เอกสารประกอบการสอน

รายวิชาเคมี 1

(4021102)

สุภาวรัตน์ ทัพสุริย์

คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์

2562

คำนำ

เอกสารประกอบการสอนรายวิชาเคมี 1 รหัสวิชา 4021102 ได้แบ่งเนื้อหาในการเรียนการสอนไว้ทั้งสิ้น 9 หัวข้อ ได้แก่ โครงสร้างอะตอม ตารางพีริออดิก พันธะเคมี ปริมาณสารสัมพันธ์ ของแข็ง ของเหลวและสารละลาย แก๊ส อุณหเคมี และจลนศาสตร์เคมี โดยได้รวบรวมรายละเอียดของเนื้อหาในบทเรียน รวมทั้งมีการยกตัวอย่างและแบบฝึกหัดท้ายบท เพื่อความเข้าใจของเนื้อหาที่ชัดเจนขึ้น ซึ่งผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารประกอบการสอนนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษารายวิชาเคมี 1

สุภาวรัตน์ ทัพสุริย์
กุมพาพันธ์ 2562

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	**ก**
สารบัญ	**ข**
สารบัญรูป	**ช**
สารบัญตาราง	**ฐ**
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 1	**1**
บทที่ 1 โครงสร้างอะตอม	**3**
1.1 บทนำ	3
1.2 ไฮโดรเจนอะตอม(The hydrogen atom)	9
1.3 แบบจำลองและระดับพลังงานของไฮโดรเจนอะตอม (The model and energy states of the hydrogen atom)	10
1.4 เส้นสเปกตรัมและระดับพลังงานไฮโดรเจนอะตอม (Spectral lines and energy states of the hydrogen atom)	14
1.5 ระดับพลังงานย่อยและรูปร่างของออร์บิทัลอะตอม (Subenergy levels and shapes of atomic orbitals)	18
แบบฝึกหัดประจำบทที่ 1	32
เอกสารอ้างอิง	33
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 2	**34**
บทที่ 2 ตารางพีริออดิก	**36**
2.1 ตารางธาตุและสมบัติบางประการของธาตุ	36
2.2 สมบัติของธาตุกลุ่มต่างๆ : โลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะ	44
2.3 โครงสร้างอิเล็กตรอน(Electronic configuration)	45
2.4 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสมบัติต่างๆ ของธาตุในตารางธาตุ	53
แบบฝึกหัดประจำบทที่ 2	72
เอกสารอ้างอิง	74

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 3	**75**
บทที่ 3 พันธะเคมี	**77**
3.1 การถ่ายโอนอิเล็กตรอนและการเกิดสารประกอบไอออนิก	77
3.2 พันธะโคเวเลนต์ (Covalent bond)	82
3.3 การเขียนโครงสร้างลิวอิส	83
3.4 พันธะโคเวเลนซ์มีขั้ว (Polar covalent bond)	88
3.5 โครงสร้างลิวอิสและเรโซแนนซ์ (Lewis structure and resonance)	90
3.6 ประจุฟอร์มัล (Formal charge)	92
3.7 สภาพขั้วของโมเลกุล (Polarity of molecule)	95
3.8 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล	98
แบบฝึกหัดประจำบทที่ 3	101
เอกสารอ้างอิง	103
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 4	**104**
บทที่ 4 ปริมาณสารสัมพันธ์	**106**
4.1 โมล	106
4.2 องค์ประกอบเป็นร้อยละ	110
4.3 การทดลองเพื่อหาสูตรอย่างง่าย	111
4.4 ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี	113
4.5 ปริมาณของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์	115
4.6 สารกำหนดปริมาณ	118
4.7 ผลผลิตของปฏิกิริยา	120
แบบฝึกหัดประจำบทที่ 4	123
เอกสารอ้างอิง	125

