คณิตศาสตร์สำหรับเคมี

1) Prefix : คือคำนำหน้าหน่วยฐาน เพื่อบอกเลขยกกำลัง ใช้เพื่อให้เขียนตัวเลขได้ง่ายขึ้น

ชื่อ	ตัวย่อ	เลขยกกำลัง
exa	E	10^{18}
peta	P	10^{15}
tera	T	10^{12}
giga	G	10^{9}
mega	M	10^{6}
kilo	k	10^{3}
hecto	h	10^{2}
deca	da	10^{1}
deci	d	10^{-1}
centi	c	10^{-2}
milli	m	10^{-3}
micro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
pico	p	10^{-12}
femto	f	10^{-15}
atto	a	10^{-18}

ตัวอย่าง :1) 0.5 km = _____

2) 8 nm = _____

3) 12 μm = _____

4) 20 pm = _____

5) 2 ml = _____

6) 100 W = _____

7) 3,000 J = _____

8) 50,000 V = _____

9) 7,000,000 cal = _____

10) 1,450,000 s = _____

2) การเปลี่ยนหน่วย

- **หลักการ** : 1. ปลด prefix เดิม
  2. ใส่ prefix ใหม่ แล้วใส่เลขยกกำลังตรงข้าม
  3. จัดรูปให้สวยงาม

- **ตัวอย่าง** : 1. 12 μm = ? mm _____

  2. 200000 cal = ? kcal _____

  3. 50000 cm^3 = ? m^3 _____

  4. 3 g/cm^3 = ? kg/m^3 _____

  5. 8 mol/cm^3 = ? mol/L _____

  6. 12 g/s = ? kg/min _____

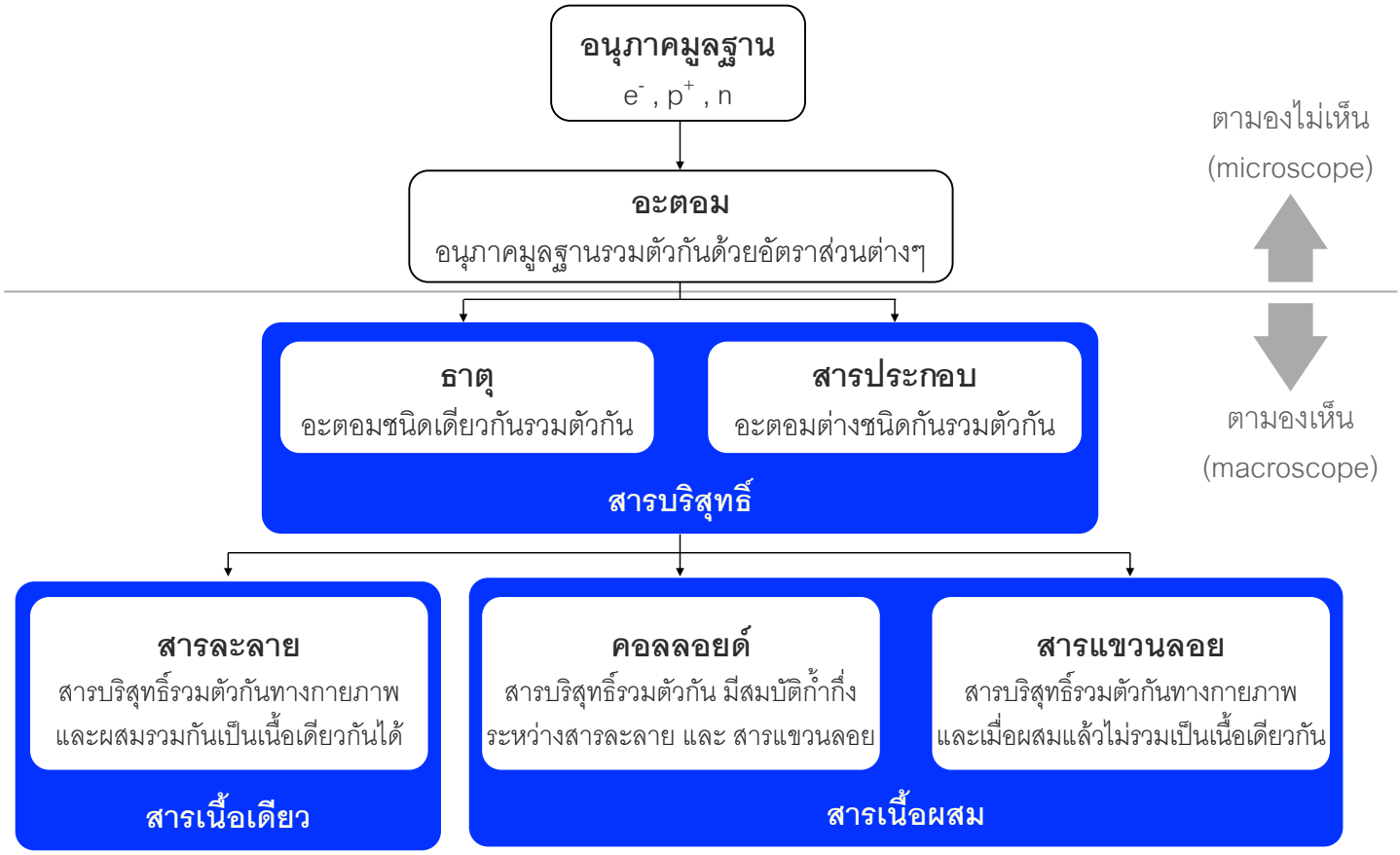
จุดเริ่มต้นการศึกษาทางเคมี

1) **อนุภาคมูลฐานของสสาร** : สสารทุกอย่างบนโลกประกอบขึ้นจากอนุภาคมูลฐาน 3 อย่าง ได้แก่

อนุภาคมูลฐาน	สัญลักษณ์	มวล (g)	มวล (AMU)	ประจุ
อิเล็กตรอน		9.11×10^{-28}		
โปรตอน		1.6726×10^{-24}		
นิวตรอน		1.6749×10^{-24}		

สิ่งที่ไม่ใช่สสารคือ _____ ตัวอย่าง : _____

2) **แผนภาพแสดงการรวมตัวของอนุภาคมูลฐานเกิดเป็นสารประเภทต่าง ๆ**



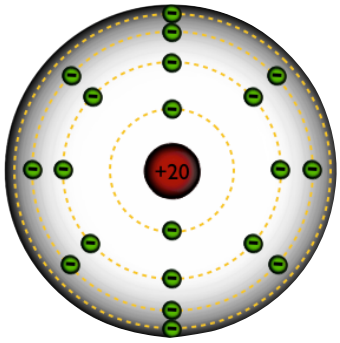
อะตอม (Atoms)

1) **หมายถึง** : องค์ประกอบที่เล็กที่สุดของสสารที่แสดงสมบัติเฉพาะตัว

2) **การศึกษาเกี่ยวกับอะตอม**

ปัจจุบัน ยังไม่มีอุปกรณ์ที่ทำให้สามารถมองเห็นรูปร่างของอะตอมที่แท้จริงได้ เนื่องจากอะตอมมีขนาดเล็กมาก ดังนั้น รูปร่างของอะตอมที่นักเรียนกำลังเรียนกัน มาจากแบบจำลองอะตอมที่นักวิทยาศาสตร์ได้สร้างขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้รับเท่านั้น **โดยนักเรียนจะได้ศึกษาเกี่ยวกับวิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอมอย่างละเอียดจากเนื้อหาในบทเรียน "อะตอมและตารางธาตุ"**

2) **ข้อสรุปเกี่ยวกับอะตอมที่ได้จากการทดลองของนักวิทยาศาสตร์**



แบบจำลองอะตอมในปัจจุบัน

1. อะตอมมีลักษณะเป็นทรงกลม ประกอบด้วยนิวเคลียส และอิเล็กตรอนวิ่งวนอยู่โดยรอบนิวเคลียส
2. นิวเคลียสเป็นที่อยู่ของโปรตอน และนิวตรอน
3. อิเล็กตรอนที่วิ่งวนรอบนิวเคลียส มีการจัดเรียงตัวอย่างมีระเบียบ เป็นชั้นๆ
4. โดยปกติอะตอมของธาตุจะเป็นกลางทางไฟฟ้า
5. การเกิดประจุบวกหรือลบของอะตอม เกิดจากอิเล็กตรอนเท่านั้น ไม่ได้เกิดจากโปรตอนในนิวเคลียส

ธาตุ (Elements) และสมบัติของธาตุ

เมื่ออะตอมชนิดเดียวกันรวมตัวกันจำนวนมากๆ เรียกกลุ่มอะตอมนั้นว่า "**ธาตุ**" โดยธาตุเดียวกันจะแสดงสมบัติเฉพาะตัวเหมือนกัน และจะแตกต่างจากธาตุอื่น ปัจจุบันมีการค้นพบธาตุแล้วประมาณ 118 ธาตุ

1) **สมบัติเฉพาะตัวของธาตุ**

1.1 จำนวนโปรตอน : ธาตุทุกธาตุจะต้องมีจำนวนโปรตอนไม่เท่ากัน

1.2 ความเป็นโลหะ / อโลหะ : ธาตุทั้งหมด แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ โลหะ , อโลหะ และ กึ่งโลหะ

1.3 การเข้าทำปฏิกิริยา : ธาตุแต่ละธาตุจะมีลักษณะการเข้าทำปฏิกิริยากับธาตุอื่นเกิดเป็นสารประกอบเฉพาะตัว

2) **สัญลักษณ์ของธาตุ**

ใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษเป็นสัญลักษณ์ บางธาตุมีตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ตัวเดียว บางธาตุมีมากกว่า 1 ตัวอักษร และถ้าธาตุใดมีมากกว่า 1 ตัวอักษรจะใช้ตัวอักษรตัวแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่และตัวที่เหลือเป็นตัวพิมพ์เล็ก

Ex : **ธาตุแคลเซียม** ใช้สัญลักษณ์ _____ **ธาตุโซเดียม** ใช้สัญลักษณ์ _____

ธาตุคลอรีน ใช้สัญลักษณ์ _____ **ธาตุดีบุก** ใช้สัญลักษณ์ _____

ธาตุเหล็ก ใช้สัญลักษณ์ _____ **ธาตุทองคำ** ใช้สัญลักษณ์ _____

ธาตุคาร์บอน ใช้สัญลักษณ์ _____ **ธาตุไนโตรเจน** ใช้สัญลักษณ์ _____

ธาตุแพลตทินั่ม ใช้สัญลักษณ์ _____ **ธาตุซีนอน** ใช้สัญลักษณ์ _____

3) **ประจุของธาตุ** : มี 3 แบบ ได้แก่

ธาตุที่เป็นกลาง

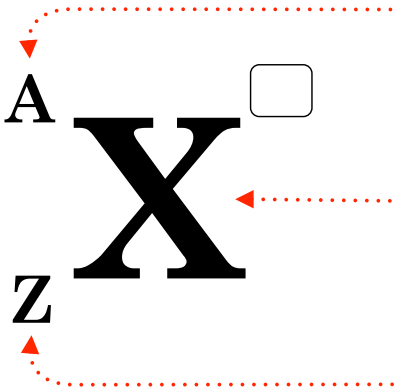
ธาตุที่มีประจุบวก

ธาตุที่มีประจุลบ

จำให้แม่น : _____

สัญลักษณ์นิวเคลียร์ของธาตุ

1) **รูปแบบมาตรฐาน** : การระบุสัญลักษณ์ของธาตุโดยแสดงจำนวนโปรตอน , นิวตรอน และ อิเล็กตรอนให้เห็น เรียกว่า **"สัญลักษณ์นิวเคลียร์"**



เลขมวล (Mass Number)

= _____

สัญลักษณ์ของธาตุ (Element Symbol)

เลขอะตอม (Atomic Number)

= _____

Ex :

2) **เลขมวล, เลขอะตอม, มวลอะตอม และ น้ำหนักอะตอม**

- **เลขมวล** (Mass Number) หมายถึง เลขจำนวนเต็มที่แสดงจำนวนโปรตอนและนิวตรอนในนิวเคลียสของธาตุ
- **เลขอะตอม** (Atomic Number) หมายถึง เลขจำนวนเต็มที่แสดงจำนวนโปรตอนในนิวเคลียสของธาตุ
- **มวลอะตอม** (Atomic Mass / Atomic Weight) หมายถึง เลขทศนิยมอย่างน้อย 4 ตำแหน่ง บอกถึงจำนวนเท่าของน้ำหนักอะตอมนั้น เทียบกับค่ามาตรฐาน (ไม่มีหน่วย)

3) **สมการแสดงความสัมพันธ์**

Mass Number (A) = _____

Atomic Number (Z) = _____

Atomic Mass = _____

4) **ข้อสังเกตเกี่ยวกับเลขมวล, เลขอะตอม, มวลอะตอม**

- ธาตุเดียวกันเลขอะตอมเท่ากัน ธาตุต่างกันเลขอะตอมต่างกันเสมอ
- ธาตุเดียวกันไม่จำเป็นต้องมีเลขมวลเท่ากัน (เรียกว่า_____)
- ธาตุต่างกันก็อาจมีเลขมวลเท่ากันได้ (เรียกว่า_____)
- โดยปกติ ธาตุที่เป็นกลางทางไฟฟ้า จะมีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากับจำนวนโปรตอน นั่นคือเลขอะตอมอาจบอกจำนวนอิเล็กตรอนได้ด้วย แต่เมื่ออะตอมของธาตุไม่เป็นกลางทางไฟฟ้า จะมีเลขอะตอมเท่าเดิมแต่มีจำนวนอิเล็กตรอนไม่เท่าเลขอะตอม โดยธาตุที่ติดประจุบวก แสดงว่าจำนวนอิเล็กตรอนน้อยกว่าเลขอะตอม และธาตุที่ติดประจุลบ แสดงว่าจำนวนอิเล็กตรอนมากกว่าเลขอะตอม

โจทย์เสริมประสบการณ์ 1 จงหาจำนวนโปรตอน นิวตรอน และ อิเล็กตรอนของธาตุต่อไปนี้

$^{39}_{19}K$
- e^- = _____
- p^+ = _____
- n = _____

$^{39}_{19}K^{+1}$
- e^- = _____
- p^+ = _____
- n = _____

$^{27}_{13}Al$
- e^- = _____
- p^+ = _____
- n = _____

$^{27}_{13}Al^{+3}$
- e^- = _____
- p^+ = _____
- n = _____

$^{119}_{51}Sb$
- e^- = _____
- p^+ = _____
- n = _____

$^{119}_{51}Sb^{-3}$
- e^- = _____
- p^+ = _____
- n = _____

ไอโซโทป, ไอโซโทน, ไอโซบาร์ และ ไอโซอิเล็กทรอนิก

1) **ไอโซโทป** (Isotope) หมายถึง ธาตุเดียวกันที่มีจำนวนนิวตรอนไม่เท่ากัน

2) **ไอโซโทน** (Isotone) หมายถึง ธาตุคนละธาตุกันที่บังเอิญมีจำนวนนิวตรอนเท่ากัน

3) **ไอโซบาร์** (Isobar) หมายถึง ธาตุคนละธาตุกันที่บังเอิญมีเลขมวลเท่ากัน

4) **ไอโซอิเล็กทรอนิก** (Isoelectronic) หมายถึง ธาตุคนละธาตุกันที่บังเอิญมีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากัน (ตัวหนึ่งติดประจุ)

5) **เทคนิคการจำ**

Ex :

โจทย์เสริมประสบการณ์ 2 จงบอกว่าธาตุใดต่อไปนี้เป็น ไอโซโทป , ไอโซโทน และ ไอโซบาร์กัน

$^{20}_{10}A$ $^{22}_{11}B$ $^{25}_{12}C$ $^{23}_{11}D$ $^{27}_{13}E$ $^{27}_{14}F$ $^{29}_{15}G$ $^{25}_{13}H$ $^{26}_{13}J$

