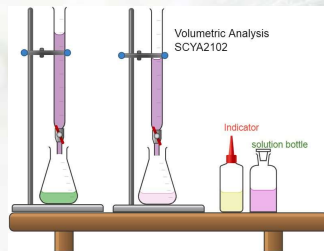


บทที่ 6 ปริมาตรวิเคราะห์ (Volumetric Analysis)

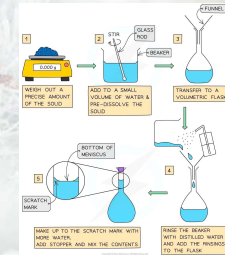


<https://sathyabama.cognibot.in/course/info.php?id=3277>

1

วัตถุประสงค์

1. สารละลายมาตรฐานและการเตรียม
2. ขั้นตอนการไทเทรต
3. การคำนวณผลการไทเทรต



<https://www.savemyexams.com/international-a-level/chemistry/oxford-aqa/19/revision-notes/physical-chemistry/amount-of-substance/volumetric-solutions-and-analysis/>

<https://scienceinfo.com/titrimetric-analysis-terms-types-principle-advantages/>

2

2

6.1 สารละลายมาตรฐาน (Standard Solution)

สารละลายมาตรฐาน คือ สารละลายที่ทราบความเข้มข้นที่ถูกต้องและแน่นอน มีวิธีการเตรียม 2 วิธี คือ

1. วิธีตรง (direct Method)
2. วิธีอ้อม (Indirect Method) โดยชั่งมาหยาบ ๆ แล้วนำไปหาความเข้มข้นที่แน่นอน กับ **สารละลายปฐมภูมิ** เรียกวิธีนี้ว่า **standardization**

3

3

6.2 สารปฐมภูมิ (Primary standard substance)

1. ต้องมีความบริสุทธิ์สูง
2. ต้องเป็นสารที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงขณะชั่ง
3. ต้องมีน้ำหนักโมเลกุลสูง
4. ต้องละลายได้ในสถานะแวดล้อมที่ทำการทดลอง
5. ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นต้องเป็นอัตราส่วนของเลขลงตัวที่แน่นอน

4

4

5

6

7

•

ตัวอย่างที่ 6.2

จงหาความเข้มข้นของสาร Na_2CO_3 ชั่งมา 0.5820 กรัม
เตรียมในปริมาตร 500.0 mL (105.99 g/mol; %assay 99.8)

ตัวอย่างที่ 6.3

ให้นักศึกษาเตรียมสาร Na_2CO_3 เข้มข้น 1.20 mM 100.00 มิลลิตรจาก
สารละลายข้อ 6.2

9

Sulphuric acid

<https://www.mpimpex.co.th/product/sulphuric-acid-98-4/11000339797004545/110003397970038247anslid=AfmB0C0rAUlChC2e1Km4wQV-6L4UZSIZa2AoRlJq-0n45fM08lQzT>

10

ตัวอย่างที่ 6.4

จงคำนวณปริมาตรของกรดซัลฟูริกเข้มข้นที่ใช้เตรียมเป็น
สารละลายความเข้มข้น 0.25 M ปริมาณ 250.00 ลบ.ซม.

จากขบวนการตรวจสอบการเคลื่อนที่เข้มข้น จะบอกค่าต่าง ๆ ดังนี้

น้ำหนักโมเลกุล = 98.08

เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก = 98.00 %

ความหนาแน่น = 1.80 กรัมต่อลบ.ซม.

11

การคำนวณหาปริมาณกรดเกลืออีกแบบหนึ่ง คือ

$$V = \frac{MM' \times 100}{Pd}$$

V = ปริมาตรของกรดเข้มข้นที่ต้องการเตรียม

M = ความเข้มข้น โมลต่อลบ.ดม. 0.25 M

M' = น้ำหนักโมเลกุล

P = เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของ HNO_3

D = ความหนาแน่นของ HCl เข้มข้น
1.51 กรัมต่อลบ.ซม.

