CHEMISTY-PAT-2

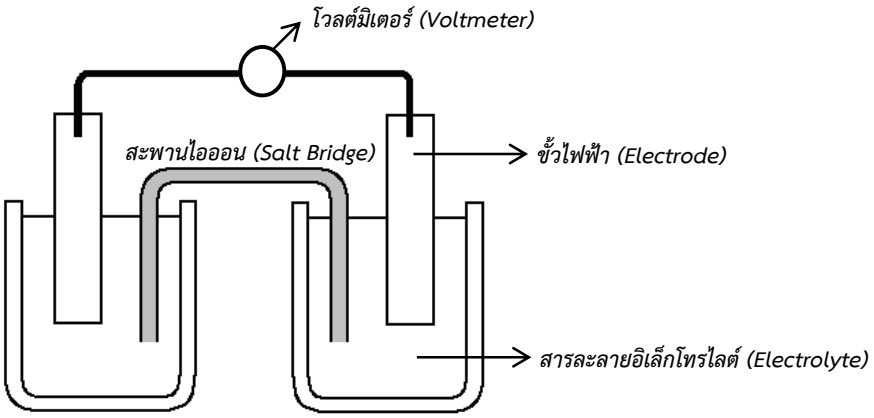
ไฟฟ้าเคมี (ส่วนที่ 1)

<u>คำศัพท์ที่สำคัญ</u> *(ควรท่องจำให้แม่นนะครับ)*

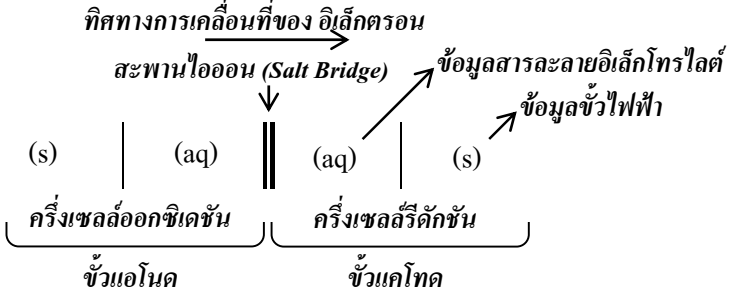
- **ไฟฟ้าเคมี (Electrochemistry)** คือ การเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับพลังงานเคมีและพลังงานไฟฟ้า
  + **เซลล์กัลป์วานิก (Galvanic Cell)** คือ เซลล์ไฟฟ้าเคมีที่มีการเปลี่ยนพลังงานเคมี เป็น พลังงานไฟฟ้า
  + **เซลล์อิเล็กโทรไลติก (Electrolytic Cell)** คือ เซลล์ไฟฟ้าเคมีที่มีการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า เป็น พลังงานเคมี
- **ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี (Electrochemical reaction)** เป็นการเปลี่ยนแปลงของสสารที่เกี่ยวกับการถ่ายโอนอิเล็กตรอน
- **ปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox reaction)** คือ ปฏิกิริยาที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอน ประกอบด้วยปฏิกิริยาย่อย 2 ชนิด ได้แก่

1. ปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation reaction)
   - ปฏิกิริยาที่มีการเสียหรือจ่ายอิเล็กตรอน
   - ทำให้อนุภาคที่เสียอิเล็กตรอน มีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น
   - สารที่เสียหรือจ่ายอิเล็กตรอนให้แก่สารอื่น เรียกว่า ตัวรีดิวซ์ หรือ ตัวถูกออกซิไดซ์
2. ปฏิกิริยารีดักชัน (Reduction reaction)
   - ปฏิกิริยาที่มีรับอิเล็กตรอน
   - อนุภาคที่รับอิเล็กตรอน มีเลขออกซิเดชันลดลง
   - สารที่รับอิเล็กตรอนจากสารอื่น เรียกว่า ตัวออกซิไดซ์ หรือ ตัวถูกรีดิวซ์

- **ลักษณะของเซลล์กัลวานิก**



สามารถเขียนเซลล์ไฟฟ้าได้ด้วย แผนภาพเซลล์กัลวานิก ดังนี้



- ชนิดของขั้วไฟฟ้า	กัลวานิก	-	+	
	อิเล็กโทรฯ	+	-	
- ค่าศักย์ไฟฟ้าของสาร	กัลวานิก	E° น้อย	E° มาก	ทำให้ค่า $E^\circ_{Cell} = E^\circ_{แคโทด} - E^\circ_{แอโนด} = +$
	อิเล็กโทรฯ	E° มาก	E° น้อย	ทำให้ค่า $E^\circ_{Cell} = E^\circ_{แคโทด} - E^\circ_{แอโนด} = -$

