

THIẾT KẾ THÍ NGHIỆM MINH HOẠ SỰ ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC QUÁ TRÌNH HOÁ HỌC TỚI SỨC ĐIỆN ĐỘNG CỦA PIN ĐIỆN HOÁ

Nguyễn Thị Thanh Tâm

Khoa Toán và KHTN, Trường Đại học Hải Phòng

Email: tamntt@dhhp.edu.vn

Ngày nhận bài: 04/4/2025

Ngày nhận bài sửa: 24/4/2025

Ngày duyệt đăng: 04/9/2025

Tóm tắt: Bài báo này trình bày việc thiết kế nội dung thí nghiệm nhằm minh họa ảnh hưởng của các quá trình hóa học đến sức điện động của pin. Thông qua các thí nghiệm cụ thể, chúng tôi khảo sát ảnh hưởng của nồng độ ion trong dung dịch và các quá trình phụ như phản ứng tạo phức, phản ứng tạo hợp chất ít tan và ảnh hưởng của pH lên sự thay đổi sức điện động. Các thí nghiệm được xây dựng nhằm giúp người học dễ dàng quan sát, đo đạc và phân tích các yếu tố ảnh hưởng, từ đó hiểu sâu hơn về nguyên lý hoạt động của pin điện hóa. Kết quả thu được góp phần hỗ trợ sinh viên trong việc học tập và nghiên cứu về lĩnh vực này.

Từ khóa: Pin điện hoá, điện cực, thế điện cực, phản ứng tạo phức, phản ứng tạo hợp chất ít tan, pH.

EXPERIMENTAL DESIGN TO ILLUSTRATE THE INFLUENCE OF CHEMICAL PROCESSES ON THE ELECTROMOTIVE FORCE OF ELECTROCHEMICAL CELLS

Abstract: This paper presents the design of experimental content to illustrate the impact of chemical processes on the electromotive force (EMF) of Electrochemical cell. Through specific experiments, we investigate the effects of ion concentration in solution and secondary processes such as complex formation reactions, precipitation reactions, and the impact of pH on the variation of EMF. The experiments are designed to help learners easily observe, measure, and analyze the influencing factors, thereby gaining a deeper understanding of the operating principles of electrochemical cells. The results contribute to supporting students in learning and conducting research in this field.

Keywords: Electrochemical cell, electrode, electrode potential, complex formation reaction, precipitation reaction, pH.

1. Đặt vấn đề

Pin điện hóa đóng vai trò quan trọng trong đời sống và công nghiệp, từ các thiết

bị điện tử đến các hệ thống lưu trữ năng lượng quy mô lớn. Việc nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến sức điện động của pin không chỉ giúp hiểu rõ hơn về nguyên

lý hoạt động mà còn tạo tiền đề để tối ưu hóa hiệu suất và ứng dụng thực tiễn. Tuy nhiên, trong quá trình vận hành, sức điện động của pin không chỉ phụ thuộc vào bản chất điện cực và nồng độ ion mà còn bị chi phối bởi các quá trình hóa học phụ như phản ứng tạo phức, phản ứng tạo hợp chất ít tan và sự thay đổi pH của môi trường. Những yếu tố này có thể làm thay đổi đáng kể hiệu suất pin nhưng lại ít được đề cập trong các thí nghiệm thực hành phổ biến. Do đó, việc thiết kế các thí nghiệm minh họa ảnh hưởng của các quá trình hóa học đến sức điện động của pin sẽ giúp người học có cái nhìn trực quan hơn về cơ chế hoạt động và các yếu tố ảnh hưởng. Điều này không chỉ nâng cao hiệu quả học tập mà còn góp phần phát triển tư duy nghiên cứu cho sinh viên trong lĩnh vực hóa học điện hóa.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Một số khái niệm

2.2.1. Điện cực, pin điện hoá, thế điện cực và sức điện động của pin

- *Điện cực* là một hệ nối tiếp nhau của các pha dẫn điện trong đó pha đầu tiên là kim loại và pha còn lại là dung dịch chất điện ly. [5]

