส่งไปอะตอมละจำนวน _ _ _ _ _ _ อิเล็กตรอนเพื่อใช้ร่วมกัน

55) 1

57. ไดอาแกรมจึงเป็น (แสดงเฉพาะอิเล็กตรอนในชั้นนอกสุดซึ่งเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงเท่านั้น ชั้นอื่น ๆ ละไว้)



(โมเลกุลของกาซคลอรีน)

บางทีอาจเขียนเป็นสูตรอิเล็กตรอนิกแสดงเฉพาะวาเลนซ์ – อิเล็กตรอนง่าย ๆ ได้เป็น ×Cl×Cl: จะเห็นว่าเมื่อรวมกันแล้วอิเล็กตรอนที่อยู่ในชั้นนอกสุดของแต่ละอะตอมก็จะนับได้ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ตัว

56) share

1

58. หรืออาจเขียนแสดงให้เห็นโครงสร้างอย่างหยาบ ๆ ของโมเลกุลของกาซคลอรีนได้เป็น Cl – Cl นั่นคือ เราใช้ขีด (–) แทนพันธะ _ _ _ _ _ _ _ ที่เกิดขึ้นจากการ share อนุภาค _ _ _ _ _ _ กัน 1 คู่ ซึ่งเราเรียกว่าพันธะเดี่ยว (single bond)

57) 8

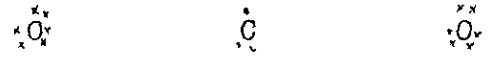
59. บางครั้งการรวมตัวของอะตอมจะเป็นพันธะโควาเลนต์ชนิดที่เป็นพันธะคู่ (double bond) เช่น เนโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งมีอะตอมของคาร์บอน (ธาตุที่ 6) ซึ่งมีวาเลนซ์อิเล็กตรอน _ _ _ _ _ _ _ _ _ ตัว

58) โควาเลนต์อิเล็กตรอน

60. และออกซิเจนซึ่งเป็นธาตุที่ 8 จะมีวาเลนซ์อิเล็กตรอน _ _ _ _ _ _ _ _ _ ตัว

59) 4

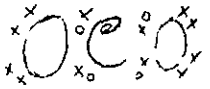
61. อิเล็กตรอนในชั้นนอกสุดของธาตุทั้งสองจะเขียนแสดงได้ง่าย ๆ เป็น



ธาตุคาร์บอนต้องการอิเล็กตรอนอีก _ _ _ _ _ _ _ _ _ ตัว
ส่วนธาตุออกซิเจนต้องการอิเล็กตรอนอีกอะตอมละ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ตัว

60) 6

62. สูตรอิเล็กตรอนิก ของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จึงเขียนได้เป็น



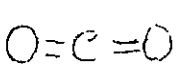
เมื่อนับดูรอบ ๆ อะตอมของคาร์บอนก็จะมีอิเล็กตรอนอยู่จำนวนกรบ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ตัว

61) 4
2

63. และอิเล็กตรอนรอบ ๆ ออกซิเจนก็จะได้ครบ _____ ตัว

62) ๔

64. เขียนแสดงโครงสร้างอย่างหยาบ ๆ แสดงให้เห็นพันธะคู่จะได้เป็น



ในสูตรนี้เราใช้เครื่องหมาย 1 ขีดแทนอนุภาค _____ ที่ลงมาใช้ร่วมกันจำนวน _____ คู่

63) ๘

65. จะเห็นว่าระหว่างคาร์บอนกับออกซิเจนแต่ละอะตอมมีขีดแสดงถึงพันธะทางเกมีอยู่ 1 คู่ (2 ขีด) เราจึงเรียกว่าเป็นพันธะโควาเลนท์ชนิดพันธะ _____

64) อิเล็กตรอน 1

66. ธาตุที่จะรวมกันเป็นพันธะโควาเลนท์ จะเกิดกับธาตุที่เป็นอโลหะด้วยกันหรือธาตุที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนตั้งแต่ 4 – 7 ตัวเท่านั้น เพราะธาตุเหล่านี้ต่างก็ไม่ยอมให้ (transfer) อนุภาค _____ แก่กัน

65) คู่

67. โมเลกุลของกาซไนโตรเจนซึ่งประกอบขึ้นด้วยไนโตรเจน 2 อะตอม และไนโตรเจนเป็นธาตุที่ 7 มันจึงมีวาเลนซ์ – อิเล็กตรอนอะตอมละ _____ ตัว

66) อิเล็กตรอน

68. ในโมเลกุลของกาซไนโตรเจนอะตอมของมันจึงเกาะกันอยู่ด้วยพันธะทางเกมีชนิด _____ ซึ่งเป็นชนิด 3 พันธะ (triple bond)

67) 5

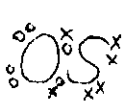
69. สังเกตการรวมตัวทางเคมีอีกแบบหนึ่งในตัวอย่างสารประกอบ SO_2 ออกซิเจนซึ่งเป็นธาตุที่ 8 จะมีวาเลนซ์อิเล็กตรอน _____ ตัว

68) โควาเลนต์

70. ส่วนกำมะถันซึ่งเป็นธาตุที่ 16 ก็จะมีวาเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น _____ ตัว เช่นเดียวกัน

69) 6

71. เมื่อเกิดสารประกอบกับออกซิเจน อะตอมต่ออะตอมก็จะเกิดเป็น



(ออกซิเจนที่เหลือ)

จะเห็นว่าโครงสร้างอิเล็กตรอนในสารประกอบ SO นั้น แต่ละอะตอมก็มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนจำนวน _____ ตัว

70) 6

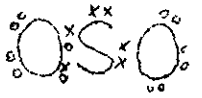
72. ดังนั้นอะตอมของกำมะถันก็ไม่ต้องการอนุภาค _____ อีกแล้ว แต่ออกซิเจนอะตอมที่เหลืออยู่ (ทางด้านขวามือ) ยังต้องการได้อิเล็กตรอนอีก เพื่อวาเลนซ์อิเล็กตรอนจะได้ครบ _____

71) 8

73. ในที่นี้กำมะถันเป็นคนใจดี แต่ถ้าให้อนุภาคอิเล็กตรอนไปกับออกซิเจนอะตอมที่เหลืออยู่ไปเสียเลย ตนเองก็จะเหลือไม่ครบ 8 จึงไม่สามารถจะให้อนุภาคอิเล็กตรอนไปอยู่กับอะตอมของ _____ อีกอะตอมหนึ่งได้เลยทีเดียว

72) อิเล็กตรอน 8

74. กำมะถันจึงตัดสินใจส่งไปให้ออกซิเจนอีกอะตอมหนึ่งใช้โดยที่ตนเองก็ยังคงใช้ร่วมอยู่ด้วย ดังไดอาแกรม



จะเห็นได้ว่าไดอาแกรมได้ส่งอิเล็กตรอนไปให้เพียงฝ่ายเดียว โดยที่ธาตุ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ อะตอมที่อยู่ทางขวามือไม่ได้ส่งอนุภาคอิเล็กตรอนมาด้วยเลย

73) ออกซิเจน

75. แต่อนุภาคอิเล็กตรอนคู่นั้น ธาตุออกซิเจน (อะตอมทางขวา) และธาตุ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ก็ยังคงใช้ร่วมกันอยู่

74) ออกซิเจน

76. การส่งอิเล็กตรอนไปเพียงฝ่ายเดียวใช้ร่วมกันทั้งสองฝ่ายเช่นนี้ เราไม่นิยมเรียกว่าการ share แต่เราเรียกว่าธาตุเกิดพันธะทางเคมีต่อกันเป็นชนิด โคออร์ดิเนต โควาเลนต์ (Coordinate covalent bond) เขียนโครงสร้างอย่างหยาบ ๆ ได้เป็น

$$O = S \longrightarrow O$$

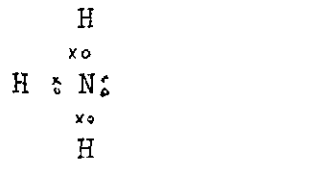
จะเห็นว่าเราใช้เครื่องหมาย ลูก_ _ _ _ _ _ _ แทนอิเล็กตรอนคู่นั้น หรือแทนพันธะทางเคมีชนิด _ _ _ _ _ _ _ _

75) กำมะถัน

77. และหันหัวของลูกศรไปทางอะตอมของธาตุ _ _ _ _ _ _ _ เพื่อบอกให้ทราบว่าธาตุ _ _ _ _ _ _ _ เป็นผู้ส่งอนุภาค อิเล็กตรอนไปเพื่อใช้ร่วมกัน

76) ลูกศร โคออร์ดิเนต โควาเลนต์

78. อีกตัวอย่างหนึ่งคือการรวมตัวกันระหว่างไฮโดรเจนไอออนกับโมเลกุลของแอมโมเนีย



แอมโมเนีย (NH_3) ไฮโดรเจนไอออน (H^+)

สังเกตว่าธาตุ N กับ H 3 อะตอมในแอมโมเนียเกาะกันอยู่ด้วยพันธะ _ _ _ _ _ _ _ _ _ และไอออน H^+ นั้นไม่มีอนุภาค _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ติดอยู่เลย

77) ออกซิเจน ก๊าซมีเธน

79. ไฮโดรเจนไอออนก็เหมือนกับอะตอมของไฮโดรเจนธรรมดาก็ต้องการให้มีอิเล็กตรอนเพียง _ _ _ _ _ _ ตัว เท่านั้น

78) โควาเลนต์ อิเล็กตรอน

80. ส่วนธาตุไนโตรเจนในโมเลกุลของแอมโมเนียนั้นมันมีอิเล็กตรอนอยู่ครบ _ _ _ _ _ _ _ ตัวอยู่แล้ว จึงไม่ต้องการให้อนุภาค _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ อีกต่อไป

78) 2

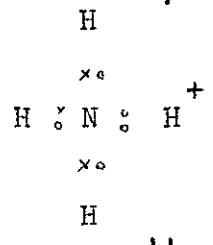
81. เมื่อไฮโดรเจนไอออนต้องการได้ ไนโตรเจนจึงส่งอิเล็กตรอนคู่ที่ว่างอยู่ไปให้กับไอออนของธาตุ _ _ _ _ _ _ _ _ _ นั้น

80) 8 อิเล็กตรอน

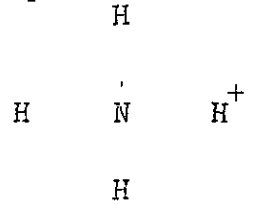
82. และในขณะเดียวกันไนโตรเจนก็ยังคงใช้อิเล็กตรอนคู่นั้นอยู่ด้วย ไฮโดรเจนจึงมาเกาะติดอยู่กับโมเลกุลของแอมโมเนีย โดยเกาะติดกับไนโตรเจนด้วยพันธะทางเคมีชนิดที่เรียกว่าพันธะ_ _ _ _

81) ไฮโดรเจน

83. นี่คือสูตรอิเล็กตรอนิคง่าย ๆ ของกลุ่มอะตอมใหม่ที่เกิดขึ้น

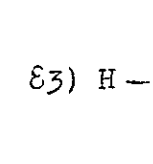


จงใช้ขีด (–) แทนอิเล็กตรอนคู่ต่าง ๆ แทนพันธะทางเคมีในกลุ่มอะตอมใหม่นี้ให้สมบูรณ์



82) โคออร์ดิเนท
โควาเลนซ์

84. เนื่องจากแอมโมเนีย (NH_3) ไม่มีประจุไฟฟ้า แต่ไฮโดรเจนไอออน (H^+) มีประจุไฟฟ้า+ 1 ดังนั้นในกลุ่มอะตอมที่รวมตัวกับขึ้นใหม่ ก็จะได้ประจุรวมเป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

83) 

85. กลุ่มอะตอมที่เกิดขึ้นนี้จึงเขียนเป็นสูตรได้เป็น NH_4^+ ซึ่งเราเคยทราบมาแล้วว่า อะตอมหรือกลุ่มอะตอมที่มีประจุไฟฟ้านั้นเราเรียกว่า ไอ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

84) + 1

86. และเนื่องจากมันมีประจุไฟฟ้า <u>บวก</u> ดังนั้นเราจึงเรียกว่ามันเป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ซึ่งมีชื่อเรียกว่า Ammonium ion (แอมโมเนียมไอออน)

85) ไอออน

แบบฝึกหัด

1. สรุปได้ว่าพันธะทางเคมีที่ช่วยให้อะตอมของธาตุยึดเหนี่ยวเกาะกันอยู่ได้นั้นมีอยู่กี่ชนิดอะไรบ้าง ? (บอกเฉพาะชื่อ)

2. พันธะทางเคมีที่ยึดเหนี่ยวไอออนบวกกับไอออนลบเข้าไว้ด้วยกัน เราเรียกว่าพันธะอะไร ?

3. จงเขียนสูตรอิเล็กตรอนิกของ SO_3 และบอกด้วยว่ามีพันธะทางเคมีอยู่ในโมเลกุลของสารนี้กี่ชนิด ?

4. ธาตุที่ 12 กับธาตุที่ 17 น่าจะรวมตัวกันอยู่ด้วยพันธะทางเคมีชนิดใด จงให้เหตุผลสั้น ๆ ประกอบ

5. พันธะทางเคมีในโมเลกุลของธาตุที่ 6 กับธาตุที่ 8 จะเป็นชนิดใด จงให้เหตุผลสั้น ๆ

6. พันธะยึดเหนี่ยวระหว่างโปตัสเซี่ยมไอออนกับไอโอไดด์ไอออน จะเป็นพันธะชนิดใด

7. ในโมเลกุลของแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) มีพันธะทางเคมีชนิดใดบ้าง และมีอย่างละเท่าไร ?

วาเลนซี่และออกซิเดชั่นนัมเบอร์ (หรือออกซิเดชั่นสเตท)

1. ธาตุต่างชนิดกันจะรวมตัวกันเป็นสาร _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

2. ในการรวมตัวกันระหว่างธาตุต่าง ๆ เป็นสารประกอบ นักเคมีพบว่าธาตุแต่ละชนิดมีความสามารถในการรวมตัวกับจำนวนอะตอมของธาตุอื่นแตกต่างกันไป เช่น ในสารประกอบที่เราเรียกว่า "น้ำ" (H_2O) ออกซิเจนจะรวมตัวกับไฮโดรเจน _ _ _ _ _ _ _ _ _ อะตอมเป็นโมเลกุลของน้ำ

1) ประกอบ

3. กำลัง (หรือความสามารถ) ในการที่จะรวมตัว (combanding Power) กับธาตุอื่น ๆ ของธาตุแต่ละชนิดเราเรียกว่า "วาเลนซี่" ของธาตุนั้น เช่น กำลังในการรวมตัวกับธาตุอื่น ๆ ของออกซิเจน เราก็เรียกว่า _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ของออกซิเจน

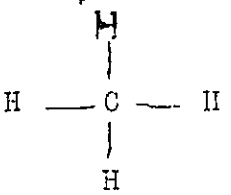
2) 2

4. ในการกำหนดค่า วาเลนซี่ของธาตุต่าง ๆ นี้ นักเคมีใช้ธาตุไฮโดรเจน (H) เป็นมาตรฐาน โดยตั้งกฎไว้ว่า "จำนวนอะตอมของไฮโดรเจนที่รวมตัวพอดีกับธาตุใด ก็ถือกว่าวาเลนซี่ของธาตุนั้น" เช่น ออกซิเจนรวมตัวพอดีกับไฮโดรเจน 2 อะตอมก็แสดงว่าออกซิเจนมีวาเลนซี่ _ _ _ _ _ _ _ _ (เติมตัวเลข)

3) วาเลนซี่

5. ในสารประกอบ CH_4 คาร์บอน 1 อะตอมรวมตัวพอดีกับไฮโดรเจน _ _ _ _ _ _ _ _ อะตอม คาร์บอนจึงมีค่า _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ เป็น 4

4) 2

6. กำลังหรืออำนาจในการรวมตัวของธาตุแต่ละชนิดก็คล้าย ๆ กับว่ามันมีแขนที่จะจับกับอะตอมของธาตุอื่น ๆ อยู่กี่แขนนั่นเอง เช่น ในโมเลกุลของ CH_4 มีโครงสร้างเป็น  จะเห็นว่ามีแขนที่จะจับยึดระหว่างการ์บอนกับไฮโดรเจนอยู่ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ แขน โดยที่มีการ์บอนเพียงอะตอมเดียว ดังนั้นธาตุการ์บอนจึงมีค่า _ _ _ _ _ _ _ _ (หรือกำลังในการรวมตัว) เป็น 4	5) วาเลนซี่
7. ส่วนไฮโดรเจนซึ่งเป็นตัวมาตรฐานนั้นก็สังเกตดูได้จากในกรอบที่ 6 จะพบว่าแต่ละอะตอมจะมีเพียง 1 แขนเท่านั้น ดังนั้นไฮโดรเจนจึงมีวาเลนซี่เป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ เสมอ	6) วาเลนซี่
8. ดูในสูตรของการประกอบแอมโมเนีย (NH_3) แสดงว่าไนโตรเจนมีวาเลนซี่ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	7) 1
9. บางทีธาตุโลหะไม่รวมตัวกับไฮโดรเจน แต่เราก็พิจารณาได้ทางอ้อม วิธีที่นิยมกันก็อ ดูจากการรวมตัวกับออกซิเจน เราทราบมาแล้วว่าออกซิเจนมีวาเลนซี่ _ _ _ _ _ _ _	8) 3