การตรวจสอบว่าปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์หรือไม่นั้น **<u>สามารถพิจารณาได้จาก การหาเลขออกซิเดชันของธาตุในปฏิกิริยาเคมีนั่นเอง</u>** : เพราะเราไม่สามารถมองเห็นการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนได้

<u>เลขออกซิเดชัน (Oxidation Number)</u> คือ จำนวนเลขที่แสดงประจุไฟฟ้าสมมุติของอะตอม ของธาตุ ในสารเคมี อาจเป็นเลขจำนวนเต็มบวก เต็มลบ เต็มศูนย์ หรือเป็นจุดทศนิยมของอะตอมของธาตุ

ในการหาเลขออกซิเดชันของอะตอมต่างๆ ในสารเคมี มีหลักในการพิจารณากลุ่มของอะตอมออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้

กรณีอะตอมอยู่ในรูปของ **<u>ธาตุ</u>**

ธาตุอะตอมเดี่ยว *(เวลาเขียนสูตรเคมีของธาตุ จะเขียนเพียงสัญลักษณ์ของธาตุ ห้อย 1 เท่านั้น)*

ธาตุอะตอมเดี่ยว *(ที่อยู่อะตอมเดียวจริงๆ ในธรรมชาติ)* ได้แก่ He , Ne , Ar , Kr , Xe , Rn

ธาตุอะตอมเดี่ยว *(ที่ไม่ได้อยู่อะตอมเดียวจริงๆ ในธรรมชาติ)* ได้แก่ โลหะทุกตัว , C (เพชร , แกรไฟต์) , Si (บริสุทธิ์)

ธาตุอะตอมคู่ *(เวลาเขียนสูตรเคมีของธาตุ จะเขียนสัญลักษณ์ของธาตุ และเลขห้อย เป็น 2)*

ได้แก่ H_2 , N_2 , O_2 , F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2

ธาตุหลายอะตอม *(เวลาเขียนสูตรเคมีของธาตุ จะเขียนสัญลักษณ์ของธาตุ และเลขห้อยมากกว่า 2 ขึ้นไป)*

ได้แก่ O_3 , P_4 , S_8

อะตอมของธาตุอิสระในธรรมชาติ จะมีเลขออกซิเดชัน เป็น 0

กรณีอะตอมอยู่ในรูปของ **พันธะไอออนิก**

อะตอมที่เป็นฝ่าย **จ่ายอิเล็กตรอน** แก่อะตอมอื่น อะตอมนั้นจะมีเลขออกซิเดชันเป็น + เท่ากับจำนวน อิเล็กตรอน ที่ให้ไป

อะตอมที่เป็นฝ่าย **รับอิเล็กตรอน** จากอะตอมอื่น อะตอมนั้นจะมีเลขออกซิเดชันเป็น - เท่ากับจำนวน อิเล็กตรอน ที่รับมา

1 . เลขออกซิเดชันของธาตุโลหะ

- เลขออกซิเดชันของธาตุโลหะหมู่ 1 ในสารประกอบทุกชนิด จะมีค่าเป็น +1
- เลขออกซิเดชันของธาตุโลหะหมู่ 2 ในสารประกอบทุกชนิด จะมีค่าเป็น +2
- เลขออกซิเดชันของธาตุโลหะที่มักมีเลขออกซิเดชันเพียงค่าเดียว ได้แก่ Al = +3 , Sc = +3 , Zn = +2 , Ag = +1 , Cd = +2
- เลขออกซิเดชันของธาตุโลหะนอกเหนือ จะมีเลขออกซิเดชันได้หลายค่า

2. ผลรวมของเลขออกซิเดชันของอะตอมทุกอะตอมในสารประกอบจะมีค่าเป็น 0

3. ผลรวมของเลขออกซิเดชันของอะตอมทุกอะตอมในไอออน จะเท่ากับประจุที่แสดงกำกับของไอออนนั้น เช่น OH^- , NO_3^- , CO_3^{2-}

4. เลขออกซิเดชันของธาตุอโลหะ

- เลขออกซิเดชันของ F = -1
- เลขออกซิเดชันของ H ทั่วไป จะมีค่าเป็น +1
  ยกเว้นในสารประกอบไฮโดรด์ จะมีค่าเป็น -1
- เลขออกซิเดชันของ O ทั่วไป จะมีค่าเป็น -2
  ยกเว้นในสารประกอบเปอร์ออกไซด์ จะมีค่าเป็น -1 เช่น H_2O_2 , Na_2O_2 , BaO_2
  ยกเว้นในสารประกอบซุปเปอร์ออกไซด์ จะมีค่าเป็น -0.5 เช่น NaO_2 , KO_2
- เลขออกซิเดชันของธาตุในหมู่ 17 = -1 , หมู่ 16 = -2 , หมู่ 15 = -3 , หมู่ 14 = -4