1) ธาตุที่เป็นไอโซโทปกัน ได้แก่ _____

2) ธาตุที่เป็นไอโซโทนกัน ได้แก่ _____

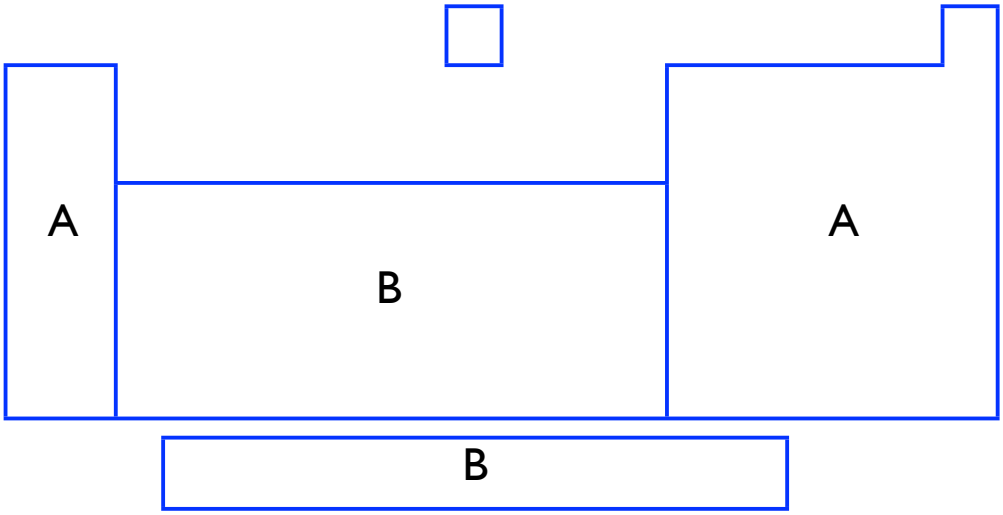
3) ธาตุที่เป็นไอโซบาร์กัน ได้แก่ _____

ตารางธาตุ (Periodic Table of Elements)

1) แนวโน้มสมบัติของธาตุ

- จากการศึกษาสมบัติของธาตุทำให้ “**เมนเดลเลฟ**” ค้นพบว่าเมื่อนำธาตุมาจัดเรียงลำดับตามจำนวนโปรตอน (เลขอะตอม) สมบัติของธาตุจะมีลักษณะซ้ำเดิมเป็นช่วงๆ ทุกๆ 8 ธาตุ เหตุการณ์ดังกล่าวเรียกว่า “**กฎพีรีออดิก**”
- ตารางธาตุในปัจจุบันจัดเรียงตามเลขอะตอม (จำนวนโปรตอน) ของธาตุจากน้อยไปมาก แบ่งธาตุออกเป็น 8หมู่ (Group) ในแนวนอน และ 7คาบ (Period) ในแนวดิ่ง นอกจากนั้นยังแบ่งธาตุออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆคือ ธาตุกลุ่ม A เรียกว่าธาตุเรพรีเซนเตตีฟ (Representative Elements) , ธาตุกลุ่ม B เรียกว่าธาตุทรานสิชัน (Transition Elements) และ ธาตุ 2 แถวล่างเรียกว่าธาตุอินเนอร์ทรานสิชัน (Inner Transition Elements)

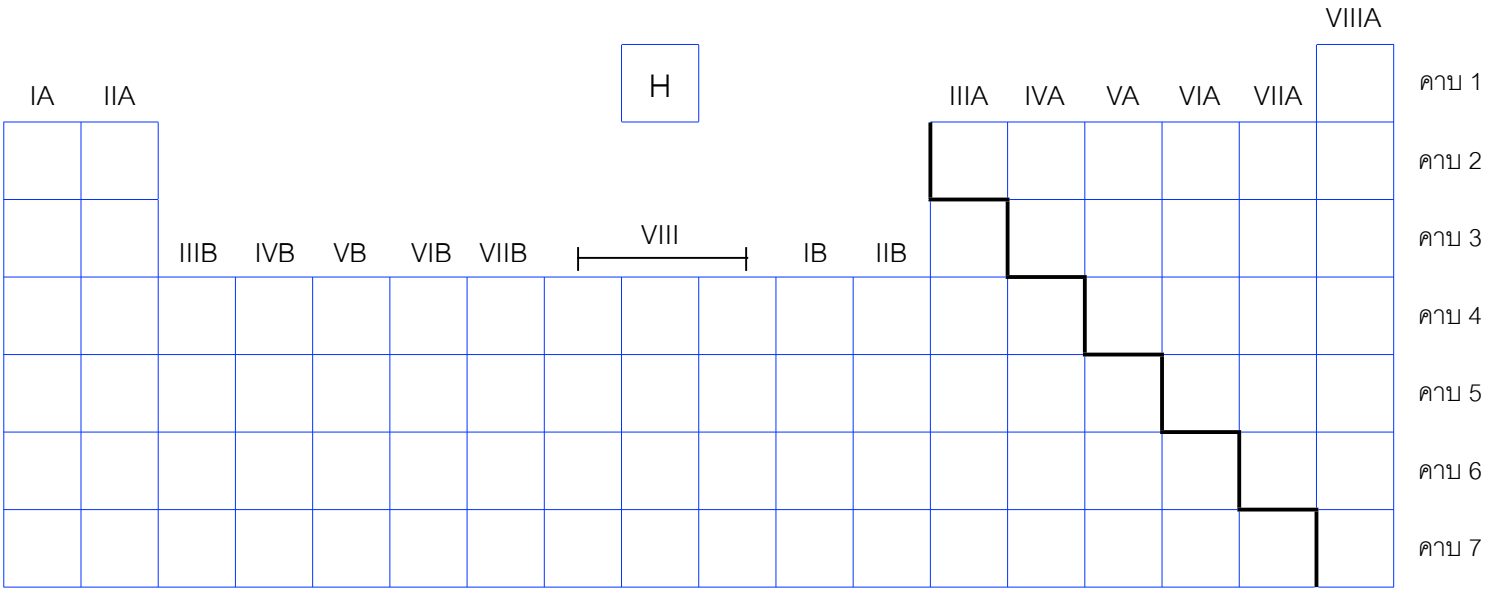
2) องค์ประกอบของตารางธาตุในปัจจุบัน



A = Representative

B = Transition

3) การจดจำตารางธาตุ : ให้จำสัญลักษณ์ของธาตุเรียงตามหมู่ (แนวดิ่ง) และจำเลขอะตอมของธาตุหมู่ IA



วิธีการท่องจำตารางธาตุ ให้ท่องตามหมู่เท่านั้น -- อย่าท่องตามคาบ หรือตามตัวอักษรเด็ดขาด !!

IA

สัญลักษณ์	วิธีท่อง	ชื่อธาตุ
Li		Lithium
Na		Sodium
K		Potassium
Rb		Rubedium
Cs		Cesium
Fr		Francium

IIA

สัญลักษณ์	วิธีท่อง	ชื่อธาตุ
Be		Beryllium
Mg		Magnesium
Ca		Calcium
Sr		Strontium
Ba		Barium
Ra		Radium

IIIA

สัญลักษณ์	วิธีท่อง	ชื่อธาตุ
B		Boron
Al		Aluminium
Ga		Gallium
In		Indium
Tl		Thallium

IVA

สัญลักษณ์	วิธีท่อง	ชื่อธาตุ
C		Carbon
Si		Silicon
Ge		Germanium
Sn		Tin
Pb		Lead

VA

สัญลักษณ์	วิธีท่อง	ชื่อธาตุ
N		Nitrogen
P		Phosphorus
As		Arsenic
Sb		Antimony
Bi		Bismuth

VIA

สัญลักษณ์	วิธีท่อง	ชื่อธาตุ
O		Oxygen
S		Sulfer
Se		Selenium
Te		Tellurium
Po		Polonium

VIIA

สัญลักษณ์	วิธีท่อง	ชื่อธาตุ
F		Fluorine
Cl		Chlorine
Br		Bromine
I		Iodine
At		Astatine

VIIIA

สัญลักษณ์	วิธีท่อง	ชื่อธาตุ
He		Helium
Ne		Neon
Ar		Argon
Kr		Krypton
Xe		Xenon
Rn		Radon

ข้อสังเกตเกี่ยวกับตารางธาตุ

1) ตารางธาตุแบ่งออกเป็น _____ หมู่ _____ คาบ

2) ธาตุในหมู่เดียวกันมีสมบัติคล้ายกัน เนื่องจาก_____

3) ธาตุโลหะอยู่ด้านซ้าย อโลหะอยู่ด้านขวา และ กึ่งโลหะอยู่ตรงขั้นบันได

4) H (Hydrogen) ไม่จัดอยู่ในหมู่ใดเลยของตารางธาตุ และเป็นอโลหะ

5) ตารางธาตุแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักๆคือ

   1. _____

   2. _____

   3. _____

6) ธาตุที่ลงท้ายด้วย “ium” เป็นโลหะ เช่น Li (Lithium), Cd (Cadmium) ยกเว้น Se (Selenium) , He (Helium) เป็นอโลหะ และ Te (Tellurium) เป็นกึ่งโลหะ

7) ธาตุที่มีสถานะเป็นของเหลว มีเพียง 2 ธาตุ ได้แก่ Br , Hg (บางตำรารวม Cs ด้วยเพราะ B.P ก็ค่อนข้างต่ำ)

8) หมู่ที่ธาตุมีสถานะทั้ง 3 สถานะ คือหมู่ 7 (F , Cl เป็นแก๊ส | Br เป็นของเหลว | I เป็นของแข็ง)

9) หมู่ IB ของธาตุทรานสิชัน ไม่ได้อยู่ด้านซ้ายสุด

โจทย์เสริมประสบการณ์ 3 จงวาดตารางธาตุพร้อมระบุสัญลักษณ์ของธาตุในหมู่ IA - VIIIA ให้ครบถ้วน

โจทย์เสริมประสบการณ์ 4 ข้อความต่อไปนี้ถูกหรือผิด ถ้าผิดแก้ไขให้ถูกต้อง

_____ 1. ธาตุบนโลกส่วนใหญ่เป็นของแข็ง

_____ 2. ธาตุโลหะทุกธาตุเป็นของแข็ง

_____ 3. ธาตุคือองค์ประกอบที่เล็กที่สุดของสสาร

_____ 4. ธาตุเดียวกันจะมีสมบัติเหมือนกันทุกประการและต่างจากธาตุอื่น

_____ 5. ตารางธาตุจัดเรียงธาตุโดยใช้เลขมวลเป็นตัวจัดเรียง และจัดเรียงได้เป็น 8 หมู่ 7 คาบ

_____ 6. ไฮโดรเจนจัดอยู่ในหมู่ที่ IA ของตารางธาตุเนื่องจากมีอิเล็กตรอนวงนอกสุด 1 ตัว

_____ 7. ธาตุทุกธาตุจะมีสมบัติคล้ายกันตามหมู่ มากกว่าตามคาบ

_____ 8. ธาตุทรานสิชันมีทั้งหมด 8 หมู่ เหมือนกับธาตุเรพรีเซนเตตีฟ ดังนั้น ตารางธาตุจึงมีทั้งหมด 16 แถว

_____ 9. ธาตุที่มีจุดเดือดต่ำที่สุดคือไนโตรเจน และธาตุที่มีจุดเดือดสูงที่สุดคือคาร์บอน

_____ 10. ธาตุที่มีมากที่สุดในร่างกายมนุษย์คือธาตุคาร์บอน

_____ 11. ธาตุที่มีมากที่สุดในอากาศคือธาตุ N มีประมาณ 71%

การนำความรู้เรื่องตารางธาตุไปใช้งาน

1) **ใช้บอกประเภทของธาตุ** : แบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามลักษณะการเข้าทำปฏิกิริยา ได้แก่

1. ธาตุโลหะ (Metal) : เมื่อเข้าทำปฏิกิริยาจะให้อิเล็กตรอนแก่ธาตุอื่น
2. ธาตุอโลหะ (Non-metal) : เมื่อเข้าทำปฏิกิริยาโดยมากจะรับอิเล็กตรอนจากธาตุอื่น
3. ธาตุกึ่งโลหะ (Metalloid) : แสดงสมบัติก้ำกึ่งระหว่างโลหะและอโลหะ ขึ้นอยู่กับธาตุที่เข้ามาทำปฏิกิริยาด้วย

2) **ใช้พิจารณาแนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ**

เมื่อพิจารณาแนวโน้มสมบัติบางประการของธาตุตามตารางธาตุ จะพบว่ามีแนวโน้มตามหมู่ และ ตามคาบที่ชัดเจน ทำให้เราสามารถคาดเดาหรือเปรียบเทียบสมบัติบางประการของธาตุที่เราไม่ทราบค่าได้ แนวโน้มดังกล่าวได้แก่

1. ขนาดอะตอม (หรือรัศมีอะตอม)
2. ขนาดไอออน (หรือรัศมีไอออน)
3. ความเป็นโลหะ / อโลหะ
4. พลังงานไอออนไนเซชั่น (Ionization Energy : IE)
5. ค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี้ (Electronegativity : EN)
6. จุดเดือด / จุดหลอมเหลว / จุดเยือกแข็ง (Boiling Point , Melting Point , Freezing Point)
7. ค่าอิเล็กตรอนแอฟฟินิตี้ (Electronaffinity : EA)

<u>หมายเหตุ</u> : เรียนในบท “อะตอมและตารางธาตุ” และพบกับเทคนิคเฉพาะของติวเตอร์พอยท์ที่จะช่วยจำได้ง่ายขึ้น

3) **ใช้หามวลโมเลกุลของสารประกอบ**

มวลโมเลกุลของสารประกอบเกิดจากการนำมวลอะตอม (ถ้าไม่ต้องการความแม่นยำมากใช้เลขมวลแทนได้) ของธาตุทุกตัวในสูตรโมเลกุลมาบวกกัน

Ex. มวลโมเลกุลของ H_2O เท่ากับ _____

มวลโมเลกุลของ NaCl เท่ากับ _____

มวลโมเลกุลของ $Ca(NO_3)_2$ เท่ากับ _____

มวลโมเลกุลของ $(NH_4)_2SO_4$ เท่ากับ _____

มวลโมเลกุลของ $C_6H_{12}O_6$ เท่ากับ _____

4) **ใช้จำแนกประเภทของสารประกอบ**

- ดูรายละเอียดในหัวข้อถัดไปเรื่อง “สารประกอบ”

5) **ใช้เขียนสูตรเคมีของสารประกอบ**

- ดูรายละเอียดในหัวข้อถัดไปเรื่อง “การเขียนสูตรสารประกอบ”

6) **ใช้ทำนายประจุของกลุ่มไอออน**

- เรียนในบท “อะตอมและตารางธาตุ” และพบกับเทคนิคเฉพาะของติวเตอร์พอยท์

การจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุ

อิเล็กตรอนที่วิ่งวนอยู่รอบนิวเคลียส มีการจัดเรียงตัวอย่างมีระเบียบเป็นชั้นๆ มีได้สูงสุด 7 ชั้น (ตามทฤษฎีของโบร์ในบทอะตอมและตารางธาตุ) ทำให้เราสามารถเขียนแผนภาพการจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุได้ รวมทั้งทำนายลักษณะการจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุที่เราไม่ทราบค่าได้ด้วย

1) **ที่อยู่ของอิเล็กตรอน**

เรียกว่า “**ออบิทัล** (Orbital)” ใน 1 ออบิทัล บรรจุได้ $2e^-$ เขียนสัญลักษณ์ของออบิทัล และการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนภายในออบิทัลได้ ดังนี้

$\boxed{}$ = _____

$1\downarrow$ = _____

$\boxed{1\downarrow}$ = _____

คำถาม : ทำไมอิเล็กตรอน 2 ตัวที่อยู่ในออบิทัลเดียวกันจึงไม่ผลักกัน ?

