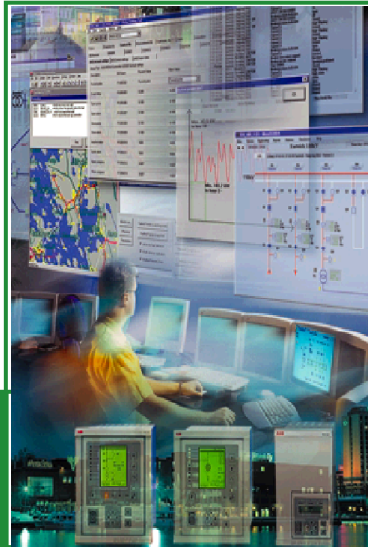


TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

VIỆN ĐIỆN



CẢM BIẾN VÀ XỬ LÝ TÍN HIỆU

Nguyễn Thị Huế

BM: Kỹ thuật đo và Tin học công nghiệp

Nội dung môn học

- ❖ Chương 1: Tổng quan về cảm biến và Các mạch xử lý trong đo lường
- ❖ Chương 2: Chuyển đổi nhiệt điện
- ❖ Chương 3: Chuyển đổi điện trở
- ❖ Chương 4: Cảm biến tĩnh điện(áp điện, điện dung)
- ❖ Chương 5: Chuyển đổi điện từ
- ❖ Chương 6: Chuyển đổi tĩnh điện Chuyển đổi điện tử và ion
- ❖ **Chương 7: Chuyển đổi hóa điện**
- ❖ Chương 8: Chuyển đổi khác

Tài liệu tham khảo

➤ Sách:

- ❖ Kỹ thuật đo lường các đại lượng điện tập 1,2- Phạm Thượng Hàn, Nguyễn Trọng Quế....
- ❖ Đo lường điện và các bộ cảm biến: Ng.V.Hoà và Hoàng Sĩ Hồng

➤ Bài giảng và website:

- ❖ Bài giảng kỹ thuật đo lường và cảm biến-Hoàng Sĩ Hồng.
- ❖ Bài giảng Cảm biến và kỹ thuật đo: P.T.N.Yến, Ng.T.L.Huong, Lê Q. Huy
- ❖ Bài giảng MEMs ITIMS - BKHN

➤ Website: [sciencedirect.com/sensors](https://www.sciencedirect.com/sensors) and actuators A and B

Chuyển đổi hóa điện.

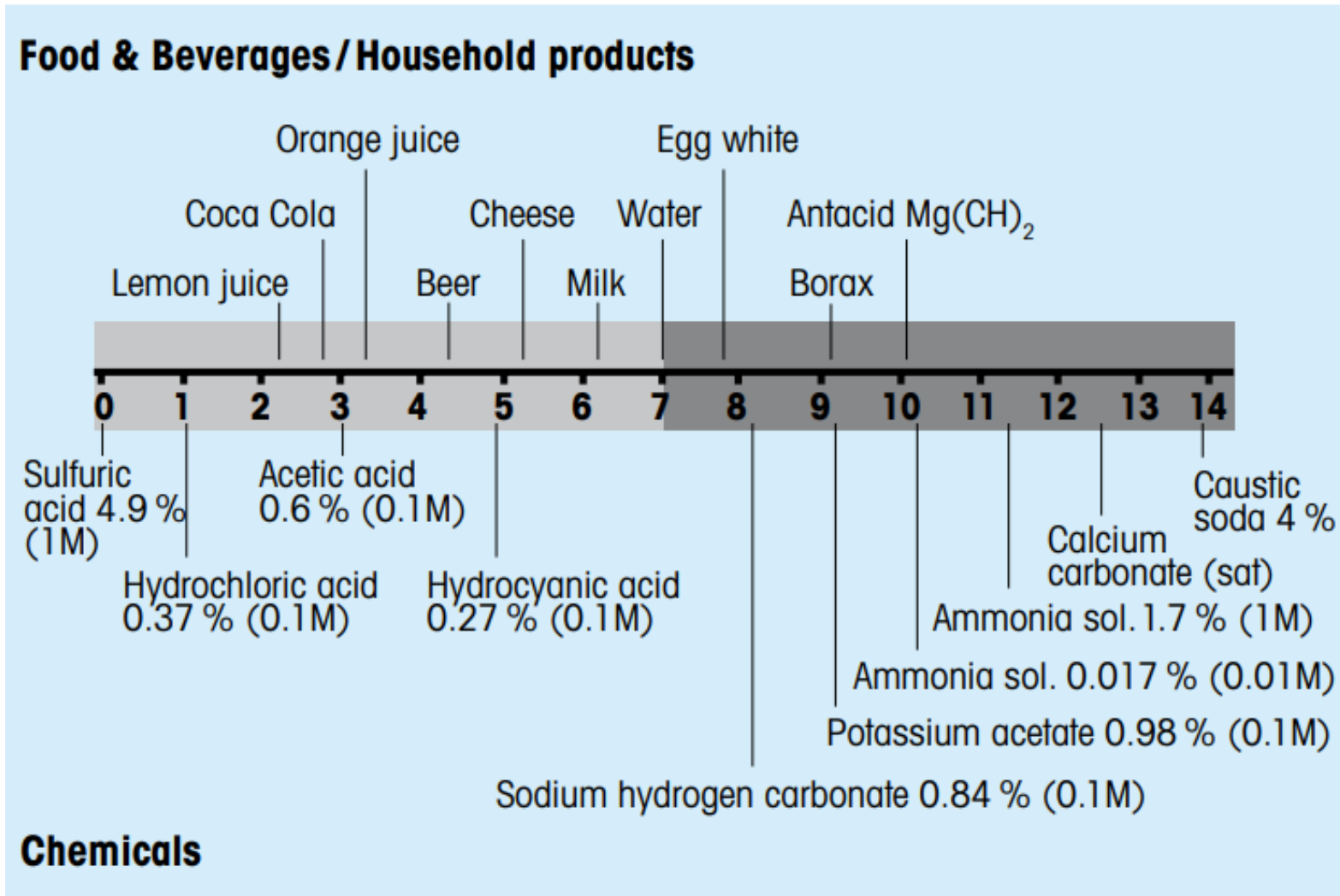
- Chuyển đổi hóa điện là những chuyển đổi dựa trên các hiện tượng hóa điện xảy ra khi cho dòng điện đi qua bình điện phân hoặc do quá trình ôxi hóa khử các điện cực.
- Các hiện tượng này phụ thuộc vào tính chất của các điện cực, bản chất và nồng độ của các dung dịch.
- Chuyển đổi hóa điện thường là một bình điện phân chứa một dung dịch nào đó, có hai hay nhiều cực để nối với mạch đo lường.
- Để hiểu nguyên lý làm việc của các chuyển đổi hóa điện ta cần nghiên cứu các hiện tượng điện hóa cơ bản gồm:
 - ❖ Hiện tượng phân li,
 - ❖ Điện thế cực,
 - ❖ Hiện tượng điện phân
 - ❖ Sự phân cực.