Có nhiều cách phân loại điện cực khác nhau, theo mục đích sử dụng thì có

thể phân loại điện cực bao gồm: điện cực so sánh và điện cực chỉ thị. Điện cực so sánh là loại điện cực mà thế của nó không thay đổi trong suốt quá trình đo và không phụ thuộc vào thành phần của dung dịch đo. Một số điện cực so sánh hay gặp là: điện cực silver - silver chloride ($\text{Cl}^- | \text{AgCl}, \text{Ag}$), điện cực Calomen ($\text{Cl}^- | \text{Hg}_2\text{Cl}_2, \text{Hg}$). Điện cực chỉ thị là những điện cực mà thế của nó phụ thuộc vào hoạt độ của các ion của chất nghiên cứu. Một số điện cực so sánh hay gặp là: Điện cực oxi hóa khử ($\text{Ce}^{4+}, \text{Ce}^{3+} | \text{Pt}$), Điện cực kim loại ($\text{Ag}^+ | \text{Ag}; \text{Ag}(\text{CN})_2^- | \text{Ag}$), Điện cực acid - base ($\text{H}^+ | \text{H}_2, \text{Pt}$).

- *Pin điện hoá* là một hệ điện hóa cho phép biến đổi năng lượng của phản ứng trên các điện cực thành điện năng. Pin điện hoá được hình thành từ sự ghép hai nửa pin; mỗi nửa pin là một điện cực. Phản ứng hóa học trong pin là sự tổ hợp hai nửa phản ứng mà mỗi nửa phản ứng là một phản ứng điện cực. [4, 5]

- *Thế điện cực* là đại lượng đánh giá khả năng khử của dạng khử, khả năng oxi hoá của dạng oxi hoá ($E_{\text{Ox/Kh}}$). Ở điều kiện chuẩn (nồng độ ion kim loại trong dung dịch là 1M, ở nhiệt độ là 25⁰ C) ta có *thế điện cực chuẩn* ($E^0_{\text{Ox/Kh}}$). Ở điều kiện nồng độ, và nhiệt độ bất kì thì thế điện cực phụ thuộc vào phương trình Nernst:

$$E_{\text{Ox/Kh}} = E^0_{\text{Ox/Kh}} + \frac{RT}{nF} \ln \frac{(\text{Ox})}{(\text{Kh})} = E^0_{\text{Ox/Kh}} + \frac{RT}{nF} \lg \frac{f_{\text{Ox}}}{f_{\text{Kh}}} + \frac{RT}{nF} \lg \frac{[\text{Ox}]}{[\text{Kh}]}$$

$$\text{Ở } 25^0\text{C} : E_{\text{Ox/Kh}} = E^0_{\text{Ox/Kh}} + \frac{0,0592}{n} \lg \frac{f_{\text{Ox}}}{f_{\text{Kh}}} + \frac{0,0592}{n} \lg \frac{[\text{Ox}]}{[\text{Kh}]}$$

Trong các trường hợp bỏ qua hệ số hoạt độ của dung dịch $f_{\text{Ox}} = f_{\text{Kh}} = 1$ thì

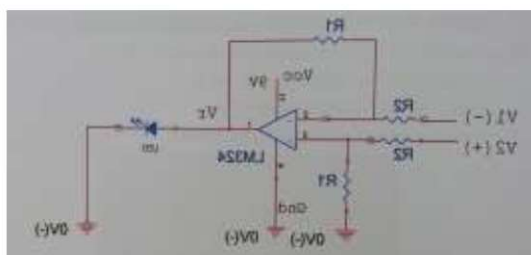
$$E_{\text{Ox/Kh}} = E^0_{\text{Ox/Kh}} + \frac{0,0592}{n} \lg \frac{[\text{Ox}]}{[\text{Kh}]}$$

- Sức điện động của pin bằng thế điện cực dương (cathode) trừ đi thế điện cực âm (anode). Kí hiệu là $E_{pin} = E_{Cathode} - E_{Anode} = E_C - E_A = E_p - E_t$ ($E_p = E_C$; $E_t = E_A$)

2.1.2. Các yếu tố ảnh hưởng đến phản ứng hoá học xảy ra trong pin điện hoá

Các yếu tố làm biến đổi nồng độ của các dạng oxi hoá - khử sẽ làm thay đổi thế oxi hoá - khử của các cặp và do đó ảnh hưởng đến cân bằng oxi hoá - khử. Các yếu tố quan trọng bao gồm: ảnh hưởng của sự biến đổi pH, sự có mặt các chất tạo phức, sự tạo thành các hợp chất ít tan, sự thay đổi nồng độ.[1, 2, 3]

2.2. Phương pháp nghiên cứu



Hình 2.1. Sơ đồ mạch IC

+ Cực dương của mạch IC là V₂ (dây đỏ) được nối với cathode của pin (điện cực phải).