10.	ถ้าธาตุใดรวมตัวกับออกซิเจนได้ในอัตราส่วน 1 : 1 อะตอมก็ถือว่าธาตุนั้นมีวาเลนซี่ (ซึ่งคล้ายกับแขนหรือมือที่จับกัน) เท่ากับออกซิเจนพอดีคือ 2 เมื่อดูสารประกอบ MgO ก็บอกได้ทันทีว่าธาตุแมกเนเซี่ยมมีวาเลนซี่ _ _ _ _ _ _ _ _ _	9) 2
11.	ถ้าสูตรโมเลกุลเป็น Na_2O แสดงว่าโซเดียมมีค่าวาเลนซี่ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	10) 2
12.	เมื่อสารประกอบมีสูตรเป็น Al_2O_3 (อย่าลืมว่าออกซิเจน 1 อะตอมมีมือ 2 แขน ดังนั้น 3 อะตอมจึงเป็น 6 แขน ซึ่งจับกับธาตุอลูมิเนียม 2 อะตอมได้พอดี) ธาตุอลูมิเนียม (Al) จึงมีวาเลนซี่ _ _ _ _ _ _ _ _ (กี่อะตอมเดียว)	11) 2
13.	ปัจจุบันนี้ยังมีค่าหรือจำนวนเลขทางเคมีอีกชนิดหนึ่งที่คล้ายคลึงกับวาเลนซี่ แต่นิยมใช้กันมากกว่าค่าวาเลนซี่ นั่นคือค่า "ออกซิเดชั่นนัมเบอร์" (Oxidation Number) เพื่อจะได้รู้จักกับจำนวนที่กำหนดขึ้นนี้และวิธีการหาค่านี้ของธาตุแต่ละชนิดซึ่งจะมีประโยชน์ในวิชาเคมี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเขียนสูตรและดุลสมการของธาตุขึ้นมาประกอบไปด้วยในขณะนี้	12) 3
14.	ธาตุกลุ่มขวามือสุดในตารางธาตุ ซึ่งเขียนว่ากลุ่ม 0 (บางเล่ม 8 A) จากตัวบนสุดลงไปตามแนวทั้งได้แก่ธาตุที่มีสัญลักษณ์เป็น He Ne _ _ _ _ _ _ _ และ _ _ _ _ _ _ _	

15.	ธาตุทั้งหมดในกลุ่ม o นี้ มีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ (หรือออกซิเดชั่นสเทต) เป็น o (ศูนย์) ทั้งหมด ทั้งนี้ก็เพราะมันไม่ยอมเกิดเป็นสารประกอบกับธาตุใด ๆ เลย ในสภาวะปกติ (นอกจากบังคับด้วยอำนาจไฟฟ้าหรือพลังงานที่สูงมาก ๆ และเมื่อเกิดสารประกอบได้ชั่วเวลาเดี๋ยวเดียวก็สลายตัวไป) นั่นคือ He Ne Ar Kr Xe ___ และ Rn ต่างก็มีค่า _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ เป็น o ทั้งหมด	14) Ar Kr Xe Rn
16.	กลุ่มถัดเข้ามาคือกลุ่มที่ 7 เอ. ซึ่งมีฟลูออรีน (F) เป็นตัวแรก และตัวต่อมาคือธาตุ Cl _ _ _, _ _ _ และ _ _ _ _ _ _	15) ออกซิเดชั่นนัมเบอร์
17.	ธาตุกลุ่มนี้ ในสารประกอบธาตุคู่ (มีธาตุ 2 ชนิดในโมเลกุลกับธาตุในกลุ่มอื่น ๆ มันจะมีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์เป็น -1 เสมอ เช่น ในสารประกอบ H คลอรีนก็จะมีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์เป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ (ส่วนไฮโดรเจนเป็น +1)	16) Br I At
18.	ในสารประกอบโซเดียมไบโอไดด์ (NaI) ไอโอดีนก็มีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์เป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	17) - 1
19.	ในโมเลกุลหรืออะตอมของสารบริสุทธิ์ที่เป็นธาตุ (ประกอบด้วยอะตอมของธาตุเพียงชนิดเดียว) แม้จะอยู่รวมกันกี่อะตอมก็ตาม ถือว่าอะตอมเหล่านั้นมีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์เป็น o เช่นใน O_2 ออกซิเจนแต่ละอะตอมก็มีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์เป็น _ _ _ _	18) - 1

20. ในสาร O_3 Cl_2, I_2, S_8 C Na แต่ละชนิด แต่ละอะตอมต่างก็มีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์เป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

19) 0

21. ธาตุในหมู่ที่ 1 A (เรียงลงมาตามแนวตั้งในตารางธาตุ) อันได้แก่ H Li Na _ _ _ _ _ _ _ และ _ _ _ _ _ เมื่ออยู่ในสารประกอบจะมีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์เป็น + 1 เสมอ

20) 0

22. ในสารประกอบ NaI โพเทียมจะมีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์เป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

21) K Rb Cs Fr

23. ธาตุในกลุ่ม 2 เอ. (II A) อันมี Be Mg Ca Sr _ _ _ _ _ _ _ _ และ _ _ _ _ _ _ _ เมื่ออยู่ในสารประกอบใด ๆ ก็ตามจะมีออกซิเดชั่นนัมเบอร์เป็น+ 2 เสมอ เช่นใน CaI_2 แคลเซียมจะมีออกซิเดชั่นนัมเบอร์เป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

22) + 1

24. ในสารประกอบใด ๆ (คือโมเลกุลของสารประกอบ) ผลรวมของออกซิเดชั่นนัมเบอร์ของธาตุทุก ๆ อะตอมเมื่อรวมกันแล้วจะเป็น 0 (ศูนย์) เสมอ โดยไม่มีข้อยกเว้นใด ๆ เลย เช่นในโมเลกุลของ KI โปตัสเซียมเป็น + 1 และไอโอดีนเป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ รวมกันจึงเป็น _ _ _ _ _ _ _ _

23) Ba Ra **+2**

25. ใน MgI_2 ไอโอดีนมีค่าออกซิ คชั่นนัมเบอร์เป็น −1
แมกเนเซียมเป็น _____ รวมกัน (ไอโอดีน 2
อะตอมเป็น −1 + 2 = −2) จึงเป็น _____

24) −1
0

26. ออกซิเจนโดยปกติแล้วแต่ละอะตอมมีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์
เป็น −2 เช่นในสารประกอบน้ำ (H_2O) ไฮโดรเจน
แต่ละอะตอมมีออกซิเดชั่นนัมเบอร์เป็น _____
สองอะตอมรวมกันจึงเป็น _____ ส่วนออกซิเจน
(อะตอมเดียว) ก็จะมีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์เป็น _____

25) + 2
0

27. ข้อยกเว้นของออกซิเจน คือในสารประกอบประเภทเปอร์ออกไซด์
(peroxide) มันจะมีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์เป็น −1
เช่น ในสารประกอบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)
เมื่อไฮโดรเจนเป็น + 1 ออกซิเจนแต่ละอะตอมก็ต้องเป็น _____
_____ เพื่อผลรวม ของทุก ๆ อะตอมในโมเลกุล
จะได้เป็น _____

26) + 1
+ 2
− 2

28. ในไอออนใด ๆ ค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ของมันจะมีค่าเท่ากับ
จำนวนประจุของไอออนนั้น เช่น NO_3^- ซึ่งมีประจุไฟฟ้า −1
ค่า _____ ของมันก็จะเป็น −1 ด้วย ของ
$SO_4^{=}$ จะเป็น _____ และออกซิเดชั่น −
นัมเบอร์ของ Ca^{+2} จะเป็น _____

27) −1
0

29.	ธาตุบางตัวมีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ได้หลายค่า จึงต้องอาศัยกฎต่าง ๆ ที่กำหนดค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ที่นำมาเข้าร่วย เช่น ธาตุกำมะถันเมื่อทำปฏิกริยากับออกซิเจนได้ SO_2 จะเห็นว่ากำมะถัน 1 อะตอม ใช้ออกซิเจน 2 อะตอม และออกซิเจน 1 อะตอม มีค่าออกซิเดชั่น-นัมเบอร์เป็น −2 สองอะตอมจึงเป็น _____	28) ออกซิเดชั่นนัมเบอร์ − 2 + 2
30.	ตามกฎออกซิเดชั่นนัมเบอร์ ในโมเลกุลของสารเมื่อรวมกันทุก ๆ อะตอมจะได้เป็น _____ ดังนั้น กำมะถัน (S) ก็จะต้องมีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์เป็น	29) − 4
31.	เมื่อธาตุทั้งสองเกิดสารประกอบเป็น SO_3 ผลรวมค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ของธาตุออกซิเจนจะได้เป็น _____ ดังนั้น ออกซิเดชั่นนัมเบอร์ของธาตุกำมะถันจึงต้องเป็น _____ เมื่อหักรวมกันแล้วจะได้เป็น _____	30) 0 + 4
32.	ใน HNO_3 ผลรวมออกซิเดชั่นนัมเบอร์เฉพาะของออกซิเจนทั้งสามอะตอมเป็น _____ และของไฮโดรเจนเป็น _____	31) − 6 +6 0
33.	แต่ผลรวมค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ของทุก ๆ อะตอมในโมโมเลกุลของสารประกอบเป็น 0 ดังนั้นออกซิเดชั่นนัมเบอร์ของไนโตรเจนในสารประกอบนี้จึงเป็น _____	32) −6 +1

34. ใน AlF_3 ฟลูออรีนซึ่งอยู่ในกลุ่มที่ 7 เอ มีออกซิเดชั่น-นัมเบอร์เป็น – 1 (แต่มี 3 อะตอมนะ) ดังนั้นอะลูมิเนียมจะต้องมีค่า _____ เป็น _____

33) + 5

35. ประโยชน์ของค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์นั้นมีอยู่มากมาย ที่สำคัญก็คือใช้พิจารณาประกอบการเขียนสูตรของสารประกอบ เรานิยมเอาธาตุที่มีออกซิเดชั่นนัมเบอร์เป็นบวกไว้หน้า (ในสูตร) เช่น ธาตุ A มีออกซิเดชั่นนัมเบอร์ +2 ธาตุ B มีออกซิเดชั่นนัมเบอร์ –1 เราจะต้องเขียนธาตุ _____ ไว้ก่อน แล้วตามด้วยธาตุ _____

34) ออกซิเดชั่น-นัมเบอร์ + 3

36. เมื่อได้เป็น AB แล้วก็เขียนค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ข้างบนทางด้านขวาของธาตุนั้น จะได้เป็น A^{+2} B^{-1} และเมื่อเราตัดเครื่องหมายทิ้งก็จะได้ A^2B^1 แล้วไขว้ตัวเลขลงข้างล่าง จะได้เป็น A^2 $\frac{1}{3}$ ได้ A_1B_2 แต่เลข 1 เราไม่นิยมเขียนห้อยไว้ (เพราะถือว่าการไม่มีเลขกำกับย่อมมีค่าเป็น 1) จึงได้สูตรของสารประกอบนี้เป็น _____

35) $\frac{A}{B}$

37. ตัวอย่างสูตรสารประกอบระหว่างแกลเซี่ยมกับคลอรีน เรารู้ว่าคลอรีนซึ่งอยู่ในหมู่ที่ 7 เอ มีค่าออกซิเดชั่น-นัมเบอร์ _____ และแกลเซี่ยมซึ่งอยู่ในแถวที่ 2เอ. มีออกซิเดชั่นนัมเบอร์ _____

36) AB_2

36.	เขียนเรียงกันแล้วธาตุ _ _ _ _ _ จะต้องมาก่อนธาตุ _ _ _ _ _ _ _ _ _	37) −1 +2
39.	เมื่อได้เป็น $Ca^{+2}Cl^{-1}$ แล้วไขว้ (โดยไม่คิดเครื่องหมาย) จะได้สูตรของสารประกอบนี้เป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	38) แกลเซียม คลอรีน
40.	เมื่อไนโตรเจนมีออกซิเดชั่นนัมเบอร์เป็น +5 รวมตัวเป็นสารประกอบกับออกซิเจน (ซึ่งมีออกซิเดชั่นนัมเบอร์ −2 ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น) จะได้สูตรของสารประกอบระหว่างไนโตรเจนกับออกซิเจนในครั้งนี้เป็น _ _ _ _ _	39) $CaCl_2$
41.	กลับไปทำความเข้าใจความหมายของวาเลนซี่ และทำความเข้าใจเกี่ยวกับการกำหนดค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์อีกครั้งหนึ่ง ส่วนแบบฝึกหัดการนำค่าเหล่านี้ไปใช้ทำนายได้ทำรวม ๆ กันในเรื่องของการเขียนสูตรเคมีอีกครั้งหนึ่ง	40) N_2O_5

สูตรเคมี

(Chemical Formula)

1. NaCl เราเรียกว่าเป็นสูตรเคมี ของเกลือแกง H_2O เป็น _____ เคมีของน้ำ CO_2 ก็เป็น _____ ของการ์บอนไดออกไซด์

2. ดูในสูตร H_2O นั้น มีเลข 2 เป็นสัญญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และมี H และ O O เป็น _____ ของธาตุไฮโดรเจนและออกซิเจน

3. ใน CO_2 นั้นก็มี C เป็น _____ของธาตุ _____

4. เมื่อพิจารณาดูในสูตรเคมีของสารทั้ง 3 ชนิดตามในกรอบที่ 1 ก็จะพบว่าประกอบไปด้วยตัวเลขอันเป็นสัญญลักษณ์แทนจำนวนในทางคณิตศาสตร์ และยังประกอบขึ้นด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษอันเป็น _____ ของธาตุต่าง ๆ

5. จากที่กล่าวมา (จากกรอบที่ 1 – 4) ก็พอจะสรุปได้ว่า "สูตรเคมีหมายถึงกลุ่ม _____ ที่เขียนขึ้นเพื่อแสดงว่าองค์ประกอบขั้นในแต่ละโมเลกุลประกอบด้วยธาตุอะไรบ้าง อย่างละเท่าไร" นั่นเอง

1) สูตร
สูตรเคมี

2) สัญญลักษณ์

3) สัญญลักษณ์
การ์บอน

4) สัญญลักษณ์

6. สูตรเคมีที่สำคัญ ๆ มี 4 ชนิด ได้แก่

(1) <u>สูตรโมเลกุล</u> (Molecular Formula)
อันเป็นสูตรเคมีที่เขียนแสดงส่วนประกอบของโมเลกุลของสาร
ต่าง ๆ เช่น CO_2 เป็นสูตรโมเลกุลของการ์บอนไดออกไซด์
(เป็นสูตรเคมีชนิดหนึ่ง) ส่วน SO_2 เป็น _____
ของซัลเฟอร์ไดออกไซด์

5) สัญญลักษณ์

7. O_2 เป็นสูตร _____ ของออกซิเจน ซึ่งแสดงให้
ทราบว่าใน 1 โมเลกุลของก๊าซออกซิเจนประกอบขึ้นด้วย
ออกซิเจนจำนวน _____ อะตอม

6) สูตรโมเลกุล

8. $C_6H_{12}O_6$ เป็นสูตร _____ ของน้ำตาลกลูโคส

7) โมเลกุล

9. สูตรโมเลกุลของน้ำตาลกลูโคส แสดงให้เราทราบว่าในโมเลกุล
ของน้ำตาลกลูโคสแต่ละโมเลกุลประกอบขึ้นด้วยธาตุการ์บอน 6
อะตอม ไฮโดรเจน _____ อะตอม และธาตุ _____
_____ จำนวน _____ อะตอม

8) โมเลกุล

10. โมเลกุลของสารที่ประกอบขึ้นด้วยธาตุเพียงชนิดเดียว เราเรียก
ว่าโมเลกุลของธาตุ ดังนั้น Br_2 จึงเป็นสูตร _____
ของ _____ ก๊าซธาตุโบรมีน

9) 12
ออกซิเจน
6

11. โมเลกุลของธาตุบางชนิดประกอบด้วยธาตุเพียงอะตอมเดียว เช่น ทองแดง การ์บอน ดังนั้น Cu และ C ก็เป็น _____ ของธาตุ (แม้จะมีเพียงอะตอมเดียวเหมือนสัญญลักษณ์ก็ตาม)	10) โมเลกุล ธาตุ
12. ส่วน HNO_3 เป็นสูตร _____ ของสารประกอบ กือกรดกินประสิว	11) โมเลกุ
13. สารที่ประกอบขึ้นด้วยธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป มารวมตัวกันด้วยอัตราส่วนที่แน่นอนตายตัว เราเรียกว่าสารประกอบ CO_2 จึงเป็นสูตรโมเลกุลของ _____ ที่มีชื่อเรียกว่า การ์บอนไดออกไซด์	12) โมเลกุล
14. KCN และ HI ก็เป็นสูตร _____ ของสาร _____	13) สารประกอบ
15. O_3 และ I_2 เป็นสูตรโมเลกุลของ _____ ส่วน HBr และ K_2O เป็นสูตรโมเลกุลของ _____	14) โมเลกุล ประกอบ
16. (2) สูตรเอมไพริกัล (Empirical Formula) ตัวอย่างเช่น น้ำตาลกลูโคสซึ่งมีสูตรโมเลกุลที่แท้จริงเป็น $C_6H_{12}O_6$ นั้น เขียนเป็นสูตรเอมไพริกัล ได้เป็น CH_2O จะเห็นว่าเราทอนจำนวนอะตอมลงมาเป็นอัตราส่วนอย่างต่ำ โดยเอาเลข _____ หารตลอดทุกจำนวนอะตอมในสูตรโมเลกุล	15) ธาตุ สารประกอบ