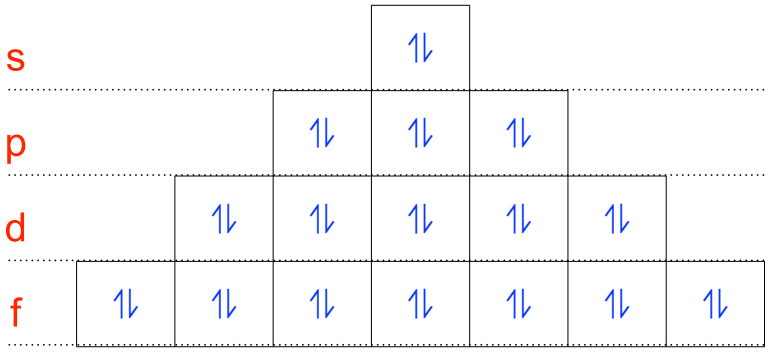
Ans

2) **ระดับพลังงานย่อย**

เมื่อออบิทัลที่มีพลังงานใกล้เคียงกันหลายๆออบิทัล รวมกันจะเกิดเป็นระดับพลังงาน เราเรียกว่า "**ระดับพลังงานย่อย** (Sub-Shell , Sub-Level)" มีทั้งหมด 4 ระดับพลังงานย่อย ได้แก่ s , p , d และ f โดยแต่ละระดับพลังงานย่อย จะประกอบด้วยออบิทัลจำนวนไม่เท่ากัน ดังนี้

- **ระดับพลังงานย่อย** s ประกอบด้วยออบิทัลจำนวน _____ ออบิทัล
- **ระดับพลังงานย่อย** p ประกอบด้วยออบิทัลจำนวน _____ ออบิทัล
- **ระดับพลังงานย่อย** d ประกอบด้วยออบิทัลจำนวน _____ ออบิทัล
- **ระดับพลังงานย่อย** f ประกอบด้วยออบิทัลจำนวน _____ ออบิทัล

- **แผนภาพระดับพลังงานย่อย**



ประกอบด้วย ____ ออบิทัล บรรจุ e^- ได้ ____ ตัว

ประกอบด้วย ____ ออบิทัล บรรจุ e^- ได้ ____ ตัว

ประกอบด้วย ____ ออบิทัล บรรจุ e^- ได้ ____ ตัว

ประกอบด้วย ____ ออบิทัล บรรจุ e^- ได้ ____ ตัว

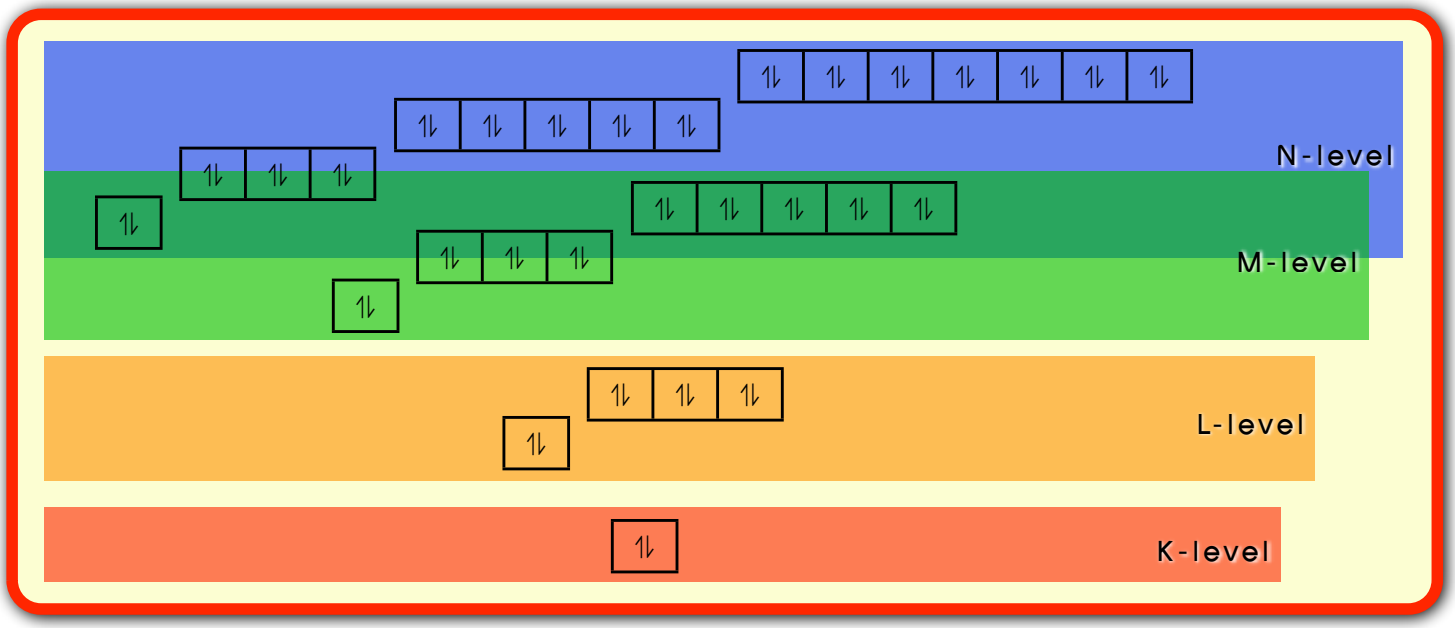
จริงๆแล้วระดับพลังงานย่อยสามารถมีได้มากกว่า f ได้แก่ g , h , i ซึ่งในแบบเรียนไม่มีสอนแต่เคยออกสอบ

3) **ระดับพลังงานหลัก**

เมื่อระดับพลังงานย่อยที่มีพลังงานใกล้เคียงกันหลายๆระดับพลังงานย่อยรวมกันจะเกิดเป็นแถบระดับพลังงาน เราเรียกว่า "**ระดับพลังงานหลัก** (Shell , Energy Level , Energy Band)" มีทั้งหมด 7 ระดับพลังงานหลัก ได้แก่ K , L , M , N , O , P และ Q โดยแต่ละระดับพลังงานหลัก จะประกอบด้วยระดับพลังงานย่อยจำนวนไม่เท่ากัน ดังนี้

- **ระดับพลังงานหลัก** K (หรือ n = 1) ประกอบด้วยระดับพลังงานย่อย _____
- **ระดับพลังงานหลัก** L (หรือ n = 2) ประกอบด้วยระดับพลังงานย่อย _____
- **ระดับพลังงานหลัก** M (หรือ n = 3) ประกอบด้วยระดับพลังงานย่อย _____
- **ระดับพลังงานหลัก** N (หรือ n = 4) ประกอบด้วยระดับพลังงานย่อย _____
- **ระดับพลังงานหลัก** O (หรือ n = 5) ประกอบด้วยระดับพลังงานย่อย _____
- **ระดับพลังงานหลัก** P (หรือ n = 6) ประกอบด้วยระดับพลังงานย่อย _____
- **ระดับพลังงานหลัก** Q (หรือ n = 7) ประกอบด้วยระดับพลังงานย่อย _____

4) **แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของออบิทัล , ระดับพลังงานย่อย และ ระดับพลังงานหลัก**



5) **ตารางสรุปความสัมพันธ์ของระดับพลังงาน , ออบิทัล และ จำนวนอิเล็กตรอนที่บรรจุ :**

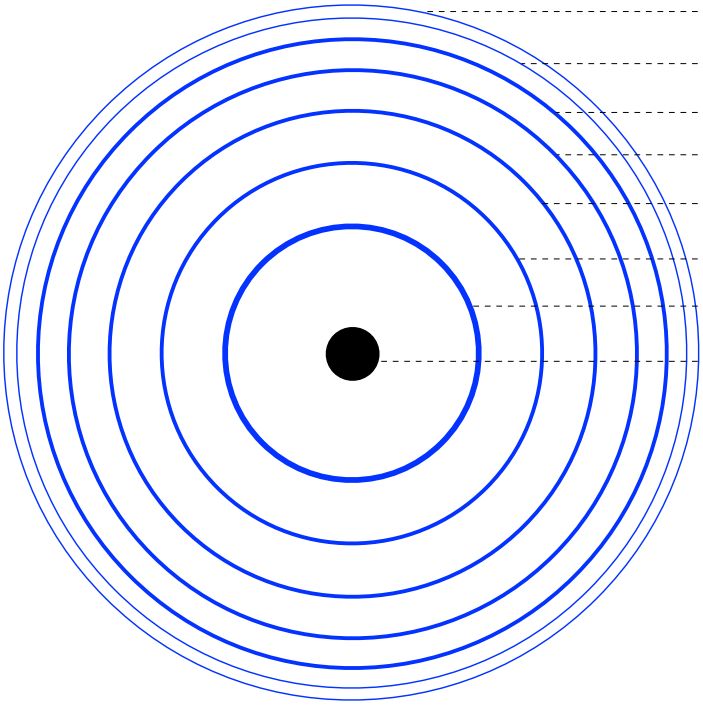
ระดับพลังงานหลัก	ระดับพลังงานย่อย	จำนวนออบิทัล	จำนวน e^- ที่บรรจุได้
K			
L			
M			
N			
O			
P			
Q			

การจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุเข้าสู่ระดับพลังงานหลัก

1) ประโยชน์ของการจัดเรียงอิเล็กตรอน :

1. ใช้เพื่อระบุว่าธาตุนั้นอยู่ในหมู่ใด และคาบใดของตารางธาตุ
2. ใช้เพื่อพิจารณาว่าธาตุนั้นจะเข้าทำพันธะเกิดเป็นสารประกอบประเภทใด และมีการเข้าทำพันธะอย่างไร
3. ใช้เพื่อพิจารณาลำดับความเสถียรของอะตอม และความสามารถในการแย่งชิงอิเล็กตรอนของธาตุ

2) วิธีการจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุ :



- Q = ชั้นที่ 7 หรือ n = 7
- P = ชั้นที่ 6 หรือ n = 6
- O = ชั้นที่ 5 หรือ n = 5
- N = ชั้นที่ 4 หรือ n = 4
- M = ชั้นที่ 3 หรือ n = 3
- L = ชั้นที่ 2 หรือ n = 2
- K = ชั้นที่ 1 หรือ n = 1
- Nucleus = $p^+ + n$

จำนวน e^- มากสุดที่มีได้ในวงโคจร = $2n^2$

เมื่อ n = เลขชั้นของวงโคจร

- วงโคจร K จุอิเล็กตรอนได้มากสุด _____ ตัว (n = 1)
- วงโคจร L จุอิเล็กตรอนได้มากสุด _____ ตัว (n = 2)
- วงโคจร M จุอิเล็กตรอนได้มากสุด _____ ตัว (n = 3)
- วงโคจร N จุอิเล็กตรอนได้มากสุด _____ ตัว (n = 4)
- วงโคจร O จุอิเล็กตรอนได้มากสุด _____ ตัว (n = 5)
- วงโคจร P จุอิเล็กตรอนได้มากสุด _____ ตัว (n = 6)
- วงโคจร Q จุอิเล็กตรอนได้มากสุด _____ ตัว (n = 7)

อาศัยหลักการ [ ]

3) เงื่อนไขการจัดเรียงอิเล็กตรอน :

1. จัดเรียงอิเล็กตรอนเข้าระดับพลังงานที่ต่ำกว่าก่อน (K ➡ L ➡ M ➡ N ➡ O ➡ P ➡ Q)
2. อิเล็กตรอนวงนอกสุด (Valence electron) ต้องมีอิเล็กตรอนไม่เกิน 8 ตัว
3. จำนวนอิเล็กตรอนซ้ำกันได้ 1 ครั้ง และถอยหลังได้ แต่ห้ามถอยข้ามขั้น

4) **ตัวอย่างการจัดเรียงอิเล็กตรอน** :

1. $_{20}Ca$ จัดเรียงอิเล็กตรอนได้เป็น _____
2. $_{51}Sb$ จัดเรียงอิเล็กตรอนได้เป็น _____
3. $_{36}Kr$ จัดเรียงอิเล็กตรอนได้เป็น _____
4. $_{87}Fr$ จัดเรียงอิเล็กตรอนได้เป็น _____

การจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุเข้าสู่ระดับพลังงานย่อย

บางครั้ง การจัดเรียงอิเล็กตรอนเข้าระดับพลังงานหลักโดยตรง จะเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ ยกตัวอย่างเช่น

- $_{21}A$ จัดเรียงอิเล็กตรอนได้เป็น _____ ดังนั้นอยู่หมู่ ____ คาบ _____
- $_{31}B$ จัดเรียงอิเล็กตรอนได้เป็น _____ ดังนั้นอยู่หมู่ ____ คาบ _____

ดังนั้น วิธีการแก้ปัญหานี้ คือ นักเรียนจำเป็นต้องจัดเรียงอิเล็กตรอนเข้าสู่ระดับพลังงานย่อยก่อน แล้วค่อยรวมอิเล็กตรอนเข้าสู่ระดับพลังงานหลักต่อไป

1) **การตรวจสอบความผิดพลาดของการจัดเรียงอิเล็กตรอนเข้าระดับพลังงานหลัก** :

1. ธาตุหมู่ 1 และหมู่ 2 คาบ 3 เป็นต้นไป จำนวนอิเล็กตรอนก่อนหน้าเวเลนซ์ต้องเท่ากับ 8 เสมอ
2. ธาตุหมู่ 3-8 คาบ 3 จำนวนอิเล็กตรอนก่อนหน้าเวเลนซ์ต้องเท่ากับ 8 เสมอ
3. ธาตุหมู่ 3-8 คาบ 4-7 จำนวนอิเล็กตรอนก่อนหน้าเวเลนซ์ต้องเท่ากับ 18 เสมอ

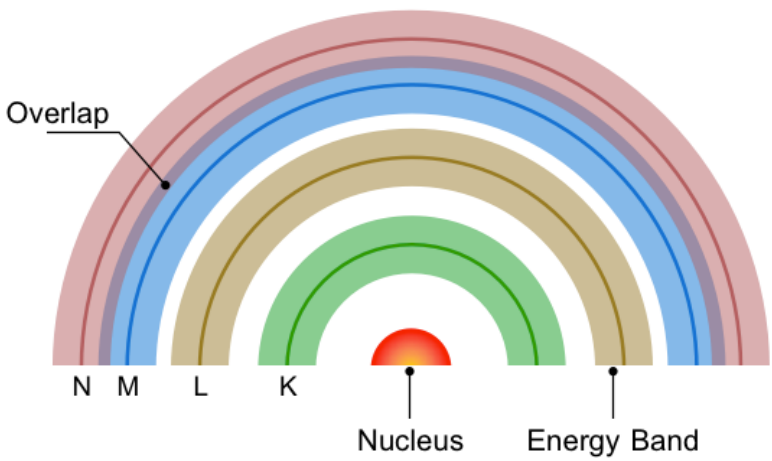
2) **หลักการจัดเรียงอิเล็กตรอนเข้าระดับพลังงานย่อย** :

อิเล็กตรอนแต่ละระดับพลังงานย่อย มีพลังงานไม่เท่ากัน เราจะจัดเรียงอิเล็กตรอนเข้าไปในระดับพลังงานที่ต่ำกว่าก่อน และไล่ไปในระดับพลังงานที่สูงขึ้นเรื่อยๆ ตามลำดับ ดังนั้น การจัดเรียงควรจะเป็นดังนี้

$1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^6$ $3d^{10}$ $4s^2$ $4p^6$ $4d^{10}$ $4f^{14}$ $5s^2$ $5p^6$ $5d^{10}$ $5f^{14}$ $6s^2$ $6p^6$ $6d^{10}$ $6f^{14}$ $7s^2$ $7p^6$ $7d^{10}$ $7f^{14}$