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 5	**126**
บทที่ 5 ของแข็ง	**128**
5.1 ลักษณะทั่วไปของของแข็ง	128
5.2 ชนิดของผลึก	128
5.3 ระบบของผลึก	133
5.4 การเลี้ยงเบนของรังสีเอกซ์	137
5.5 การจัดเรียงของอนุภาคในผลึก	138
5.6 โครงสร้างผลึกของสารประกอบไอออนิกบางชนิด	143
แบบฝึกหัดประจำบทที่ 5	150
เอกสารอ้างอิง	151
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 6	**152**
บทที่ 6 ของเหลวและสารละลาย	**154**
6.1 สมบัติทั่วไปของของเหลว	154
6.2 สารละลาย (Solution)	157
6.3 หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย	158
6.4 สมบัติคอลลิเกทิฟ	167
6.5 คอลลอยด์	175
แบบฝึกหัดประจำบทที่ 6	178
เอกสารอ้างอิง	179
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 7	**180**
บทที่ 7 แก๊ส	**182**
7.1 สมบัติทั่วไปของแก๊ส	182
7.2 ความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิ	182
7.3 กฎของแก๊ส (The gas law)	183
7.4 กฎแก๊สสมบูรณ์แบบ (Ideal gas law)	190

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
7.5 ความดันย่อยของดาลตัน (Dalton's law of partical pressure)	194
7.6 ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส (Kinetic molecule theory)	197
7.7 กฎการแพร่ของแกรแฮม (graham's law of effusion)	202
7.8 การแพร่ (Diffusion)	204
7.9 พฤติกรรมของแก๊สจริง (Behavior of real gasses)	205
แบบฝึกหัดประจำบทที่ 7	210
เอกสารอ้างอิง	211
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 8	**212**
บทที่ 8 อุณหเคมี	**214**
8.1 อุณหเคมี (Thermochemistry)	215
8.2 สมการอุณหเคมี (Thermochemical equation)	216
8.3 ความร้อนกับปฏิกิริยาเคมี	216
8.4 ความร้อนภายในสาร (Heat content)	218
8.5 กฎการรวมค่าความร้อนของปฏิกิริยา (Law of additivity of reaction heat หรือ Hess's law of content summation)	220
8.6 การทำนายความร้อนของปฏิกิริยา (Predicting the heat of reaction)	221
	226
8.6 การวัดความร้อนของปฏิกิริยา (the measurement of reaction heat)	229
	231
8.8 การเปลี่ยนแปลงพลังงานรูปอื่นที่มิใช่ความร้อน	233
แบบฝึกหัดประจำบทที่ 8	
เอกสารอ้างอิง	
แผนบริหารการสอนประจำบทที่ 9	**234**
บทที่ 9 จลนศาสตร์เคมี	**236**
9.1 อัตราของปฏิกิริยา	236
9.2 กฎอัตรา	238
9.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารตั้งต้นกับเวลา	242

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
9.4 พลังงานก่อกัมมันต์ และผลของอุณหภูมิต่อค่าคงที่ของอัตรา	249
9.5 กลไกของปฏิกิริยา (Reaction mechanism)	253
9.6 ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyte)	256
แบบฝึกหัดประจำบทที่ 9	258
เอกสารอ้างอิง	261
บรรณานุกรม	**262**