17. ตามข้อความในกรอบที่ 16 เราจะสรุปได้ว่า สูตรเอมไพริกัล คือ สูตรเคมีที่เขียนแสดงอัตราส่วน _____ ของจำนวนอะตอมที่ประกอบขึ้นเป็นสารประกอบนั้น	16) 6
18. เมื่อรู้อัตราส่วนประกอบหรือจำนวนอะตอมในโมเลกุลของสารแล้ว ก็ทำให้เป็นสูตรเอมไพริกัล โดยทำให้อัตราส่วนองค์ประกอบนั้นเป็น _____	17) อย่างต่ำ
19. C_2H_6 มีอัตราส่วนจำนวนอะตอมของธาตุคาร์บอนกับไฮโดรเจนเป็น 2 : 6 ทำให้เป็นอัตราส่วนอย่างต่ำ (แต่ยังคงเป็นเลขจำนวนเต็ม) ก็จะต้องหารด้วย _____ จะได้เป็น 1 คือ _____	18) อัตราส่วนอย่างต่ำ
20. สูตรเอมไพริกัลของ C_2H_6 จึงเป็น _____	19) 2 3
21. H_2O_2 (ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งเป็นยาฆ่าเชื้อล้างแผลบ้านปาก) จะมีสูตรเอมไพริกัลเป็น _____	20) CH_3
22. สารประกอบบางชนิดสูตรโมเลกุลของมันมีจำนวนอะตอมเป็นอัตราส่วนอย่างต่ำอยู่แล้วสูตรเอมไพริกัลกับสูตรโมเลกุลจึงเป็นอันเดียวกัน เช่น น้ำมีสูตรโมเลกุลและสูตรเอมไพริกัลเป็นสูตรเดียวกันคือ _____	21) HO

23. SO_2 ก็คงมีสูตรเอมไพริกัลเป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

22) H_2O

24. HgI เป็นสูตร _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ของ Hg_2I_2

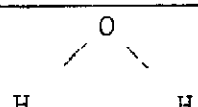
23) SO_2

25. (3) <u>สูตรโครงสร้าง</u> (structural formula) เป็นสูตรแสดงโ<u>ครงสร้าง</u> ของโมเลกุลของสาร เช่น สูตรโครงสร้างของกาซคาร์บอนไดออกไซด์ ก็เขียนขึ้นเพื่อแสดง _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ของโมเลกุลของกาซ _ _ _ _ _ _

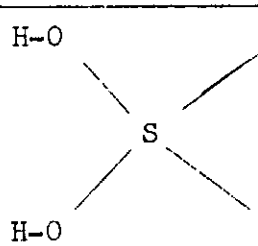
24) เอมไพริกัล

26. เนื่องจากโมเลกุลของสารประกอบขึ้นด้วย<u>อะตอมของธาตุต่าง</u> ๆ ดังนั้นสูตรโครงสร้างก็จึงเป็นสูตรที่เขียนแสดงให้เห็นการจัดเรียงตัวของ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ของธาตุต่าง ๆ ภายในโมเลกุลนั่นเอง

25) โครงสร้าง การ์บอนไดออกไซด์

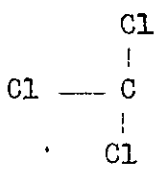
27.  เป็นสูตรโครงสร้างของโมเลกุลของน้ำ แสดงให้เห็นว่าธาตุทั้ง 3 อะตอม จัดตัวกันอยู่ทำมุมประมาณ 105 องศา ส่วน O = C = O เป็นสูตร _ _ _ _ _ _ _ _ _ ของกาซการ์บอนไดออกไซด์ ซึ่งมีสูตรโมเลกุลเป็น CO_2 และจับกันอยู่ด้วยพันธะทางเคมีชนิดพันธะคู่ ทำมุม _ _ _ _ _ _ _ _ องศา (เป็นเส้นตรง)

26) อะตอม

28.  เป็นสูตร _ _ _ _ _ _ _ _ ของกรดกำมะถันซึ่งมีสูตรโมเลกุลเป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

27) โครงสร้าง

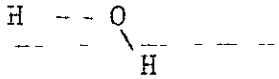
180

29.  เป็น _____ ของ carbon tetrachloride

28) โครงสร้าง H_2SO_4

30. สูตรโครงสร้างของสารประกอบต่าง ๆ นั้นไม่มีทฤษฎีที่ง่าย ๆ ที่ใช้ทำนายที่จะศึกษาได้ในระดับนี้ สูตรโครงสร้างของสารต่าง ๆ จะต้องอาศัยเครื่องมือศึกษาดูจึงจะบอกได้แน่นอน ในแบบเรียนนี้เพียงแต่ต้องการจะบอกให้ท่านทราบว่า สูตรโครงสร้างเป็นสูตรที่เขียนแสดง _____ หรือการจัดตัวของ _____ ของอาตุต่าง ๆ ภายในโมเลกุลของสารประกอบเท่านั้น

29) โครงสร้าง

31. (4) <u>สูตรอิเล็กตรอนิก</u> (Electronic Formula) เป็นสูตรแสดงให้เห็นโครงสร้างอิเล็กตรอนของโมเลกุลของสาร โดยเฉพาะอิเล็กตรอนชั้นนอก (ซึ่งสูตรนี้กล่าวมาแล้วในเรื่องการรวมตัวของอาตุเป็นโมเลกุล) เช่น เป็นสูตร _____ ของน้ำซึ่งมีสูตรโมเลกุลเป็น _____  _____ แสดงให้เห็นว่า อะตอมจับกันอยู่โดยพันธะ _____

30) โครงสร้าง อะตอม

<u>สูตรเอมไพริกัลกับสูตรโมเลกุล</u>

32. โดยเหตุที่สูตรเอมไพริกัลเป็นสูตรแสดงอัตราส่วนอย่าง _____ ของจำนวนอะตอมของอาตุในสูตร _____

31) อิเล็กตรอน H_2O โควาเลนต์

33. นั่นก็อ เราเอาเลขจำนวนเต็มที่หารจำนวนอะตอมของธาตุทุกชนิดในสูตรโมเลกุลได้ลงตัวโดยตลอดมาหาร จะเหลือจำนวนอะตอมของธาตุที่เป็นอัตราส่วนอย่างต่ำนำมาเขียนได้เป็นสูตร _____ _____

32) ต่ำ โมเลกุล

34. ความสัมพันธ์ระหว่างสูตรเอมไพริกัลกับสูตรโมเลกุลจึงเขียนเป็นสมการได้ว่า

สูตรโมเลกุล = (สูตรเอมไพริกัล)$_n$

เมื่อ n คือตัวเลขจำนวนเต็มใกล้ ๆ ที่นำมาหารจำนวนอะตอมของธาตุทุกชนิดในสูตรโม _____ ได้ลงตัว

33) เอมไพริกัล

35. ดังตัวอย่าง

สูตรโมเลกุล	=	(สูตรเอมไพริกัล)
H_2O_2	=	$(HO)_2$
C_2H_4	=	$(CH_2)_2$

จากตัวอย่างนี้ก็ n คือเลข _____ นั่นเอง

34) โมเลกุล

36. นั่นคือ C_2H_4 เขียนเป็นสูตรเอมไพริกัลได้เป็น _____ _____ ถ้าจะทำให้กลับเป็นสูตรโมเลกุลก็จะต้องเลข 2 มา _____ จำนวนอะตอมของธาตุทั้งสองชนิดในสูตรเอมไพริกัลของมัน

35) 2

37. C_6H_6 เขียนเป็นสูตรเอมไพริกัลได้เป็น _____ และถ้าที่จะนำกลับไปเป็นสูตรโมเลกุลก็ต้องเลข _____

36) CH_2 กลุ่ม

38. ค่า n นี้ ในทางปฏิบัติได้จากสูตร

$$n = \frac{\text{น้ำหนักสูตรของสูตรโมเลกุล}}{\text{น้ำหนักสูตรของสูตรเอมไพริกัล}}$$

หรือ $$n = \frac{\text{น.น.โมเลกุล}}{\text{น.น.สูตรเอมไพริกัล}}$$

37) CH 6

---

39. ตัวอย่างเช่น น้ำหนักโมเลกุลของสารชนิดหนึ่งเป็น 48 (ค่านี้หาได้จากการปฏิบัติการในห้องทดลอง) และน้ำหนักสูตรของสูตรเอมไพริกัลเป็น 12 ค่า ก็จะเป็น $\frac{48}{12}$ คือ _____

---

40. สารประกอบชนิดหนึ่งวิเคราะห์พบว่าประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจนกับออกซิเจนในอัตราส่วน H ต่อ O เป็น 1 : 1 กรัมอะตอม (หรืออัตราส่วนจำนวนอะตอมเป็น 1 : 1 นั่นเอง) นั่นก็คือมีสูตรเป็นเอมไพริกัลเป็น _____

39) 4

---

41. (ต่อจากกรอบที่ 40) เมื่อสูตรเอมไพริกัลเป็น HO น้ำหนักสูตรเอมไพริกัลจะเป็น _____(เมื่อ น.น. อะตอมของไฮโดรเจนเป็น 1 และออกซิเจนเป็น 16)

40) HO

---

42. จากการทดลองหาน้ำหนักโมเลกุลพบว่าสารนี้มีน้ำหนักโมเลกุลเป็น 34 ดังนั้นค่า n จึงได้เป็น _____

41) 17

43. ทำเป็นสูตรโมเลกุลโดยเอาค่า n ที่ได้รับคูณกับอะตอมของธาตุทั้งสองในสูตรเอมไพริกัล จะได้สูตรโมเลกุลของสารนี้เป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

42) 2

44. การที่จะแปลงสูตรเอมไพริกัลเป็นสูตรโมเลกุลเราจะต้องคำนวณหรือรู้ค่า _ _ _ _ _ _ _ _ _ ก่อนเสมอเพื่อจะได้นำไปคูณจำนวนอะตอมในสูตรเอมไพริกัล

43) H_2O_2

45. ผลการวิเคราะห์อัตราส่วนประกอบของธาตุในสารประกอบชนิดหนึ่ง พบว่าประกอบด้วยธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจนในอัตราส่วนจำนวนกรัมอะตอม (หรือจำนวนอะตอม) คาร์บอนต่อไฮโดรเจนเป็น 1 : 2 นั่นคือสูตร _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ของสารนี้เป็น CH_2

44) n

46. เมื่อทดลองหาน้ำหนักโมเลกุลของสารประกอบนี้ (สารในข้อที่ 45) ก็พบว่ามันมีน้ำหนักโมเลกุลเป็น 28 (ถ้าคาร์บอนมีน้ำหนักอะตอมเป็น 12 ไฮโดรเจนเป็น 1) สูตรโมเลกุลของสารประกอบนี้จะเป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

45) เอมไพริกัล

47. ในการวิเคราะห์หาสูตรเอมไพริกัลของสารประกอบนั้นในทางปฏิบัติบางทีผู้ทดลองจะบอกหรือรายงานผลมาในรูปของเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสารเช่น อาจบอกว่าสารประกอบชนิดหนึ่งประกอบด้วยไฮโดรเจนกับคาร์บอนโดยประกอบขึ้นด้วยคาร์บอน 80% ก็หมายความว่าอีก _ _ _ _ _ _ _ _ _ % เป็นธาตุ _ _ _

46) C_2H_4

48. ขั้นต่อไปเราทำให้เป็นอัตราส่วนจำนวนกรัมอะตอม (หรืออัตราส่วนจำนวนอะตอม) โดยหารเปอร์เซนต์ของธาตุแต่ละชนิดด้วย น้ำหนักอะตอมของมัน จากกรอบที่ 47 จะได้อัตราส่วนจำนวนกรัมอะตอม (หรือจำนวนอะตอม) ของ C : H เป็น $\frac{80}{12}$: _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

47) 20 ไฮโดรเจน

---

49. ได้อัตราส่วนจำนวนกรัมอะตอมของคาร์บอนต่อไฮโดรเจนเป็น 6.66 : 20 ทำให้เป็นเลขจำนวนเต็มได้เป็น 1 : 3 นั่นคือสารนี้มีสูตรเอมไพริกัลเป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

48) $\frac{20}{1.008}$

---

50. จะได้น้ำหนักสูตรเอมไพริกัลเป็น _ _ _ _ _ _ _ _ และถ้าทดลองพบว่าสารนี้มีน้ำหนักโมเลกุลเป็น 30 ก็จะได้สูตรโมเลกุลเป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

49) CH_3

การรวมตัวกันโดยน้ำหนักระหว่างธาตุต่าง ๆ

51. สูตรเคมีเป็นสิ่งที่ช่วยบอกให้เราทราบถึงอัตราการรวมตัวระหว่างธาตุต่าง ๆ ทั้งโดยจำนวนอะตอมและโดยน้ำหนักได้ เช่น NaO_2 ก็แสดงว่าโซเดียมจำนวน _ _ _ _ _ _ อะตอม รวมกับออกซิเจนจำนวน _ _ _ _ _ อะตอม กลายเป็นโมเลกุลของโซเดียมออกไซด์

50) 15 C_2H_6

52. หรืออาจกล่าวว่า 2 กรัมอะตอมของโซเดียมรวมตัวพอดี กับ 1 _ _ _ _ _ _ _ ของออกซิเจน (ทั้งนี้ก็เพราะธาตุใด 1 กรัมอะตอมต่างก็มีจำนวนอะตอมเท่ากันคือ 6.02×10^{23} อะตอม)

51) 2 1

53. เนื่องจาก 1 กรัมอะตอมของธาตุใด ย่อมมีปริมาณน้ำหนักคิดเป็นกรัม เท่ากับน้ำหนักอะตอมของธาตุนั้น (ดังที่ทราบมาแล้วข้างต้น) เช่น ถ้าในตารางธาตุบอกไว้ว่าโซเดียมมีน้ำหนักอะตอมเป็น 23 ก็แสดงว่า 1 กรัมอะตอมของโซเดียมจะหนัก _ _ _ _ _ _ กรัม ถ้า 2 กรัมอะตอมก็จะหนัก_ _ _ _ กรัม

52) กรัมอะตอม

54. ถ้าออกซิเจนมีน้ำหนักอะตอม 16 (ความจริง 15.99) ดังนั้น ออกซิเจน 32 กรัม ก็จะมีปริมาณ _ _ _ _ _ กรัมอะตอม

53) 23 46

55. เนื่องจากในสูตร Na_2O นั่นก็คือโซเดียม 2 กรัมอะตอม ดังนั้น ถ้าใช้ออกซิเจน 16 กรัม ปริมาณของโซเดียมที่จะทำปฏิกริยาพอดีกับออกซิเจนจำนวนนี้ก็จะต้องเป็น 2 กรัม อะตอมคิดเป็นน้ำหนักก็จะมีปริมาณ _ _ _ _ _ _ _ กรัม

54) 2

56. อัตราส่วนนี้จะเพิ่มหรือลดตามกันเสมอทั้งนี้เพราะเป็นอัตราส่วนที่คงที่ เช่น ถ้าใช้ออกซิเจน 4 กรัม ก็จะใช้โซเดียมบริสุทธิ์หนัก _ _ _ _ _ _ _ กรัม

55) 46

ส่วนธาตุอื่น ๆ ที่รวมตัวกันเป็นไปในทำนองนี้ทั้งหมด จงทำแบบฝึกหัดท้ายบทก่อนที่จะขึ้นหน่วยต่อไป

56) 11.5

แบบฝึกหัด

1) จงเขียนสูตรเอมไพริกัลของสารประกอบต่อไปนี้

ก. Na_2O_2

ข. $C_2H_4O_2$

ก. C_4H_{10}

ง. CS_2

2) พบว่าการประกอบชนิดหนึ่งมีสูตรเอมไพริกัลเป็น CH และทดลองหาน้ำหนักโมเลกุลได้ 78 สารนี้จะมีสูตรโมเลกุลเป็นอย่างไร (แสดงวิธีคำนวณสั้น ๆ)

3) สารประกอบออกไซด์ของกำมะถันชนิดหนึ่งเมื่อนำมาทำการวิเคราะห์พบว่าประกอบด้วยกำมะถัน 40% โดยน้ำหนัก เมื่อน้ำหนักอะตอมของกำมะถันเป็น 32 และออกซิเจนเป็น 16 สูตรเอมไพริกัลของสารประกอบนี้จะเป็นอย่างไร และถ้าน้ำหนักโมเลกุลของสาร (ได้จากการทดลองได้) เป็น 80 พอดี สูตรโมเลกุลของสารนี้จะเป็นอย่างไร

4) ถ้าเอาธาตุที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น 7 มา 1 กรัมอะตอม ธาตุนี้จะทำปฏิกิริยาพอดีกับโลหะโปตัสเซี่ยมที่บริสุทธิ์ ปริมาณกี่กรัม? (ธาตุที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 7 จะต้องการอิเล็กตรอนเพียง 1 ตัว แล้วมันจะเป็นไอออนลบที่มีประจุลบคือ -1 ควรจะเขียนสูตรของสารเสียก่อน เพื่อจะได้เห็นอัตราส่วนจำนวนอะตอมชัดเจน)

การเรียกชื่อสารเคมี

1. หลังจากอะตอมของธาตุเกิดปฏิกริยาชนิดให้และรับอิเล็กตรอนกันแล้วธาตุโลหะจะเป็นไอออนที่มีประจุไฟฟ้าเป็น_ _ _ _ _ ส่วนอโลหะจะเป็นไอออนที่มีประจุไฟฟ้าเป็น _ _ _ _ _ _ _	
2. อนุมูลที่มีประจุไฟฟ้า (อนุมูลกรดหรืออนุมูลเบส) เช่น SO_4^{-2} NO_3^- ก็เป็นอนุภาคประเภทเดียวกับไอออนคือมันมี_ _ _ _ _ _ _ _ ไฟฟ้า ซึ่งจะเกาะติดกับไอออนที่มีประจุตรงข้ามกันด้วยพันธะทางเคมีชนิดพันธะ_ _ _ _ _ _ _ _	1) บวก ลบ
3. <u>การอ่านสูตรของสารเคมีเราอ่านจากซ้ายไปขวา</u> เช่นสูตร BaO ของธาตุ barium ถูกเรียกชื่อก่อนธาตุ Oxygen ถ้าสูตรของการประกอบเป็น $CaCl_2$ ธาตุ_ _ _ _ _ _ _ จะถูกเรียกชื่อก่อนธาตุ _ _ _ _ _ _ _ _	2) ประจุไอโอนิก
(การอ่านชื่อสาร เราต้องอ่านชื่อเต็มของธาตุไม่ใช่เรียกสัญญลักษณ์และถ้าจำชื่อไม่ได้ก็หยิบเอาตารางธาตุหรือแผ่นที่พิมพ์ชื่อธาตุมากัดลอกชื่อของธาตุลงไปได้เลย และจงพยายามเขียนภาษาอังกฤษ)	3) แกลเซียม กลนรีน
4. ในการเรียกชื่อสูตร KI ธาตุ _ _ _ _ _ _ _ จะถูกเรียกชื่อก่อนธาตุ _ _ _ _ _ _ _	-