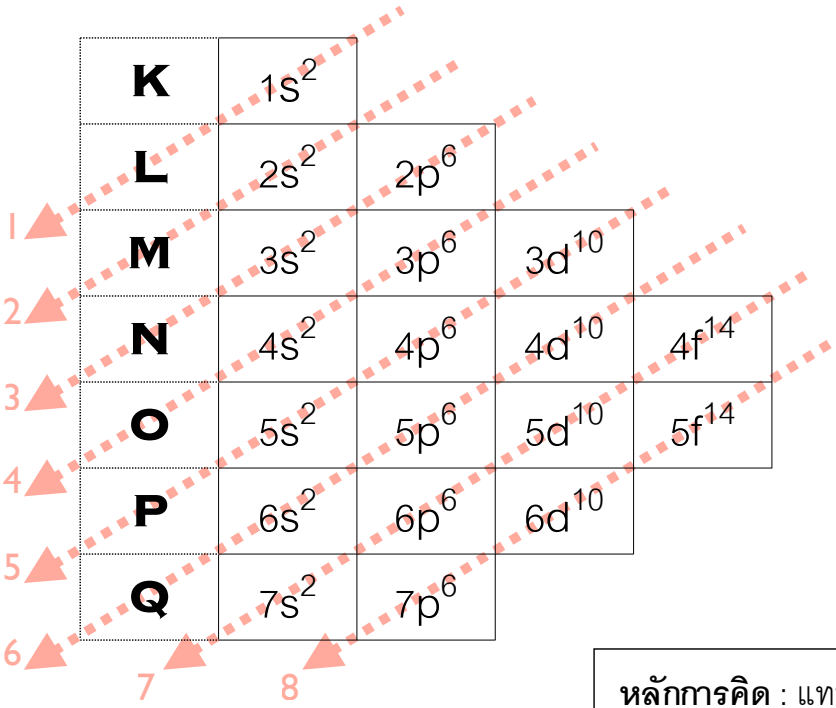
แต่ในความเป็นจริงกลับไม่เป็นแบบข้างต้น เนื่องจากเมื่อระดับพลังงานสูงขึ้นไปตั้งแต่ชั้น M (n=3) ขึ้นไป จะเกิดการซ้อนเกยกันของระดับพลังงานที่ติดกัน (Overlap) ดังรูป

จากรูปจะเห็นว่า เมื่อระดับพลังงานหลักมีค่าตั้งแต่ n=3 ขึ้นไป จะเกิดการซ้อนเกยกัน ระดับพลังงานย่อย d ของระดับพลังงานหลัก M มีพลังงานสูงกว่าระดับพลังงานย่อย s ของระดับพลังงานหลัก N ทำให้การจัดเรียงอิเล็กตรอนต้องจัดเรียงเข้าสู่ระดับพลังงาน 4s ก่อน 3d และยิ่งระดับพลังงานสูงขึ้นไปเรื่อยๆ จะยิ่งเกิดการซ้อนเกยกันมากขึ้นอีก



ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นต้องใช้แผนภาพในการช่วยจดจำการจัดเรียงอิเล็กตรอนเข้าสู่ระดับพลังงานย่อยที่ถูกต้อง

3) เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้งานจึงได้จัดทำตารางขึ้นมาดังนี้ :



จากตารางด้านซ้าย จะเท่ากับ
การจัดเรียงอิเล็กตรอนพลังงานย่อยดังนี้

<u>หลักการคิด</u> : แทนค่า e^- ของธาตุลงในตารางตามลูกศร จาก 1-8 จนกว่าค่า e^- จะหมด เสร็จแล้วรวมค่า e^- ในแต่ละวงโคจรหลัก

โจทย์เสริมประสบการณ์ 5

สัญลักษณ์	การจัดเรียงอิเล็กตรอน	จ.น. e^- เดี่ยว	ธาตุ
$_{11}A$	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$		
$_{18}B$	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$		
$_{37}C$	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^6\ 5s^1$		
$_{53}D$	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^6\ 5s^2\ 4d^{10}\ 5p^5$		
$_{116}E$	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^6\ 5s^2\ 4d^{10}\ 5p^6\ 6s^2\ 4f^{14}\ 5d^{10}\ 6p^6\ 7s^2\ 5f^{14}\ 6d^{10}\ 7p^4$		
$_{26}F$	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^6$		
$_{79}G$	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^6\ 5s^2\ 4d^{10}\ 5p^6\ 6s^2\ 4f^{14}\ 5d^9$		
$_{29}H$	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^9$ | $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1\ 3d^{10}$		
$_{84}J^{2-}$	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^6\ 5s^2\ 4d^{10}\ 5p^6\ 6s^2\ 4f^{14}\ 5d^{10}\ 6p^6$		
$_{88}K^{2+}$	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}\ 4p^6\ 5s^2\ 4d^{10}\ 5p^6\ 6s^2\ 4f^{14}\ 5d^{10}\ 6p^6$		
$_{30}L^{2+}$	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}$		

สารประกอบ (Compound) (เรียนในบทพันธะเคมี)

เมื่อธาตุเข้ารวมกันด้วยวิธีทางเคมี (ทำพันธะ) จะเกิดสารใหม่เรียกว่า "**สารประกอบ**" จำแนกประเภทได้ ดังนี้

1) **ธาตุโลหะ + ธาตุโลหะ** เกิดสารประกอบ _____

2) **ธาตุโลหะ + ธาตุอโลหะ** เกิดสารประกอบ _____

3) **ธาตุอโลหะ + ธาตุอโลหะ** เกิดสารประกอบ _____

- **หลักการเข้าทำพันธะ** : ธาตุจะเข้าทำพันธะกันเพื่อให้ตัวเองเกิดความเสถียรมากขึ้น เป็นไปตาม "**กฎออกเตต**"

  กล่าวคือ_____

- **ชนิดของสารประกอบ** :

สารประกอบโลหะ	สารประกอบโคเวเลนต์	สารประกอบไอออนิก

การอ่านชื่อสารประกอบ

โจทย์เคมีอาจจะบอกชื่อสารประกอบมาโดยไม่บอกสูตรเคมี ดังนั้นนักเรียนจำเป็นต้องอ่านชื่อสารประกอบให้เป็น

1) **การอ่านชื่อสารประกอบไอออนิก** : อ่านชื่อธาตุได้เลยไม่ต้องคำนึงถึงเลขห้อยและลงท้ายชื่อสารประกอบด้วย “ide”

- **ตัวอย่าง** : Li_2O อ่านว่า _____

  CaF_2 อ่านว่า _____

  MgS อ่านว่า _____

  $AgCl$ อ่านว่า _____

- **เมื่อรวมกับกลุ่มไอออนไม่ต้องอ่านชื่อลงท้ายด้วย "ide"** :

  Li_2SO_4 อ่านว่า _____

  $Mg_3(PO_4)_2$ อ่านว่า _____

  $NaCN$ อ่านว่า _____

  CH_3COOH อ่านว่า _____

2) **การอ่านชื่อสารประกอบโคเวเลนต์** : อ่านเลขห้อยเป็นภาษากรีกก่อนแล้วจึงอ่านชื่อธาตุ ลงท้ายชื่อสารด้วย “ide”

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

ตัวอย่าง : N_2O_3 อ่านว่า _____

Cl_2O_7 อ่านว่า _____

P_4O_{10} อ่านว่า _____

CS_2 อ่านว่า _____

ข้อยกเว้น: 1) **ถ้าธาตุตัวแรกเป็นห้อย 1 จะไม่อ่าน mono เช่น**

- NO_2 อ่านว่า _____
- SF_6 อ่านว่า _____

2) **ถ้าธาตุ O ห้อยเลข 1 จะอ่านว่า มอนนอกไซด์ เช่น**

- NO อ่านว่า _____
- CO อ่านว่า _____

ยกเว้น : H_2O อ่านว่า _____ $C_6H_{12}O_6$ อ่านว่า _____

O_3 อ่านว่า _____ $C_{12}H_{22}O_{11}$ อ่านว่า _____

NH_3 อ่านว่า _____ CH_4 อ่านว่า _____

การเขียนสูตรสารประกอบ

1) การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิก

หลักการ : สูตรสารประกอบไอออนิกตายตัว เกิดจากการคูณไขว้เลขออกซิเดชั่นของ Cation และ Anion

ตัวอย่าง : Na + Cl ⟹ _____

Mg + S ⟹ _____

Al + O ⟹ _____

K + NO_3^- ⟹ _____

2) การเขียนสูตรสารประกอบโคเวเลนต์

หลักการ : สูตรสารประกอบโคเวเลนต์สามารถเขียนได้หลายรูปแบบ ไม่มีวิธีการเขียนที่แน่นอน

ตัวอย่าง : N + O ⟹ _____

C + O ⟹ _____

Cl + F ⟹ _____ (เรียนในบทพันธะเคมี)

C + H ⟹ _____ (เรียนในบทสารประกอบคาร์บอน)

3) การเขียนสูตรสารประกอบโลหะ

หลักการ : โลหะเกาะกลุ่มกันไม่มีที่สิ้นสุด สูตรสารประกอบจึงเป็นสูตรอย่างง่าย (Empirical Formula)

ตัวอย่าง : Na_{10000} ⟹ _____

Mg_{30000} ⟹ _____

$Ca_{50000000}$ ⟹ _____

โจทย์เสริมประสบการณ์ 6 จงเขียนสูตรสารประกอบของธาตุคู่พันธะต่อไปนี้

- C + S _____
- Li + F _____
- N + O _____
- Ag(I) + Br _____
- Fe(III) + O _____
- P + Cl _____
- Na + Cl _____
- Mg + O _____
- Cu(II) + SO_4^{2-} _____
- P + Cl _____
- H + CO_3^{2-} _____
- C + O _____

สสาร (เรียนในวิทย์ ม.ต้น)

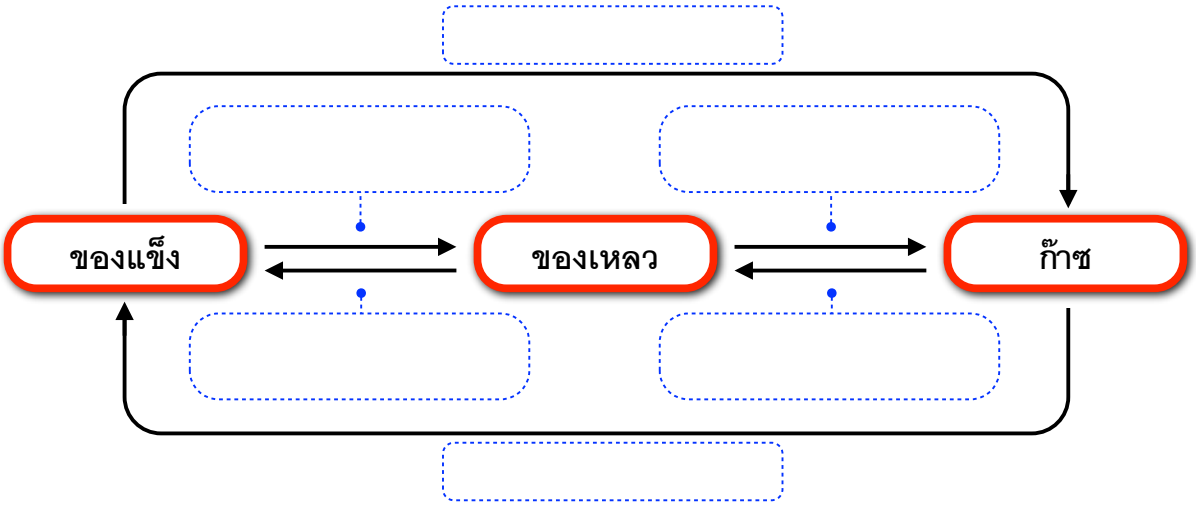
1) **สสาร หมายถึง** สิ่งที่มีตัวตน ต้องการที่อยู่ และ สามารถสัมผัสได้

2) **ตัวอย่างของสสาร** : อากาศ(g) , น้ำ(l) , ทราย(s) , อาหาร , คอมพิวเตอร์ , คน , พืช , สัตว์ , กระดาษ ฯลฯ

3) **ข้อสังเกต** :

1. สิ่งใดไม่ใช่สสารก็ต้องถือเป็น _____ เช่น _____
2. สมบัติของสสารแบ่งเป็นสมบัติทางกายภาพ และ สมบัติทางเคมี

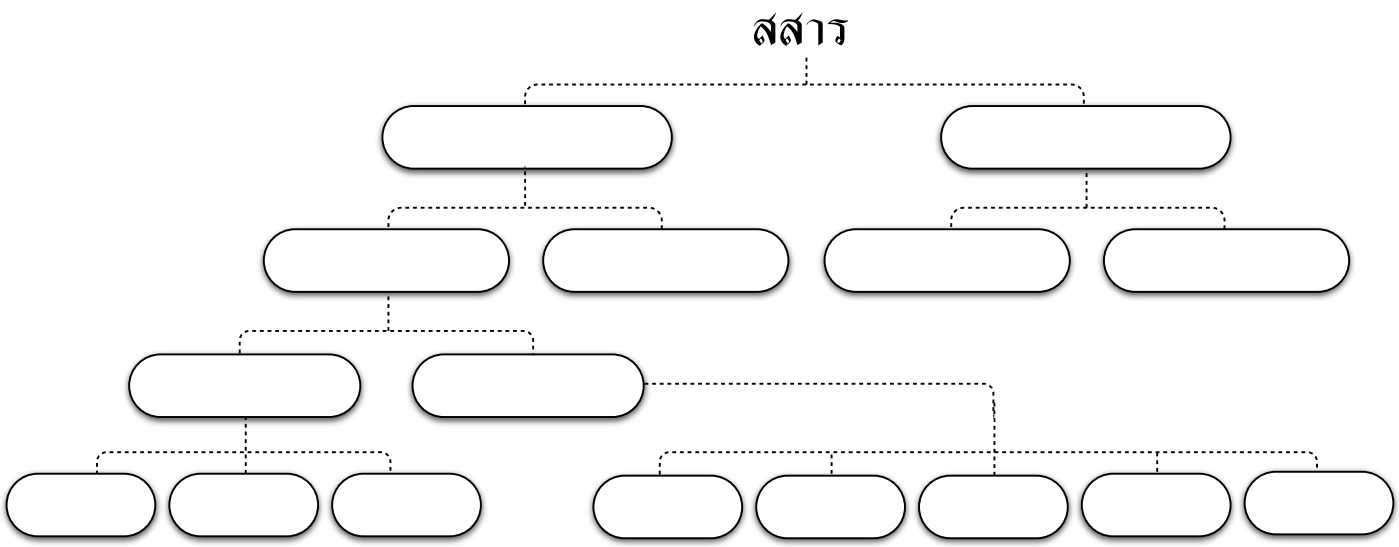
4) **สถานะของสสาร** : สารทุกอย่างสามารถเป็นได้ทั้ง 3 สถานะคือ ของแข็ง , ของเหลว และก๊าซ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความดันเป็นตัวกำหนดสถานะของสารนั้น (เรียนในบทของแข็งของเหลวก๊าซ)



5) **การจัดจำพวกสสาร** (Classification of Matter)

เนื่องจากสสารมีความหลากหลายมาก การศึกษาสมบัติของสสารทุกอย่างบนโลกเป็นไปไม่ได้ ดังนั้น นักเคมีจึงได้จัดกลุ่มสสารออกเป็นกลุ่มต่างๆ เพื่อง่ายต่อการศึกษา และ นำไปใช้งานต่อไป

- **<u>แผนภาพการจัดจำพวกสารโดยใช้เนื้อสารเป็นเกณฑ์</u>** : นักเคมีใช้ “เนื้อสาร” เป็นเกณฑ์ในการจำแนกสาร ดังนี้



- <u>แนวทางการจำแนก</u>

1. การจำแนกสารเนื้อเดียว และสารเนื้อผสม : _____
2. การจำแนกสารละลาย คอลลอยด์ และสารแขวนลอย : _____
3. การจำแนกสารบริสุทธิ์ และสารละลาย : _____
4. การจำแนกธาตุ และสารประกอบ : _____

คำจำกัดความของคำศัพท์

1. **สารเนื้อเดียว** (Homogeneous Substance) หมายถึง สารที่สายตามองเห็นเป็นเนื้อเดียวกัน

Ex :

2. **สารเนื้อผสม** (Homogeneous Substance) หมายถึง สารที่สายตามองเห็นว่าเนื้อสารมีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกัน

Ex :

3. **สารแขวนลอย** (Suspension) หมายถึง สารเนื้อผสมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาคใหญ่กว่า 1 ไมโครเมตร สายตามองเห็นได้ชัดเจนว่ามีเนื้อสารมากกว่า 1 อย่าง
4. **คอลลอยด์** (Colloid) หมายถึง สารที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาคอยู่ระหว่าง 1 ไมโครเมตร ถึง 1 นาโนเมตร สายตาไม่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน แต่เมื่อส่องดูด้วยแสงไฟจะเกิดการกระเจิงแสง

Ex :