Cảm biến điện thế cực (pH)

- Hiện tượng điện thế cực: khi nhúng một kim loại vào dung dịch thì giữa điện cực và dung dịch sẽ xuất hiện một hiệu điện thế.
- Khi nồng độ dung dịch nhỏ các ion kim loại đi vào dung dịch và kim loại có điện thế âm hơn dung dịch.
- Khi nồng độ dung dịch cao thì ngược lại

Cảm biến điện thế cực (pH)

■ pH của một số thực phẩm và hóa chất



Cảm biến điện thế cực (pH)

- Một điện cực nhúng vào một dung dịch điện phân, sẽ xuất hiện ở điện cực ấy một sức điện động theo luật Nernst.

$$E = -\frac{RT}{nF} \ln[C]$$

- Trong đó

- ❖ E: sức điện động Galvanic.
- ❖ R: hằng số Boltzman, $R = 8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$.
- ❖ T: nhiệt độ Kelvin, $T (^{\circ}\text{K}) = 273 + t(^{\circ}\text{C})$; thông thường $t = 25^{\circ}\text{C}$
- ❖ n: hoá trị của ion H.
- ❖ F: hằng số Faraday, $F = 96\,485.339\,9(24) \text{ C/mol}$.
- ❖ C: nồng độ ion có trong dung dịch.

Cảm biến điện thế cực (pH)

- Đối với tế bào, C có thể là $[Na^+]$, $[K^+]$.
- Đối với dung dịch axit hoặc bazơ, C là $[H^+]$.

$$E_{pH} = -\frac{RT}{F} \ln[H^+]$$

- Chuyển sang loga thập phân ta có: ; ($1/\lg e = 2.303$)

$$E_{pH} = -\frac{2,303RT}{F} \lg[H^+]$$

Hay: $E_{pH} = \frac{2,303RT}{F} pH$; $pH = -\lg [H^+]$.

- Như vậy E_{pH} phụ thuộc vào nồng độ của ion H^+ và nhiệt độ T.

Cảm biến điện thế cực (pH)

- Như vậy E_{pH} phụ thuộc vào nồng độ của ion H^+ và nhiệt độ T .
- Bảng sau là quan hệ giữa độ pH, điện thế điện cực và nồng độ chất hoà tan (ở $T = 298^{\circ}K$,).

Tên chất	Nồng độ phân tử gam (mol/l)	Điện thế điện cực (V)	pH
Axit benzoic	0.1	0.165	2.8
Axit citric	0.01	0.313	5.3
Axit citric	0.1	0.124	2.1
Axit hydrochloric	0.1	0.065	1.1
Ammonia	0.05	0.668	11.3
Ammonium alum	0.1	0.272	4.6

Cảm biến điện thế cực (pH)

- Bảng quan hệ giữa độ pH, điện thế điện cực và nồng độ chất hoà tan (ở $T = 298^{\circ}\text{K}$,).