5. ชื่อของ _ _ _ _ _ _ จะมาก่อนชื่อของ _ _ _ _ _ ในการเรียกชื่อสารประกอบ $CoCl_2$	4) potassium iodine
6. ในการเรียกชื่อธาตุตัวที่อยู่ทางซ้ายนั้น 6.1 เราเรียกตามชื่อธาตุ 6.2 เรียกตามชื่อไอออนของมัน ในกรณีที่ธาตุนั้นมีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ ได้มากกว่า 1 ค่า เช่น Cu^{+2} เรียกว่า Cupric แต่ Cu^{+} เรียกว่า Cuprous ในตอนแรกจะมาถึกษาการเรียกชื่อตามแบบ 6.1 ก่อน	5) Cobalt Chorine
7. K_2O เรียกว่า _ _ _ _ _ _ _ _	-
8. Na_2S เรียกว่า _ _ _ _ _ _	7) potassium
9. $ZnCl_2$ เรียกว่า _ _ _ _ _ _ _ chloride	8) sodium
10. Al_2O_3 เริ่มด้วยชื่อของธาตุ _ _ _ _ _ _ ก่อน	9) Zinc
11. แต่อนุมูล NH_4^+ ซึ่งเราเรียกว่า Ammonium ion นั้น เราเรียกว่า Ammonium เสมอ เช่น NH_4Cl ก็เริ่มต้นด้วยชื่อว่า_ _ _ _ _ _	10) Aluminum or Aluminium

12. NH_4NO_3 เรียกว่า _ _ _ _ _ _ nitrate	11) ammonium
13. ส่วนการเรียกชื่อสมาชิกตัวทางขวามือในสูตรนั้น ถ้าตัวทางขวามือเป็นธาตุเดี่ยว หรือธาตุเพียงชนิดเดียว (ไม่ใช่หมายความว่าเป็นอะตอมเดียว จะกี่อะตอมก็ได้) เช่น $AlCl_3$ เราจะเปลี่ยนชื่อพยางค์หลังสุดของธาตุนั้นเป็น ide (ไอด์) เช่น chlorine เป็น chloride ถ้าธาตุ iodine ก็เปลี่ยนเป็น _ _ _ _ _ _ _ _	12) ammonium
14. sulfur ก็เปลี่ยนเป็น _ _ _ _ _ _ _	13) iodide
15. KI เรียกว่า _ _ _ _ _ _ _ _	14) sulfide
16. CaO เรียกว่า _ _ _ _ _ _ _	15) potassium
17. BaO เรียกว่า _ _ _ _ _ _ _ _ _	16) Calcium
18. $MgBr_2$ เรียกว่า _ _ _ _ _ _	17) Barium oxide
19. CaS เรียกว่า _ _ _ _ _	18) magnesium bromide

20. NaF เรียกว่า _ _ _ _ _ _ _ fluoride	19) Calcium sulfide
21. CaF_2 เรียกว่า _ _ _ _ _	20) sodium
22. NH_4Cl เรียกว่า _ _ _ _ _ _ _ chloride	21) Calcium fluoride
23. Al_4C_3 เรียกว่า _ _ _ _ _ carbide	22) ammonium
24. CaC_2 เรียกว่า _ _ _ _ _ _	23) Aluminium
25. Mg_3N_2 เรียกว่า _ _ _ _ _	24) calcium carbide
26. Li N เรียกว่า _ _ _ _ _ _ _	25) magnesium nitride
27. Ca_3P_2 เรียกว่า _ _ _ _ _	26) Lithium nitride
28. HCl (gas) เรียก _ _ _ _ _ _	27) Lithium nitride
29. AlH_3 เรียกว่า _ _ _ _ _	28) hydrogen chloride

30. NaI เรียกว่า _ _ _ _ _	29) Aluminum nyd ·do
31. สรุปว่ากฎในการเรียกชื่อสมาชิกตัวทาง ความมือในสูตรนั้น ถ้าเป็นธาตุชนิดเป็นธาตุเดี่ยว (simple elements) ก็เปลี่ยนแปลงก็ท้ายของชื่อธาตุนั้นเป็น_ _ _ _ _ _ _	30) sod·um
32. ในกรณีที่สมาชิกทาง ความมือเป็นกลุ่มอะตอมหรืออนุมูลกรดต่าง ๆ ก็เรียกชื่อสมาชิกตัวทางซ้ายมือก่อน แล้วตามด้วยชื่อของกลุ่มอนุมูลต่าง ๆ เหล่านั้น (เรื่องนี้เคยเรียนมาในวิทยาศาสตร์ทั่วไป 4 แล้ว) เพื่อเป็นการประหยัดเวลาในการทบทวน จงหยิบเอาแผ่นรายชื่ออนุมูล (หรือกลุ่มอะตอมธาตุ) ต่าง ๆ ขึ้นมาประกอบได้เลย (หน้า 138 – 139)	31) ·do
33. ตัวอย่างเช่น KIO_3 อนุมูลทาง ความคือ IO_3^- ซึ่งเรียกว่าอนุมูล iodate ดังนั้น KIO_3 ก็เรียกว่า potassium _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	-
34. จงดูรายชื่อของอนุมูลต่าง ๆ ประกอบไปด้วย $KClO_3$ เรียกว่า _ _ _ _ _ _	33) ·odate
35. $KMnO_3$ เรียกว่า _ _ _ _ _ _	34) potassium ·olorate

36. (NH_4) SO_4 เรียกว่า Ammonium _ _ _ _ _ _ _	35) potassium nitrate
37. NH_4 SO_4 เรียกว่า _ _ _ _ _	36) sulfate
38. KOH เรียกว่า _ _ _ _ _ _	37) Ammonium nitrate
39. Na_2O_2 เรียกว่า _ _ _ _ _ peroxide	38) potassium hydroxide
40. $NaSO_3$ เรียกว่า _ _ _ _ _	39) sodium
41. $KHSO_4$ เรียกว่า _ _ _ _ _ _	40) sodium sulfite
42. $(NH_4)_3$ PO_4 เรียกว่า _ _ _ _	41) potassium bisulfate (or potassium hydrogen sulfate
43. Na CH_3COO หรือ CH_3COO Na เรียกว่า _ _ _ _ _ _	42) Ammonium phosphate

44. สรุปว่าถ้าสมาชิกทางขวามือเป็นอนุมูล ก็เรียกชื่อสมาชิกตัวหางซ้ายก่อนแล้วตามด้วยชื่อของ อ _ _ _ _ _ _ _ ทางขวามือนั้น

43) sodium acetate

45. สารประกอบบางตัวเรานิยมเรียกชื่อสามัญ เช่น NH_3 เรียกว่า Ammonia (อแมโมเนีย) อย่าจำสับสนกับอนุมูล Ammonium ซึ่งมีประจุไฟฟ้าซึ่งเขียนได้เป็น NH_4^+ ส่วนแอมโมเนียเป็นโมเลกุลของสารประกอบที่มีสูตรโมเลกุลเป็น _ _ _ _ _

44) อนุมูล

แบบฝึกหัด

(ทำลงสมุดหรือกระดาษอื่นๆ)

จงเขียนชื่อ (เรียกชื่อ) สารเคมีจากสูตรต่อไปนี้

NH_4F $HBr(gas)$ $H_2S(gas)$ $CaCO_3$

$Ca(PO_4)_2$ NaH_2PO_4 $CaHPO_4$, $Co(ClO)_2$ Na_2SO_4

46. ในสารประกอบโควาเลนต์ พบว่ามีธาตุหลายคู่ที่ทำปฏิกริยากันเกิดสารประกอบได้หลายตัว (มากกว่า 1 ตัว) เช่นนี้ CO CO_2 ซึ่งการรวมตัวเป็นไปตามกฎเกี่ยวกับน้ำหนักคือกฎสัดส่วน _ _ _ _ _ _

45) NH_3

47. เพื่อให้มีชื่อแตกต่างกัน เราใช้ภาษากรีก มาเติมลงข้างหน้าชื่อของสมาชิกตัวที่สามขึ้นไป เพื่อบอกจำนวนอะตอมของธาตุตัวหลัง ที่มารวมตัวพอดีกับสมาชิกตัวหน้า เช่น CO เรียกว่า carbon monoxide และ CO_2 เรียกว่า Carbon dioxide ภาษากรีกที่เติมลงไปบอกจำนวนอะตอมของออกซิเจนก็คือ mon (มาจาก mono แต่ o สองตัวตัดออกเสีย 1 ตัว) และ _ _ _ _ _ _ _ ในชื่อของสารประกอบ CO_2

46) พหุคูณ

---

48. ภาษากรีกที่ใช้บอกจำนวนที่ควรรู้ไว้คือ

mono	=	1	hexa	=	6
di	=	2	hepta	=	7
tri	=	3	octa	=	8
tetra	=	4	nona	=	9
penta	=	5	deca	=	10

47) di

---

49. SO_2 เรียกว่า sulfur = _ _ _ _ _ _ _ oxide

-

---

50. SO_3 (ไม่ใช่ SO_3^{-2}) เรียกว่า sulfur _ _ _ _ _ oxide

49) di

---

51. CCl_4 เรียกว่า _ _ _ _ _ _ _ _

50) tri

---

52. PCl_5 เรียกว่า phosphorus _ _ _ _ _ _ _ _ _	51) carbon tetrachloride
53. CS_2 เรียกว่า _ _ _ _	52) pentachlor[illegible]
54. SF_6 เรียกว่า _ _ _ _ _ _	53) carbon
55. P_2O_3 เรียกว่า _ _ _ _	54) Sulfur hexafluoride
56. P_2O_5 เรียกว่า _ _ _ _ _ _ _	55) phosphorus trioxide
57. บางทีเราอาจจะ เติมคำบอกจำนวนภาษากรีกลงไปข้างหน้าสมาชิกตัวทางซ้ายมือด้วยก็ได้ ในกรณีที่ธาตุอโลหะนั้นมีจำนวนมากกว่า 1 เช่น P_2O_3 เราอาจจะเรียกว่า diphosphorus _ _ _ _ _ ก็ได้	56) phospho[illegible] pentoxide
58. N_2O_5 ถ้าเรียกตามแบบในกรอบที่ 57 อาจเรียกชื่อว่า _ _ _ _ _ _	57) oxide

59. ในสารประกอบไอโอนิค มีธาตุโลหะในหมู่ B ในตารางธาตุหลายตัวที่มีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ได้หลายค่า โลหะซึ่งเป็นสมาชิกตัวทางซ้ายมือในสูตรจึงต้องมีชื่อเรียกให้ต่างกันดูในตารางที่พิมพ์ให้ (ชื่อของไอออนของโลหะหมู่ B บางตัว)

Cu^{+1} เรียกว่า _ _ _ _ _ _ _ _ _

Cu^{+2} เรียกว่า _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

58) cuprous

pentoxide

60. $CuCl_2$ เรียกว่า _ _ _ _ _ _ chloride

59) cuprous
cupric

61. FeO แสดงว่าเหล็กใช้ออกซิเดชั่นนัมเบอร์เป็น ± 2 (เท่ากับออกซิเจน) จึงเรียกว่า _ _ _ _ _ _ _ _ _

oxide

60) cupric

62. $FeCl_3$ เหล็กใช้ออกซิเดชั่นนัมเบอร์เป็น _ _ _ _ _ _ _ สารประกอบนี้จึงเรียกชื่อว่า _ _ _ _

61) ferrous

63. Fe_2O_3 (จากหลักการไขว้เขียนสูตรที่เคยเรียนมาในเรื่องออกซิเดชั่นนัมเบอร์) เหล็กมีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์เป็น _ _ _ _ _ _ _ _ สูตรนี้จึงควรจะเรียกว่า _ _ _ _ _

62) + 3

ferric chloride

64. Cr_2O_3 เรียกว่า _ _ _ _ _ _

63) +3
ferric oxide

65. Cu_2O เรียกว่า _ _ _ _ _ _

64) chromic oxide

66. SnO_2 เรียกว่า _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

(Sn^{+4} และ O^{-2} ก็จึงตัดกันเป็น $Sn^{+2}O^{-1}$

65) cuprous oxide

67. ระบบการเรียกชื่อไอออนของโลหะอีกแบบหนึ่งที่ยังมีใช้อยู่บ้าง แต่ไม่นิยมนัก เช่น Cr^{+2} เรียก Chromium (II) Cr^{+3} เรียกว่า Chrpmium (III) คือใช้เลขโรมันบอกค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ไว้ในวงเล็บ Cr_2C_3 ถ้าเรียกตามระบบนี้ก็เรียกว่า Chromium (III) _ _ _ _ _ _

66) stannic oxide

68. CuO ก็เรียกว่า _ _ _ _ _ _ _ oxide

67) oxide

69. อย่าลืมว่าการเรียกชื่อของไอออนในสูตรตัวหน้านั้นใช้กับโลหะเท่านั้น และการเติมคำบอกจำนวนอะตอมก็ใช้เฉพาะอโลหะด้วยกันเท่านั้น เช่น Cr_2O_3 เราไม่เรียกว่า chromium trioxide แต่เราเรียกว่า _ _ _ _ _

68) copper (II) oxide

70. ส่วน N_2O_3 เราก็จ้องเรียกว่า _ _ _ _ _ _ _

69) chromic oxide

การเขียนสูตรเคมีจากชื่อของสสาร

71. ในการเรียกชื่อสารเคมีนั้นเราเรียกชื่อสมาชิกตัวทางด้าน _ _ _ _ _ _ _ _ มือก่อน	70) nitro,,en trioxide
72. ในทำนองชี้สอดคล้องกัน การเขียนสูตรเคมีจากชื่อของสารนั้น เราก็เขียนสัญญลักษณ์ของสมาชิกตัวที่ถูกเอ่ยชื่อเป็นตัวแรกไว้ก่อนหรือไว้ทางด้าน _ _ _ _ _ _ _ มือ	71) ซ้าย
73. เช่นสารชื่อโปตัสเซียมโบรไมด์ การเขียนสูตรก็จะต้องเขียนสัญญลักษณ์ของธาตุ_ _ _ _ _ ก่อน คือ _ _ _ _ _ _	72) ซ้าย
74. ต่อไปจึงเขียนสัญญลักษณ์ของธาตุ _ _ _ _ _ คือ_ _ _ _ ไว้ทางด้านขวามือ	73) โปตัสเซียม
75. จะได้สัญญลักษณ์ของธาตุทั้งสองชนิดที่เป็นสารประกอบเรียงติดกันกัน คือ _ _ _ _ _ _ _	74) โบรมีน Br

76. ในขั้นต่อไปก็เขียนค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ของธาตุทั้งสองไว้บนมุมทางขวาของสัญญลักษณ์ (ดังที่เคยเรียนมาแล้วในเรื่องประโยชน์ของออกซิเดชั่นนัมเบอร์) จึงได้เป็น _ _ _ _ _	75) KBr
77. ขั้นต่อไปเรามีวิธีการทำให้ค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์รวมของโมเลกุลหรือของธาตุหรือไอออนในสูตรรวมกันแล้วเป็นศูนย์ (0) โดยการไขว้กันและไม่กิดเครื่องหมาย เช่น $K^{+1}Br^{-1}$ จะได้เป็น KBr (เลข 1 ไม่นิยมเขียน) ถ้าเป็น $Ca^{+2}I^{-1}$ เมื่อไขว้แล้วก็จะได้เป็น _ _ _ _ _ _ ซึ่งเป็นสูตรของแกลเซียมไอโอไดด์	76) $K^{+1}Br^{-1}$
78. สรุปว่าเราได้กฎว่า เราเขียนสัญญลักษณ์ของธาตุหรือไอออนที่ถูกกล่าวชื่อก่อนลงไปก่อน หรือไว้ทางด้าน _ _ _ _ _ _ ของธาตุหรือกลุ่มอนุมูล แล้วเขียน _ _ _ _ _ _ _ _ ไว้ทางมุมขวา.	77) CaI_2
79. ผลรวมของออกซิเดชั่นนัมเบอร์ในโมเลกุลจะต้อง _ _ _ _ นั่นคือ ถ้าไอออนบวกและลบมารวมกันสูตรโมเลกุลจะต้องไม่มีประจุไฟฟ้า	78) ซ้าย ออกซิเดชั่นนัมเบอร์
80. ในการเขียนสูตรของ ferric chloride ขั้นแรกเขียนเฉพาะสัญญลักษณ์ก่อนจะได้เป็น _ _ _ _ _	79) 0

81. เมื่อเวียนค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์กำกับก็จะเป็น _ _ _ _ _	80) FeCl
82. เมื่อทำให้ประจุไฟฟ้าของโมเลกุลเป็น 0 หรือผลรวมของ (โดยการไขว้) ออกซิเดชั่นนัมเบอร์เป็น 0 แล้วก็จะได้สูตรเป็น _ _ _ _ _	81) $Fe^{+3}Cl^{-1}$
83. แอมโมเนียมคลอไรด์จะมีสูตรเป็น _ _ _ _ _	82) $FeCl_3$
84. ในกรณีที่ค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์หรือค่าประจุของไอออนตัดกันได้เราก็จะตัดหรือทอนลงทั้งคู่ เช่น Ca^{+2} O^{-2} เมื่อไขว้กันแล้วจะได้ Ca_2O_2 เมื่อเอา 2 มาหารตลอดจะเหลือสูตรของสารนี้เป็น _ _ _ _ _ _ ซึ่งเป็นสูตรของสารประกอบที่มีชื่อว่า _ _ _ _ _ _ _ oxide	83) NH_4Cl
85. Zinc oxide (เมื่อสังกะสีมีออกซิเดชั่นนัมเบอร์+2) จะมีสูตรเป็น _ _ _ _ _ _	84) CaO calcium
86. Stannic sulfide (เมื่อดีบุกซัลไฟด์ มีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ -2) จะมีสูตรเป็น _ _ _ _ _	85) ZnO
87. ferric oxide จะมีสูตรเป็น _ _ _ _ _ _	86) SnO_2