5. **สารละลาย** (Solution) หมายถึง สารเนื้อเดียวที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาคเล็กกว่า 1 นาโนเมตร สายตามนุษย์ไม่สามารถแยกแยะองค์ประกอบได้ และเมื่อส่องด้วยแสงไฟก็ไม่เกิดการกระเจิงแสง สารละลายเกิดจากการรวมตัวกันของธาตุ หรือ สารประกอบ ในอัตราส่วนไม่คงที่ ทำให้ไม่สามารถเขียนสูตรที่แน่นอนได้

Ex :

6. **ของผสม** (Mixture) หมายถึง คำที่ใช้เรียกรวม สารแขวนลอย คอลลอยด์ และ สารละลาย
7. **สารบริสุทธิ์** (Pure Mixture) หมายถึง สารเนื้อเดียวที่มีจุดเดือดจุดหลอมเหลวคงที่ สมบัติเฉพาะตัวต่างๆคงที่ เกิดจากสารเพียงชนิดเดียว หรือหลายชนิดในอัตราส่วนคงที่ สามารถเขียนสูตรโมเลกุลได้ แบ่งออกเป็นธาตุ และสารประกอบ
8. **ธาตุ** (Elements) หมายถึง สารบริสุทธิ์ที่ประกอบด้วยสารชนิดเดียว มีหน่วยเล็กที่สุดไม่สามารถแยกเป็นสารอื่นได้

Ex :

9. **สารประกอบ** (Compound) หมายถึง สารบริสุทธิ์ที่ประกอบไปด้วยธาตุตั้งแต่ 2 ธาตุขึ้นไปรวมตัวกันด้วยอัตราส่วนคงที่ สามารถเขียนสูตรเคมีได้

Ex :

สารละลาย (Solution เขียนย่อว่า Sol^{n})

ประเด็นสำคัญของสารละลาย คือ "สัดส่วนการรวมตัวของสารไม่คงที่ ทำให้เขียนสูตรเคมีไม่ได้" เนื่องจากสารละลายเกิดจากสารตั้งแต่ 2 สารขึ้นไปผสมกันเป็นเนื้อเดียว ดังนั้น จึงมีองค์ประกอบ 2 อย่างด้วยกันคือ **ตัวถูกละลาย** (Solute) และ **ตัวทำละลาย** (Solvent)

1) **การระบุว่าสารใดเป็นตัวถูกละลายหรือตัวทำละลาย** : ทำได้ดังนี้

1. **ถ้าสารที่เข้าผสมกันมีสถานะเดียวกัน** : ดูที่ปริมาณสาร สารใดมีปริมาณมากกว่าสารนั้นเป็นตัวทำละลาย

   - เหรียญบาท ประกอบด้วย ทองแดง 75% และ นิกเกิล 25% ดังนั้น _____จึงเป็นตัวทำละลาย
   - ฟิวส์ไฟฟ้า ประกอบด้วย บิสมัท 50% ดีบุก 25% และ ตะกั่ว 25% ดังนั้น _____จึงเป็นตัวทำละลาย
   - อากาศ ประกอบด้วย N_2 78% O_2 21% CO_2 0.05% และอื่นๆ ดังนั้น _____ จึงเป็นตัวทำละลาย

2. **ถ้าสารที่เข้าผสมกันต่างสถานะกัน** : ดูที่สถานะ ถ้าสารใดสถานะเดียวกันกับสารละลาย สารนั้นเป็นตัวทำละลาย

   - น้ำเกลือ ประกอบด้วย น้ำและเกลือ ดังนั้น _____จึงเป็นตัวทำละลาย
   - อะมัลกัม ประกอบด้วย ปรอท ทองคำ และ เงิน ดังนั้น _____จึงเป็นตัวทำละลาย
   - อากาศ ประกอบด้วย ไอน้ำ และ ก๊าซต่างๆ ดังนั้น _____จึงเป็นตัวทำละลาย

<u>หมายเหตุ</u> : สารละลายที่นักเรียนจะพบบ่อยที่สุดคือ สารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย เรียกว่า “Aqueous”

2) **หน่วยความเข้มข้นของสารละลาย** : มีหลายหน่วย ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการคำนวณ หรือ ความเหมาะสมในการเตรียม ที่พบบ่อยได้แก่ โมลต่อลิตร , ส่วนในล้านส่วน , เปอร์เซ็นต์โดยมวล , เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร , เปอร์เซ็นต์โดยมวลต่อปริมาตร

3) **สารละลายกรด-เบส** : สารละลายที่เมื่อละลายแล้วจะแตกตัวให้ H^+ หรือ OH^-

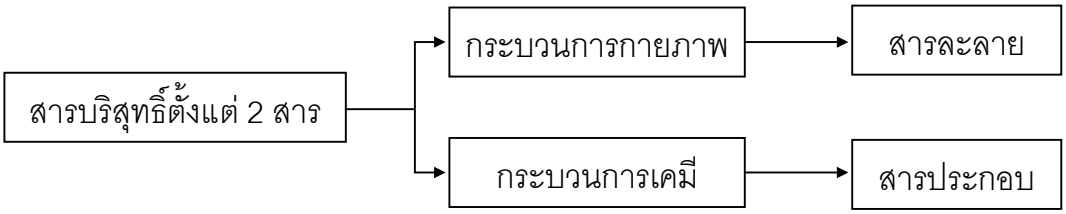
1. สารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรด : คือสารละลายที่ละลายแล้วแตกตัวให้ H^+ เช่น _____
2. สารละลายที่มีฤทธิ์เป็นเบส : คือสารละลายที่ละลายแล้วแตกตัวให้ OH^- เช่น _____
3. สารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกลาง : คือสารละลายที่ไม่แตกตัว หรือแตกตัวแล้วไม่ให้ H^+ , OH^- หรือให้เท่ากัน

4) **สารละลายเกลือ** :

1. สารละลายเกลือกรด : ตัวถูกละลายคือเกลือที่เกิดจาก กรดแก่ + เบสอ่อน เช่น _____
2. สารละลายเกลือเบส : ตัวถูกละลายคือเกลือที่เกิดจาก กรดอ่อน + เบสแก่ เช่น _____
3. สารละลายเกลือกลาง : ตัวถูกละลายคือเกลือที่เกิดจาก กรดแก่ + เบสแก่ เช่น _____

สารบริสุทธิ์

1) **การรวมกันทางกายภาพ** หมายถึง สารบริสุทธิ์เข้าผสมกัน อาจผสมเป็นเนื้อเดียวหรือไม่ก็ได้ และไม่มีสารใหม่เกิดขึ้น
2) **การรวมกันทางเคมี** หมายถึง สารบริสุทธิ์เข้าทำปฏิกิริยาเคมีกัน และได้สารใหม่ที่มีสมบัติต่างจากสารตั้งต้นเกิดขึ้น



โจทย์เสริมประสบการณ์ 7

7.1) **จงบอกว่าประโยคต่อไปนี้ถูก หรือ ผิด ถ้าผิดแก้ไขให้ถูกต้อง**

_____ 1. สารประกอบทุกชนิดเป็นสารเนื้อเดียว

_____ 2. อโลหะบางชนิดเป็นธาตุ

_____ 3. สารละลายจัดเป็นประเภทสารเนื้อผสม

_____ 4. สารละลายจัดเป็นประเภทของผสม

_____ 5. สารประกอบบางชนิดจัดอยู่ในสารแขวนลอย

_____ 6. คอลลอยด์ถือเป็นสารเนื้อเดียว เพราะสายตามองเห็นเป็นเนื้อเดียวกัน

_____ 7. สารเนื้อเดียวคือสารบริสุทธิ์และสารประกอบ

_____ 8. สารละลายและสารบริสุทธิ์ใช้จำนวนองค์ประกอบของสารเป็นเกณฑ์ในการตัดสิน

_____ 9. คอลลอยด์มีขนาดอนุภาคอยู่ระหว่างสารละลาย และ สารแขวนลอย

_____ 10. คอลลอยด์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอนุภาคเท่ากับ 10^{-7} - 10^{-4} cm

7.2) **จงระบุว่าสารต่อไปนี้เป็นสารบริสุทธิ์หรือสารละลาย และ มีอะไรบ้างเป็นองค์ประกอบ**

สาร	ประเภทสาร	องค์ประกอบ
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์		
อากาศ		
น้ำอัดลม		
น้ำมันเบนซิน		
สารหนู		
ทองคำ		
ทองสัมฤทธิ์		

7.3) **จงบอกว่าสารต่อไปนี้เป็นสารประเภทใด**

_____กระดาษ A4	_____นาค	_____น้ำ + $BeCl_2$	_____แนฟทาลีน
_____กระดาษทิชชู่	_____อะมัลกัม	_____น้ำ + CH_3COONa	_____ยางมะตอย
_____ทองคำแท่ง	_____เหล็กกล้า	_____น้ำ + Ag_2SO_4	_____น้ำมัน E20
_____แผ่นไม้อัด	_____ออกซิเจน	_____น้ำ + $CuSO_4$	_____ดินร่วน
_____ปูนซีเมนต์	_____ไนโตรเจน	_____น้ำ + $Ca(NO_3)_2$	_____ทรายหยาบ
_____เหรียญบาท	_____เยลลี่	_____น้ำ + CH_3COOAg	_____น้ำตาล
_____มีดทำครัว	_____ซีนอน	_____น้ำ + K_3PO_4	_____แป้ง
_____กระจกใส	_____สนิมเหล็ก	_____น้ำ + $Be_3(PO_4)_2$	_____วิตามินซี
_____กระจกเงา	_____เกลือแกง	_____น้ำ + $CaCO_3$	_____น้ำส้มสายชู
_____อากาศ	_____แคลเซียม	_____S + CS_2	_____สารหนู

7.4) **จงบอกว่าประโยคต่อไปนี้ถูกหรือผิดถ้าผิดจงแก้ไขให้ถูกต้อง**

1. _____ สารละลายประกอบด้วยตัวถูกละลายเป็นของเหลวและตัวถูกละลายเป็นของแข็ง
2. _____ สารประกอบเกิดจากธาตุตั้งแต่ 2 ธาตุขึ้นไปมารวมตัวกันทางเคมี
3. _____ สารละลายเกิดจากธาตุตั้งแต่ 2 ธาตุขึ้นไปมารวมตัวกันด้วยวิธีทางกายภาพ
4. _____ การเกิดสนิมเป็นสมบัติทางกายภาพของโลหะ
5. _____ สารละลาย คอลลอยด์ และสารแขวนลอยใช้ความสามารถ ในการกระเจิงแสงเป็นเกณฑ์ในการจำแนก
6. _____ คอลลอยด์ และ สารแขวนลอยสามารถกระเจิงแสงได้ ในขณะที่สารละลายไม่เกิดการกระเจิงแสง
7. _____ คอลลอยด์ไม่ตกตะกอนเนื่องจากแรงผลักกันของอนุภาคที่มีประจุ
8. _____ ของผสมประกอบไปด้วยสารละลาย คอลลอยด์ และ สารแขวนลอย เท่านั้น
9. _____ ธาตุและสารประกอบใช้สัดส่วนองค์ประกอบเป็นเกณฑ์ในการจำแนก
10. _____ สารที่มีจุดเดือดคงที่ถือว่าเป็นสารบริสุทธิ์

เคมีที่เกี่ยวกับ "การคำนวณ"

- เนื้อหาส่วนนี้เป็นปัญหาสำหรับน้องๆมากที่สุดนะจ๊ะ -

หน่วยของสารในวิชาเคมี (เรียนในบทปริมาณสารสัมพันธ์)

วิชาเคมีจะมีหน่วยปริมาณของสารไม่เหมือนวิชาอื่น ได้แก่หน่วย "โมล" ซึ่งจะต้องใช้เป็นหน่วยมาตรฐานในทุกๆบท และนอกจากนั้น จากความรู้ที่นักเรียนได้เรียนมาว่าสารละลายมีอัตราส่วนการรวมตัวไม่คงที่ จึงต้องใช้ความเข้มข้นมาเป็นตัวบอกอัตราส่วนการรวมตัวให้เข้าใจตรงกัน ดังนั้นนักเรียนจึงต้องเข้าใจความหมายของหน่วยความเข้มข้นแบบต่างๆ

1. Mole (โมล : mol)

- **ความหมาย** : โมลเป็นปริมาณของสารที่นักเคมีกำหนดขึ้นมาเพื่อความสะดวกในการอธิบายบอกถึงจำนวนของสารปริมาณหนึ่ง ซึ่งหน่วยของสารหน่วยอื่นไม่สามารถบอกได้
- **ที่มาของหน่วยโมล** : H 1 อะตอม มีมวลเท่ากับ 1.66×10^{-24} g แล้ว H กี่อะตอม จึงมีมวลเท่ากับ 1 g ?

<u>บัญญัติไตรยางศ์</u> : ธาตุ H 1.66×10^{-24} g เกิดจาก H 1 อะตอม

ธาตุ H 1 g เกิดจาก H $\dfrac{1 \times 1}{1.66 \times 10^{-24}} = 6.02 \times 10^{23}$ อะตอม

<u>จะได้ว่า</u> :

ธาตุ H (1AMU)	6.02×10^{23} อะตอม หนัก	_____ g
ธาตุ C (หนัก 12 เท่าของ H)	6.02×10^{23} อะตอม หนัก	_____ g
ธาตุ O (หนัก 16 เท่าของ H)	6.02×10^{23} อะตอม หนัก	_____ g
ธาตุ Na (หนัก 23 เท่าของ H)	6.02×10^{23} อะตอม หนัก	_____ g

<u>สรุป</u> : ธาตุใดๆก็ตาม จำนวน 6.02×10^{23} อะตอม จะมีมวลสาร เท่ากับ มวลอะตอม

<u>ดังนั้น</u> : จึงกำหนดให้สารต่างๆ 6.02×10^{23} อนุภาค เท่ากับ 1 โมล และเรียก 6.02×10^{23} ว่า “เลขอาโวกาโดร”

<u>จากความรู้ที่ผ่านมาทำให้เราทราบว่า</u> :

- ถ้าสารใดๆ X อนุภาค จะสามารถหาโมลของสารนั้นได้จาก $\dfrac{X}{6.02 \times 10^{23}}$ โมล
- ถ้าสารใดๆ Y กรัม จะสามารถหาโมลของสารนั้นได้จาก $\dfrac{Y}{\text{มวลสูตร}}$ โมล

<u>ต่อมา</u> : พบว่าสารต่างๆ 1 mol ที่สถานะ gas (STP) จะมีปริมาตรเท่ากันทุกสารและเท่ากับ 22.4 ลิตร ทำให้ทราบว่า

- ถ้าก๊าซใดๆ Z ลิตร ที่ (STP) จะสามารถหาโมลของสารนั้นได้จาก $\dfrac{Z}{22.4}$ โมล

<u>จึงสามารถสรุปออกมาเป็นสูตรได้ว่า</u> :

$$\text{โมล} = \frac{\text{มวลสาร}}{\text{มวลสูตร}} = \frac{\text{ปริมาตร } (dm^3)}{22.4} = \frac{\text{จำนวนอนุภาค}}{6.02 \times 10^{23}}$$

- **ความสัมพันธ์ของโมลกับหน่วยอื่น ๆ :**

สารใด ๆ 1 mol

- สูตรเคมีใดๆก็ตามคิดเป็น 1 โมลโมเลกุล
- มวลสาร =
- โมลอะตอม =
- จำนวนโมเลกุล =
- ปริมาตรก๊าซ =
- จำนวนอะตอม =

- **ข้อควรจำ** (1) :

เมื่อเอ่ยถึงคำว่าโมล นักเรียนต้องเข้าใจว่าหมายถึง "**โมลโมเลกุล**" หลายคนสับสนระหว่าง "โมลโมเลกุล" และ "โมลอะตอม" ซึ่งจริงๆ ง่ายมาก ลองดูตัวอย่างข้างล่างนี้

1 โมลโมเลกุล ของ H_2O ประกอบไปด้วย _____

1 โมลโมเลกุล ของ H_2SO_4 ประกอบไปด้วย _____

3 โมลโมเลกุล ของ $KMnO_4$ ประกอบไปด้วย _____

นั่นคือ ใน 1 mol (อย่าลืมว่าคือโมลโมเลกุล) ประกอบไปด้วยหลายโมลอะตอม โจทย์เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ที่ประยุกต์ มักจะไม่ถามถึงโมลของสารผลิตภัณฑ์โดยตรง แต่จะเลี่ยงไปถามถึงโมลอะตอมของธาตุบางธาตุในโมลโมเลกุลนั้นๆ เช่น เมื่อนักเรียนหาผลลัพธ์ของผลิตภัณฑ์ออกมาได้เป็น H_3PO_4 2mol โจทย์จะถามต่อไปว่า มี O กี่โมลอะตอม ซึ่งสามารถทำได้ง่ายๆ โดยการเทียบบัญญัติไตรยางศ์