Tên chất	Nồng độ phân tử gam (mol/l)	Điện thế điện cực (V)	pH
Ammonium chloride	0.1	0.272	4.6
Ammonium sulphate	Bão hoà	0.325	5.5
Calcium hydroxide	0.1	0.733	12.4
Kali acetate	0.1	0.573	9.7
Kali carbonate	0.1	0.485	8.2
Kali dihydrogen citrate	0.1	0.680	11.5
Natri acetate	0.1	0.526	8.9
Natri carbonate	0.1	0.680	11.5
NaOH	0.1	0.762	12.9
Natri Phosphare	0.1	0.266	4.5

Cảm biến điện thế cực (pH)

Ta có các khái niệm về độ pH như sau

- pH là đại lượng không thứ nguyên dùng để chỉ hoạt độ của ion H^+ trong dung dịch được tính bằng công thức sau:

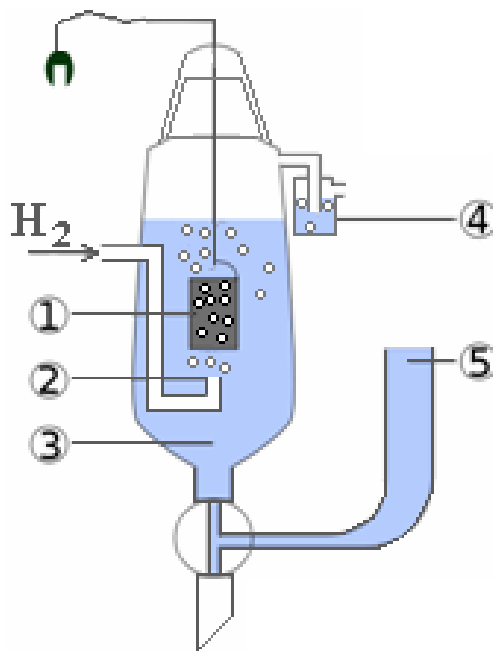
$$pH = -\log_{10}[H^+]$$

Trong đó $[H^+]$ là hoạt độ của ion H^+ , hay nồng độ mol/lit của ion H^+ trong dung dịch.

- Độ pH nói lên tính axit hay bazơ của dung dịch. pH nhỏ hơn 7 là dung dịch axit, pH lớn hơn 7 là dung dịch bazơ, pH bằng 7 là dung dịch trung tính.
- Phần lớn các chất có pH nằm trong khoảng từ 0 đến 14, mặc dù các chất cực axit hay cực kiềm có thể có $pH < 0$ hay $pH > 14$.

Cảm biến điện thế cực (pH)– Điện cực Hydro

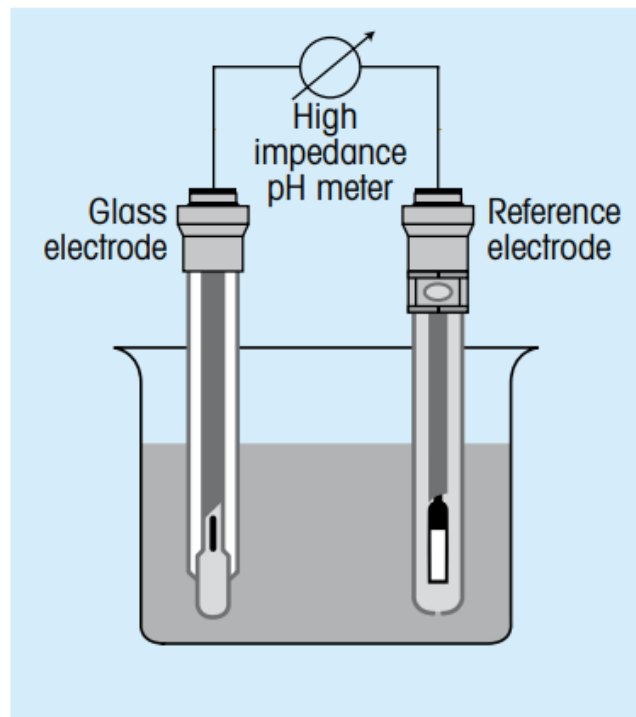
- Công thức Nernst chỉ thật đúng với điện cực H. Điện cực H là một điện cực Pt xốp xung quanh có các phân tử H hấp phụ
- Điện cực H được thực hiện bằng cách cho sục khí H vào dung dịch đo ở phía dưới điện cực Pt xốp ấy.



1. Điện cực được mạ bạch kim
2. Khí hydro
3. Dung dịch axit với hoạt tính $H^+=1 \text{ mol/l}$
4. Cách ly khí hydro ngăn cản sự xâm nhập của khí O_2
5. Cầu điện phân

Cảm biến điện thế cực (pH)– Điện cực thủy tinh

- Trong công nghiệp người ta sử dụng điện cực thủy tinh.
- Phần tử đo độ pH thường được sử dụng gồm 2 điện cực là điện cực thủy tinh và điện cực calomel nhúng trong dung dịch cần đo