88. ในกรณีที่อโลหะรวมตัวกันเราก็ให้จำนวนอะตอมของธาตุต่าง ๆ ตามชื่อของมัน เช่น phosphorus pentoxide ก็จะมีสูตรเป็น _____ ทั้งนี้เพราะออกซิเจนมีค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์เป็น _____ จึงไขว้ลงไป (แต่กฎนี้ไม่แน่นอนนัก เช่น sulfur dioxide สูตรเป็น SO_2 เพราะว่าค่าออกซิเดชั่นนัมเบอร์ + 4 สูตรของสารประกอบโควาเลนต์จึงต้องอาศัยการจำอยู่มาก)

87) Fe_2O_3

89. Carbon tetrachloride มีสูตรเป็น _____

88) P_2O_5

90. ในกรณีที่อนุมูลหรือไอออนที่ประกอบขึ้นด้วยธาตุ 2 ชนิดขึ้นไป มีจำนวนมากกว่า 2 กลุ่ม เราจะต้องใส่วงเล็บเพื่อป้องกันความเข้าใจผิด เช่น หมู่ OH^- 2 หมู่ จะต้องเขียน $(OH)_2$ ferrous hydroxide จะมีสูตรเป็น $Fe(OH)_2$ ส่วน ferric hydroxide จะมีสูตร (หลังจากไขว้กันเรียบร้อยแล้วเป็น _____

89) CCl_4

91. ในการเขียนสูตรของ ferric sulfate เมื่อเขียนสัญญลักษณ์และออกซิเดชั่นนัมเบอร์กำกับไว้บนมุม. วาจะได้เป็น _____

90) $Fe(OH)_3$

92. เมื่อไขว้ลงและใส่วงเล็บบอกจำนวนกลุ่มซัลเฟตเขียนเป็นสูตรเรียบร้อยแล้วจึงได้เป็น _____	91) $Fe^{+3}SO_4^{-2}$
93. ในการเขียนสูตรของ Calcium nitrate เมื่อเขียนเฉพาะสัญญลักษณ์และออกซิเดชั่นนัมเบอร์กำกับ (ยังไม่ได้ไขว้ลง) จะได้เป็น _____	92) $Fe_2(SO_4)_3$
94. เมื่อไขว้ลงและใส่วงเล็บบอกจำนวนของอนุมูลในเกรดในโมเลกุลเป็นสูตรที่เรียบร้อยแล้ว สูตรของ calcium nitrate ก็จะเขียนได้เป็น _____	93) $Ca^{+2}NO_3^{-1}$
สำหรับการอ่านชื่อกรดและเบสนั้น ครูจะอ่านประกอบเอาเองจากแบบเรียนอื่น ๆ และเข้าใจว่าท่านคงจะเรียนมาแล้วและไม่ยากนัก	94) $Ca(NO_3)_2$

<u>แบบฝึกหัด</u>

(ทดลองสมุด)

1. จงอ่านชื่อของสารประกอบต่อไปนี้.-

   $Ca(NO)$ NCN PbO $CuOH$ NO PT_3

2. จงเขียน สูตรของสารประกอบต่อไปนี้.- Stannous oxide : Ammonium phosphate· Calcium phosphate: mercuric iodide: potassium permanganate

ชื่อของไอออนและอนุมูลที่ควรรู้จัก

สูตร	ชื่อ
CN^-	Cyanide
HS^-	bisulfide
CO_3^{-2}	carbonate
$Cr_2O_7^{-2}$	dichromate
Cr_2O_4	chromate
SO_4^{-2}	sulfate
SO_3^{-2}	sulfite
HSO_4^-	bisulfate หรือ hydrogen sulfate
HSO_3^-	bisulfite หรือ gydrogen sulfate
PO_4^{-3}	phosphate
$H_2PO_4^-$	dihydrogen phosphate
HPO_4^-	hydrogen phoshate
NO_3^-	nitrate
NO_2^-	nitrate
OH^-	hydroxide
CH_3COO^- หรือ $C_2H_3O_2^-$	acetate
ClO^-	hypochlorite
ClO_2^-	chlorite

ClO_3^-	chlorate
ClO_4^-	perchlorate
IO^-	hypoiodite
IO_2^-	iodite
IO_3^-	iodate
IO_4^-	periodate

Sb^{+3}	antimonous (or antimony (III))
Cr^{+3}	chromic (or chromium (III))
Cr^{+2}	chromous (or chromium (II))
Cu^{+}	coprous (or copper (I))
Cu^{+2}	cupric (or copper (II))
Fe^{+2}	ferrous (or iron (II))
Fe^{+3}	ferric (or iron (III))
Hg_2^{+2} ; Hg^{+}	mercurous (or mercury (I))
Hg^{+2}	murcuric (or murcury (II))
Sn^{+2}	Stannous (or tin (II))
Sn^{+4}	stannic (or tin (IV))
Pb^{+2}	plumbous (or lead (II))
Pb^{+4}	plumbic (or lead (IV))
Sb^{+5}	antimonic (or antimony (V))

หน่วยที่ 6

ตารางธาตุ

(รวมเอาการลงธาตุสมัยปัจจุบันขึ้นมาประกอบดูไปด้วย)

1. เพื่อความสะดวกแก่การศึกษา ความรู้หรือวิทยาการต่าง ๆ จะถูกจำแนกและจัดไว้เป็นหมวดหมู่ ในทำนองเดียวกันนี้ นักเคมีในสมัยก่อน ๆ ที่ผ่านมาต้องการจะให้มีความสะดวกในการที่จะทำการศึกษาคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ของธาตุ ตลอดวนการนำไปใช้ จึงได้มีการพยายามจัดเรียงธาตุต่าง ๆ ไว้ให้เป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ อย่างมีระเบียบ	
2. การจัดหมวดหมู่โดยอาศัยคุณสมบัติด้านต่าง ๆ ของธาตุเป็นเกณฑ์ได้วิวัฒนาการมาเรื่อย ๆ จนมีรูปร่างลักษณะเป็นการรวมขึ้นซึ่งเราเรียกว่า _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ธาตุ	1) หมวดหมู่
3. ใน "การางธาตุ" (periodic table) ที่เราเห็นโดยทั่ว ๆ ไปจะพบว่าสัญญลักษณ์ของธาตุต่าง ๆ จะถูกเขียนหรือรวบรวมไว้อย่างเด่นชัด เป็นต้น ส่วนใหญ่เราเรียกเขียน _ _ _ _ _ _ _ _	2) การาง

4.	การศึกษาจัดระบบจัดทำตารางธาตุได้เริ่มขึ้นจริงจังสมัยก่อนคริสตศตวรรษที่ 19 (หลังปี ค.ศ. 1800 มา) นักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาพบว่าเมื่อนำธาตุต่าง ๆ มาเรียงลำดับ (ตามลำดับน้ำหนักอะตอม ซึ่งจะสอดคล้องกับอะตอมมิกนัมเบอร์) แล้วพบว่าธาตุต่าง ๆ จะมีคุณสมบัติทางเคมีซ้ำกัน เป็นช่วง ๆ (คุณสมบัติทางเคมี เช่น การเกิดปฏิกริยากับธาตุอื่น ๆ การเป็นโลหะ เป็นต้น) เช่น ช่องละ 8 คือ ธาตุที่ 3 มีคุณสมบัติทางเคมีเหมือน ๆ กับธาตุที่ 11 ส่วนธาตุที่ 11 มีคุณสมบัติทางเคมีเหมือนกับธาตุที่ _ _ _ _ _	3) สัญญลักษณ์
5.	ธาตุที่ 2 จะมีคุณสมบัติทางเคมีซ้ำกับธาตุที่ _ _ _ _ _ _	4) 19
6.	ธาตุที่ 9 จะมีคุณสมบัติทางเคมีคล้ายคลึงกับธาตุที่ _ _ _ _	5) 10
7.	ลักษณะเช่นนี้ (ลักษณะการที่ธาตุต่าง ๆ มีคุณสมบัติซ้ำกันเป็นช่วง ๆ) นักเคมีได้ตั้งเป็นกฎขึ้น เรียกว่ากฎพีริโอดิก (the periodic law) ซึ่งมีใจความว่า เมื่อนำธาตุมาจัดเรียงตามลำดับแล้วจะพบว่า ธาตุต่าง ๆ จะมีคุณสมบัติทาง _ _ _ _ _ _ คล้ายคลึงกัน เมื่อนับเรียงไปเป็นช่วง ๆ	6) 17

8. นอกจากกฎนี้แล้วยังมีกฎที่สำคัญที่น่ารู้อีกกฎหนึ่ง คือ กฎสามู่สาม (Law of Triads) กฎนี้ตั้งขึ้นโดย Dobereiner เขาได้ศึกษาพบว่า เมื่อเรียงธาตุตามลำดับและได้ธาตุเป็นกลุ่ม ๆ ที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันแล้ว เมื่อพิจารณาตามแนวตั้งน้ำหนักอะตอมของธาตุกลางจะเท่ากับน้ำหนักอะตอมของธาตุบน + ธาตุล่าง แล้วหารด้วย 2 เช่น น้ำหนักอะตอมของโบรมีนจะเท่ากับน้ำหนักอะตอมของคลอรีน + ไอโอดีน แล้วหารด้วย _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

7) เกมี

9. เมื่อคำนวณแทนค่าดู = $\frac{35 + 127}{2}$ = _ _ _ _ _ _ _ _ _ ซึ่งค่าจริงจากตารางธาตุคือ _ _ _ _ _ _ _ (น.ป.อะตอมของโบรมีน)

8) 2

10. นั่นคือน้ำหนักอะตอมของธาตุ _ _ _ _ _ _ _ _ จากการคำนวณโดยวิธีนี้ทำให้ได้ผลใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้นมาก

9) 81
79.90

11. กฎนี้การคำนวณจะเขียนให้เป็นสมการง่าย ๆ ได้เป็น

น.ป.อะตอมธาตุที่ 2 = $\frac{\text{น.น.อะตอมธาตุที่ 1} + \text{ธาตุที่ 3}}{2}$

หรือนั่นคือ

น.ป.อะตอมธาตุที่ 3 = 2(น.ป.อะตอมของธาตุที่ 2) - น.น. _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

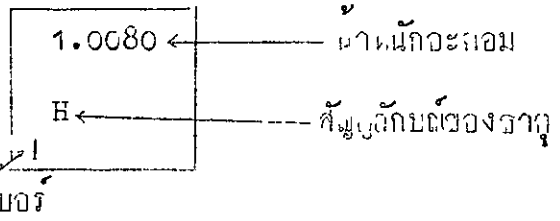
10) โบรมีน

12. ยกตัวอย่างหนึ่งคือธาตุในกลุ่มแรก (กลุ่มที่ 1) ซึ่งมีไฮโดรเจนเป็นตัวแรกและมีธาตุที่มีสัญญลักษณ์ Li Na K Rb _ และ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	11) อะตอมธาตุ
13. ถ้าสมมุติว่าเราเพิ่งจะค้นพบว่ามีธาตุ Cs เราอยากจะทำนายน้ำหนักอะตอมของมัน ก็จะทำนายได้โดยใช้กฎตามกรอบที่ 11 คือ เอาน้ำหนักของธาตุ _ _ _ _ _ _ _ คูณด้วย 2 แล้วลบด้วยน้ำหนักอะตอมของธาตุ _ _ _ _ _ _ _ _	12) Cs Fr
14. ถ้าธาตุ K มีน้ำหนักอะตอม 39 เอ.เอ็ม.ยู ธาตุ Rb หนัก 85 เอ.เอ็ม.ยู. ธาตุ Cs ก็จะมีน้ำหนักอะตอม _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ เอ.เอ็ม.ยู.	13) Rb K
15. เมื่อค้นพบกฎพิริโอดิกแล้ว นายเมนเดลีฟ (ชาวรัสเซีย) ก็ได้จัดเรียงตารางธาตุโดยจัดเรียงตามน้ำหนักอะตอมเป็นตารางที่สมบูรณ์แบบหนึ่ง ในปี ค.ศ. 1869 ซึ่งเราเรียกว่าแบบ short from หรือเพื่อให้เกียรติแก่ผู้เสนอเราเรียกว่าตารางธาตุแบบของ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	14) 131
16. สรุปว่าตารางธาตุแบบของ Mendeleev เราจัดเรียงธาตุเป็นหมวดหมู่โดยจัดเรียงจากซ้ายไปขวาตามคำกับของ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ของธาตุ	15) เมนเดลีฟ

ตารางธาตุในปัจจุบัน

(จงหยิบเอาตารางธาตุสมัยปัจจุบันนี้ขึ้นมาประกอบพิจารณาไปด้วยตลอดทบเรียนเรื่องนี้)

17. จะเห็นว่าได้ถูกจัดไว้เป็นกรอบ ๆ อย่างมีระเบียบโดยได้เขียนรายละเอียดไว้ดังตัวอย่าง เช่นธาตุไฮโดรเจน ซึ่งเป็นธาตุที่ 1 และอยู่ในกลัมน์ทางขวามือสุด



ธาตุที่ 2 ซึ่งอยู่ในกลัมน์ทางขวาขือสุดมีสัญลักษณ์เป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

16) น้ำหนัก

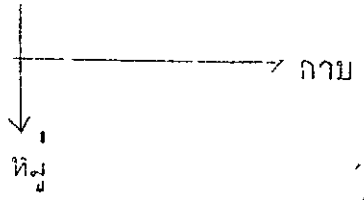
---

18. ธาตุที่ 2 มีอะตอมมินนัมเบอร์เป็น _ _ _ _ _ _ _ น้ำหนักอะตอมเป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

17) He

---

19. เกี่ยวกับตารางธาตุ เรามีคำที่ใช้กันอยู่มาก แต่ที่จำเป็นจะต้องรู้จักก็อคำว่า "คาบ" (period) และคำว่า "หมู่" หรือ "กรุฟ" (femily or group) ทั้งสองคำนี้เป็นลักษณะของการจัดเรียงธาตุ คือ



นั่นคือ ธาตุที่อยู่ในแถวเดียวกันในแนวนอนเราเรียกว่ามันอยู่ใน _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ เดียวกัน

18) 2

4.003

20. ตัวอย่างเช่น ธาตุในคาบที่ 2 ในการางธาตุได้แก่ธาตุที่มีสัญญลักษณ์เป็น Li Be B C N O _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ และ _ _ _ _ _ _ _	19) กาบ
21. ธาตุตัวแรกในคาบที่ 4 คือธาตุที่มีสัญญลักษณ์ _ _ _ _ _ _ ส่วนตัวสุดท้ายคือ ธาตุที่มีอะตอมมิกนัมเบอร์เป็น _ _ _ _ _	20) F Ne
22. ธาตุตัวแรกในคาบที่ 6 มีอะตอมมิกนัมเบอร์เป็น _ _ _ _ _	21) K 36
23. สังเกตดูในคาบที่ 2 พบว่าธาตุในคาบนี้เรียงไปตามอาคับ คือ ธาตุที่มีอะตอมมิกนัมเบอร์เป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ 4 5 6 7 8 9 และ _ _ _ _ _ _ _	22) 55
24. จึงกล่าวได้ว่าการางธาตุปัจจุบันไม่ได้ตั้งใจจะเรียงตามลำดับ น้ำหนักอะตอมแต่จะวัดเรียงธาตุในแต่ละคาบจากซ้ายไปขวา ตามลำดับของ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ (แต่ น.ม.อะตอมก็ เพิ่มตามไปด้วยเพราะมันแปรตามกัน)	23) 3
25. จากกรอบที่ 19 กลุ่มธาตุที่อยู่ในกรอบที่เรียงลงมาตามแนวตั้ง เราเรียกว่ามันเป็นธาตุ _ _ _ _ _ _ _ _ เดียวกัน	24) อะตอมมิก นัมเบอร์
26. ธาตุหมู่แรกทางซ้ายมือสุดนี้เรียกว่าหมู่ (เรียกรุ๊ป) ที่ 1 เช่น ได้แก่ธาตุที่มีสัญญลักษณ์เป็น H Li Na และ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	25) หมู่

27. ส่วนธาตุหมู่ทางขวามือสุดได้แก่ ธาตุที่มีอะตอมมิกนัมเบอร์เป็น _____ และ 86

26) K Rb Ca Fr

28. ธาตุหมู่ที่ 7 เอ ได้แก่ธาตุที่มีสัญลักษณ์เป็น At I _____ และ _____

27) 2 10 18 36 54

ความสำคัญของตารางธาตุ

29. ดังได้กล่าวมาแล้วว่าเราได้จัดรวบรวมธาตุต่าง ๆ ไว้เป็นหมวดหมู่จนได้เป็นตารางธาตุ เพื่อความสะดวกหลายประการที่จะศึกษาค้นคว้าและทำนายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในทางเคมีโดยอาศัย _____ ที่ได้จัดทำไว้นี้

28) Br Cl F

30. ประการแรกคือคุณสมบัติบางอย่าง (เช่น ขนาด น้ำหนัก สี ฯลฯ) ของธาตุต่าง ๆ ในตารางธาตุขนาดของอะตอมของธาตุในแต่ละหมู่จะโตขึ้นตามลำดับจากบนลงล่าง เช่น ในหมู่ที่ 1 เอ. เมื่อเปรียบเทียบขนาดของอะตอมระหว่างธาตุลิเธียม โซเดียม และโปตัสเซียม แล้วจะพบว่าธาตุ _____ จะมีขนาดของอะตอม (ครึ่งหนึ่งของระยะห่างนิวเคลียส) เล็กที่สุด