+ Cực âm của mạch IC là V₁ (dây đen) được nối với anode của pin (điện cực trái).

2.2.2. Xây dựng nội dung thí nghiệm

a. Thiết lập mạch pin xét ảnh hưởng của sự tạo phức tới sức điện động của pin

* Nội dung bài tập thí nghiệm: Hãy thiết lập sơ đồ pin điện từ hai điện cực: Cu^{2+}/Cu và Ag^+/Ag . Tính sức điện động của pin và hiện tượng quan sát được biết:

2.2.1. Hoá chất, dụng cụ, thiết bị

Chuẩn bị các dung dịch sau: dung dịch $AgNO_3$, $CuSO_4$, $Pb(NO_3)_2$, NH_3 , $NaOH$ với các nồng độ cần thiết.

Dụng cụ: Cốc thuỷ tinh, các điện cực kim loại Ag , Cu , Pb , cầu muối.

Thiết bị đo: Sử dụng máy đo điện thế.

Tôi sử dụng đèn LED để minh hoạ sự ảnh hưởng của các quá trình hoá học tới sức điện động của pin điện hoá. Để tăng sức điện động của pin khi đi qua đèn tôi dùng mạch khuếch đại vì sai sử dụng IC LM 324 gọi tắt là mạch IC.

Sơ đồ mạch khuếch đại vì sai sử dụng IC LM 324:



Hình 2.2. Mô hình mạch IC sử dụng trong thí nghiệm

$E_{Ag^+/Ag}^0 = 0,799V$, dung dịch $AgNO_3$ 0,100M

$E_{Cu^{2+}/Cu}^0 = 0,337V$, dung dịch $CuSO_4$ 0,100M

Hãy tính sức điện động của pin và nêu hiện tượng quan sát được khi thêm từ 3,00 mL dung dịch NH_3 có nồng độ C_x (mol/l) tăng dần vào điện cực bạc. Biết dung dịch ở điện cực đồng có $V = 12,00$ mL và điện cực bạc có $V = 15,00$ mL.

* Cách tiến hành

+ Chuẩn bị cathode (điện cực bên phải) là bản kim loại bạc (Ag) nhúng trong 12,00 mL dung dịch $AgNO_3$ 0,100 M.

+ Chuẩn bị anode (điện cực bên trái) là bản kim loại đồng (Cu) nhúng trong 15,00 mL dung dịch CuSO_4 0,100 M.

+ Nhúng cầu muối vào hai cốc đựng dung dịch AgNO_3 và CuSO_4 .

+ Hai điện cực của pin điện hoá được nối với hai đầu dây của mạch IC: cathode (điện cực bên phải) nối với cực dương của mạch IC. Anode (điện cực bên trái) nối với cực âm của mạch IC. Cực dương của máy đo thế nối với cathode. Cực âm của máy đo thế nối với anode.

+ Thêm từ từ 3,00 mL dung dịch NH_3 vào điện cực bạc.

b. Thiết lập mạch pin xét ảnh hưởng của sự tạo hợp chất ít tan tới sức điện động của pin

* Nội dung bài tập thí nghiệm: Hãy thiết lập sơ đồ pin điện từ hai điện cực: $\text{Pb}^{2+} | \text{Pb}$

Tính sức điện động của pin và hiện tượng quan sát được biết.

$E_{\text{PbI}_2/\text{Pb}}^0 = -0,126\text{V}$, dung dịch $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 1,000M

dung dịch $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 0,100M

Hãy tính sức điện động của pin và nêu hiện tượng quan sát được khi thêm từ từ V mL dung dịch K_2CrO_4 0,500 M vào điện cực Pb. Biết dung dịch ở điện cực bên trái có thể tích $V = 20,00$ mL.