สารบัญรูป

รูป		หน้า
1.1	แสดงลักษณะของอะตอมและอนุภาคโปรตอน นิวตรอน อิเล็กตรอนในอะตอม	4
1.2	เส้นสเปกตรัมของไฮโดรเจน ปรอท นีออน และสตรอนเทียมอะตอม	9
1.3	การดูดกลืน (ΔE มีค่าเป็นบวก) และการคายพลังงาน (ΔE มีค่าเป็นลบ) ของอิเล็กตรอนในไฮโดรเจนอะตอมที่เคลื่อนที่จากสภาวะพื้น (n=1) ไปยังสภาวะกระตุ้น (n=2) และตกกลับลงมาจาก n=2 ไปยัง n=1	13
1.4	การเกิดชุดเส้นสเปกตรัมอนุกรมไลแมน บาล์มเมอร์ และปาสเชนที่เปล่งแสง	15
1.5	รูปร่างของ s ออร์บิทัล	19
1.6	รูปร่างและทิศทางของออร์บิทัล p_x , p_y และ p_z	19
1.7	รูปร่างและทิศทางของออร์บิทัล d_{xy}, d_{yz}, d_{xz}, $d_{x^2-y^2}$ และ d_{z^2}	20
1.8	อิเล็กตรอนที่มีสปิน +1/2 และ -1/2	26
2.1	ปฏิกิริยาระหว่างโลหะโซเดียมกับแก๊สคลอรีนให้ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือโซเดียมคลอไรด์	37
2.2	ฟอสฟอรัสขาว-ฟอสฟอรัสแดง	38
2.3	ตัวอย่างโลหะอัลคาไล (ก) โซเดียม (ข) ลิเทียม (ค)โพแทสเซียม (ง) ซีเซียม	42
2.4	โลหะอัลคาไลน์	42
2.5	ธาตุเฮโลเจนบางชนิด (ก) แก๊สฟลูออรีน (ข) แก๊สคลอรีนซึ่งมีสีเขียวอ่อน (ค) โบรมีนเหลวสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งระเหยเป็นแก๊สสีน้ำตาลแดงได้ง่าย (ง) เกล็ดไอโอดีนที่ระเหิดได้เห็นเป็นไอสีม่วง	43
2.6	ตารางธาตุที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน	43
2.7	ธาตุที่มีสมบัติเป็นโลหะ (สีชมพู) อโลหะ (สีเขียว) และกึ่งโลหะ (สีฟ้า)	44
2.8	(ก) ปรอทเป็นโลหะชนิดเดียวที่มีลักษณะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง (ข) เพชรเป็นตัวอย่างหนึ่งของอโลหะ (ค) อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่ทำจากซิลิกอน เพื่อเก็บข้อมูลในคอมพิวเตอร์	45

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป		หน้า
2.9	(ก) ลำดับการบรรจุอิเล็กตรอนของธาตุหลายอิเล็กตรอนจากออร์บิทัลที่มีพลังงานต่ำไปสูง (ข) แผนภาพช่วยจำ ในการเรียงลำดับระดับพลังงานของชั้นย่อยต่างๆ	48
2.10	ความเป็นไปได้แบบต่างๆของการบรรจุอิเล็กตรอน 2 ตัวใน 2p ออร์บิทัล	49
2.11	โครงสร้างในภาพรวมของตารางธาตุซึ่งแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วน	51
2.12	ค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของธาตุต่างๆ ในตารางธาตุ	58
2.13	ตัวอย่างขนาดอะตอมและไอออนของธาตุบางชนิด (ในหน่วยพิโคเมตร)	60
2.14	การเปลี่ยนแปลงขนาดอะตอมของธาตุ	61
2.15	ความแตกต่างของขนาดของอะตอมและไอออน	62
2.16	แนวโน้มของค่าพลังงานไอออไนเซชันของธาตุเรพรีเซนเททีฟ	64
2.17	พลังงานไอออไนเซชันลำดับที่หนึ่ง (IE_1) ของธาตุเรพรีเซนเททีฟ	65
2.18	ค่าอิเล็กตรอนอัฟฟินิตีของธาตุเรพรีเซนเททีฟ (ในหน่วย kJ/mol)	68
2.19	เลขออกซิเดชันสูงสุดและต่ำสุดของธาตุเรพรีเซนเททีฟ	69
2.20	สารละลายของไอออนโลหะทรานซิชันที่มีเลขออกซิเดชันต่างๆ	70
3.1	การจัดเรียงไอออนในผลึกแคลเซียมคลอไรด์ Na^+แต่ละไอออนจะมี Cl^- ล้อมรอบอยู่ที่ 6 ไอออนและแต่ละ Cl^-จะมี Na^+ล้อมรอบอยู่ที่ 6 ไอออน	78
3.2	วัฏจักรบอร์น-ฮาร์เบอร์ของการเกิด NaCl (s) จาก Na(s) และ Cl2 (g) ผลรวมของการเปลี่ยนแปลงพลังงานทั้งห้าขั้นตอนเท่ากับการเปลี่ยนแปลงพลังงานสุทธิของปฏิกิริยารวม	80
3.3	สัญลักษณ์แบบจุดของลิวอิสของอะตอมต่างๆ	84
3.4	การกระจายของอิเล็กตรอนระหว่าอะตอม 2 อะตอมที่เกิดพันธะกัน (ก) พันธะโคเวเลนซ์ไม่มีขั้ว (ข) พันธะโคเวเลนซ์มีขั้ว (ค) พันธะไอออนิก	89
3.5	การจัดเรียงตัวของโมเลกุลมีขั้วในสนามไฟฟ้า	96
3.6	แรงดึงดูดประเภทอิเล็กโทรสเตติก	98
3.7	การเกิดพันธะไฮโดรเจนของน้ำ	99