1mol ของ H_3PO_4 มี O ____ โมลอะตอม

2mol ของ H_3PO_4 มี O ____ โมลอะตอม . . . . . เพราะฉะนั้นคำตอบคือ _____ โมลอะตอม

จำให้แม่น :

- **ข้อควรจำ** (2) : หน่วยโมล สามารถแปลงไปเป็นหน่วยอื่นๆได้มากมาย ดังนี้

  - สามารถแปลงเป็น **มวล** (มีหน่วยเป็นกรัม) โดยการคูณด้วย_____
  - สามารถแปลงเป็น **จำนวนโมเลกุล** (มีหน่วยเป็นอนุภาค) โดยการคูณด้วย_____
  - สามารถแปลงเป็น **ปริมาตรก๊าซ** (มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เดซิเมตร) โดยการคูณด้วย_____
  - สามารถแปลงเป็น **โมลอะตอม** โดยการคูณด้วย_____
  - สามารถแปลงเป็น **จำนวนอะตอม** โดยการคูณด้วย_____
  - สามารถแปลงเป็น **โมลาร์** โดยการหารด้วย_____
  - สามารถแปลงเป็น **โมแลล** โดยการหารด้วย_____

แต่... สิ่งที่นักเรียนมักผิดพลาดกันเสมอ คือ มักจะคำนวณหาปริมาตรของสารโดยใช้สูตร ปริมาตรสาร = mol x 22.4 โดยไม่คำนึงถึงสถานะของสาร เช่น สถานะของสารเป็นของเหลว ใช้สูตรนี้คำนวณ ก็จะผิด และอีกประการหนึ่งคือ ถึงแม้สถานะของสารจะเป็นก๊าซ แต่บางทีโจทย์ไม่ได้กำหนดว่าอยู่ที่ STP แล้วน้องใช้สูตรนี้คำนวณ ก็ผิดอีก ดังนั้นอย่าลืมที่จะเช็คสถานะสารด้วย

<u>ปล</u>. STP ย่อมาจาก _____

RTP ย่อมาจาก _____

โจทย์เสริมประสบการณ์ 8 -- ทดสอบความเข้าใจ -- จงบอกว่าประโยคต่อไปนี้ถูกหรือผิด ถ้าผิดแก้ไขให้ถูกต้อง

1. _____ สารใดๆ 1 mol จะมีปริมาตรเท่ากับ 22.4 ลิตรที่ STP
2. _____ ของแข็ง , ของเหลว และ ก๊าซที่ปริมาณ 1 โมล จะมีมวลสารเท่ากับมวลโมเลกุล
3. _____ ของแข็ง , ของเหลว และ ก๊าซที่ปริมาณ 1 โมล จะมีปริมาตรเท่ากับ 22.4 ลิตร ที่ STP
4. _____ โดยทั่วไปเมื่อกล่าวถึงคำว่าโมล จะหมายถึง โมลอะตอม
5. _____ สารใดๆก็ตาม จะมีโมลโมเลกุล ไม่เท่ากับ โมลอะตอม
6. _____ O_2 จำนวน 1.05×10^{22} อนุภาค จะมีโมลเท่ากับ แม็กนีเซียมคลอไรด์จำนวน 1.05×10^{22} โมเลกุล
7. _____ มวลโมเลกุลของสาร เป็นค่าตัวเลขที่เปรียบเทียบกับน้ำหนักของ อะตอมของไฮโดรเจน 1 อะตอม
8. _____ ณ ปัจจุบันนี้ นักวิทยาศาสตร์ใช้ C-12 เป็นตัวเปรียบเทียบมวลโมเลกุลของสาร
9. _____ ถ้าหากเราทราบปริมาตรของสารเพียงอย่างเดียว เราสามารถหาจำนวนโมลของสารได้ทันที
10. _____ สารใดๆ 1 โมล จะมีปริมาตรเท่ากัน มีมวลเท่ากัน และ มีจำนวนอนุภาคเท่ากันเสมอ

โจทย์เสริมประสบการณ์ 9 จงหาปริมาณของสารต่อไปนี้

1. H_2O 1.8 กรัม มีกี่โมเลกุล

Ans

2. NO_2 3.01×10^{23} โมเลกุล มีกี่กรัม

Ans

3. NO_2 3.01×10^{23} โมเลกุล มีกี่กิโลกรัม

Ans

4. NO_2 3.01×10^{23} โมเลกุล มีกี่ลูกบาศก์เดซิเมตรที่ STP

Ans

5. CO_2 44 กรัม มีกี่อะตอม

Ans

6. NaCl 11.7 กรัม มีกี่โมลอะตอม

Ans

7. NaCl 17.55 กรัม มีกี่อะตอม

Ans

8. NaCl 17.55 กรัม มีกี่ลิตรที่ STP

Ans

9. $C_6H_{12}O_6$ 3.01×10^{23} โมเลกุล มีกี่โมลอะตอม

Ans

10. $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 100 กรัม มีกี่อะตอม

Ans

2. Mol/L (โมลต่อลิตร , Molar)

- **หลักการ** : สารเคมีที่เราคุ้นเคยมักจะอยู่ในรูปของสารละลาย (โดยมีน้ำเป็นตัวทำละลาย) เช่น น้ำเกลือ, น้ำเชื่อม เป็นต้น การที่จะระบุหน่วยของสารเคมีประเภทนี้ หากระบุเพียงจำนวนโมลจะทำให้ได้ความหมายคลาดเคลื่อน เช่น สารละลาย NaCl 1 mol อาจเตรียมจาก
  - NaCl 1 mol ที่อยู่ในสารละลาย 1 ลิตร ปริมาตร 1 ลิตร
  - NaCl 0.1 mol ที่อยู่ในสารละลาย 1ลิตร ปริมาตร 10 ลิตร
  - NaCl 5 mol ที่อยู่ในสารละลาย 1ลิตร ปริมาตร 0.2 ลิตร

  ดังนั้น เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในการใช้งาน จึงได้กำหนดหน่วย mol/L ขึ้นมาใช้งาน

- **ความหมาย** : สารเคมีที่มีความเข้มข้น 1mol/L หมายความว่า สารเคมีนั้นจำนวน 1 โมล ละลายอยู่ในสารละลายที่มีปริมาตร 1 ลิตร (ปริมาตรโดยรวมของตัวถูกละลายและตัวทำละลายเท่ากับ 1 ลิตรพอดี)

- **สูตรการคำนวณ** :

$$\text{mol/L} = \frac{\text{โมลตัวถูกละลาย}}{\text{ปริมาตรสารละลาย } (dm^3)}$$

- **ตัวอย่าง** : 1. $MgSO_4$ 240 g ละลายอยู่ในสารละลายปริมาตร 1 ลิตร จะมีความเข้มข้น _____ mol/L

  2. $CaCl_2$ 33.3 g ละลายอยู่ในสารละลายปริมาตร 0.5 ลิตร จะมีความเข้มข้น _____ mol/L

3. Mol/kg (โมลต่อกิโลกรัม , Molal)

- **หลักการ** : บางครั้ง การเตรียมสารละลายในหน่วยของ mol/L เป็นเรื่องที่ไม่ง่ายนัก เช่น หากต้องการเตรียมสารละลาย NaCl 1mol/L จะต้องเตรียม NaCl 58.5 กรัม (มวลโมเลกุล NaCl = 58.5) ผสมกับน้ำปริมาตร 941.5 มิลลิลิตร จึงจะได้ NaCl 1mol/L ดังนั้น เพื่อง่ายต่อการเตรียมสารเคมีของนักเคมี จึงได้มีการกำหนดหน่วยของสารขึ้นมาใหม่ เป็นหน่วย mol/kg (โมลต่อน้ำ 1 ลิตร เพราะน้ำ 1ลิตรเท่ากับ 1 กิโลกรัม) เพื่อง่ายต่อการตวงสารเคมีมาทำสารละลาย เช่น หากต้องการ NaCl 1mol/kg ทำได้โดย ตวง NaCl 58.5 กรัม ใส่ลงในน้ำ 1 ลิตร

- **ความหมาย** : สารเคมีความเข้มข้น 1mol/kg หมายความว่า สารเคมีนั้นจำนวน 1โมล ละลายอยู่ในน้ำมวล 1 กิโลกรัม (ปริมาตร 1 ลิตร)

- **ควรจำ** : หน่วย mol/kg (อ่านว่า โมลต่อกิโลกรัม) เกิดจากตัวถูกละลาย ละลายในน้ำ 1 ลิตร <u>ไม่ใช่ละลายในสารละลาย 1 ลิตร</u> ดังนั้นปริมาตรโดยรวมของสาร 1 mol/kg จะมากกว่า 1 ลิตรเสมอ

- **สูตรการคำนวณ** :

$$\text{mol/kg} = \frac{\text{โมลตัวถูกละลาย}}{\text{มวลตัวทำละลาย (kg)}}$$

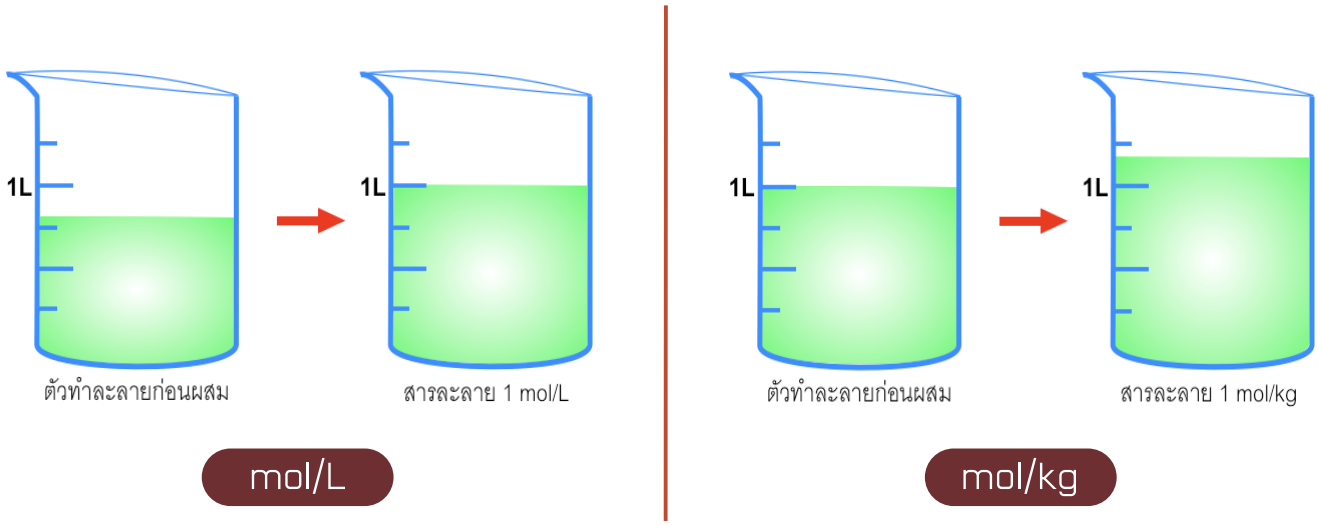
- **ตัวอย่าง** : 1. $MgSO_4$ 240 g ละลายอยู่ในน้ำ 1 ลิตร จะมีความเข้มข้น _____ mol/kg

การเปรียบเทียบหน่วยโมลต่อลิตร และ โมลต่อกิโลกรัม

- **ข้อควรจำ :** **โมลต่อลิตร** หมายความว่า ตัวถูกละลาย 1 โมล ละลายอยู่ในสารละลาย 1 ลิตร

  โมลต่อกิโลกรัม หมายความว่า ตัวถูกละลาย 1 โมล ละลายอยู่ในตัวทำละลาย 1 กิโลกรัม

- **ภาพประกอบความเข้าใจ :**



โจทย์เสริมประสบการณ์ 10 จงหาความเข้มข้นของสารต่อไปนี้

1) ต้องใช้น้ำกี่กรัม ในการละลาย LiOH 96 g ให้ได้สารละลายเข้มข้น 0.1 mol/kg (Li=7)

2) เนื้อปลา 100 กรัม นำมาวิเคราะห์พบปรอท 2×10^{-5} กรัม เนื้อปลามีปรอทปนเปื้อนกี่ ppm

3) โพแทสเซียมแมงกาเนตจำนวน 59.1 g ละลายในสารละลาย 100 cm^3 สารละลายนี้เข้มข้นกี่ mol/L (K=39 , Mn=55)

4) Cl_2 หนัก 0.355 kg นำไปละลายน้ำจะได้กรดไฮโดรคลอริก 10 dm^3 กรดนี้เข้มข้นกี่โมลต่อลิตร (Cl=35.5)

5) สารละลาย $CuSO_4$ 15.9 g / 100 cm^3 เข้มข้นกี่โมลต่อลิตร (Cu=63.5)

สารละลายกรด - เบส - กลาง (เรียนในบทกรดเบส)

$$H^+ + H_2O \longrightarrow H_3O^+$$

1) **สารละลายกรด หมายถึง** สารที่เมื่อละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ H^+ (ท.บ.อารีเนียส) เช่น _____

2) **สารละลายเบส หมายถึง** สารที่เมื่อละลายน้ำแล้วแตกตัวให้ OH^- (ท.บ.อารีเนียส) เช่น _____

3) **สารละลายกลาง หมายถึง** สารที่ไม่แตกตัวให้ H^+ หรือ OH^- หรือแตกตัวให้เท่ากัน เช่น _____

- **สมบัติของสารละลายกรด และสารละลายเบส**

สมบัติ	สารละลายกรด	สารละลายเบส
การแตกตัว		
การทดสอบด้วยลิตมัส		
ค่า pH		
สมบัติทางกายภาพ		
ตัวอย่าง		
ทำปฏิกิริยากับโลหะ		

- **ปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส (ปฏิกิริยาสะเทิน)**
  - รูปแบบปฏิกิริยาทั่วไป : กรด + เบส $\longrightarrow$ เกลือ + น้ำ
  - ตัวอย่าง : 1. $HCl + NaOH \longrightarrow$ _____
    2. $H_2SO_4 + NH_4OH \longrightarrow$ _____
    3. $CH_3COOH + Ca(OH)_2 \longrightarrow$ _____

- **ความแรงของกรด-เบส**
  - **กรดแก่** คือ กรดที่เมื่อละลายน้ำแล้วแตกตัว 100% มี 7 ตัวได้แก่ HCl , HBr , HI , H_2SO_4 , HNO_3 , $HClO_3$, $HClO_4$ นอกเหนือจากกรดแก่แล้ว กรดอื่นๆ จะไม่แตกตัว 100% เรียกว่า "กรดอ่อน" ซึ่งเราจะพิจารณาความสามารถในการแตกตัวของกรดอ่อนได้โดยการคำนวณ เปอร์เซ็นต์การแตกตัว หรือ ค่าคงที่การแตกตัว (เรียนวิธีการคำนวณในบทกรดเบส)
  - **เบสแก่** คือ เบสที่เมื่อละลายน้ำแล้วแตกตัว 100% มี 8 ตัวได้แก่ LiOH , NaOH , KOH , RbOH , CsOH , $Ca(OH)_2$, $Sr(OH)_2$, $Ba(OH)_2$ นอกเหนือจากเบสแก่แล้ว เบสอื่นๆ จะไม่แตกตัว 100% เรียกว่า "เบสอ่อน" ซึ่งเราจะพิจารณาความสามารถในการแตกตัวของเบสอ่อนได้โดยการคำนวณ เปอร์เซ็นต์การแตกตัว หรือ ค่าคงที่การแตกตัว (เรียนวิธีการคำนวณในบทกรดเบส)
  - การที่กรดอ่อนและเบสอ่อนไม่แตกตัว 100% ทำให้สารละลายกรดเบส เกิดภาวะสมดุลขึ้น (เกิดปฏิกิริยาผันกลับได้เสมอ) ทำให้สารละลายที่เกิดจากกรดอ่อน หรือ เบสอ่อน สามารถคำนวณหาค่าคงที่สมดุลของสารละลายได้เสมอ (เรียนในบทสมดุลเคมี)