* Cách tiến hành:

+ Chuẩn bị cathode (điện cực bên phải) là bản kim loại chì (Pb) nhúng trong 20,00 mL dung dịch $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 1,000 M.

+ Chuẩn bị anode (điện cực bên trái) là bản kim loại chì (Pb) nhúng trong 20,0 mL dung dịch $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 0,100 M.

+ Nhúng cầu muối vào hai cốc đựng dung dịch $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

+ Hai điện cực của pin được nối với hai đầu dây của mạch IC: cathode nối với cực dương của mạch IC (dây đỏ), anode (điện cực bên trái) nối với cực âm của mạch IC (dây đen).

+ Thêm từ từ 10,00 mL dung dịch K_2CrO_4 0,050 M vào điện cực bên trái của pin.

c. Thiết lập mạch pin xét ảnh hưởng của pH tới sức điện động của pin

* Nội dung bài tập thí nghiệm:

Hãy thiết lập sơ đồ pin điện từ hai điện cực: $\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}$ và $\text{Ag}^+, \text{NH}_3 / \text{Ag}$.

Tính sức điện động của pin và hiện tượng quan sát được biết:

$E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0 = 0,799$ V, dung dịch AgNO_3 0,100 M

$E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = 0,337$ V, dung dịch CuSO_4 0,100 M

Hãy tính sức điện động của pin và nêu hiện tượng quan sát được khi thêm từ từ V mL dung dịch NaOH 1,000 M vào điện cực đồng.

* Cách tiến hành

+ Chuẩn bị cathode (điện cực bên phải) là bản kim loại bạc (Ag) nhúng trong 12,00 mL dung dịch AgNO_3 0,100 M và 3,00 mL dung dịch NH_3 1,000 M.

+ Chuẩn bị anode (điện cực bên trái) là bản kim loại đồng (Cu) nhúng trong 15,00 mL dung dịch CuSO_4 0,100 M.

+ Nhúng cầu muối vào hai cốc đựng dung dịch CuSO_4 và hỗn hợp AgNO_3 và NH_3 .

+ Hai điện cực của pin được nối với hai đầu dây của mạch IC: Cathode (điện cực bên phải) nối với cực dương của mạch IC. Anode (điện cực bên trái) nối với cực âm của mạch IC. Cực dương của máy đo thể nối với cathode. Cực âm của máy đo thể nối với anode.

+ Thêm từ từ 7,00 mL dung dịch NaOH 1,000 M vào điện cực đồng.

d. Thiết lập mạch pin xét ảnh hưởng của nồng độ tới sức điện động của pin

* *Nội dung bài tập thí nghiệm:*
Thiết lập sơ đồ pin điện từ hai điện cực Cu^{2+}/Cu

Tính sức điện động của pin từ hai điện cực đồng có các nồng độ như sau:

Dung dịch $\text{CuSO}_4 = 2 \text{ M}$ và dung dịch $\text{CuSO}_4 = 0,01 \text{ M}$

Dung dịch $\text{CuSO}_4 = 2 \text{ M}$ và dung dịch $\text{CuSO}_4 = 0,03 \text{ M}$

Dung dịch $\text{CuSO}_4 = 2 \text{ M}$ và dung dịch $\text{CuSO}_4 = 0,05 \text{ M}$

Dung dịch $\text{CuSO}_4 = 2 \text{ M}$ và dung dịch $\text{CuSO}_4 = 0,07 \text{ M}$

* *Cách tiến hành*

+ Chuẩn bị cathode (điện cực bên phải) là bản kim loại đồng (Cu) nhúng trong 20,00 mL dung dịch CuSO_4 2,000 M.

+ Chuẩn bị anode (điện cực bên trái) là bản kim loại đồng (Cu) nhúng trong 20,00 mL dung dịch CuSO_4 0,010 M.

+ Nhúng cầu muối vào hai cốc đựng dung dịch CuSO_4 .

+ Hai điện cực của pin được nối với hai đầu dây của mạch IC: Cathode (điện cực bên phải) nối với cực dương của mạch IC. Anode (điện cực bên trái) nối với cực âm của mạch IC. Cực dương của máy đo thể nối với cathode. Cực âm của máy đo thể nối với anode.