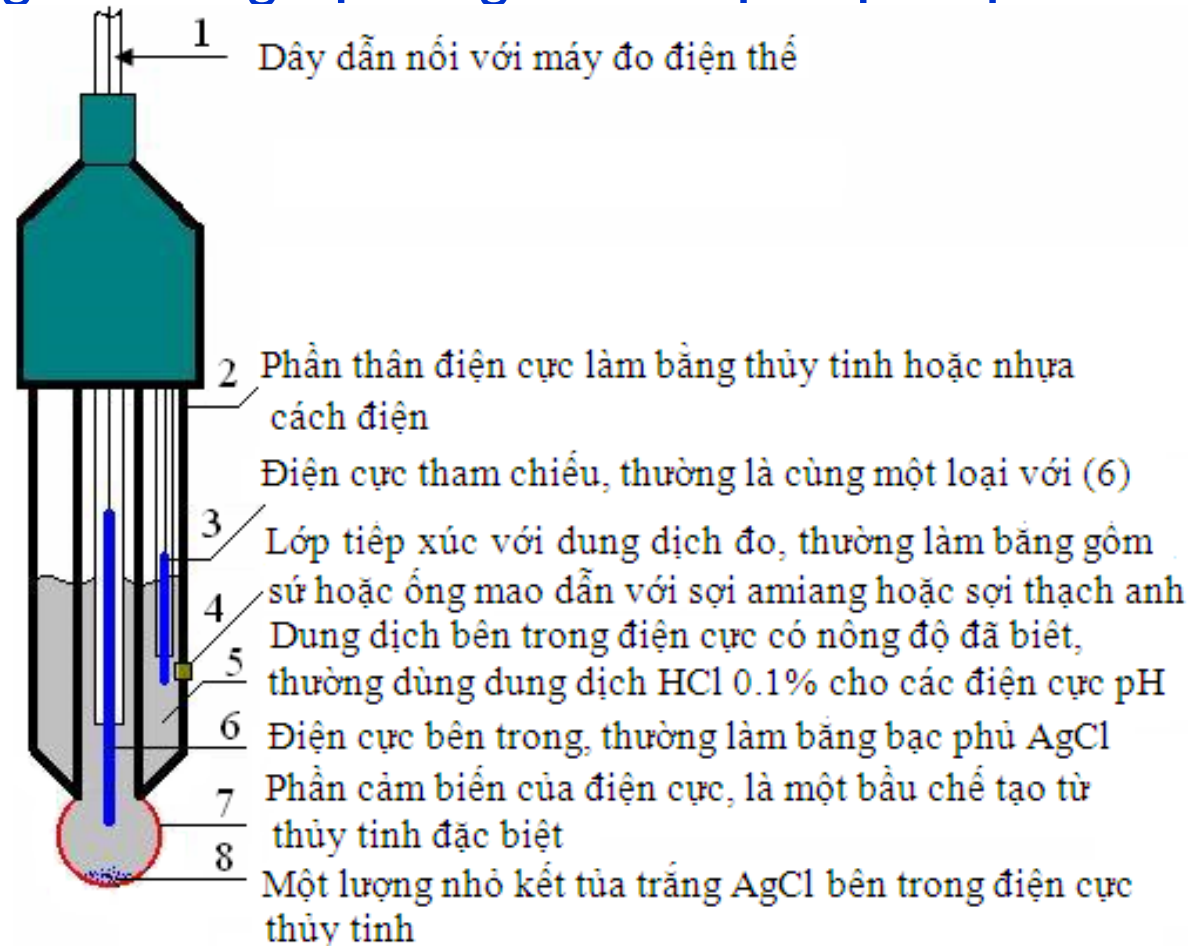


The measurement assembly of pH and reference electrode.

Cảm biến điện thế cực (pH)– Điện cực thủy tinh

- Điện cực thủy tinh gồm 1 bầu thủy tinh có thành rất mỏng (0,02mm) trong có dung dịch AgCl và điện cực bạc.

Cấu tạo
của điện
cực thủy
tinh



Cảm biến điện thế cực (pH) – Điện cực thủy tinh

- Điện cực thủy tinh có tính chất giống như điện cực H có hệ số $e = 0,058\text{V/pH}$ ở nhiệt độ 18°C , hệ số nhiệt độ $\alpha_1 = 0,0035/^{\circ}\text{C}$
- Điện cực thủy tinh tuy mỏng mảnh nhưng hoạt động tốt, ổn định; nhược điểm lớn nhất là điện trở của điện cực rất lớn ($10^8 - 10^9\Omega$). Vì vậy đòi hỏi thiết bị đo phải có điện trở vào $R_v > 10^{11} - 10^{12}\Omega$.

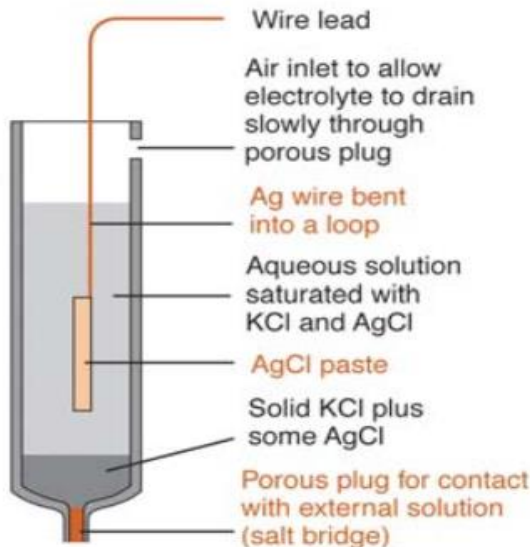
Cảm biến điện thế cực (pH) – Điện cực nền

- Điện cực thứ 2 của đầu đo pH là một điện cực nền. Điện cực nền là một điện cực mà điện áp ở điện cực so với dung dịch không phụ thuộc vào nồng độ ion H^+ có trong dung dịch.