แบบฝึกหัด

$NaCl$	MnO_2	$KMnO_4$	$BaSO_4$	NH_4NO_3
$Ba(ClO_3)_2$	$Ag(NH_3)_2Cl$	$[Cr(NH_3)(H_2O)_2Cl_2]^+$	$[CuBr_4]^{2-}$	$[Co(CN)_4]^{4-}$

กรณีอะตอมอยู่ในรูปของ **พันธะโควาเลนต์**

การคิดเลขออกซิเดชัน ในสารประกอบจะถือว่าธาตุที่มีค่า EN สูงจะได้อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะไปครอบครอง ส่วนธาตุที่มีค่า EN ต่ำจะเสียอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะนั้นไปอย่างถาวร เลขออกซิเดชันจะคิดจากจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนที่ปรากฏล้อมรอบอะตอมนั้นอยู่ตามแนวคิดดังกล่าว เทียบกับจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของธาตุนั้นก่อนเกิดพันธะ

แบบฝึกหัด

CO_2 NH_3 CH_4 $CHCl_3$ C_3H_8

1. *(A-NET 49)* ข้อใดเรียงลำดับเลขออกซิเดชันของธาตุแทรนซิชันในสารประกอบจากมากไปน้อยได้ถูกต้อง

1. $[Co(NH_3)_4Cl_2]Cl$, $Na_2Cr_2O_7$, $K_2[Ni(CN)_4]$
2. $K[Au(CN)_2]$, $Na_2Cr_2O_7$, $K_3[Fe(CN)_6]$
3. $[Co(NH_3)_4Cl_2]Cl$, $Na_2[Ni(CN)_4]$, $K[Au(CN)_2]$
4. $K_3[Fe(CN)_6]$, $K[Au(CN)_2]$, $[Co(NH_3)_4Cl_2]Cl$

2. *(PAT ก.ค. 53)* ผลรวมของเลขออกซิเดชันของธาตุแทรนซิชันคู่ใดมีค่าต่ำที่สุด

1. $[FeSCN]^{2+}$ กับ $[Ni(NH_3)_6]Br_2$
2. $[Fe(CN)_6]^{3-}$ กับ $[Cu(NH_3)_4]SO_4$
3. $K_4[Ni(CN)_4]$ กับ $K_3[Fe(CN)_6]$
4. $K_4[Fe(CN)_6]$ กับ $[CoCl(NH_3)_5]^{2+}$

3. *(PAT ต.ค. 52)* ธาตุคาร์บอนคู่ที่มีค่าเลขออกซิเดชันแตกต่างกันน้อยที่สุดเป็นของโมเลกุลในข้อใด

1. CH_3CH_2MgBr
2. CH_3CHO
3. CH_3CN
4. CH_3CH_2Cl

4. *(PAT มี.ค. 54)* เลขออกซิเดชันของคาร์บอนในหมู่คาร์บอกซิลิกในกรด $HOOC(CH_2)_3COOH$ มีค่าเท่าใด

1. 1
2. 2
3. 3
4. 4

5. ปฏิกิริยาใดต่อไปนี้ที่เลขออกซิเดชันของ S ไม่เปลี่ยนแปลง

ก. $SO_2 + H_2O \longrightarrow H_2SO_3$ ข. $S + SO_3^{2-} \longrightarrow S_2O_3^{2-}$

ค. $2H_2S + 3O_2 \longrightarrow 2SO_2 + 2H_2O$ ง. $Ca(OH)_2 + SO_2 \longrightarrow CaSO_4 + H_2O$

1. ก และ ข
2. ข และ ค
3. ค และ ง
4. ก และ ง
5. ก เท่านั้น

การดุลสมการรีดอกซ์

<u>วิธีเลขออกซิเดชัน</u> (หรืออาจจะเรียกว่า การดุลเต็มเซลล์) ใช้สำหรับการดุล *<u>สมการ โมเลกุล</u>*