29) ตารางธาตุ

31. จากกรอบที่ 30 ธาตุ _____ จะมีขนาดของอะตอมโตกว่าธาตุลิเธียมและธาตุ _____ จะมีขนาดของอะตอมโตที่สุด ทั้งนี้ก็เพราะเมื่ออะตอมมิกนัมเบอร์เพิ่มมาก ๆ ชั้นรองอิเล็กตรอนจะหายขึ้นมากขึ้น

30) ลิเธียม

32.	ถ้าเมื่อเปรียบเทียบระหว่างธาตุในคาบเดียวกัน เราจะพบว่าขนาดของอะตอมของธาตุในแต่ละคาบจะเล็กลงตามลำดับจากซ้ายไปขวา เช่น ในคาบที่ 2 ธาตุเบอริลเลียม (Be) จะมีขนาดของอะตอมเล็กกว่าธาตุ _ _ _ _ _ _ _ _ _	31) โซเดียม โปตัสเซียม
33.	ธาตุไนโตรเจนจึงควรจะมีขนาดของอะตอม _ _ _ _ _ _ กว่าธาตุฟลูออรีนทั้งนี้เพราะเหตุในคาบเดียวกันมีชั้นของอิเล็กตรอนเท่ากัน แต่เมื่ออะตอมนิวเคลียสมีโปรตอนและ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ในนิวเคลียสจะเพิ่มขึ้นอำนาจการดึงดูดชั้นของอิเล็กตรอนเข้าในนิวเคลียสจึงมากขึ้นอะตอมจึงมีขนาดเล็กลง	32) ลิเธียม
34.	กฎข้อสำคัญประการที่สองของตารางธาตุคือ ทางเคมี (ได้แก่จากพวกการรวมตัวกันเป็นสารประกอบ ๆ ของธาตุเป็นสำคัญ) เนื่องจากธาตุในหมู่ เอ. ภายในหมู่เดียวกันทุก ๆ ตัว ที่อยู่ในหมู่เดียวกัน จะมีจำนวนอิเล็กตรอนในชั้นนอกสุดหรือที่เรียกว่า _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ อิเล็กตรอนเท่ากันหมด	33) โซ โปรตอน
35.	ธาตุฟลูออรีนมีวาเลนซ์อิเล็กตรอน เป็น 7 ธาตุคลอรีน โบรมีน และไอโอดีน ต่างก็มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ ที่ทำนายได้ง่าย ๆ เช่นนี้ก็เพราะธาตุทั้งสามตัวนี้อยู่ใน _ _ _ _ _ _ _ เดียวกันทั้งหมด	34) วาเลนซ์

36.	ข้อสังเกตอีกประการหนึ่งสำหรับธาตุในหมู่ เอ. ทั้งหมดก็คือ ธาตุในแต่ละหมู่จะมีจำนวนวาเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับเลขอันดับที่ของหมู่ เช่นหมู่ที่ 7 เอ. จะมีจำนวนวาเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น 7 ส่วนธาตุในหมู่ที่ 4 เอ. จะมีวาเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น _____ ธาตุในหมู่ที่ 2 เอ. มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น _____	35) 7 หมู่
37.	ธาตุลิเธียมและโปตัสเซียมมีวาเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น _____	36) 4 2
38.	แบเรียม (ธาตุที่ 56 คาบที่ 6) มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น _____	37) 1
39.	เนื่องจากธาตุที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากัน จะมีคุณสมบัติทางเคมีคล้ายคลึงกันมาก (เพราะจะมีออกซิเดชั่นนัมเบอร์เท่ากัน) ดังนั้นธาตุหมู่ เอ. ที่อยู่ในหมู่เดียวกันจึงมีคุณสมบัติทางเคมี _____ คล้ายคลึงกันมาก	38) 6
40.	เช่นถ้าออกไซด์ของแมกนีเซียมมีสูตรเป็น MgO ออกไซด์ของธาตุแคลเซียมก็จะมีสูตรเป็น _____ ของธาตุ Sr ก็จะมีสูตรเป็น _____	39) เคมี

41. สารประกอบซัลไฟด์ของโลหะโปตัสเซียมมีสูตรเป็น K_2S สารประกอบซัลไฟด์ของโลหะซีเซียม (Cs) ก็จะมีสูตรเป็น _____

40) CaO SrO

42. ตารางธาตุยังช่วยบอกคุณสมบัติในการเป็นโลหะและอโลหะของธาตุ โดยเปรียบเทียบกันระหว่างธาตุแต่ละคู่หรือแต่ละตัวได้อีกด้วย โดยอาศัยหลักที่ว่าในคาบเดียวกันจะมีความเป็นโลหะลดน้อยลงจากซ้ายไปขวา (ความเป็นโลหะในที่นี้หมายถึงความง่ายในการให้อนุภาคอิเล็กตรอนหรือความเป็นไอออนบวกได้ง่าย) เช่น โซเดียมมีคุณสมบัติในการเป็นธาตุโลหะ _____ (มาก/น้อย) กว่าธาตุอลูมิเนียม (คู่นี้ใช้ได้ทั้งธาตุหมู่ เอ. และ บี.)

41) Cs_2S

43. เมื่อเปรียบเทียบระหว่างไนโตรเจน ออกซิเจน และฟลูออรีน ก็จะพบว่าธาตุ _____ มีความเป็นอโลหะมากที่สุด ทั้งนี้ก็เพราะว่าเวเลนซ์อิเล็กตรอนเพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา

42) มาก

44. (ธาตุกลุ่ม 0 ทางขวามือสุดจะไม่เป็นโลหะและอโลหะแต่จะเป็นกลุ่มเฉื่อยที่ไม่ค่อยยอมเกิดปฏิกริยากับธาตุใดได้ง่าย ๆ)

เมื่อเปรียบเทียบธาตุในหมู่เดียวกันก็จะพบว่าธาตุจะเพิ่มความเป็นโลหะขึ้นเรื่อย ๆ จากบนลงล่าง เช่น ถ้าดูในแถวที่ 5 เอ. แอนติโมนี (Sb) จะมีความเป็นโลหะ _____ กว่าบิสมัท (Bi)

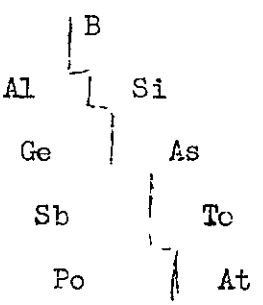
43) ฟลูออรีน

45. ในแถวที่ 2 เอ. เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแมกเนเซียมกับแคลเซียมแล้ว ธาตุ _____ จะมีความเป็นโลหะมากกว่า (ทั้งนี้เพราะเมื่ออะตอมโลหะขึ้นประจุบวกก็จะดูดอิเล็กตรอนซึ่งอยู่ใกล้ ๆ ไว้ได้ไม่ค่อยดี)

44) น้อย

---

46. เกี่ยวกับการแบ่งแยกธาตุว่าพวกใดควรจะเป็นโลหะหรืออโลหะนั้นเรามีเส้นแบ่งในตารางธาตุเรียกว่าเส้น diagonal line ซึ่งเป็นเส้นที่อยู่ระหว่างธาตุดังนี้ (โปรดจดไว้ในตารางธาตุของท่านให้ชัดเจนด้วย)



ธาตุที่อยู่ทางซ้ายมือของเส้นนี้จะเป็นธาตุโลหะ ส่วนธาตุทางขวามือ (ยกเว้นกลุ่ม 0) จะเป็นธาตุ _____

45) แกลเซียม

---

47. แต่ธาตุที่อยู่ติดกับเส้นนี้เป็นพวกที่มีคุณสมบัติเป็นกลางระหว่างโลหะกลับอโลหะ หรือที่เรียกกันว่า "Metalloid" ดังนั้นธาตุซิลิกอน (Si) ก็จัดเป็นธาตุประเภท _____ (ภาษาอังกฤษ)

46) อโลหะ

---

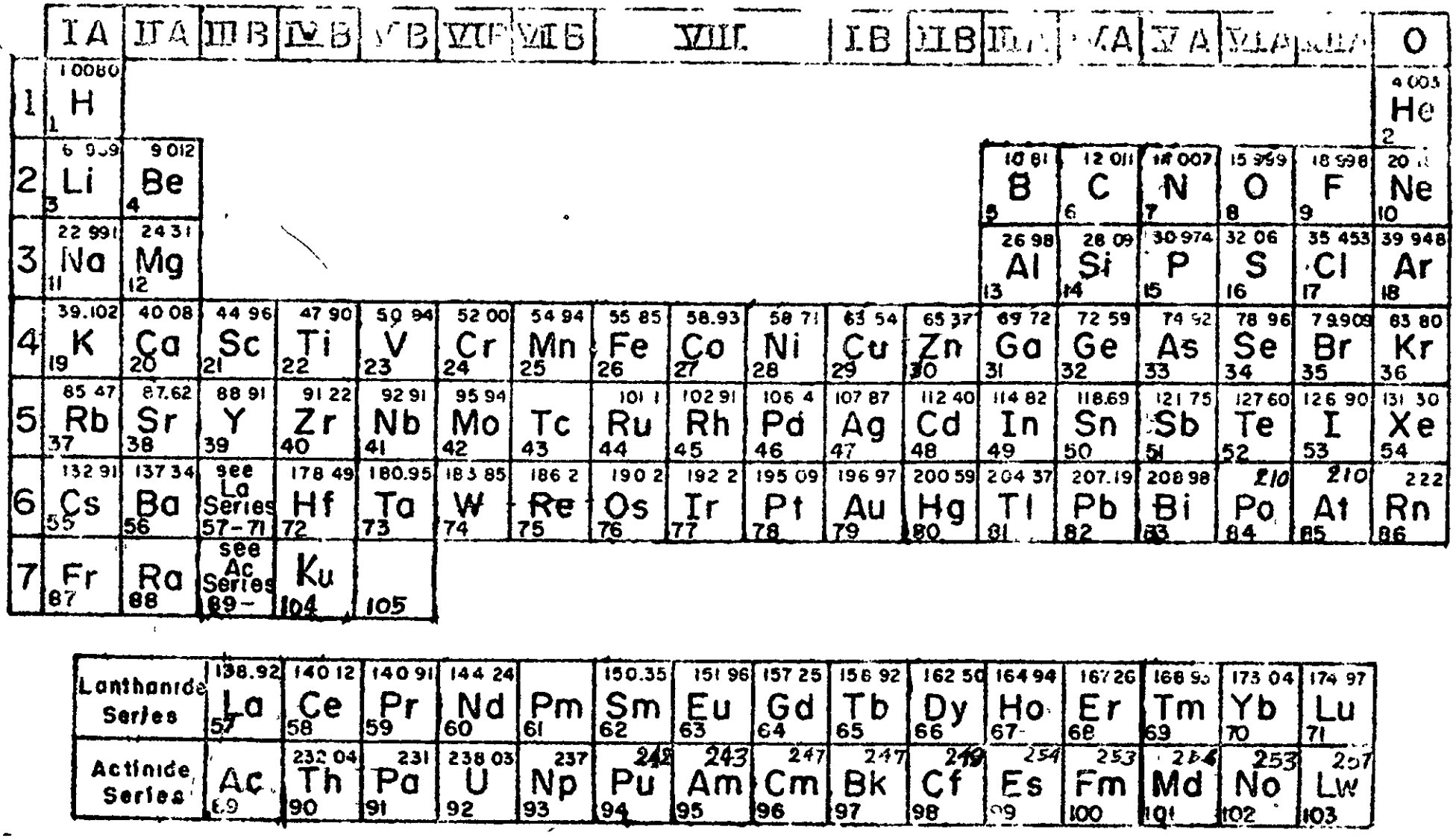
48. ธาตุฟอสฟอรัส กำมะถันและโบรมีนจัดเป็นธาตุประเภท _____

47) Metalloid

49.	ลิเธียม โปตัสเซียมจัดเป็นธาตุประเภท _____	48) อโลหะ
50.	ธาตุหมู่ บี. ทั้งหมดและธาตุ Lanthanide Series และธาตุจำพวก Actinide Series ก็จัดเป็นธาตุประเภท _____	49) โลหะ
51.	นอกจากนี้การจัดธาตุยังสามารถช่วยในการจัดหมวดหมู่ของธาตุที่มีสมบัติเฉพาะเรียกกันเป็นกลุ่ม ๆ ให้ความสะดวกหรือช่วยในการวิจัยอีกด้วย เช่นธาตุหมู่ halogen อันได้แก่ หมู่ที่ 7 เอ. อันได้แก่ธาตุทั้ง _____ ตัว ในหมู่นี้	50) โลหะ
52.	ธาตุโลหะอัลคาไล (Alkali metals) ได้แก่ ธาตุหมู่ที่ 1 เอ. (ยกเว้นไฮโดรเจน) ซึ่งมีสมาชิกอยู่ทั้งหมด _____ ตัว	51) 5
53.	ธาตุโลหะอัลคาไลน์ เอิร์ธ (alkaline earth metals) ได้แก่ธาตุหมู่ที่ 2 เอ. ทั้งหมด ซึ่งมีสมาชิกอยู่ทั้งหมดจำนวน _____ ตัว	52) 6
54.	ธาตุเบอริลเลียม เป็นสมาชิกของธาตุกลุ่มที่มีชื่อว่า _____ _____ (เขียนภาษาไทย)	53) 6

55. ธาตุโปตัสเซียมเป็นสมาชิกของธาตุกลุ่มที่มีชื่อว่า _____ _____ (เขียนภาษาไทย)	54) โลหะอัลคาไลน์ เอิร์ท
56. ธาตุโลหะในหมู่ที่ 1 และ 2 เอ. มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า <u>ธาตุโลหะเบา</u> (light metals) ดังนั้นธาตุโซเดียมและแบเรียม (Ba) ต่างก็เป็นธาตุจากกลุ่ม _____	55) โลหะอัลคาไลน์
57. ส่วนธาตุในหมู่ บี. ทั้งหมด (ธาตุหมู่ที่ 8 รวมทั้งธาตุในหลุ่ม Lanthanide Series และ Actinide Series ซึ่งพวกนี้ถือว่าเป็นหมู่ บี. ทั้งหมด) เราเรียกว่าธาตุ<u>ทรานซิชั่น</u> (Transition elements) ธาตุที่ 105 จึงจัดเป็นธาตุ _____ ตัวหนึ่งได้เหมือนกัน	56) โลหะเบา
58. ธาตุโลหะในหมู่ บี. บางทีก็มีชื่อเรียกว่า <u>ธาตุโลหะหนัก</u> (heavy metals) ธาตุทังกะสี (ธาตุที่ 30) แม้น้ำหนักอะตอมจะไม่มากแต่ก็จัดเป็นธาตุโลหะ _____	57) ทรานซิชั่น
59. ธาตุในกลุ่ม 0 ซึ่งเป็นกลุ่มทางขวาสุดเราเรียกว่าเป็นธาตุกลุ่ม<u>กาซเฉื่อย</u> (inert gases) เพราะธาตุพวกนี้เป็นกาซทุกตัว และมีโครงสร้างวาเลนซ์อิเล็กตรอนที่สมบูรณ์ จึงไม่ยอมทำปฏิกริยาเคมีกับธาตุใดอีก ธาตุในกลุ่มนี้ได้แก่ธาตุที่มีสัญลักษณ์ _____ และ _____	58) หนัก

60.	การางธาตุบังร่วยในการทำนายโครงสร้างและหมู่ที่มา ที่จะค้นพบใหม่จะมาเข้าสังกัดอีกด้วย เช่น พิจารณาจากการางแล้ว ธาตุที่ 104 อยู่ในหมู่ที่ 4 บี. ธาตุที่ 106 ก็ควรจะเรียงอยู่ในคาบที่ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ และอยู่ในหมู่ที่ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	59) He Ne Ar Kr Xe Rn
61.	ธาตุที่ 112 ควรจะอยู่ในคาบที่ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ และควรจะถูกจัดเรียงอยู่ในหมู่ที่ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _	60) 7 6 บี
62.	จงกลับไปทบทวนเรื่องการางธาตุมาจากกรอบที่ 1 ใหม่อีก ครั้งหนึ่งก่อนที่จะขึ้นหน่วยต่อไป ทั้งนี้ก็เพราะหน่วยนี้ไม่มีแบบฝึกหัดเติมเต็มนอกเหนือไปจากงานที่ยความเข้าใจในการเขียนตอบภายในกรอบต่าง ๆ จงพยายามจับใจความที่สำคัญและจดจ่อมุด ถ้าท่านเห็นว่าจำเป็นหรือน่าจะทำ	61) 7 6 บี



A PERIODIC CHART OF THE ELEMENTS

(BASED ON ^{12}C)

Name	Symbol	Atomic Number
uminum	Al	13
timony(Stibbium)	Sb	51
ctinium	Ac	89
rgon	Ar	18
rsenic	As	33
stetine	At	85
arium	Ba	56
eryllium	Be	4
ismuth	Bi	83
oron	B	5
romine	Br	35
admium	Cd	48
Calcium	Ca	20
Carbon	C	6
eriun	Ce	58
Cesium	Cs	55
Chlorine	Cl	17
Chromium	Cr	24
Cobalt	Co	27
Columbium	Cb	41
Copper (Cuprum)	Cu	29
Dysprosium	Dy	66
Erbium	Er	68
Europium	Eu	63
Fluorine	F	9
Francium	Fr	87
Gadolinium	Gd	64
Gallium	Ga	31
Germanium	Ge	32
Gold (Aurum)	Au	79
Hafnium	Hf	72
Helium	He	2
Holmium	Ho	67
Hydrogen	H	1
Indium	In	49
Iodine	I	53
Iridium	Ir	77
Iron (Ferrum)	Fe	26
Krypton	Kr	36
Kurchatovium	Ku	104
Lanthanum	La	57
Lead(Plumbum)	Pb	82
Lithium	Li	3
Lutecium	Lu	71
Lawrencium	Lw	103
Magnesium	Mg	12
Manganese	Mn	25
Mercury(Hydragyrum)	Hg	80

Name	Symbol	Atomic Number
Molybdenum	Mo	42
Neodymium	Nd	60
Neon	Ne	10
Nickel	Ni	28
Nitrogen	N	7
Osmium	Os	76
Oxygen	O	8
Palladium	Pd	46
Phosphorus	P	15
Platinum	Pt	78
Potassium(Kalium)	K	19
Praseodymium	Pr	59
Protactinium	Pa	91
Plutonium	Pu	94
Radium	Ra	88
Radon	Rn	86
Rhenium	Re	75
Rhodium	Rh	45
Rubidium	Rb	37
Ruthenium	Ru	44
Samarium	Sm	62
Scandium	Sc	21
Selenium	Se	34
Silicon	Si	14
Silver(Argentum)	Ag	47
Sodium(Natrium)	Na	11
Strontium	Sr	38
Sulfur	S	16
Tantalum	Ta	73
Tellurium	Te	52
Terbium	Tb	65
Thallium	Tl	81
Thorium	Th	90
Thulium	Tm	69
Tin	Sn	50
Titanium	Ti	22
Tungsten(Wolfram)	W	74
Uranium	U	92
Vanadium	V	23
Xenon	Xe	54
Ytterbium	Yb	70
Yttrium	Y	39
Zinc	Zn	30
Zirconium	Zr	40

ภาคผนวก ก

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเกมี 1

แบบสอบถามทัศนคติทางวิทยาศาสตร์

แบบสอบถามความรู้สึก (ทัศนคติ) ต่อการแบบเรียนโปรแกรม
และการเรียนการสอนแบบโปรแกรม

ข้อสอบวิชาเคมี 1

คำชี้แจง จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดในแต่ละข้อแล้วนำไปตอบในกระดาษคำตอบ โดยทำเครื่องหมายหนา ๆ ตรงข้อเลือกนั้น ดังตัวอย่าง เช่น ท่านต้องการเลือกข้อ จ.