Điện cực so sánh (Reference Electrode)

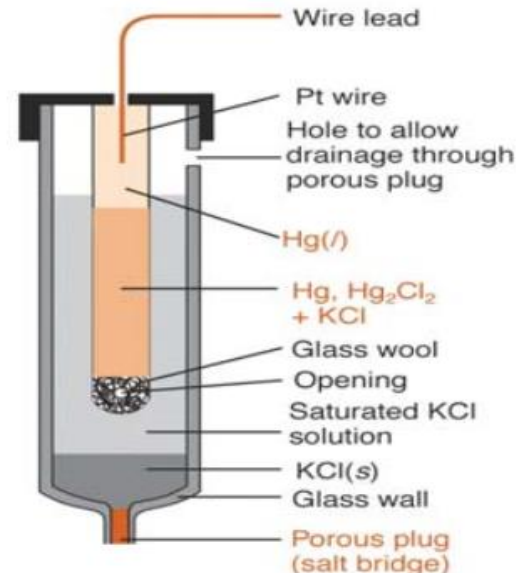
❖ Điện cực bạc (Ag/AgCl)

- bão hòa bằng dd KCl
- $AgCl(s) + e^- \leftrightarrow Ag(s) + Cl^-$
- $E = +0.197 V$



❖ Điện cực calomel (SCE)

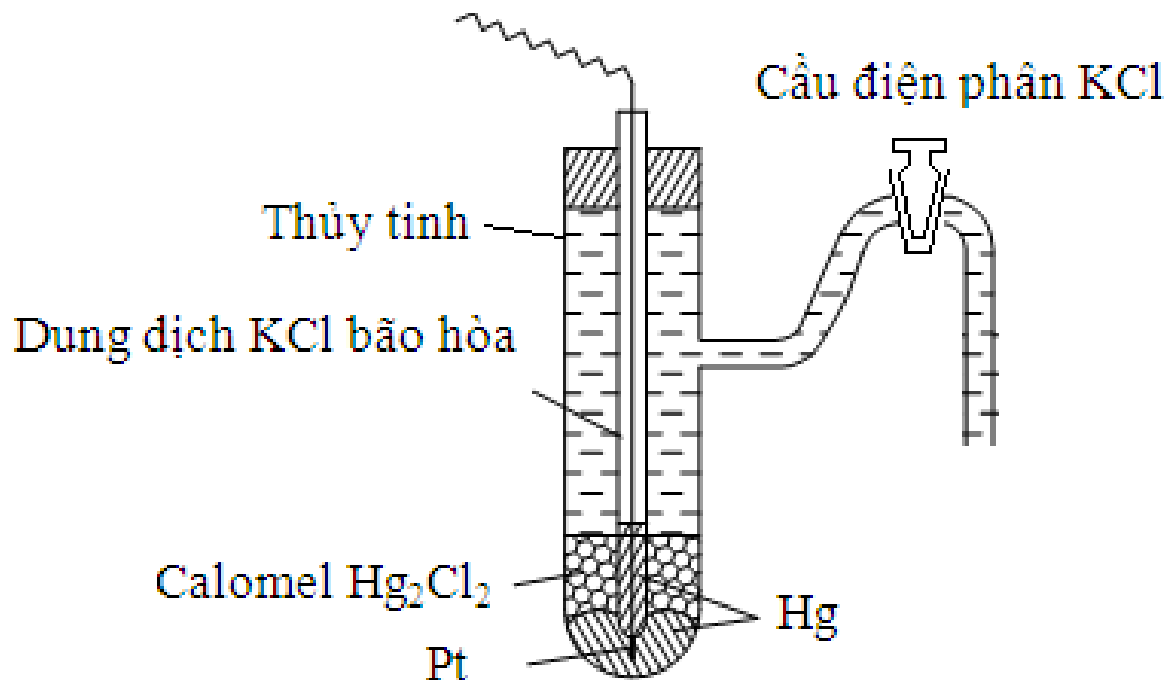
- bão hòa bằng dd KCl
- $\frac{1}{2}Hg_2Cl_2 + e^- \leftrightarrow Hg + Cl^-$
- $E = +0.241 V$