12

ข้อกำหนดในการวิเคราะห์แบบปริมาตรวิเคราะห์

1. ปฏิกิริยาต้องเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและเกิดอย่างสมบูรณ์
2. จุดยุติที่มองเห็นต้องปรากฏนานอย่างน้อย 30 วินาที
3. ปฏิกิริยาต้องสามารถดุลสมการได้และไม่เกิดปฏิกิริยาข้างเคียง
4. จุดยุติต้องได้ใกล้เคียงกับจุดสมมูล

13

13

6.3 การหาจุดยุติ (Detection of end point)

1. วิธีสังเกตด้วยตาเปล่า

(Visual method หรือ Chemical indicator method)

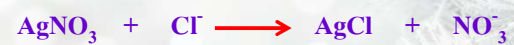
- 1.1 ไตเตรนต์ หน้าที่เป็นอินดิเคเตอร์ เช่น KMnO_4
- 1.2 อินดิเคเตอร์ กรด-เบส (acid – base indicators, HIn)
- 1.3 รีดอกซ์อินดิเคเตอร์ (redox indicator)
- 1.4 การเกิดสารประกอบที่ละลายได้และมีสีต่างออกไป

14

14

1.5 สังเกตการหายไปของสารละลายที่ถูกไตเตรต

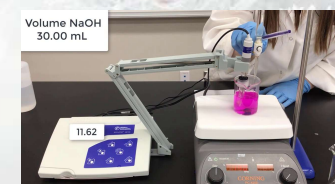
1.6 สังเกตการตกตะกอน เช่น Ag^+



15

15

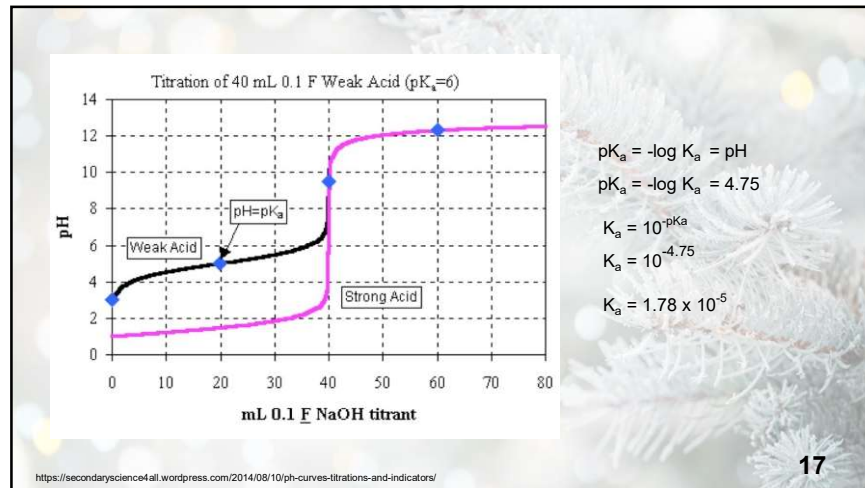
2. วิธีเชิงไฟฟ้า



<https://www.youtube.com/watch?v=L1mB4SZ7n6Q>

16

16



17

17

6.4 การแบ่งชนิดของปริมาตรวิเคราะห์

1. ปฏิริยาการไทเทรต กรด-เบส
(Acid-Base titration)
2. ปฏิริยาไทเทรตแบบรีดอกซ์
(oxidation –reaction หรือ redox titration)
3. ปฏิริยาการไทเทรตแบบเกิดสารประกอบ
เชิงซ้อน (Complex formation titration)
4. ปฏิริยาการไทเทรตแบบตกตะกอน
(Precipitation titration)

18

18

ประเภทของชนิดการไทเทรต

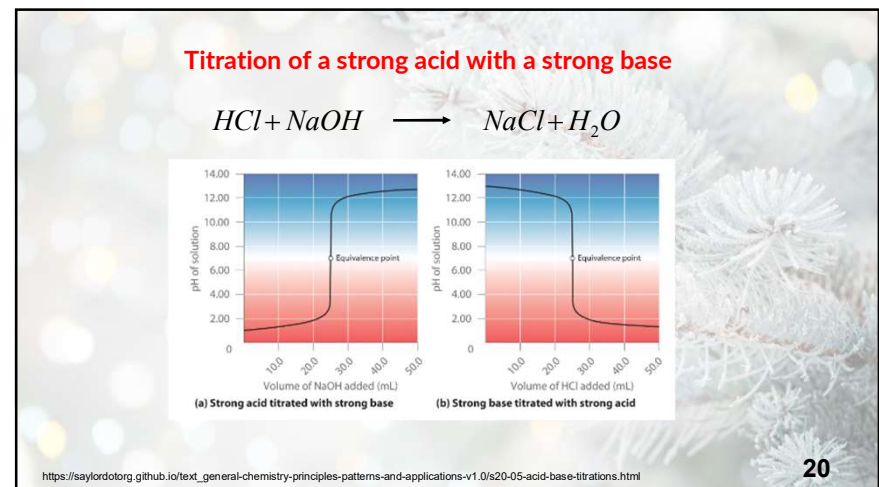
แบ่งตามชนิดของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