1. พิจารณาเลขออกซิเดชันของอะตอมต่างๆ ในโมเลกุลของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ จับคู่อะตอมที่มีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้น และคู่อะตอมที่มีเลขออกซิเดชันลดลง
   ข้อควรระวัง ควรพิจารณาให้ครบถ้วนเพราะอาจจะมีมากกว่า 2 คู่ ที่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชัน
2. พิจารณาว่า ตัวจ่าย 1 อนุภาค จ่ายอิเล็กตรอนสุทธิเท่าไหร่ และตัวรับ 1 อนุภาค รับอิเล็กตรอนสุทธิเท่าไหร่
3. ปรับจำนวนตัวรับและตัวจ่าย ให้มีการรับและจ่ายอิเล็กตรอนให้เท่ากัน โดยการเติมเลขดุลสมการเข้าไปที่หน้าโมเลกุลของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ซึ่งประกอบด้วยอะตอมดังกล่าว
4. ปรับจำนวนผลของการรับและผลของการจ่ายให้สอดคล้องกับจำนวนอิเล็กตรอนที่รับและจ่ายในปฏิกิริยา
5. ดุลอะตอมอื่นๆ ที่เหลืออยู่ด้วยการตรวจพินิจตามปกติ

6. *(B-PAT ต.ค.51)* ผลรวมของสัมประสิทธิ์หน้า KIO_3 และ KI ของสมการต่อไปนี้ เมื่อดุลสมการแล้วเป็นเท่าไร

$$KIO_3 + KI + CH_3CO_2H \longrightarrow CH_3CO_2K + H_2O + I_2$$

1. 2
2. 4
3. 6
4. 8

7. *(A-NET ปี 50)* จากปฏิกิริยารีดอกซ์ต่อไปนี้

$$aCaCr_2O_7 + bH_3PO_4 + cAlBr_3 \longrightarrow dCa_3(PO_4)_2 + eCrPO_4 + fAlPO_4 + gH_2O + hBr_2$$

ถ้า a = 3 ในสมการที่ดุลแล้ว h มีค่าเท่าใด

1. 3
2. 5
3. 7
4. 9

<u>วิธีครึ่งปฏิกิริยา</u> (หรืออาจจะเรียกว่าดุลครึ่งเซลล์) ใช้กับการดุลสมการไอออนิก

<u>1. สภาวะกรด</u>

1.1 จับคู่สารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ แยกออกเป็นสองครึ่งปฏิกิริยา

1.2 ในแต่ละครึ่งปฏิกิริยา พิจารณา**อะตอมอื่น**ที่ไม่ใช่ O และ H เติมเลขดุลเข้าไปข้างใดข้างหนึ่งหรือทั้งสองข้าง เพื่อให้อะตอมชนิดนั้นมีจำนวนเท่ากันทั้งสองข้างเสียก่อน

1.3 ในแต่ละครึ่งปฏิกิริยา พิจารณา**อะตอม O** เติม **H_2O** เข้าไปในข้างใดข้างหนึ่งเท่ากับจำนวน O ที่ขาดไปในข้างนั้น

1.4 ในแต่ละครึ่งปฏิกิริยา พิจารณา**อะตอม H** เติม **H^+** เข้าไปในข้างใดข้างหนึ่งเท่ากับจำนวน H ที่ขาดไปในข้างนั้น

1.5 ในแต่ละครึ่งปฏิกิริยา พิจารณา**ประจุรวมในแต่ละข้าง** เติม **e^-** จำนวนเหมาะสมเข้าไปข้างใดข้างหนึ่งเพื่อทำให้ประจุรวมในแต่ละข้างเท่ากัน **ครึ่งปฏิกิริยาที่ e^- อยู่ข้างซ้ายเรียกว่า Reduction (ปฏิกิริยาการรับอิเล็กตรอน) ครึ่งปฏิกิริยาที่ e^- อยู่ทางขวาเรียกว่า Oxidation (ปฏิกิริยาการจ่ายอิเล็กตรอน)**

1.6 พิจารณาทั้งสองครึ่งปฏิกิริยา หาจำนวนเต็มที่เหมาะสมมาคูณตลอดในแต่ละครึ่งปฏิกิริยา เพื่อปรับให้จำนวน e^- ที่ถ่ายโอนของทั้งสองครึ่งปฏิกิริยามีจำนวนเท่ากัน

1.7 รวมทั้งสองครึ่งปฏิกิริยาเข้าด้วยกัน species ที่เหมือนกันให้จัดกลุ่มให้ไปอยู่ข้างเดียวกัน จะได้สมการไอออนิกรวมของปฏิกิริยา redox