+ Thay dung dịch CuSO_4 bên trái lần lượt bằng các dung dịch có nồng độ là 0,03 M; 0,05 M; 0,07 M.

3. Kết quả nghiên cứu

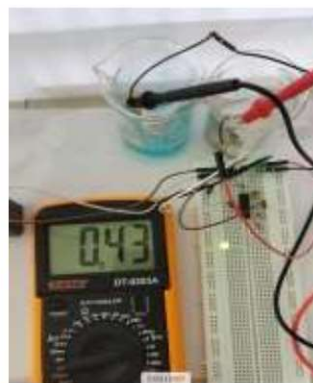
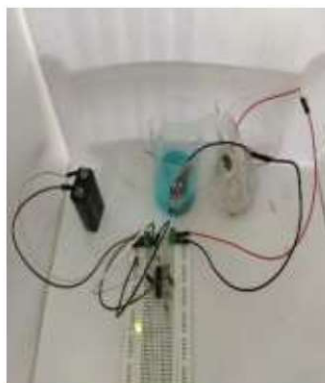
3.1. Kết quả thí nghiệm minh họa ảnh hưởng của quá trình tạo phức đến sức điện động của pin điện hoá

+ Trong thí nghiệm 2.2.2a đã thiết lập được mạch pin 1 có sơ đồ như sau:

$\text{Cu} \mid \text{Cu}^{2+} 0,100 \text{ M} \parallel \text{Ag}^+ 0,100 \text{ M} \mid \text{Ag}$ (Pin 1)

+ Đã tính được sức điện động về mặt lí thuyết là $(E_{\text{pin}})_{\text{lt}} = 0,4315 \text{ V}$ và sức điện động đo được trên thực tế là $(E_{\text{pin}})_{\text{tt}} = 0,43 \text{ V}$. Hiện tượng: đèn sáng.

+ Kết quả thí nghiệm được minh họa ở hình 3.1.



Hình 3.1. Mô hình pin $\text{Cu} \mid \text{Cu}^{2+} \parallel \text{Ag}^+ \mid \text{Ag}$

+ Khi thêm từ từ 3,00 mL dung dịch NH_3 có nồng độ tăng dần vào điện cực bạc thì xảy ra quá trình tạo phức $\text{Ag}^+ + 2\text{NH}_3 \rightleftharpoons \text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ $\beta = 10^{7,24}$

Thế của điện cực bạc thay đổi phụ thuộc vào nồng độ NH_3

$$E_p = 0,3704 + 0,0592 \cdot \lg \frac{\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+}{[\text{NH}_3]^2}$$

Kết quả tính E_p (E_C), E_t (E_A) và E_{pin} khi thêm dung dịch NH_3 được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1. Sự phụ thuộc của E_p và E_{pin} vào nồng độ dung dịch NH_3

STT	$C_x(\text{M})$	$E_p(\text{V})$	$E_t(\text{V})$	$(E_{\text{pin}})_{\text{lt}}(\text{V})$	$(E_{\text{pin}})_{\text{tt}}(\text{V})$	Hiện tượng
1	0,100	0,7389	0,3074	0,4315	0,43	Đèn sáng
2	1,000	0,4720	0,3074	0,1646	0,16	Đèn tối
3	1,200	0,4353	0,3074	0,1279	0,13	Đèn tối
4	1,400	0,4145	0,3074	0,1071	0,11	Đèn tối
5	1,600	0,4066	0,3074	0,0992	0,10	Đèn tối

Nhận xét: Kết quả bảng 1 cho thấy khi tăng dần nồng độ NH_3 thì quá trình tạo phức $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ tăng lên nên E_p giảm dần. Khi $E_t = 0,3074 \text{ V} = \text{const}$ thì E_{pin} thay đổi tỷ lệ thuận với E_p nên E_{pin} giảm dần khi nồng độ NH_3 tăng.