1. การไทเทรตระหว่างกรดและเบส (Acid-base titration)

- Titration of a strong acid with a strong base
- Titration of weak acid and a strong base
- Titration of weak base and a strong acid
- Titration of weak base and a weak acid

19

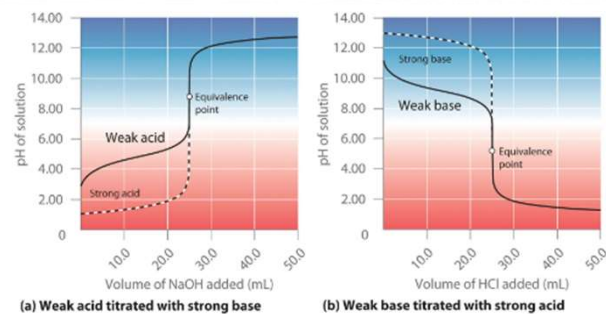
19



20

20

Titration of weak acid and a strong base

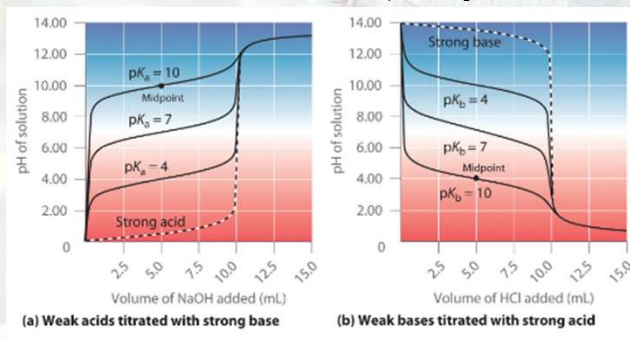


https://saylordotorg.github.io/text_general-chemistry-principles-patterns-and-applications-v1.0/s20-05-acid-base-titrations.html

21

21

Titration of weak base and a strong acid



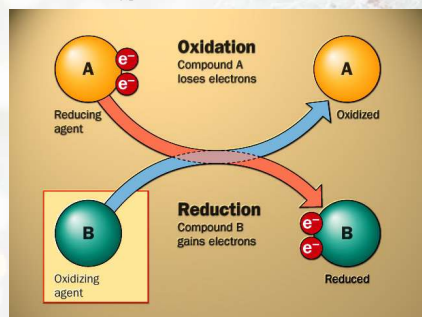
https://saylordotorg.github.io/text_general-chemistry-principles-patterns-and-applications-v1.0/s20-05-acid-base-titrations.html

22

22

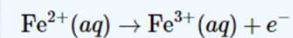
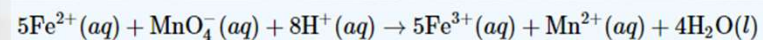
2. การไทเทรตแบบออกซิเดชัน – รีดักชัน (Oxidation – reduction titration)

ประกอบด้วย 2 ปฏิกิริยาคือ ออกซิเดชัน – รีดักชัน



23

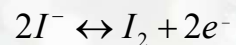
23



24

24

1. Direct titration



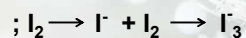
Iodimetry



2. Indirect titration or Replacement titration



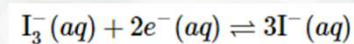
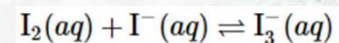
Iodometry



http://chemwiki.ucdavis.edu/Analytical_Chemistry/Analytical_Chemistry_2.0/09_Titrimetric_Methods/9D_Redox_Titrations

25

25



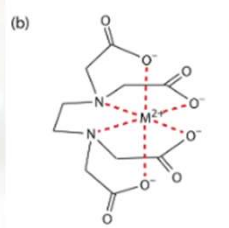
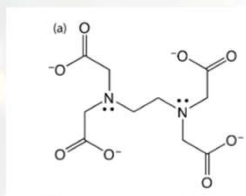
26

26

3. การไทเทรตแบบเกิดสารประกอบเชิงซ้อน

(Complex metric titration)

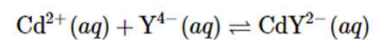
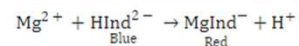
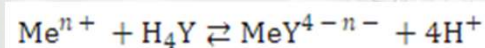
EDTA is Ethylene Diamine Tetra Acetic acid.