ก. ═══ ข. ═══ ค. ═══ ง. ═══ จ. ═══

ศมีน้ำหนักเนื่องมาจากมันมีคุณสมบัติข้อใด?

มีมวล

มีพลังงาน

มีปริมาณ

มีความเฉื่อย

มีแรงโน้มถ่วงต่อตาชั่ง

ไฮโดรเจนกับออกซิเจนเกิดปฏิกริยารวมตัวอัตราส่วน โดยน้ำหนักไฮโดรเจนต่อเจนเป็น 1:8 เสมอไปทุก ๆ ครั้งนั้น ว่าการรวมตัวของธาตุทั้งสองเป็นไปตาม ?

กฎทรงมวล

กฎสัดส่วนจำกัด

กฎสัดส่วนพหุคูณ

กฎของดาลตัน

กฎอนุรักษ์พลังงาน

3. "อะตอม จะสูญหายหรือแยกสลายไม่ได้อีกแล้ว" ข้อความนี้สอดคล้องกับกฎเกี่ยวกับน้ำหนักข้อใด?

ก. กฎหมู่สาม

ข. กฎสัดส่วนคงตัว (หรือสัดส่วนจำกัด)

ค. กฎสัดส่วนพหุคูณ

ง. กฎความดันย่อย

จ. กฎทรงมวล

4. กฎใดที่สอดคล้องกับข้อความที่ว่า "สสารย่อมไม่สูญหายไปจากโลกหรือเอกภพ"?

(ใช้ตัวเลือกในข้อ 3.)

5. ถ้าเอาธาตุคาร์บอนบริสุทธิ์มา 16 กรัมเผาเพื่อให้ทำปฏิกิริยากับกาซออกซิเจน 32 กรัม แล้วได้คาร์บอนไดออกไซด์ 44 กรัม และพบว่ากาซออกซิเจนหมดไปพอดี จะมีธาตุคาร์บอนเหลืออยู่จากปฏิกิริยานี้หรือไม่ ถ้าเหลือจะเหลืออยู่เท่าไร?

ก. ไม่เหลือเลย

ข. เหลืออยู่ 4 กรัม

ค. เหลืออยู่ 16 กรัม

ง. เหลืออยู่ 28 กรัม

จ. เพิ่มขึ้นอีก 32 กรัม

ที่ไม่มีกล่าวถึงในทฤษฎีอะตอมของดาลตัน?

. การรวมตัวของอะตอม
. อะตอม
. สารประกอบ
. อนุภาคที่เป็นสสาร
. ชั้นของอิเล็กตรอน

u. (atomic mass unit) หน่วยวัดปริมาณอะไร?

. ความถี่ของอิเล็กตรอน
. วาเลนซี่
. อำนาจไฟฟ้า
. ความเร็ว
. น้ำหนัก

รข้อใดจะไม่นำไฟฟ้า?

. น้ำกลั่นเติมกรดกำมะถัน
. สารละลายด่างทับทิม
. น้ำแป้ง
. น้ำเกลือ
. น้ำทะเล

าตุ ก. 1 กรัมอะตอม มีน้ำหนักเป็นสองเท่า ธาตุคาร์บอน 12 (จำนวน 1 กรัมอะตอม กัน) ธาตุ ก.นี้จะมีน้ำหนักอะตอมเป็นเท่าไร?

. 2
. 6
. 12
. 24
. 48

10. ชิ้นส่วนที่เล็กที่สุดของธาตุที่สามารถอยู่อย่างอิสระและแสดงคุณสมบัติของธาตุนั้นได้ เราเรียกชิ้นส่วนนั้นว่าอะไร?

ก. อะตอมของธาตุ
ข. โมเลกุลของธาตุ
ค. โมเลกุลของสาร
ง. ไอโซโทปของธาตุ
จ. อนุมูลของธาตุ

11. เมื่อเอาธาตุ ก. กับธาตุ ข.มาอย่างละ 1 กรัมอะตอม ก็แสดงว่าเราเอาธาตุทั้งสองมาปริมาณเท่ากันในด้านใด?

ก. วาเลนซี่
ข. น้ำหนัก
ค. จานวนอะตอม
ง. มวล
จ. วาเลนซ์อิเล็กตรอน

12. สูตร $E = mc^2$ ของไอสไตน์แสดงให้เห็นว่ามวลสารกับพลังงานที่ได้จากการสลายตัวของมวลสารนั้นสัมพันธ์กันอย่างไร?

ก. มวลสารสลายตัวไปมากจะได้พลังงานมากขึ้น
ข. มวลสารสลายตัวไปมากขึ้นจะได้พลังงานน้อยลง
ค. พลังงานที่ได้จะคงที่แม้มวลสารสลายไปมากหรือน้อยก็ตาม
ง. แสงจะทวีความเร็วตามปริมาณมวลสาร
จ. แสงจะลดความเร็วเมื่อสารสลายตัวมากขึ้น

ารบอนบริสุทธิ์มา 24 กรัม แสดงว่าเราได้
ุคาร์บอนมากี่กรัมอะตอม?

. 0.25
. 0.50
. 1.00
ง. 2.00
. 6.00

อมมิคนัมเบอร์ของธาตุ เรากำหนดให้
ากับจำนวนอนุภาคชนิดใดของอะตอม?

. เบต้า
ข. นิวตรอน
ค. แกมม่า
ง. โปรตอน
จ. แอลฟ่า

ตุที่มีแมสนัมเบอร์มาก ๆ สิ่งใดจะมากตาม
ด้วย?

ก. สูตรโมเลกุล
ข. วาเลนซ์อิเล็กตรอน
ค. ชนิดของสารประกอบของมัน
ง. ออกซิเดชั่นนัมเบอร์ หรือวาเล็นซี่
จ. น้ำหนักอะตอม

16. อนุภาคมูลฐานชนิดใดของอะตอมที่จะไม่เพิ่มหรือลดประจุหรือศักดาไฟฟ้าให้กับสสารที่มันไปเกาะอยู่เลย?

ก. แกมม่า
ข. เบต้า
ค. อิเล็กตรอน
ง. โปรตอน
จ. นิวตรอน

17. อนุภาคมูลฐานชนิดใดที่ไม่อยู่ในนิวเคลียสของอะตอม?

(ใช้ตัวเลือกในข้อ 16)

18. นิวเคลียสของอะตอมทุก ๆ อะตอมมีประจุไฟฟ้าหรือไม่ เพราะเหตุใด ?

ก. มีเป็นลบเพราะมีอิเล็กตรอน
ข. ไม่มีเพราะมีเฉพาะนิวตรอน
ค. มี เพราะมีโปรตอนอยู่
ง. ไม่มีเพราะจานวนโปรตอนเท่านิวตรอน
จ. อาจมีหรือไม่มีก็ได้

บันพบว่าน้ำหนักของอะตอมของธาตุชนิดเดียว ไม่จำเป็นที่จะต้องเท่ากันทุกอะตอมไป ทั้งนี้เพราะเหตุใด?

ก. เพราะแยกอะตอมมาจากแหล่งต่างๆกัน

ข. ธาตุแต่ละชนิดไม่ได้มีเพียงไอโซโทปเดียว

ค. เป็นไปตามกฎหมู่สาม

ง. แต่ละอะตอมมีจำนวนโปรตอนต่างกัน

จ. มีวาเลนซี่แตกต่างกันไป

ชนิดเดียวกันแต่ต่างไอโซโทปกันจะมีอะไรกัน?

ก. วาเลนซี่หรือออกซิเดชั่นนัมเบอร์

ข. วาเลนซ์อิเล็กตรอน

ก. ขนาดของอะตอม

ง. จำนวนโปรตอนในนิวเคลียส

จ. จำนวนนิวตรอนในนิวเคลียส

รู้อะตอมมิกนัมเบอร์แล้ว เราสามารถทำนายวนอนุภาคมูลฐานชนิดใดของอะตอมได้อีกบ้าง?

ก. นิวตรอน

ข. โปซิตรอน

ค. อิเล็กตรอน

ง. มีซัน

จ. แอลฟ่า

22. การจัดเรียงอิเล็กตรอนในชั้นต่าง ๆ ของอะตอมอิสระของธาตุไนโตรเจนจะจัดจากชั้นในสุดออกมาอย่างไร ? (สัญญลักษณ์เป็น $_{7}N^{14}$ หรือดูจากตารางธาตุก็ได้)

ก. 2 4 1

ข. 2 8 4

ค. 2 4 8

ง. 2 5

จ. 2 7

23. สัญญลักษณ์นิวเคลียร์ตรงกับธาตุยูเรเนียมคือตัวใด?
(ดูตารางธาตุประกอบอยู่ในคาบสุดท้าย)

ก. $_{92}X^{235}$

ข. $_{90}X^{238}$

ค. $_{238}X^{90}$

ง. $_{90}X^{235}$

จ. $_{94}X^{225}$

ญลักษณ์ $_{16}X^{40}$ $_{17}X^{34}$ $_{16}X^{32}$

$_{16}X^{40}$ $_{16}X^{35}$ $_{16}X^{38}$ มีธาตุอยู่กี่ชนิด?

ม่จำแนกตามไอโซโทป)

ก. 2

ข. 3

ก. 4

ง. 5

จ. 6

ญลักษณ์ในข้อ 24 มีธาตุกำมะถันอยู่กี่

โซโทป?

ก. 2

ข. 3

ก. 4

ง. 5

จ. 6

ญญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ $_{4}X^{9}$ มา

าตอบคำถามข้อ 26 – 32 โดยใช้ตัวเลือก

ปนี้.

ก. 2

ข. 4

ก. 5

ง. 9

จ. 9.012

ตุนี้มีอะตอมมิคนัมเบอร์เท่าไร ?

ตอมอิสระของธาตุนี้มีอิเล็กตรอนทั้งหมดกี่ตัว?

28. ธาตุนี้มีอนุภาคนิวตรอนกี่ตัว?

29. ธาตุนี้มีแมสนัมเบอร์เป็นเท่าไร?

30. ธาตุนี้มีจำนวนประจุในนิวเคลียสเท่าไร?

31. ข้อใดควรจะเป็นอะตอมมิคแมสหรือน้ำหนัก

อะตอมของธาตุนี้?

32. ถ้านักวิทยาศาสตร์ค้นพบหรือสังเคราะห์ธาตุ

ใหม่ที่พบว่าโปรตรอนในนิวเคลียส 105 ตัว

และมีนิวตรอนอยู่ 170 ตัว เขาจะเขียนเลขอ

เป็นสัญญลักษณ์นิวเคลียร์ได้อย่างไร (สมมุติว่า

ยังไม่ตั้งชื่อ ให้สัญญลักษณ์ของธาตุเป็น X)

ก. $_{105}X^{276}$

ข. $_{105}X^{170}$

ค. $_{107}X^{275}$

ง. $_{65}X^{170}$

จ. $_{65}X^{275}$

33. ไอออนคืออะตอมหรือกลุ่มของอะตอมที่มี

ลักษณะอย่างไร?

ก. เป็นโมเลกุล

ข. เป็นกลางทางไฟฟ้า

ค. มีประจุไฟฟ้า

ง. มีประจุไฟฟ้าบวก

จ. มีประจุไฟฟ้าลบ

ตอมหรือกลุ่มอะตอมที่มีอนุภาคอิเล็กตรอนมาก
นปกติ เราจะเรียกว่าเป็นอะไร?

ก. โมเลกุล
ข. อนุภาค
ค. ไอออนลบ
ง. ไอออนบวก
จ. อนุมูลไม่มีประจุ

ระกอบที่เกิดจากการที่ธาตุหนึ่งเสียอิเล็กตรอน
แก่อีกธาตุหนึ่ง จะเป็นสารประกอบชนิดใด?

ก. ไอโอนิค
ข. โควาเลนต์
ค. อินทรีย์
ง. อนินทรีย์
จ. โคออร์ดิเนตโควาเลนต์

ยทั่ว ๆ ไปธาตุจะรวมตัวกันเพื่อให้โครงสร้าง
ตอมของมันมีสภาพที่มั่นคง นั่นคืออิเล็กตรอนใน
นอกสุดเป็นอย่างไร ?

ก. ไม่ต้องเคลื่อนที่
ข. เคลื่อนที่ช้าลง
ค. มีจำนวนน้อยลง
ง. มีจำนวนครบ 8
จ. มีจำนวนเท่าของกาซอิเลียม

37. ทำไมธาตุฟลูออรีน จึงรับอิเล็กตรอนจาก
ธาตุโซเดียมได้อะตอมละ 1 ตัว เท่านั้น?

ก. เพราะวาเลนต์อิเล็กตรอนครบ
2 พอดี
ข. เพราะมีวาเลนซ์ซี –1 เท่านั้น
ค. เพราะโซเดียมไม่ต้องการให้รับ
ได้มากกว่านี้
ง. เพราะจะได้มีความมั่นคงแก่
นิวเคลียสของมันดีที่สุด
จ. เพราะจะมีวาเลนซ์อิเล็กตรอน
ครบ 8 พอดี

38. ขบวนการเกิดปฏิกริยาระหว่างธาตุโปตัสเซียม
กับไอโอดีน จะมีการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับ
อนุภาคอิเล็กตรอนของธาตุทั้งสองอย่างไร?

ก. ไอโอดีนให้อิเล็กตรอนแก่โปตัสเซียม
ข. โปตัสเซียมให้อิเล็กตรอนแก่ไอโอดีน
ค. ส่งอิเล็กตรอนไปธาตุละตัวเพื่อใช้
ร่วมกัน
ง. ไอโอดีนให้อิเล็กตรอนไป 1 คู่เลว
ใช้ร่วมกัน
จ. โปตัสเซียมรับอิเล็กตรอนแล้วกลายเป็น
เป็นไอออนบวก

ระกอบใดที่มีพันธะเคมีทั้งสามชนิด คือพันธะ
นิก โควาเ นต์ และโคออร์ดิเนตโควาเลเต์?

ก. ซัลเฟอร์ ไตร ออกไซด์

ข. กรดคาร์บอนิค

ค. โซเดียมคาร์บอเนต

ง. แอมโมเนียคลอไรด์

จ. แคลเซียมคลอไรด์

3 มีชื่อทางเคมีว่าอย่างไร?

ก. ıronic oxıde

ข. ferric oxide

ก. ıronous oxide

ง. ferrous oxide

จ. ข้อ ก. และ ข. ถูก

ารเรียกชื่อสารประกอบ $NaCr(SO_4)_2$
ต้องเรียกชื่อไอออนตัวใดเป็นตัวแรก?

ก. โซเดียม

ข. โครเมียม

ค. ซัลเฟต

ง. โครเมียมซัลเฟต

จ. โซเดียมหรือโครเมียมตัวใดตัวหนึ่งก่อนก็ได้

42. CS_2 อ่านชื่อทางเคมีว่าอะไร?

ก. carbon fulfide

ข. carbon disulfide

ค. carbon dısulfıde

ง. dicarbon sulfıde

จ. carbon sulfite

43. แคลเซียมไนเตรต มีสูตรโมเลกุลอย่างไร?

ก. $Ca_2(NO_3)$

ข. $CaNO_2$

ค. $Ca(NO_3)_2$

ง. $CaNO_3$

จ. Ca_2NO_3

44. เมื่อสังกะสีมีออกซิเดชั่นนัมเบอร์เป็น + 2
สูตรโมเลกุลของสารประกอบระหว่าง
สังกะสีกับออกซิเจน จะเขียนได้เป็นอย่างไร?

ก. Zn_2O

ข. ZnO_2

ค. ZO

ง. OZn

จ. ZnO

X มีออกซิเดชั่นนัมเบอร์เป็น + 3 ส่วน Y มีออกซิเดชั่นนัมเบอร์เป็น −4 สูตรกุลของสารประกอบระหว่างธาตุทั้งสองจะเป็นอย่างไร?

ก. X_3Y_4

ข. X_4Y_3

ค. Y_4X_3

ง. Y_3X_4

จ. $3XY_4$

เป็นสูตรชนิดใดของคาร์บอนไดออกไซด์?