Cảm biến điện thế cực (pH) – Điện cực nền

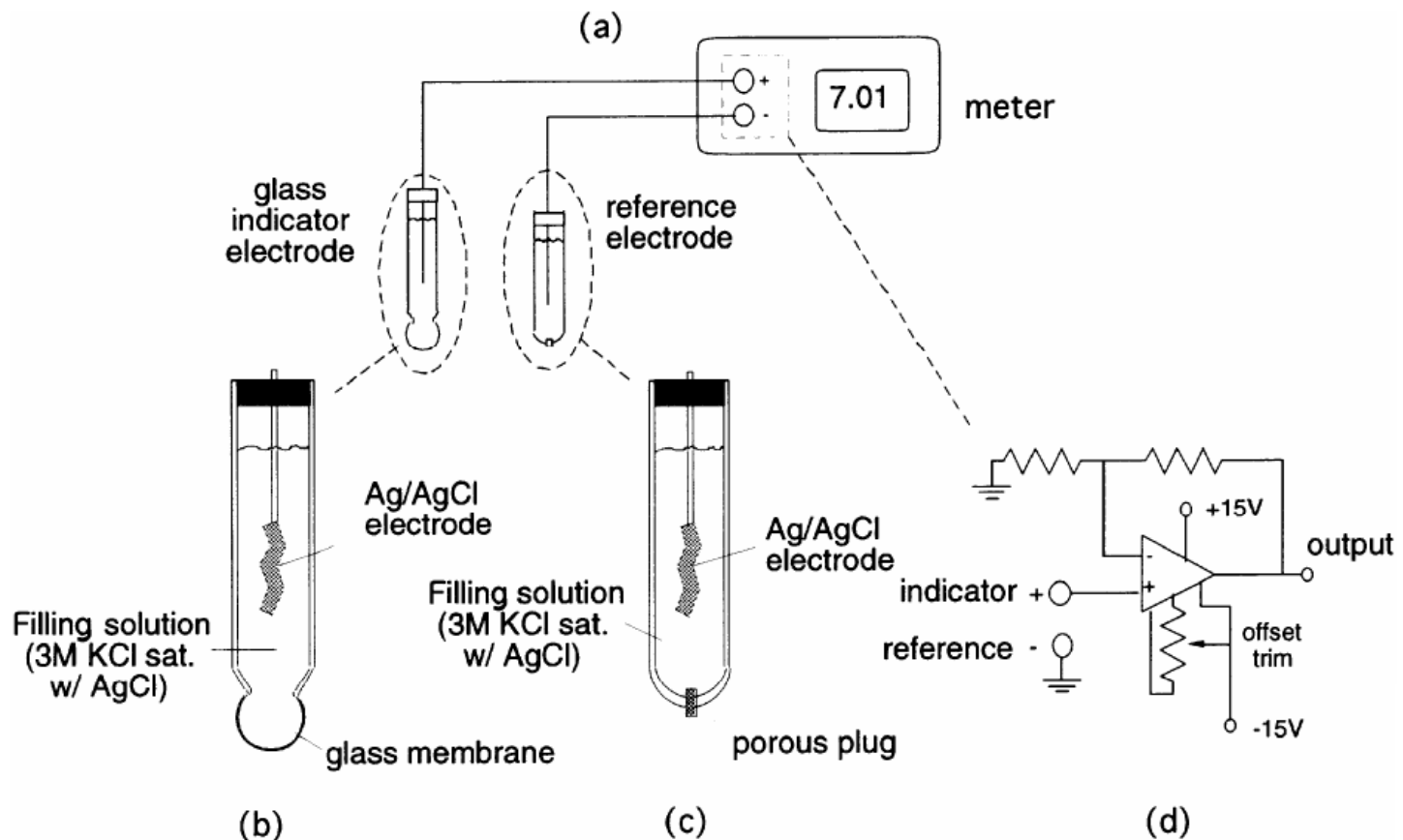
Cấu tạo điện cực đo và điện cực chuẩn từ Calomel (Hg_2Cl_2)

- Điện cực calomet được chế tạo như sau:
- Dưới cùng là thủy ngân (Hg), trên là một lớp tinh thể Hg_2Cl_2 , sau đó là dung dịch KCl bão hòa.
- Điện cực calomet được nối với dung dịch đo thông qua một cầu điện phân KCl .



Cảm biến điện thế cực (pH)

- Để đảm bảo điện trở vào rất lớn, ta thường dùng một khuếch đại đo lường



Cảm biến điện thế cực (pH)

- Các điện cực thương phẩm được chế tạo phối hợp tức điện cực đo (điện cực thuỷ tinh) và điện cực nền (calomel) được chế tạo trong một đầu đo. Để đảm bảo tính chống nhiễu cao, dây dẫn được bọc kim với các đầu cắm đặc biệt.
- Điện cực nền Ag/AgCl/Cl được nhúng hoàn toàn trong một Gel - polymer – electrolyte thể rắn.
- Khi tính chất dung dịch đo thay đổi, nồng độ của Gel – electrolyte biến đổi rất chậm nên đặc tính điện hoá của đầu đo không thay đổi theo thời gian.

Cảm biến điện thế cực (pH)

- Ảnh hưởng của nhiệt độ
- Giá trị pH chính xác nhất nhận được khi nhiệt độ của dung dịch hiệu chuẩn và dung dịch đo được giống hệt nhau.

- Trong đó E0 cũng phụ thuộc vào nhiệt độ và ta có thể viết lại công thức như sau:

T [0C]	Saturated K [V]	T [0C]	Saturated K [V]
0	0.2598	50	0.2268
5	0.2569	55	0.2230
10	0.2542	60	0.2191
15	0.2510	65	0.2151
20	0.2478	70	0.2110
25	0.2444	75	0.2069
30	0.2411	80	0.2026
35	0.2376	85	0.1982
40	0.2341	90	0.1938
45	0.2304	95	0.1892
		100	0.1846