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป		หน้า
5.1	การเคลื่อนที่ของระนาบในผลึกไอออนิก	129
5.2	แสดงการจัดเรียงอะตอมคาร์บอนในโครงสร้าง (ก) เพชร และ (ข) แกรไฟต์	130
5.3	แสดงโมเลกุลของซัลเฟอร์ (S_8)	131
5.4	ทะเลอิเล็กตรอนของผลึกโลหะ	134
5.5	แสดงหนึ่งหน่วยเซลล์ (สีทึบ) ที่เรียงต่อกันขยายเป็นผลึกจุดสีน้ำเงินแทนอะตอมหรือโมเลกุล	134
5.6	แสดงแกน Crystallographic ของผลึกรูปลูกบาศก์	134
5.7	แลตทิซบราแวส์ในแต่ละระบบของผลึก	136
5.8	แสดงการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ที่ผ่านผลึก	137
5.9	คลื่นที่สะท้อนออกมาจากผลึกเป็นแบบเสริมกัน	138
5.10	แสดงการจัดเรียงลูกทรงแบบชิดที่สุด	139
5.11	แสดงการจัดลูกทรงกลมแบบชิดที่สุด (ก) แบบรูปเฮกซะโกนอล และ(ข) แบบรูปลูกบาศก์	140
5.12	(ก) การเรียงทรงกลมที่ช่องว่างมาก และ (ข) การจัดทรงกลมแบบ bcc	141
5.13	แสดงโครงสร้างผลึกต่างๆ ของระบบลูกบาศก์	142
5.14	การนับจำนวนอะตอมหรือไอออนที่มีอยู่ในหน่วยเซลล์	142
5.15	ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของผลึกและรัศมีอะตอมของหน่วยเซลล์แบบ simple cubic, body centered cubic และ face-centered cubic	143
5.16	ช่องว่างเตตระฮีดรอล ช่องว่างออกตะฮีดรอล และตำแหน่งของช่องว่างเตตระฮีดรอล ออกตะฮีดรอลในโครงสร้างแบบชิดที่สุด	144
5.17	เปรียบเทียบสองโครงสร้างของซิงค์ซัลไฟด์ (ZnS)	146
5.18	โครงสร้างโซเดียมคลอไรด์	147
5.19	โครงสร้างของแคลเซียมฟลูออไรด์	148
5.20	โครงสร้างของซีเซียมคลอไรด์	149
6.1	แสดงแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของของเหลว	155
6.2	แสดงความดันไอของไดเอทิลอีเทอร์ เอทิลแอลกอฮอล์ น้ำ และเอทิลลีนไกลคอล	156