2. สภาวะเบส

2.1 กระทำเช่นเดียวกันกับการดุลในสภาวะกรดตั้งแต่ข้อ 1.4 – 1.5

2.2 ในแต่ละครึ่งปฏิกิริยา เติม $\mathbf{OH^-}$ เข้าไปทั้งสองข้างในจำนวนที่เท่ากับ $\mathbf{H^+}$ ที่มีอยู่ ข้างใดที่สองตัวดังกล่าวอยู่ด้วยกันให้เปลี่ยนเป็น $\mathbf{H_2O}$ ดังปฏิกิริยา $H^+ + OH^- \longrightarrow H_2O$

2.3 กระทำเหมือนสภาวะกรดตั้งแต่ข้อ 1.5 - 1.7

8. *(PAT ก.ค. 53)* จงหาค่า a และ b จากปฏิกิริยารีดอกซ์ต่อไปนี้

$$aFe^{2+}(aq) + bMnO_4^-(aq) + H^+(aq) \longrightarrow Fe^{3+}(aq) + H_2O(l) + Mn^{2+}(aq)$$

1. 1 และ 5
2. 2 และ 5
3. 5 และ 1
4. 5 และ 2

9. เมื่อดุลสมการรีดอกซ์นี้แล้ว จะได้ค่า a และ c เป็นเท่าใดตามลำดับ

$$aC_3H_8O + bCrO_3 + cH_2SO_4 \longrightarrow dCr_2(SO_4)_3 + eC_3H_6O + fH_2O$$

1. 1 และ 3
2. 1 และ 6
3. 3 และ 3
4. 3 และ 6
5. 6 และ 3

10. *(A-NET ปี 49)* A และ B เป็นธาตุสมมติ สารประกอบของธาตุ A และ B เกิดปฏิกิริยาในสารละลายเบส เขียนสมการไอออนิกดังนี้ $aAO_4^-(aq) + bBO_3^{2-}(aq) \longrightarrow cAO_2(s) + dBO_4^{2-}(aq)$
เมื่อดุลสมการ โดยใช้ครึ่งปฏิกิริยาแล้ว ข้อสรุปใดไม่ถูกต้อง
1. H_2O เป็นสารตั้งต้น และ OH^- เป็นผลิตภัณฑ์
2. (a+b) = 5
3. จำนวนอิเล็กตรอนที่เกี่ยวข้อง = 5
4. AO_4^- เป็นตัวออกซิไดส์ และ BO_3^{2-} เป็นตัวรีดิวซ์

11. เมื่อนำปุ๋ยยูเรีย ($CO(NH_2)_2$) มาเป็นเชื้อเพลิงแทนแก๊สไฮโดรเจนในเซลล์เชื้อเพลิง โดยใช้พอลิเมอร์เมมเบรนเป็นอิเล็กโตรไลต์ชนิดแข็ง ที่มีการแลกเปลี่ยนไอออนลบ พบว่ามีแก๊สสองชนิดเกิดขึ้น โดยแก๊สชนิดหนึ่งเบากว่าอากาศ และแก๊สอีกชนิดหนึ่งสามารถกำจัดได้ด้วยปูนขาว ข้อใดผิด
1. pH ที่ขั้วแคโทดจะมีค่าสูงกว่า pH ที่ขั้วแอโนด
2. มีหมู่ที่มีประจุบวกกระจายตัวอยู่ในพอลิเมอร์เมมเบรน
3. เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สไนโตรเจนที่ขั้วแอโนด
4. จะมีการเคลื่อนที่ของไฮดรอกไซด์จากขั้วแอโนดไปยังขั้วแคโทด

12. โซเดียมโบโรไฮไดรด์ ($NaBH_4$) เป็นแหล่งของไฮโดรเจน โดยเมื่อนำมาทำปฏิกิริยากับน้ำ ได้แก๊สไฮโดรเจนและโซเดียมเมตาบอเรต ($NaBO_2$) เป็นผลิตภัณฑ์ หากนำโซเดียมโบโรไฮไดรด์มาใช้แทนแก๊สไฮโดรเจนในเซลล์เชื้อเพลิง โดยใช้อิเล็กโทรไลต์ที่เป็นเจลนำไฟฟ้าและมีการเติมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ลงไป ข้อใด**ผิด**
1. ได้น้ำเป็นผลิตภัณฑ์ที่ขั้วแอโนด
2. ไฮดรอกไซด์จะแพร่จากขั้วลบไปบวก
3. นำอากาศมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ โดยให้อากาศไหลผ่านขั้วแคโทด
4. จะพบโซเดียมเมตาบอเรตมีความเข้มข้นที่ขั้วแอโนดสูงกว่าขั้วแคโทด