+ Khi nồng độ NH_3 là 1 M thì $E_p = 0,472 \text{ V}$. Sức điện động của pin tính được về mặt lí thuyết là $(E_{\text{pin}})_{\text{lt}} = E_p - E_t = 0,4720 - 0,3074 = 0,1646 \text{ V}$ và sức điện động đo được trên thực tế là $(E_{\text{pin}})_{\text{tt}} = 0,16 \text{ V}$. Hiện tượng: đèn chuyển từ sáng sang tối.

+ Kết quả thí nghiệm được minh hoạ ở hình 3.2.



Hình 3.2. Mô hình pin minh họa ảnh hưởng của sự tạo phức

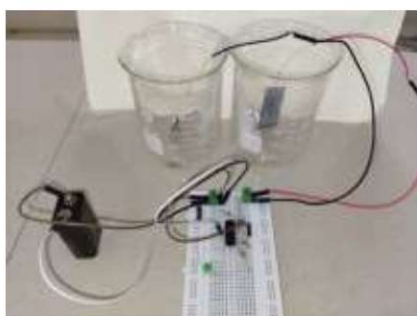
3.2. Kết quả thí nghiệm minh họa ảnh hưởng của quá trình tạo hợp chất ít tan đến sức điện động của pin

+ Trong thí nghiệm 2.2.2b đã thiết lập được mạch pin có sơ đồ như sau:

(-) $\text{Pb} \mid \text{Pb}^{2+} 0,100 \text{ M} \parallel \text{Pb}^{2+} 1,000 \text{ M} \mid \text{Pb}$ (+)

+ Đã tính được sức điện động về mặt lí thuyết là $(E_{\text{pin}})_{\text{lt}} = 0,0592 \text{ V}$. Hiện tượng: đèn tối.

+ Kết quả thí nghiệm được minh hoạ ở hình 3.3.



Hình 3.3. Mô hình pin $Pb | Pb^{2+} 0,100M || Pb^{2+} 1,000M | Pb$

+ Khi thêm từ từ 10,00 mL dung dịch K_2CrO_4 0,050 M vào điện cực Pb thì xảy ra quá trình tạo hợp chất ít tan $Pb^{2+} + CrO_4^{2-} \rightleftharpoons PbCrO_4$ (K_s)⁻¹ = $10^{13,7}$

Thế của điện cực Pb thay đổi phụ thuộc vào nồng độ K_2CrO_4

$$E_t = E_{PbCrO_4/Pb}^0 - \frac{0,0592}{2} \cdot \lg[CrO_4^{2-}]$$

Kết quả tính E_t và E_{pin} khi thêm dung dịch K_2CrO_4 0,050 M được trình bày ở bảng 2

Bảng 2. Sự phụ thuộc của E_t và E_{pin} vào nồng độ dung dịch K_2CrO_4

STT	$V_x(mL)$	$C_x(M)$	$E_t(V)$	$E_p(V)$	$(E_{pin})_{lt} V$	$(E_{pin})_{tt} V$	Hiện tượng
1	0,00	0	-0,1852	-0,1260	0,0592	0,0592	Đèn tối
2	5,00	0,0100	-0,4516	-0,1260	0,3256	0,3255	Đèn sáng
3	6,00	0,0115	-0,4600	-0,1260	0,3340	0,3339	Đèn sáng
4	7,00	0,0130	-0,4647	-0,1260	0,3387	0,3386	Đèn sáng
5	8,00	0,0143	-0,4680	-0,1260	0,3420	0,3416	Đèn sáng
6	9,00	0,0155	-0,4704	-0,1260	0,3444	0,3442	Đèn sáng
7	10,00	0,0167	-0,4723	-0,1260	0,3463	0,3461	Đèn sáng

Nhận xét: Kết quả bảng 2 cho thấy khi tăng dần thể tích $V_{K_2CrO_4}$ thì nồng độ K_2CrO_4 tăng, thì quá trình tạo phức $Ag(NH_3)_2^+$ tăng lên nên E_p giảm dần. Khi $E_p = -0,1260 V = const$ thì E_{pin} thay đổi tỷ lệ nghịch với E_t nên khi $V_{K_2CrO_4}$ tăng dần thì E_{pin} tăng dần.