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป		หน้า
6.3	แผนผังวัฏภาคของตัวทำละลายน้ำและสารละลายเข้มข้น 1 m	168
6.4	การเคลื่อนที่ของตัวทำละลายจากตัวทำละลายบริสุทธิ์สู่สารละลาย	172
6.5	ออสโมซิสผันกลับของการทำน้ำบริสุทธิ์จากน้ำทะเลหรือน้ำกระด้าง	174
6.6	แสดงปรากฏการณ์ทินดอลล์	177
7.1	เครื่องมือทดลองของบอยส์	183
7.2	(ก) กราฟ P-V ที่อุณหภูมิต่างๆ และ (ข) กราฟระว่าง P กับ 1/V	184
7.3	กราฟระหว่าง V กับ t ที่ความดันคงที่	187
7.4	การหาความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ของทฤษฎีจลน์	198
7.5	(ก) การแพร่ และ (ข) การแพร่ผ่านของแก๊ส	203
7.6	การแพร่ของโมเลกุลแก๊สและเส้นทางการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของแก๊ส	205
7.7	พฤติกรรมของแก๊สจริงที่อุณหภูมิต่างๆ	206
8.1	แสดงการเปลี่ยนแปลง heat content ระหว่างเกิดปฏิกิริยา	220
8.2	Calorimeter	227
9.1	อัตราของปฏิกิริยา สารตั้งต้น $\rightarrow$ ผลิตภัณฑ์ แทนด้วยการลดลงของสารตั้งต้นกับเวลาและการเพิ่มขึ้นของโมเลกุลของผลิตภัณฑ์กับเวลา	236
9.2	ลักษณะของปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (ก) การลดลงของสารตั้งต้นเทียบกับเวลา และ (ข) กราฟความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงในการหาค่าคงที่ของอัตรา ความชันคือ ค่า k	244
9.3	ค่าคงที่ของอัตราขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ	249
9.4	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานศักย์และปฏิกิริยาที่ดำเนินอยู่ (ก) ปฏิกิริยาคายความร้อน และ (ข) ปฏิกิริยาดูดความร้อน	251
9.5	เปรียบเทียบพลังงานแอกติเวชันของปฏิกิริยาเดียวกัน ในกรณีที่มีและไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา	257

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1.1	สมบัติของอนุภาค โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน	4
1.2	ไอโซโทปของอะตอม H	7
1.3	ไอโซโทปของอะตอม Cu	8
1.4	แสดงเลขควอนตัม ℓ ที่ระบุรูปร่างของออร์บิทัล	23
1.5	ความสัมพันธ์ระหว่างเลขควอนตัมกับออร์บิทัลอะตอม	27
1.6	รายละเอียดการแบ่งห้องย่อยและจำนวนห้องรวมทั้งหมดในอาคารสูงสี่ชั้น	30
2.1	ตารางธาตุอันแรกของโลกที่เสนอโดยเมนเดเลเยฟในปี ค.ศ. 1872	38
2.2	สมบัติของธาตุ ekasilicon ซึ่ง เมนเดเลเยฟ ได้ทำนายไว้ เทียบกับของธาตุเจอร์เมเนียม	39
2.3	จำนวนออร์บิทัลและจำนวนอิเล็กตรอนในแต่ละชั้นย่อย	47
2.4	จำนวนออร์บิทัลและจำนวนอิเล็กตรอนในแต่ละชั้น	47
2.5	โครงสร้างอิเล็กตรอนของธาตุหมู่ 1A ก่อนเกิดปฏิกิริยาเคมี หลังเกิดปฏิกิริยา โครงสร้างอิเล็กตรอนของแก๊สเฉื่อยในคาบก่อนหน้านั้น	55
2.6	แผนภาพออร์บิทัลและโครงสร้างอิเล็กตรอนของธาตุในคาบที่ 4	57
2.7	ค่าพลังงานไอออไนเซชันลำดับต่างๆ ของธาตุลิเทียมถึงธาตุโซเดียม	66
3.1	พลังงานแลตทิซของของแข็งไอออนิกบางชนิด kJ/mol	81
3.2	ความยาวพันธะเฉลี่ย ในหน่วยพิโคเมตร (pm)	82
3.3	พลังงานการสลายพันธะโดยเฉลี่ย D (kJ/mol)	83
3.4	พันธะโควาเลนต์ของธาตุคาบที่สองในตารางธาตุ	86
5.1	ชนิดของผลึกและสมบัติของผลึก	132
5.2	ระบบผลึก 7 ชนิด	134
5.3	อัตราส่วนรัศมี	145
6.1	ชนิดของสารละลาย	158
6.2	แสดงค่า K_b และ K_f ของตัวทำละลายบางชนิด	170
7.1	ค่าคงที่ a และ b ของแก๊สชนิดต่างๆ	209

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
8.1	แสดงผลทางความร้อนในการผลิตใช้ water gas	218
8.2	ความร้อนของปฏิกิริยาระหว่างธาตุ (อุณหภูมิ 25 °C ความดัน 1 บรรยากาศ)	221
8.3	Heat of formation (kcal/mol) at 25 °C 1 atm	225