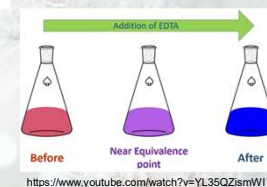
https://chem.libretexts.org/Ancillary_Materials/Demos_Techniques_and_Experiments/General_Lab_Techniques/Titration/Complexation_Titration

27

27

 $Mg^{2+}, Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}, Mn^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}, Al^{3+}, Y^{3+}, La^{3+}$


$$K_f = \frac{[CdY^{2-}]}{[Cd^{2+}][Y^{4-}]}$$



<https://www.youtube.com/watch?v=YL35QZismWI>

28

28

4. การไทเทรตแบบเกิดตะกอน (Precipitation titration)

1. **Mohr 's Method :**
color precipitate
2. **Volhard 's Method :**
water soluble complex
3. **Fajan 's Method :**
Adsorption Indicator Method



29

29

Mohr 's Method

ปริมาณ chloride

chromate ion เป็นอินดิเคเตอร์

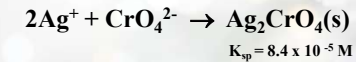
จุดยุติจะเกิดตะกอนสีแดงอิฐของ silver chromate

pH 7-10

Titration Reaction :



Detection Reaction at End Point :



30

30

Volhard's Method

ทางตรงไทเทรต thiocyanate

ทางอ้อม(indirect titration) :

ferric alum เป็น indicator

จุดยุติจะให้ สารละลายสีแดง ของ

สารประกอบเชิงซ้อน ferric thiocyanate,



31

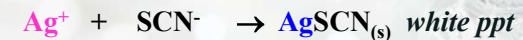
31

Volhard's Method

Titration Reaction :



Back Titration :



Detection Reaction at End Point :



32

32

Fajan's Method

or Adsorption Indicator Method

fluorescein : dichlorofluorescein เป็นอินดิเคเตอร์
แตกตัวจะได้ไอออน FI^- จะมีสีเขียวเหลือง



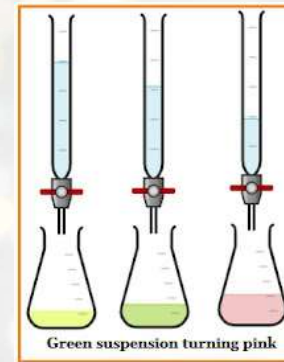
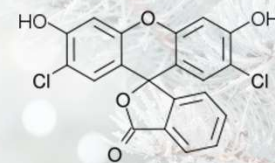
In^- : dichlorofluorescein



33

33

dichlorofluorescein



<https://chrominfo.blogspot.com/2022/03/fajans-method-of-precipitation-titration.html>

34

34

การคำนวณ

$$X = \frac{\text{จำนวนของโมลของไตเตรนต์ที่เติม}}{\text{จำนวนโมลของสารตัวอย่าง}}$$

$$= \frac{C_t V_t}{C_s V_s} \quad (6.1)$$

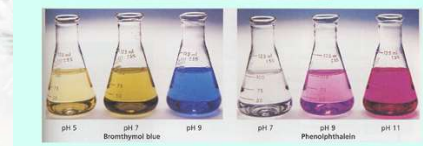
$$C_s = \frac{C_s^0 V_s}{V_s + V_t} \quad (6.2)$$

$$C_t = \frac{C_t^0 V_t}{V_s + V_t} \quad (6.3)$$

35

35

$$X = \frac{C_t}{C_s}$$



ถ้าการไตเตรตยังไม่ถึงจุดสมมูล $X < 1$

ที่จุดสมมูล $X = 1$

ถ้าเกินจุดสมมูล $X > 1$

36

36

ตัวอย่างที่ 6.6

จงหาความเข้มข้นของสารละลาย NaOH โดยเปิดสารละลาย KHP มา 10.00 ลบ.ซม. ความเข้มข้นเข้มข้น $1.50 \times 10^{-2} \text{ M}$ ไปไทเทรตกับสารละลาย NaOH ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.00 ลบ.ซม.