อินดิเคเตอร์

1) **หมายถึง** : สารประกอบที่เปลี่ยนสีได้ที่ pH เฉพาะตัว ใช้ในการบอกความเป็นกรด-เบสของสารละลาย

2) **อินดิเคเตอร์ที่ต้องรู้จัก**

- **กระดาษลิตมัส** เปลี่ยนสีที่ช่วง pH 4.5 - 8.3 จากสีแดง ⟶ น้ำเงิน
  - สารละลายกรด จะเปลี่ยนสีลิตมัสจากน้ำเงินเป็นแดง
  - สารละลายเบส จะเปลี่ยนสีลิตมัสจากแดงเป็นน้ำเงิน
- **เมทิลออเรนจ์** เปลี่ยนสีที่ช่วง pH 3.1 - 4.4 จากสีแดง ⟶ ส้ม
- **โบรโมไทมอลบลู** เปลี่ยนสีที่ช่วง pH 6.0 - 7.6 จากสีเหลือง ⟶ น้ำเงิน
- **ฟีนอล์ฟทาลีน** เปลี่ยนสีที่ช่วง pH 8.3 - 10.0 จากไม่มีสี ⟶ ชมพู

ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์

3) **ยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์** (Universal Indicator)

- หมายถึง : อินดิเคเตอร์ที่สามารถเปลี่ยนสีได้หลายสีในช่วงค่า pH หลายช่วงต่างๆกัน
- ใช้บอกค่า pH ได้ที่ความละเอียดหลักหน่วย

4) **ประโยชน์ของอินดิเคเตอร์**

- ใช้บอกจุดยุติในการไทเทรตสาร โดยการเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมดังนี้
- ถ้าทำการติเตรต "กรดแก่ + เบสแก่" ใช้โบรโมไทมอลบลู ____ เพราะสารละลายที่ได้จะเป็นกลาง
- ถ้าทำการติเตรต "กรดแก่ + เบสอ่อน" ใช้เมทิลออเรนจ์ _____ เพราะสารละลายที่ได้จะเป็นกรด
- ถ้าทำการติเตรต "กรดอ่อน + เบสแก่" ใช้ฟีนอล์ฟทาลีน _____ เพราะสารละลายที่ได้จะเป็นเบส
- ใช้ประมาณค่า pH ของสารละลาย

กฎต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณ (เรียนในบทปริมาณสารสัมพันธ์)

1) **กฎทรงมวล** (Law of Conservation of Mass)

- **กล่าวว่า** : "**มวลของสารไม่สามารถสูญหายหรือเพิ่มขึ้นใหม่ได้**"
- **สมการเคมี** : A + B ⟶ C + D

  มวลสาร (g) k l m n
- **ดังนั้นสรุปได้ว่า** : _____
- **ข้อสังเกตเกี่ยวกับกฎทรงมวล** :
  1. หากมวลสารก่อนทำปฏิกิริยา**มากกว่า**หลังทำปฏิกิริยา แสดงว่าเป็นระบบเปิดและผลิตภัณฑ์บางส่วนเป็นก๊าซ
  2. หากมวลสารก่อนทำปฏิกิริยา**น้อยกว่า**หลังทำปฏิริยา แสดงว่าเป็นระบบเปิด และสารตั้งต้นบางสารมีสถานะเป็นก๊าซ โดยมากจะหมายถึงปฏิกิริยาการเผาไหม้ ซึ่งจะมีสารตั้งต้นคือแก๊ส O_2 เข้ามาทำปฏิกิริยาด้วย
  3. มวลสารก่อนเข้าทำปฏิกิริยา หมายถึง มวลสารที่เข้าทำปฏิกิริยาจริง ไม่รวมมวลสารที่เหลือจากการเข้าทำปฏิกิริยาแล้ว

2) **กฎทรงพลังงาน** (Law of Conservation of Energy)

- **กล่าวว่า** : "**พลังงานไม่สามารถสูญหาย และ ไม่สามารถสร้างขึ้นใหม่ได้**"
- **สมการเคมี** : A + B ⟶ C + D ΔH_{reac} = +E kJ/mol
- **ความหมาย** : เมื่อสาร A และ B เข้าทำปฏิกิริยากัน จะต้อง "ดูด" พลังงานจากสิ่งแวดล้อมมีค่าเท่ากับ E kJ/mol (เครื่องหมาย + หมายถึงระบบดูดพลังงาน) หรือ ถ้ามองทางด้านสิ่งแวดล้อมจะได้ว่า สิ่งแวดล้อม "ให้" พลังงานแก่ระบบมีค่าเท่ากับ E kJ/mol (ΔH_{surr} = -E kJ/mol)

3) **กฎสัดส่วนคงที่** (Law of Constant Composition)

- **กล่าวว่า** : "**อัตราส่วนโดยมวลของธาตุที่รวมตัวกันเป็นสารประกอบจะมีค่าคงที่เสมอ**"
- **สมการเคมี** : 3A + B ⟶ C
- **ความหมาย** : จากสมการเคมี สมมติว่าสาร A และ B เข้าทำปฏิกิริยากันในอัตราส่วน 3:1 กรัม ได้ผลิตภัณฑ์คือสาร C ดังนั้น ถ้าโจทย์กำหนดปริมาณสารตั้งต้นมา ต้องทราบว่าสารใดเข้าทำปฏิกิริยาจนหมดและสารใดเหลือ เช่น
  - กำหนด : สาร A 12g , B 3g สารที่ใช้หมดคือ _____เหลือ ____ จำนวน ____ g เกิดสาร C จำนวน ____ g
  - กำหนด : สาร A 12g , B 2g สารที่ใช้หมดคือ _____เหลือ ____ จำนวน ____ g เกิดสาร C จำนวน ____ g
  - กำหนด : สาร A 12g , B 4g สารที่ใช้หมดคือ _____เหลือ ____ จำนวน ____ g เกิดสาร C จำนวน ____ g
  - กำหนด : สาร A 12g , B 5g สารที่ใช้หมดคือ _____เหลือ ____ จำนวน ____ g เกิดสาร C จำนวน ____ g

<u>หมายเหตุ</u> : กฎสัดส่วนคงที่เป็นจริงทั้งโดยมวล , โดยโมล , โดยอะตอม และ โดยปริมาตรก๊าซ

โจทย์เสริมประสบการณ์ 11

1) นำสาร A หนัก 24 g ไปทำการแยกด้วยไฟฟ้า ปรากฏว่าได้สาร B และ C เท่านั้น ถ้าชั่งสาร C ได้น้ำหนัก 18 g จงหามวลสาร B

Ans

2) สารประกอบชนิดหนึ่งประกอบด้วยธาตุ X (MW = 20) และ Y (MW = 30) เมื่อนำสารประกอบดังกล่าวจำนวน 100 กรัม ไปทำการแยกสารปรากฏว่าได้สาร X 40 กรัม จงหาสูตรอย่างง่ายของสารดังกล่าว

Ans

3) นำกรดแอซิติก $5cm^3$ (ถพ = 1.1) มาทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ A จะได้เอสเทอร์ B หนัก 14.23 g และน้ำปริมาตร 2.14 ml จงหามวลของแอลกอฮอล์ A

Ans

4) คาร์บอน 6 กรัม เผาไหม้ภายในภาชนะปิดกับออกซิเจน 30 กรัม เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 22 กรัม จงหาว่าสารใดทำปฏิกิริยาหมด และ สารใดเหลือกี่กรัม

Ans

5) ปฏิกิริยา A + B $\longrightarrow$ C + D กำหนดสาร B = $10cm^3$, C = 30g และ D หนักเป็น 0.5 เท่าของก๊าซคลอรีน 1 โมล (D_B = 2 g/cm^3) จงหามวลของสาร A

Ans

สมการเคมี / ปฏิกิริยาเคมี

1) **สมการเคมีรูปแบบทั่วไป :** $aA + bB \longrightarrow cC + dD$

สารตั้งต้น ผลิตภัณฑ์

1. a, b, c และ d คือตัวเลขที่เป็นจำนวนนับ (1, 2, 3, ...) แทนจำนวนโมเลกุลของสารที่เข้าทำปฏิกิริยา
2. หากตัวเลข a, b, c และ d ไม่เป็นเศษส่วนอย่างต่ำให้ทอนเป็นเศษส่วนอย่างต่ำ

2) **เวลาคำนวณ อะไรบ้างคงที่ :**

1. มวลคงที่ (Low of Conservation of Mass) (ต้องเป็นระบบปิด)
2. โมลอะตอมคงที่ แต่โมลโมเลกุลไม่คงที่
3. ปริมาตรไม่คงที่
4. จำนวนอะตอมคงที่ แต่จำนวนโมเลกุลไม่คงที่
5. พลังงานคงที่ (Low of Conservation of Energy)

3) a, b, c, d **เป็นสัดส่วนของอะไร :**

1. _____
2. _____
3. _____

<u>หมายเหตุ</u> : นักเรียนมักนำ a, b, c, d แทนด้วย<u>สัดส่วนมวลสาร</u>ที่เข้าทำปฏิกิริยา เพราะโจทย์มักจะให้มวลสารมา เมื่อนำมาแทนค่าก็จะผิด

4) **ตัวอย่าง :** $2HCl + Mg(OH)_2 \longrightarrow MgCl_2 + 2H_2O$

จากสมการเคมีข้างต้น หมายความว่า

HCl จำนวน 2	โมล โมเลกุล ลิตร	เข้าทำปฏิกิริยากับ $Mg(OH)_2$ จำนวน 1	โมล โมเลกุล ลิตร	ได้ผลิตภัณฑ์คือ $MgCl_2$ จำนวน 1	โมล โมเลกุล ลิตร	และ น้ำ จำนวน 2	โมล โมเลกุล ลิตร

5) **ประเภทของปฏิกิริยาเคมี**

1. **ปฏิกิริยาผันกลับไม่ได้** : สารตั้งต้นเมื่อเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์แล้ว ไม่สามารถย้อนกลับเป็นสารตั้งต้นได้อีก
2. **ปฏิกิริยาผันกลับได้** : สารตั้งต้น เมื่อเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์แล้ว ผลิตภัณฑ์สามารถย้อนกลับเป็นสารตั้งต้นได้อีก (เรียนใน สมดุลเคมี , กรดเบส , ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี)

ปฏิกิริยาเคมีที่ควรรู้จัก

1) การเปลี่ยนสถานะหรือการละลาย

สมการมาตรฐาน : $A(s) \longrightarrow A(l)$

ตัวอย่าง : 1. $H_2O(l) \longrightarrow H_2O(g)$

2. $NaCl(s) \longrightarrow NaCl(aq)$

2) ปฏิกิริยาการแตกสลาย (Decomposition) : มักจะต้องมีตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นความร้อน

สมการมาตรฐาน : $AB \longrightarrow A + B$

ตัวอย่าง : 1. $CaCO_3(s) \longrightarrow CaO(s) + CO_2(g)$

2. $2KClO_3(s) \longrightarrow 2KCl(s) + 3O_2(g)$

3. $Ca(OH)_2(s) \longrightarrow CaO(s) + H_2O(g)$

4. $2KClO_3(s) \longrightarrow 2KCl(s) + 3O_2(g)$

3) ปฏิกิริยาการรวมตัว (Synthesis / Composition)

สมการมาตรฐาน : $A + B \longrightarrow AB$

ตัวอย่าง : 1. $2Mg(s) + O_2(g) \longrightarrow 2MgO(s)$

2. $C(s) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$

3. $MgO(s) + H_2O(l) \longrightarrow Mg(OH)_2(s)$

4. $N_2(g) + 3H_2(g) \longrightarrow 2NH_3(g)$

5. $NH_3(g) + H_2O(l) \longrightarrow NH_4OH(aq)$

4) ปฏิกิริยาการแทนที่ (Single Replacement)

สมการมาตรฐาน : $A + BC \longrightarrow AC + B$

ตัวอย่าง : 1. $Fe(s) + CuSO_4(aq) \longrightarrow FeSO_4(aq) + Cu(s)$

2. $2Na(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow 2NaOH(aq) + H_2(g)$

3. $Zn(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow ZnCl_2(aq) + H_2(g)$

4. $Cl_2(g) + 2NaBr(aq) \longrightarrow 2NaCl(aq) + Br_2(l)$

5) ปฏิกิริยาการสลับคู่ (Double Replacement)

สมการมาตรฐาน : $AB + CD \longrightarrow AD + BC$

ตัวอย่าง : 1. $Pb(NO_3)_2(aq) + 2KI(aq) \longrightarrow PbI_2(s) + 2KNO_3(aq)$

2. $AgNO_3(aq) + NaCl(aq) \longrightarrow AgCl(s) + NaNO_3(aq)$

6) **ปฏิกิริยาการเผาไหม้** (Combustion)

สมการมาตรฐาน : $C_XH_Y + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$

ตัวอย่าง : 1. $CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$

2. $2C_4H_{10}(g) + 13O_2(g) \longrightarrow 8CO_2(g) + 10H_2O(g)$

7) **กรดทำปฏิกิริยากับเบส** (Acid-Base / **เป็น** Double Replacement **ประเภทหนึ่ง**)

สมการมาตรฐาน : $HA + BOH \longrightarrow BA + H_2O$

ตัวอย่าง : 1. $HBr(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow NaBr(aq) + H_2O(l)$

2. $NH_4OH(aq) + HCl(aq) \longrightarrow NH_4Cl(aq) + H_2O(l)$

8) **ปฏิกิริยารีดอกซ์** (Redox)

หมายถึง : ปฏิกิริยาที่ธาตุใดธาตุหนึ่ง หรือหลายธาตุในสมการเคมี มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน

ตัวอย่าง : 1. $H_2(g) + F_2(g) \longrightarrow 2HF(g)$

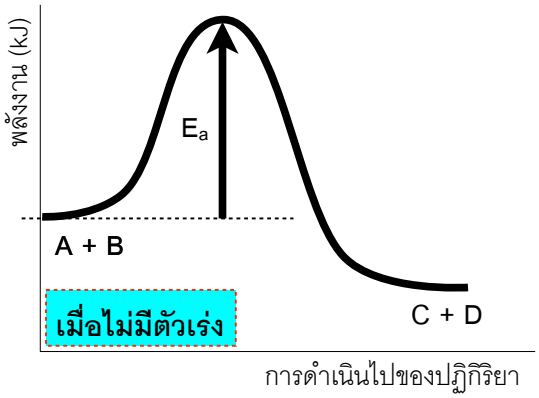
2. $Fe(s) + CuSO_4(aq) \longrightarrow FeSO_4(aq) + Cu(s)$

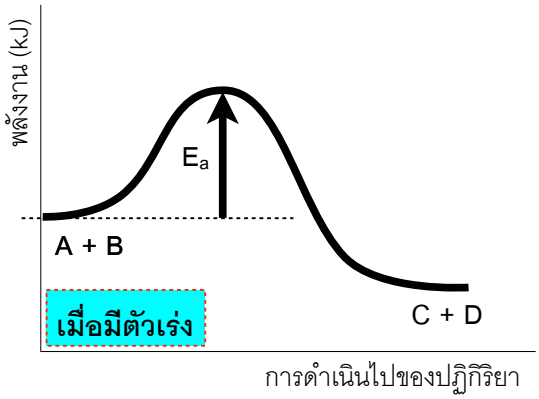
3. $Fe(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Fe^{2+}(aq) + Cu(s)$

ตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี

1) **หน้าที่ของตัวเร่งปฏิกิริยา** : ตัวเร่งปฏิกิริยาจะทำหน้าที่ลดพลังงานก่อกัมมันต์ ทำให้ปฏิกิริยาเคมีเกิดได้ง่ายขึ้น