- Với $V_{K_2CrO_4} \geq 5,00 mL$ thì đèn sáng và độ sáng tăng dần. Do đó trong thí nghiệm minh họa tôi lựa chọn $V_{K_2CrO_4} = 10 mL$. Sức điện động về mặt lý thuyết là $(E_{pin})_{lt} = 0,3463V$. Hiện tượng: đèn sáng.

+ Kết quả thí nghiệm được minh họa ở hình 3.4.



Hình 3.4. Mô hình pin minh họa ảnh hưởng của sự tạo thành hợp chất ít tan

3.3. Kết quả thí nghiệm minh họa ảnh hưởng của pH đến sức điện động của pin

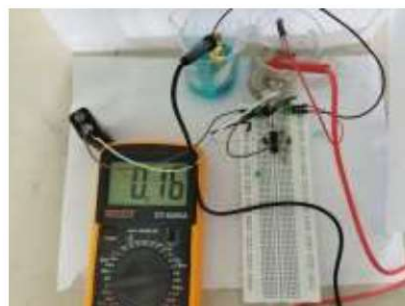
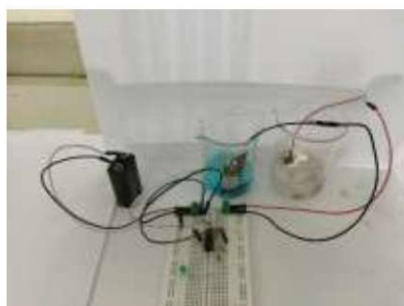
+ Trong thí nghiệm 2.2.2c đã thiết lập được mạch pin có sơ đồ như sau:

$\text{Cu} \mid \text{Cu}^{2+} 0,100 \text{ M} \parallel \text{NH}_3 0,039 \text{ M}, \text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+ 0,080 \text{ M} \mid \text{Ag}$

+ Đã tính được sức điện động về mặt lí thuyết là $(E_{\text{pin}})_{\text{lt}} = 0,1646 \text{ V}$ và

sức điện động đo được trên thực tế là $(E_{\text{pin}})_{\text{tt}} = 0,16 \text{ V}$. Hiện tượng: đèn tối.

+ Kết quả thí nghiệm được minh hoạ ở hình 3.5.



Hình 3.5. Mô hình pin $\text{Cu} \mid \text{Cu}^{2+} \text{ M} \parallel \text{NH}_3, \text{Ag}(\text{NH}_3)_2 \mid \text{Ag}$

+ Khi thêm từ từ $V \text{ mL}$ dung dịch $\text{NaOH} 1,000 \text{ M}$ vào điện cực đồng thì xảy ra phản ứng: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{OH})_2$ $(K_S)^{-1} = 10^{19,8}$

Phản ứng điện cực: $\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2e \rightleftharpoons \text{Cu} + 2\text{OH}^-$

Thế của điện cực đồng thay đổi phụ thuộc vào nồng độ OH^- (phụ thuộc pH dung dịch).

$$E_t = E_{\text{Cu}(\text{OH})_2/\text{Cu}}^0 - 0,0592 \cdot \lg. [\text{OH}^-] \\ = - 0,2491 - 0,0592 \cdot \lg \frac{V-3}{15+V}$$

Kết quả tính E_p và E_{pin} khi thêm dung dịch $\text{NaOH} 1,000 \text{ M}$ được trình bày ở bảng 3.

Bảng 3. Sự phụ thuộc của E_t và E_{pin} vào thể tích dung dịch $\text{NaOH} 1,000 \text{ M}$

STT	V(mL)	E_t (V)	E_p (V)	$(E_{\text{pin}})_{\text{tt}}$ (V)	$(E_{\text{pin}})_{\text{tt}}$ (V)	Hiện tượng
1	0,00	0,3074	0,4720	0,1646	0,16	Đèn tối
2	4,00	- 0,1734	0,4720	0,6454	0,60	Đèn sáng
3	5,00	- 0,1899	0,4720	0,6619	0,61	Đèn sáng
4	6,00	- 0,1991	0,4720	0,6711	0,62	Đèn sáng
5	7,00	- 0,2053	0,4720	0,6773	0,63	Đèn sáng rõ

Nhận xét: Kết quả bảng 3 cho thấy khi tăng dần dung dịch $\text{NaOH} 1,000 \text{ M}$ E_t giảm dần. Khi $E_p = 0,4720 \text{ V} = \text{const}$ thì E_{pin} thay đổi tỷ lệ thuận với E_t nên E_{pin} tăng dần.