จากนั้น นำสารละลาย NaOH ไปทำปฏิกิริยากับสารละลาย HCl 10.00 mL ซึ่งใช้สารละลาย NaOH เฉลี่ยเท่ากับ 9.25 mL จงหาความเข้มข้นของสารละลาย HCl

37

37

ขั้นตอนในการคำนวณมีดังนี้**ขั้นที่ 1**

$$\text{mol A} = \text{mol B}$$

$$V_A M_A = V_B M_B$$



38

38

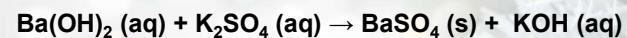


$$\frac{M_B V_B}{b} = \frac{M_A V_A}{a}$$

$$aM_B V_B = bM_A V_A$$

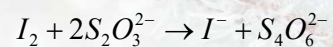
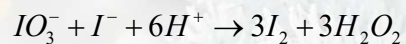
39

39



40

40



$$\frac{(MV)_A}{a} = \frac{(MV)_B}{b}$$

$$\frac{(CV)_{IO_3^-}}{1} = \frac{(CV)_{S_2O_3^{2-}}}{6}$$

41

41

ขั้นที่ 3 คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของสารที่ถูกไทเทรต (B)

$$B(g) = (no \text{ mol}_B)(MW_B) = V_A M_A R(MW_B)$$

ขั้นที่ 4 คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของสารที่ถูกไทเทรต (B)

$$\%B = \frac{g \text{ B}}{g \text{ Sample}} \times 100$$

42

42

สรุป $B(g) = V_A M_A R(MW_B) (\text{mol})$

$$\%B = \frac{V_A M_A R(MW_B)}{g \text{ Sample}} \times 100$$

43

43

ตัวอย่างที่ 6.4

(1) การเตรียมสารมาตรฐาน $AgNO_3$ (MW = 169.87 g/mol, %assay = 99.0)

โดยชั่ง $AgNO_3$ อย่างละเอียดมา 0.2580 กรัม ละลายในขวดปริมาตรขนาด 100.00 ลบ.ซม. จนสารละลายพอดีขีด จงคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน $AgNO_3$

(2) นำสารละลาย $BaCl_2$ มา 10.00 มล. ไทเทรตกับ $AgNO_3$ ใช้ $AgNO_3$ เท่ากับ 9.50 มล. จงหาความเข้มข้นของ $BaCl_2$

44

44

การสแตนด์ไทซ์สารละลาย KMnO_4



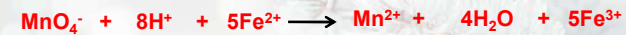
$$\frac{[\text{MnO}_4^-]}{2} = \frac{[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}]}{5}$$

$$\frac{MV_{\text{MnO}_4^-}}{2} = \frac{MV_{\text{C}_2\text{O}_4^{2-}}}{5}$$

45

45

การหาปริมาณ Fe^{2+} ในสารละลายตัวอย่าง



$$\frac{\text{จำนวนโมลของ } \text{Fe}^{2+}}{5} = \frac{\text{จำนวนโมลของ } \text{MnO}_4^-}{1}$$

$$(MV)_{\text{Fe}^{2+}} = 5(MV)_{\text{MnO}_4^-}$$

46

46

ตัวอย่างที่ 6.5

จงหาปริมาณเหล็กในน้ำตัวอย่าง

- เตรียมสารละลาย KMnO_4 (158.034 g/mol) ต้องการเตรียมที่ความเข้มข้น 0.15 M ต้องชั่งสารมาที่กรัม ในปริมาตร 250.00 mL

- ปิเปตต์น้ำบาดาลมา 25.00 มล. ไทเทรตกับสารละลาย KMnO_4 ปริมาตรเท่ากับ 24.00 มล. ในน้ำบาดาลมีเหล็ก (26 g/atom) ที่กรัม

47

47

การหาปริมาณ CuSO_4 ในสารละลายตัวอย่าง



$$\frac{\text{จำนวนโมล } \text{Cu}^{2+}}{\text{จำนวนโมล } \text{S}_2\text{O}_3^{2-}} = 1$$

$$M_{\text{Cu}^{2+}} = \frac{V(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) \times M(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})}{10.00}$$

48

48

ตัวอย่างที่ 6.6 จงหาปริมาณทองแดงในนมตัวอย่าง

- เตรียมสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (158.11 g/mol) %assay = 99.4% ต้องการเตรียมที่มีความเข้มข้น 1.50 M ปริมาตร 500.0 mL ต้องชั่งสารมากี่กรัม
- ปิเปตต์นมมา 25.00 มล. ไทเทรตกับสารละลาย $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 24.85 มล. จงหาความเข้มข้นของไอออนคอปเปอร์ในนม

49