ก. สูตรเอมไพริกัล

ข. สูตรโครงสร้าง

ค. สูตรโมเลกุล

ง. สูตรอิเล็กโตรนิค

จ. ข้อ ก. และ ค. ถูก

จากการศึกษาวิเคราะห์สารประกอบชนิดหนึ่งได้เอมไพริกัลเป็น CH_2 แต่ทำการทดลองหานักโมเลกุลพบว่า สารนี้มีน้ำหนักโมเลกุลเป็น สูตรโมเลกุลของสารประกอบนี้จะเขียนอย่างไร?

ก. CH_2

ข. C_2H_4

ค. C_2H_6

ง. C_3H_6

จ. C_4H_{10}

48. ออกไซด์ชนิดหนึ่งของกำมะถัน ประกอบด้วยกำมะถันเป็น 50% โดยน้ำหนัก สูตรเอมไพริกัลของสารประกอบนี้เป็นอย่างไร?(ให้น้ำหนักอะตอมของกำมะถันเป็น 32 และออกซิเจน 16.00)

ก. SO

ข. SO_2

ค. SO_3

ง. SO_4

จ. S_2O_3

49. สารประกอบที่มีชื่อทางเคมีว่า Calcium fluoride (แคลเซียมฟลูออไรด์) ควรจะมีสูตรโมเลกุลเป็นอย่างไร?

ก. CF_2

ข. $CaFe_2$

ค. CaF_2

ง. CF_4

จ. CaF

ชนิดหนึ่งมีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 6 ธาตุโซเดียม
น้ำหนักอะตอม 23 หนักกี่กรัม จึงจะทำปฏิกิริยา
กับธาตุนี้ 1 กรัมอะตอม ?

ก. 1 กรัม

ข. 2 กรัม

ค. 22 กรัม

ง. 23 กรัม

จ. 46 กรัม

ตุ ก. มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนเป็น 2 7
ตุต่อไปนี้ ธาตุที่มีการจัดอิเล็กตรอน อิเล็กตรอน
กที่จะมีคุณสมบัติทางเคมีคล้ายคลึงกับธาตุ ก.บ้าง?

ก. 2 8 7

ข. 2 8

ค. 2 7 1

ง. 7 2

จ. 2 5 2

หนักโมเลกุลของกาซแอมโมเนีย (NH_3)
นเท่าไร?

ก. 10

ข. 14

ค. 17

ง. 21

จ. 28

53. 0.5 กรัมโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จะหนักกี่กรัม? (น้ำหนักอะตอม ออกซิเจน คือ 16)

ก. 22

ข. 44

ค. 76

ง. 86

จ. 96

54. น้ำหนักสูตรของสารใด ๆ เราคำนวณ (โดยอาศัยตารางธาตุ) ได้อย่างไร?

ก. เอาน้ำหนักอะตอมทุกอะตอมในสูตรมารวมกัน

ข. เอากรัมอะตอมของโมเลกุลมารวมกันแล้วหารด้วยผลรวมของวาเลน

ค. เอากรัมโมเลกุลมารวมกัน

ง. เอาอะตอมมิกนัมเบอร์ของทุกอะตอมรวมกัน

จ. เอาแมสนัมเบอร์ของทุกอะตอมมารวมกัน

55. น้ำหนักสูตรหรือน้ำหนักโมเลกุลของกรดไฮโซน เป็นเท่าไร? (น้ำหนักอะตอมของออกซิเจน คือ 16)

ก. 5.33

ข. 8

ค. 16

ง. 32

จ. 48

ะแมกเนเซียมเผาไหม้กับออกซิเจน ได้สาร
ะกอบ MgO ถ้าเอาแมกเนเซียม 2.4 กรัมจะ
สารประกอบนี้หนักกี่กรัม? (น้ำหนักอะตอมของ
กเนเซียม 24 และออกซิเจน 16)

ก. 4.0
ข. 4.8
ก. 6.4
ง. 8.0
จ. 16.4

OC โมล ของคาร์บอนไดออกไซด์จะหนักเป็น
รัม ?

ก. 12
ข. 22
ค. 28
ง. 44
จ. 88

ารางธาตุโดยทั่ว ๆ ไป ธาตุชนิดต่าง ๆ จะถูก
ยรวมบรรจุไว้เป็นหมวดหมู่ เขียนไว้อย่างเด่นชัด
รูปของอะไร?

ก. ดัชนีลักษณ์
ข. ไอโอเต็ม
ค. แมสนัมเบอร์
ง. คุณสมบัติทางกายภาพ
จ. นิวเคลียร์

59. เมเดลลีฟ จัดโครงร่างตารางธาตุ โดยเรียง
ธาตุจากซ้ายไปขวาตามลำดับของสิ่งใด?

ก. น้ำหนักอะตอม
ข. อะตอมมิคนัมเบอร์
ค. แมสนัมเบอร์
ง. ความถ่วงจำเพาะ
จ. ความหนาแน่น

60. ถ้าคำนวณตามกฎหมู่สาม (Law of
Triads) โดยใช้ตารางธาตุปัจจุบัน
เมื่อธาตุ Ar หนัก 40 หน่วยน้ำหนัก และ
ธาตุ Xe หนัก 130 หน่วยน้ำหนัก
ธาตุ Kr ควรจะหนักประมาณเท่าไร?
(กี่หน่วยน้ำหนัก)

ก. 36.00
ข. 83.00
ค. 83.80
ง. 85.00
จ. 170.00

61. ถ้าคุณสมบัติของธาตุเป็นไปตามกฎหมู่สามแล้ว
เมื่อใช้ตารางธาตุปัจจุบันเป็นเกณฑ์คาดคะเน
น้ำหนักอะตอมของธาตุที่ 104 จะมีค่า
โดยประมาณเท่าไร?

ก. 104
ข. 150
ค. 200
ง. 260
จ. 290

างธาตุปัจจุบันจัดเรียงธาตุไปตามคาบต่าง ๆ
riods) เรียงตามลำดับของสิ่งใด?
ก. น้ำหนักอะตอม
ข. อะตอมมิกนัมเบอร์
ค. แมสนัมเบอร์
ง. ความถ่วงจำเพาะ
จ. ความหนาแน่น
ใดที่ไม่อยู่ในคาบเดียวกับโซเดียม?
ก. ฟอสฟอรัส
ข. อาร์กอน
ค. คลอรีน
ง. โปแตสเซียม
จ. ข้อ ก. ข. และ ค.
พิจารณาตามตารางธาตุที่ใช้กันในปัจจุบัน
ที่จะเป็นธาตุที่ 107 (พบใหม่) ควรจะอยู่
มู่เดียวกับธาตุตัวใด?
ก. Cr (ธาตุที่ 24)
ข. Mn (ธาตุที่ 25)
ค. Fr (ธาตุที่ 87)
ง. Lw (ธาตุที่ 103)
จ. Ku (ธาตุที่ 104)
ใดอยู่ในหมู่เดียวกับธาตุแคลเซียม?
ก. ธาตุที่ 10
ข. ธาตุที่ 11
ค. ธาตุที่ 12
ง. ธาตุที่ 18
จ. ธาตุที่ 19

66. ธาตุใดมีคุณสมบัติทางเคมีคล้ายคลึงกับแบเรียม
มากที่สุด?
ก. Cs
ข. La
ค. Ne
ง. Xe
จ. Sr

67. ธาตุทรานซิชัน คือธาตุจำพวกใด?
ก. คาบที่ 4 – 7 ในตารางธาตุ
ข. คาบที่ 1 และ 2
ค. หมู่ เอ ทั้งหมดที่เป็นโลหะ
ง. หมู่ บี ทั้งหมด
จ. หมู่ 2 เอ

68. ธาตุหมู่ใดที่เป็นกาซเฉื่อย ? (ดูตารางธาตุ
ประกอบ)
ก. คาบที่ 1
ข. หมู่ของฮีเลียม
ค. ฟลูออรีนและเพื่อนร่วมกลุ่ม
ง. ไนโตรเจนและออกซิเจน
จ. คาร์บอนไดออกไซด์

ะตอมของธาตุใดที่มีขนาดโตที่สุด?

ก. La

ข. Na

ค. K

ง. Fr

จ. Mg

76. ธาตุใดมีคุณสมบัติเป็นอโลหะมากที่สุด?

ก. B

ข. Sn

ค. S

ง. Ge

จ. Si

แบบสอบถาม

(ทัศนคติทางวิทยาศาสตร์)

จงวงกลมรอบข้อเลือก (ก. ข. ค. ง. หรือ จ.) เพียงข้อเดียวในแบบสอบถามแต่ละข้อที่ท่านเห็นว่าตรงตามความคิดเห็นของท่าน

ถ้าท่านทดลองพบว่าน้ำเดือดที่ 80°C ซึ่งโดยปกติแล้วน้ำเดือดที่ 100°C อย่างนี้แสดงว่าการทดลองของท่านไม่ถูกต้องเชื่อถือไม่ได้แน่ ๆ

ก. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ข. ไม่เห็นด้วย
ค. ไม่แน่ใจ
ง. เห็นด้วย
จ. เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ถ้าท่านเคยอ่านหนังสือพบว่า กำมะถันจะหลอมเหลว (กลายเป็นของเหลว) ที่ 115°C แต่ผู้ทำการทดลองให้ท่านดูว่ากำมะถันหลอมเหลวที่ 100°C เท่านั้น ท่านก็ควรจะเชื่อและยอมรับผลการทดลองที่พิสูจน์ให้ท่านเห็นด้วยตานี้ไว้ก่อน

ก. เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ข. เห็นด้วย
ค. ไม่แน่ใจ
ง. ไม่เห็นด้วย
จ. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

3. ท่านไม่ชอบเพื่อนที่ถามปัญหาครูในห้องเรียน

ก. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ข. ไม่เห็นด้วย
ค. เฉย ๆ
ง. เห็นด้วย
จ. เห็นด้วยอย่างยิ่ง

4. ท่านอ่านข่าวความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ในหนังสือพิมพ์เป็นประจำ

ก. เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ข. เห็นด้วย
ค. เฉย ๆ
ง. ไม่เห็นด้วย
จ. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

5. การที่มนุษย์อวกาศเดินทางไปสำรวจดวงจันทร์นั้นเป็นการสิ้นเปลืองและเสี่ยงอันตรายเกินไปไม่น่าจะคุ้มกับความรู้ที่ได้มา

ก. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ข. ไม่เห็นด้วย
ค. เฉย ๆ
ง. เห็นด้วย
จ. เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ท่านรู้สึกไม่พอใจ ถ้ามีใครมาวิจารณ์ความคิดหรือการกระทำของท่าน

ก. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ข. ไม่เห็นด้วย
ค. เฉย ๆ
ง. เห็นด้วย
จ. เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ถ้ามีการพิสูจน์แน่ชัดว่าวิญญาณมีจริงก็สมควรเชื่อ

ก. เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ข. เห็นด้วย
ค. เฉย ๆ
ง. ไม่เห็นด้วย
จ. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ถ้าไม่มีการบังคับ ท่านก็ไม่อยากไปปลูกผีหรือฉีดวัคซีนป้องกันโรค

ก. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ข. ไม่เห็นด้วย
ค. เฉย ๆ
ง. เห็นด้วย
จ. เห็นด้วยอย่างยิ่ง

9. ดาวเคราะห์ทั้งหลายต่างก็กลม เพราะฉะนั้นโลกซึ่งเป็นดาวเคราะห์ดวงหนึ่งก็ต้องกลมด้วย

ก. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ข. ไม่เห็นด้วย
ค. เฉย ๆ
ง. เห็นด้วย
จ. เห็นด้วยอย่างยิ่ง

10. การสอบคัดเลือกเรียนต่อต้องอาศัย "ดวง" ช่วยจึงจะสอบได้ เพราะผู้สมัครมีจำนวนมากเหลือเกิน

ก. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ข. ไม่เห็นด้วย
ค. เฉย ๆ
ง. เห็นด้วย
จ. เห็นด้วยอย่างยิ่ง

11. ถ้าท่านสร้างบ้านท่านจะต้องสร้างศาลพระภูมิภายในบริเวณบ้านของท่านด้วยเสมอ

ก. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ข. ไม่เห็นด้วย
ค. เฉย ๆ
ง. เห็นด้วย
จ. เห็นด้วยอย่างยิ่ง

. ท่านอ่านคอลัมน์หมอดู ในหนังสือพิมพ์หรือวารสารต่าง ๆ เป็นประจำ

ก. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ข. ไม่เห็นด้วย
ค. เฉย ๆ
ง. เห็นด้วย
จ. เห็นด้วยอย่างยิ่ง

. เมื่อท่านประสบเคราะห์ร้ายหลายครั้งติดต่อกัน ท่านควรจะไปหาพระสงฆ์เพื่อรดน้ำมนต์เสกทะเคราะห์

ก. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ข. ไม่เห็นด้วย
ค. เฉย ๆ
ง. เห็นด้วย
จ. เห็นด้วยอย่างยิ่ง

. เรื่องเครื่องลางของขลัง เป็นเรื่องที่เป็นไปไม่ได้

ก. เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ข. เห็นด้วย
ก. เฉย ๆ
ง. ไม่เห็นด้วย
จ. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

15. ท่านไม่ชอบเพื่อนที่ลอกการบ้านมาส่งครู

ก. เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ข. เห็นด้วย
ค. เฉย ๆ
ง. ไม่เห็นด้วย
จ. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

16. ท่านเห็นว่าการเข้าข้างเพื่อนที่ทำผิดแม้จะเป็นเพื่อนสนิทของท่านก็ตามเป็นสิ่งที่ไม่ควรกระทำ

ก. เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ข. เห็นด้วย
ค. เฉย ๆ
ง. ไม่เห็นด้วย
จ. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

17. บางครั้งแม้ท่านจะต้องทุจริตบ้าง แต่เพื่อประโยชน์และความก้าวหน้าของตัวเราเองก็ไม่น่าเสียหาย

ก. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ข. ไม่เห็นด้วย
ค. เฉย ๆ
ง. เห็นด้วย
จ. เห็นด้วยอย่างยิ่ง

. ถ้าท่านทำแบบฝึกหัดคณิตศาสตร์ ได้คำตอบต่างกับเพื่อน ท่านมักแก้คำตอบให้ตรงกับเพื่อนเสมอ

ก. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ข. ไม่เห็นด้วย
ค. เฉย ๆ
ง. เห็นด้วย
จ. เห็นด้วยอย่างยิ่ง

19. เมื่อท่านสงสัยอะไรท่านมักไม่สบายใจ และพยายามหาคำตอบให้ได้

ก. เห็นด้วยอย่างยิ่ง
ข. เห็นด้วย
ค. เฉย ๆ
ง. ไม่เห็นด้วย
จ. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

แบบสอบถาม

ข้อความ / ความรู้สึก	เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย
1. เมื่อเรียนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมแทนการเรียนแบบปกติ ท่านรู้สึกเพลิดเพลินขึ้น		
2. แบบเรียนโปรแกรมเป็นสิ่งที่มีค่าควรจัดให้แพร่หลาย		
3. แบบเรียนโปรแกรมเป็นสิ่งที่ฆ่าทำให้ยากที่จะศึกษาให้เข้าใจเนื้อหาวิชาเคมีได้		
4. แบบเรียนโปรแกรมเป็นเครื่องมือทางการเรียนที่ท่านชอบมาก		
5. ท่านสนใจที่จะเรียนโดยวิธีที่ใช้แบบเรียนโปรแกรมเป็นหลักอีกต่อไป		
6. แบบเรียนโปรแกรมให้ความรู้ได้กระจ่างแจ้งดี		
7. แบบเรียนโปรแกรมเป็นสิ่งที่น่าเบื่อหน่าย		
8. การเรียนแบบใช้แบบเรียนโปรแกรมทำให้ได้ความรู้ได้ดี		
9. การใช้แบบเรียนโปรแกรมไม่ช่วยแก้ไขปัญหาเรื่องการเรียนไม่ทันเพื่อนร่วมชั้นได้เลย		

ความรู้สึก / ข้อความ	เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย
10. ท่านมักจะรู้สึกเบื่อและง่วงนอนเมื่อเรียนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรม		
11. ท่านรู้สึกว่าการใช้แบบเรียนโปรแกรมช่วยให้ท่านรู้จักรับผิดชอบต่อตนเองดีขึ้น		
12. เมื่อเรียนแบบใช้แบบเรียนโปรแกรม ท่านรู้สึกตื่นตัวและกระปรี้กระเปร่า		
13. เราไม่ควรจะเรียนโดยใช้แบบเรียนโปรแกรมอีกต่อไป		
14. การเรียนแบบโปรแกรมทำให้ได้ผลไม่คุ้มค่ากับการสิ้นเปลืองเวลาเรียน		
15. ท่านเรียนโดยวิธีเรียนที่ใช้แบบเรียนโปรแกรมด้วยความมั่นใจ		
16. แบบเรียนโปรแกรมเป็นเครื่องมือที่ทันสมัย น่าใช้		
17. ท่านสนใจที่จะใช้แบบเรียนโปรแกรมในวิชาอื่น ๆ อีก		
18. ท่านชอบใช้เวลาว่างนอกห้องเรียนศึกษาหาความรู้ หรือทบทวนความรู้จากแบบเรียนโปรแกรม		
19. การใช้แบบเรียนโปรแกรมเข้าช่วย ทำให้วิชาเคมีน่าเรียนมากขึ้น		

ความรู้สึก / ข้อความ	เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วย
20. แบบเรียนโปรแกรมช่วยทำให้ท่านเข้าใจเนื้อหาวิชาดีขึ้น		
21. แบบเรียนโปรแกรมเป็นสิ่งที่ทำให้ยุ่งยากเกินความจำเป็น ไม่ควรนำมาใช้		
22. แบบเรียนโปรแกรมช่วยให้ท่านเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ต้องรีบเร่ง		
23. ไม่สมควรที่จะใช้แบบเรียนโปรแกรมมาใช้ในวิชาใด ๆ ทั้งสิ้น		

ข้อคิดเห็นอื่น ๆ (ถ้ามี)