+ Khi $V_{\text{NaOH}} = 7,00 \text{ mL}$ thì đèn sáng rõ. Sức điện động của pin tính được

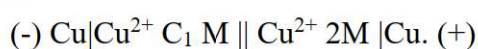
về mặt lí thuyết là $(E_{\text{pin}})_{\text{lt}} = E_p - E_t = 0,4720 - (- 0,2053) = 0,6773 \text{ V}$ và sức điện động đo được trên thực tế là $(E_{\text{pin}})_{\text{tt}} = 0,63 \text{ V}$. Hiện tượng: đèn chuyển từ sáng sang tối.

+ Kết quả thí nghiệm được minh hoạ ở hình 3.6.



Hình 3.6. Mô hình pin minh họa ảnh hưởng của pH

3.4. Kết quả thí nghiệm minh họa ảnh hưởng của nồng độ đến sức điện động của pin



Phản ứng điện cực: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Cu}$

$$\text{Thế điện cực } E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 + \frac{0,0592}{2} \lg [\text{Cu}^{2+}] = 0,337 + \frac{0,0592}{2} \lg [\text{Cu}^{2+}]$$

Sức điện động của pin là do sự chênh lệch về nồng độ của Cu^{2+}

$$E_{\text{pin}} = E_p - E_t = \frac{0,0592}{2} \lg C_2 / C_1.$$

Kết quả tính E_{pin} khi thay đổi các nồng độ khác nhau vào điện cực trái được trình bày ở bảng 4.

Bảng 4. Sự phụ thuộc của E_t và E_{pin} vào nồng độ dung dịch CuSO_4

STT	$C_x(\text{M})$	$E_p(\text{V})$	$E_t(\text{V})$	$(E_{\text{pin}})_{\text{lt}}(\text{V})$	$(E_{\text{pin}})_{\text{tt}}(\text{V})$
1	0,010	0,346	0,278	0,068	0,07
2	0,030	0,346	0,292	0,054	0,06
3	0,050	0,346	0,298	0,048	0,05
4	0,070	0,346	0,303	0,043	0,04

Nhận xét: Kết quả bảng 4 cho thấy khi cố định nồng độ Cu^{2+} ở điện cực bên phải (cathode) thì E_{pin} thay đổi phụ thuộc vào nồng độ nồng độ Cu^{2+} ở điện cực bên trái.

4. Kết luận

Nghiên cứu này đã thiết kế và thực hiện các thí nghiệm nhằm minh họa sự ảnh hưởng của các quá trình hóa học đến sức điện động của pin. Kết quả cho thấy sự thay đổi nồng độ ion, pH, cũng như các

phản ứng tạo phức và tạo hợp chất ít tan đều tác động rõ rệt đến sức điện động, giúp người học dễ dàng quan sát và hiểu sâu hơn về nguyên lý hoạt động của pin điện hóa. Các thí nghiệm được thiết kế đơn giản, dễ thực hiện nhưng vẫn đảm bảo tính khoa học, phù hợp để áp dụng cho sinh viên trong học tập và nghiên cứu. Ngoài việc củng cố lý thuyết, những thí nghiệm này còn giúp phát triển tư duy thực nghiệm

cho người học, từ đó nâng cao chất lượng dạy và học hóa học điện hóa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Tinh Dung (2021), *Hoá học phân tích: Cân bằng ion trong dung dịch*, NXB Giáo dục.

2. Nguyễn Tinh Dung (2005), *Hoá học phân tích: Các phản ứng ion trong dung dịch nước*, NXB Giáo dục.

3. Nguyễn Tinh Dung, Đào Thi Phương Diệp (2021), *Hoá học phân tích, Câu hỏi và các bài tập cân bằng ion trong dung dịch*, NXB Đại học Sư phạm.

4. Trần Hiệp Hải (2002), *Phản ứng điện hoá và ứng dụng*, NXB Giáo dục.

5. Dương Quang Phùng (2005), *Một số phương pháp phân tích điện hoá*, NXB Giáo dục.