2) **ลักษณะเฉพาะของตัวเร่งปฏิกิริยา** : ตัวเร่งปฏิกิริยาจะไม่เข้าทำปฏิกิริยาเคมีกับสารตั้งต้น ทำหน้าที่เพียงช่วยให้ปฏิกิริยาดำเนินไปได้ง่ายขึ้น และเมื่อปฏิกิริยาเสร็จสมบูรณ์แล้ว จะได้ตัวเร่งปฏิกิริยากลับคืนมา นอกจากนั้น ตัวเร่งปฏิกิริยายังมีสมบัติในการช่วยเร่งปฏิกิริยาเฉพาะสารตั้งต้นคู่หนึ่งเท่านั้น ไม่สามารถใช้กับทุกสารได้





3) **ตัวอย่าง** : - ปฏิกิริยาการย่อยแป้ง ใช้ _____ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (พบในผงซักฟอก)

- ปฏิกิริยาการย่อยโปรตีน ใช้ _____ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (อุตสาหกรรมขนมปัง)

- ปฏิกิริยาการย่อยน้ำตาลแลคโตส ใช้ _____ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (พบในนม)

- ปฏิกิริยาการสร้างเอสเทอร์ ใช้ _____ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

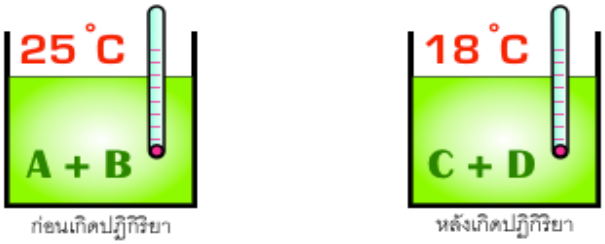
พลังงานกับการเปลี่ยนแปลงของสาร พลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีมี 2 รูปแบบ

<u>นิยาม</u> : - ในวิชาเคมี ถือว่าเอนทาลปีที่เปลี่ยนแปลง มีค่าเท่ากับพลังงานความร้อนที่เปลี่ยนแปลง ดังนั้น อนุโลมให้ใช้คำว่า "เอนทาลปี" แทนคำว่า "พลังงานความร้อน" ได้

- การเปลี่ยนแปลงของสาร หมายถึง การละลาย หรือ การเปลี่ยนอุณหภูมิ หรือ การเกิดปฏิกิริยาเคมี

- หน่วยของพลังงานมีหน่วย _____

1) **การเปลี่ยนแปลงแบบดูดความร้อน** (Endothermic) : เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงแล้ว ระบบมีพลังงานสูงขึ้น

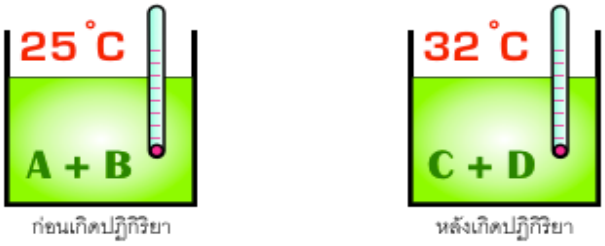


- รูปแบบปฏิกิริยา : A + B ⟶ C + D ; $\Delta H = +100kJ$

  A + B + 100kJ ⟶ C + D

- ตัวอย่าง :

2) **การเปลี่ยนแปลงแบบคายความร้อน** (Exothermic) : เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงแล้ว ระบบมีพลังงานต่ำลง



- รูปแบบปฏิกิริยา : A + B ⟶ C + D ; $\Delta H = -100kJ$

  A + B ⟶ C + D + 100kJ

- ตัวอย่าง :

คำนวณพลังงานการเปลี่ยนอุณหภูมิ และสถานะของสาร

1) **พลังงานในการเปลี่ยนอุณหภูมิ** : ใช้สมการ Q = _____ หน่วย _____

- ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (c) = 1 cal/g/K
- ตัวอย่าง :

2) **พลังงานในการเปลี่ยนสถานะ** : ใช้สมการ Q = _____ หน่วย _____

- ค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ = 540 cal/g/K
- ค่าความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำ = 80 cal/g/K
- แผนภาพการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร

น้ำแข็ง < 0˚C ⇌ น้ำแข็ง 0˚C ⇌ น้ำ 0˚C ⇌ น้ำ 100˚C ⇌ ไอน้ำ 100˚C ⇌ ไอน้ำ > 100˚C

- ตัวอย่าง :

โจทย์เสริมประสบการณ์ 12 จงหาค่าพลังงานความร้อนที่ต้องใช้ในกระบวนการต่อไปนี้

<u>**กำหนด**</u> :
1. ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำ = 334 kJ/kg
2. ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ = 2,260 kJ/kg
3. ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ = 4.2 kJ/kg/K
4. ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำแข็ง และ ไอน้ำ = 0.5 cal/g/K

1) **พลังงานที่ต้องใช้ในการเปลี่ยนน้ำแข็งมวล 1kg อุณหภูมิ -5˚C ให้กลายเป็นน้ำอุณหภูมิ 5˚C**

2) **พลังงานที่ต้องใช้ในการเปลี่ยนน้ำมวล** 1kg **อุณหภูมิ** 5˚C **ให้กลายเป็นไอน้ำอุณหภูมิ** 105˚C

3) **ต้องใช้พลังงานกี่** cal **ในการเปลี่ยนน้ำมวล** 4 kg **อุณหภูมิ** 40˚C **ให้กลายเป็นน้ำอุณหภูมิ** 80˚C

โจทย์เสริมประสบการณ์ 13 จงระบุว่าการละลายต่อไปนี้เป็นการละลายแบบดูดความร้อน หรือ คายความร้อน

1) _____ ของแข็ง A เมื่อละลายน้ำแล้ว ภาชนะมีหยดน้ำเกาะอยู่

2) _____ ของแข็ง B เมื่อละลายน้ำแล้วสามารถเขียนสมการการละลายได้เป็น $B(s) \longrightarrow B(aq) + 83kJ$

3) _____ ของแข็ง C เมื่อผสมกับน้ำที่อุณหภูมิห้องแล้วนำเทอร์โมมิเตอร์จุ่มลงไปในน้ำ พบว่ามีอุณหภูมิ 45˚C

4) _____ ของแข็ง D เมื่อรวมตัวกับอีเทอร์แล้วนำมือไปจับที่ภาชนะรู้สึกว่ามือร้อนขึ้น

5) _____ ของแข็ง E เมื่อผสมกับน้ำแล้วตกตะกอนนอนก้น

6) _____ ของแข็ง F เมื่อละลายน้ำที่อุณหภูมิห้องแล้วนำเทอร์โมมิเตอร์มาวัดพบว่ามีอุณหภูมิ 62˚C และ เมื่อตั้งทิ้งไว้ 5 นาที มีอุณหภูมิลดลงเหลือ 30˚C

7) _____ ของแข็ง G เมื่อละลายน้ำแล้วพบว่าอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงเลย

8) _____ ของแข็ง H ที่อุณหภูมิห้องสามารถละลายได้ 30g ในน้ำ 100ml ต่อมาเพิ่มอุณหภูมิเป็น 40˚C ของแข็ง H สามารถละลายได้เพิ่มขึ้นเป็น 60g ในน้ำ 100g

9) _____ ของแข็ง XY เมื่อละลายน้ำแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง 2 กระบวนการสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

- กระบวนการที่ 1 : $XY(s) + 245kJ \longrightarrow X(g) + Y(g)$
- กระบวนการที่ 2 : $X(g) + Y(g) \longrightarrow X(aq) + Y(aq) + 495kJ$

	คอร์สแยกบท	คอร์สบุฟเฟ่ต์ 1	คอร์สบุฟเฟ่ต์ 2	คอร์สบุฟเฟ่ต์ 3
	฿399 เรียนได้ 5 เดือน	฿1,699 เรียนได้ 6 เดือน	฿2,899 เรียนได้ 12 เดือน	฿4,899 เรียนได้ 24 เดือน
ระยะเวลาเรียน	5 เดือน	6 เดือน	12 เดือน	24 เดือน
วีดีโอที่เรียนได้	เฉพาะบทที่ซื้อ	เรียนได้ทุกบท	เรียนได้ทุกบท	เรียนได้ทุกบท
เอกสารประกอบการสอน	ฟรี (ดาวน์โหลด PDF)	แยกซื้อเพิ่ม	แยกซื้อเพิ่ม	แยกซื้อเพิ่ม
รับประกันคืนเงิน	✖	✔	✔	✔
วีดีโอเคมี PAT2 (20 ชม.)	✖	✖	✖	✔
สิทธิในการส่งคำถาม	Unlimited	Unlimited	Unlimited	Unlimited
สิทธิในการใช้เว็บบอร์ด	✔	✔	✔	✔
ราคาเฉลี่ยต่อวัน	เพียงวันละ 13.30 บาท	เพียงวันละ 9.28 บาท	เพียงวันละ 7.94 บาท	เพียงวันละ 6.71 บาท
	อ่านรายละเอียด	อ่านรายละเอียด	อ่านรายละเอียด	อ่านรายละเอียด

สนใจคอร์สเรียนออนไลน์ อ่านรายละเอียดที่

http://www.tutorpoint.net/course

- คอร์สเรียนรับประกันความพอใจ ไม่พอใจยินดีคืนเงิน -

ปรับพื้นฐานเบสิกวิชาเคมี

สถาบันกวดวิชาติวเตอร์พอยท์

ห้ามพลาด!

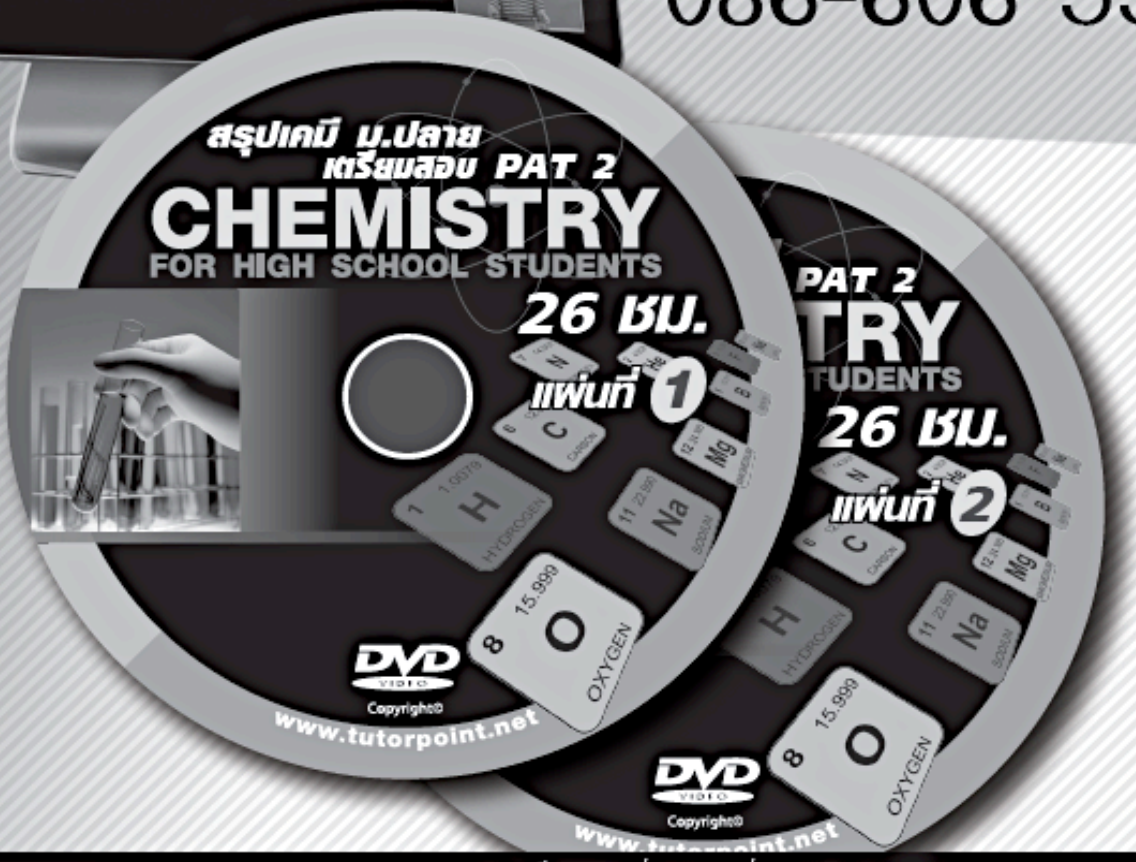
ดีวีดี สรุปเคมีมัธยมปลาย เตรียมสอบ PAT2
เข้าใจมากขึ้น และเตรียมสอบได้ดีขึ้น 2 เท่า
เวลาบรรยาย 26 ชั่วโมง ราคาเพียง 1400 บาท

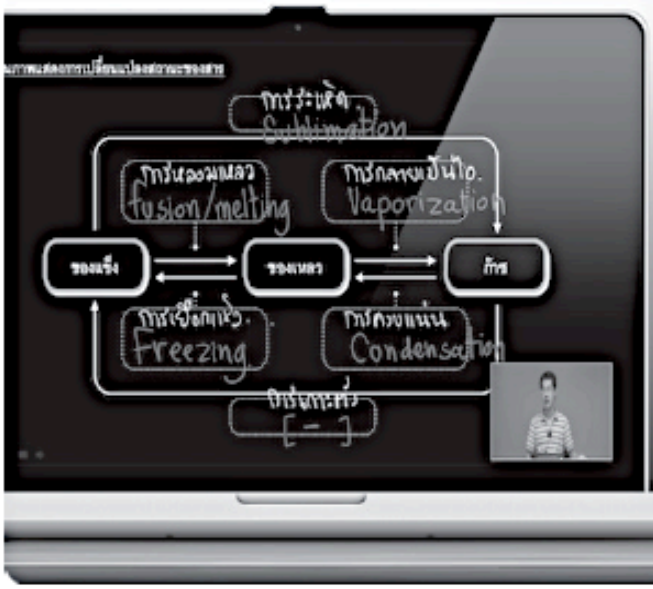
สนใจอ่านรายละเอียดและสั่งซื้อ

www.tutorpoint.net/
course/dvd-conc.php

สอบถามโทร

086-606 5501





คอร์สเรียนออนไลน์

เนื้อหาครบเทคนิคเด็ดมากมาย
เรียนได้ทุกที ทุกวัน ทุกเวลา
ด้วยราคาเหมาจ่ายสบายๆกระเป๋า

	คอร์สแยกบท	คอร์สบุฟเฟ่ต์ 1	คอร์สบุฟเฟ่ต์ 2	คอร์สบุฟเฟ่ต์ 3
	฿400 เรียนได้ 5 เดือน	฿2,000 เรียนได้ 6 เดือน	฿3,000 เรียนได้ 12 เดือน	฿4,500 เรียนได้ 24 เดือน
ระยะเวลาเรียน	5 เดือน	6 เดือน	12 เดือน	24 เดือน
วีดีโอที่เรียนได้	เฉพาะบทที่ซื้อ	เรียนได้ทุกบท	เรียนได้ทุกบท	เรียนได้ทุกบท
เอกสารประกอบการสอน	ฟรี (ดาวน์โหลด PDF)	ฟรี (ดาวน์โหลด PDF)	ฟรี (ดาวน์โหลด PDF)	ฟรี (ดาวน์โหลด PDF)
รับประกันคืนเงิน	✖	✔	✔	✔
วีดีโอเคมี PAT2 (20 ชม.)	✖	✖	✖	✔
สิทธิในการส่งคำถาม	Unlimited	Unlimited	Unlimited	Unlimited
สิทธิในการใช้เว็บบอร์ด	✔	✔	✔	✔
ราคาเฉลี่ยต่อวัน	เพียงวันละ 13.30 บาท	เพียงวันละ 9.28 บาท	เพียงวันละ 7.94 บาท	เพียงวันละ 6.71 บาท
	อ่านรายละเอียด	อ่านรายละเอียด	อ่านรายละเอียด	อ่านรายละเอียด

คอร์สเรียนเคมีออนไลน์เนื้อหาบรรยาย 140 ชั่วโมง , ราคาอาจมีการเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสม , คอร์สเรียนไม่จำกัดจำนวนครั้งเข้าชม , ต้องดูผ่านอินเตอร์เนตเท่านั้น

สนใจคอร์สเรียนออนไลน์ อ่านรายละเอียดที่

http://www.tutorpoint.net/course