Transmitter pH

■ Hệ thống đo pH gồm

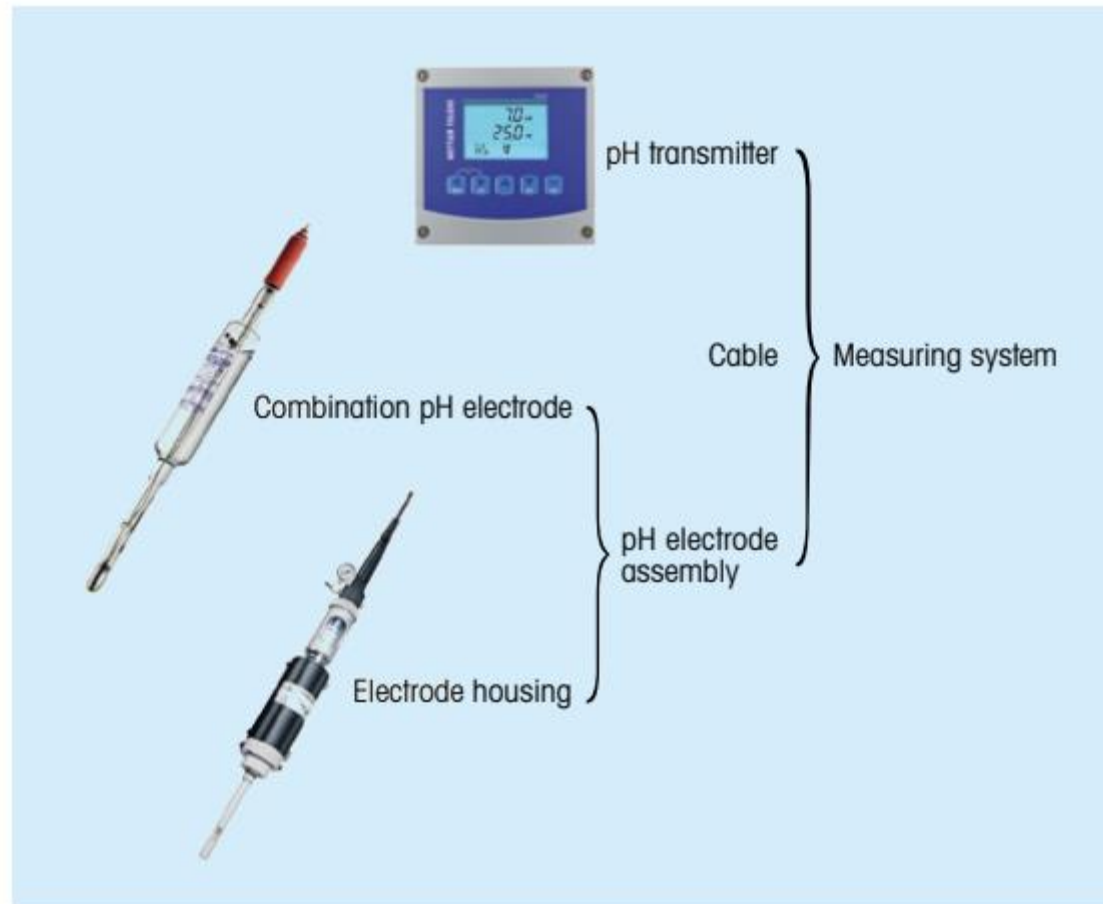


Figure 12 pH measurement system.

Transmitter pH

Sơ đồ khối của transmitter pH

- Sức điện động galvanic (điện áp điện cực) còn phụ thuộc vào nhiệt độ của dung dịch theo quan hệ sau:

$$E_{pH} = e(pH - pH_i)[1 + \alpha_t(t - t_0)]$$

Với $e = 58,1 \text{ mV}$

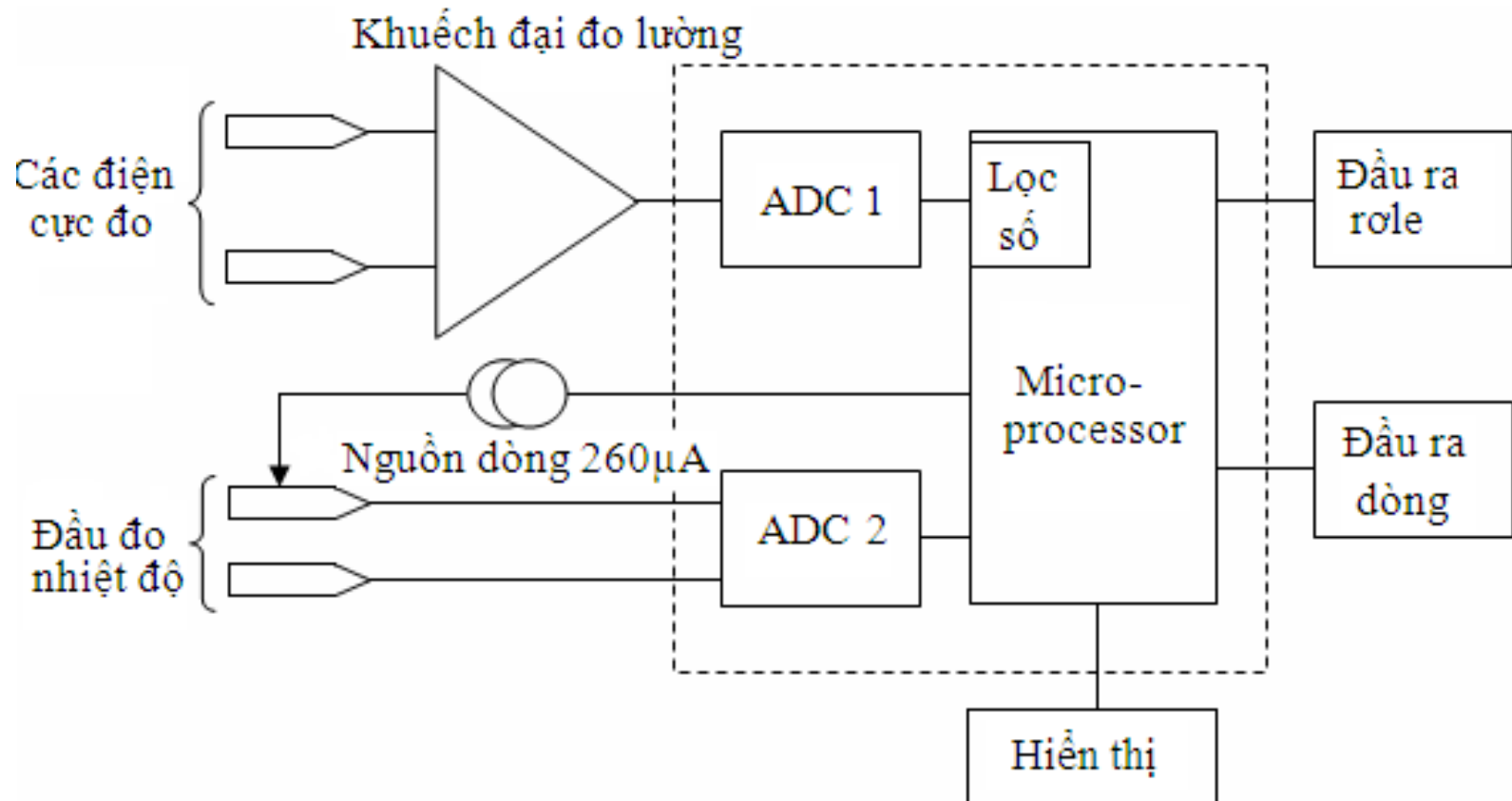
- Nếu pH_i ở ngay trên trục tọa độ ($pH_i = 0, t_0 = 0^\circ\text{C}$) ta có:

$$E_{pH} = e.pH_0 [1 + \alpha_t (t - t_0)]; \alpha_t = 0.0035/^\circ\text{C}$$

- Trong thiết bị đo, ta phải bố trí tự động bù nhiệt độ của dung dịch. Vì thế, trong các điện cực pH người ta bố trí thêm một nhiệt điện trở Pt – 1000 (1000Ω) để đo nhiệt độ dung dịch và tự động bù.

Transmitter pH

- Sơ đồ transmitter pH được bố trí như hình vẽ sau (thiết kế được chế tạo bởi liên hiệp khoa học SEEN – VN, dùng với đầu đo PH20 của Yokogawa).



- Sự bù nhiệt độ của tranmister sẽ khắc phục hiệu ứng này. Một điện cực sẽ có trạng thái nhiệt độ lý tưởng nếu các đường chuẩn của nó (đường đẳng nhiệt) cắt nhau tại điểm không của điện cực ($\text{pH } 7 = 0 \text{ mV}$) ở các nhiệt độ khác nhau (xem hình bên dưới).

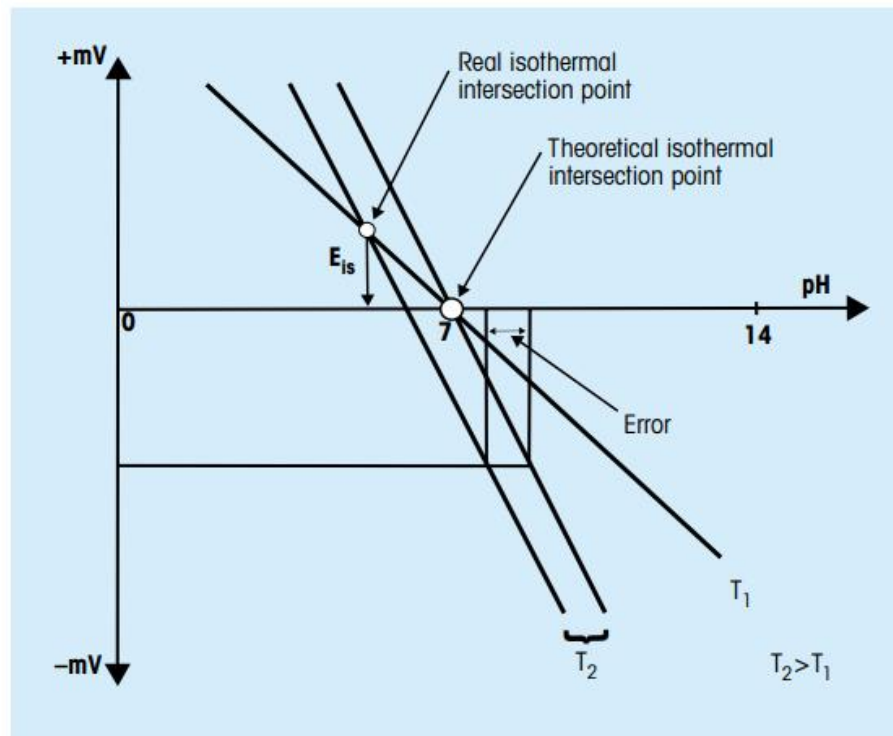


Figure 18 Calibration line and isothermal intersection points.

Đo điện dẫn suất (Conductormeter)

Điện dẫn suất của dung dịch điện phân

- Điện dẫn suất của dung dịch điện phân phụ thuộc vào nồng độ của dung dịch ấy.

$$\gamma = \lambda f(c)$$

γ được gọi là suất điện dẫn riêng của dung dịch.

- Ta thấy quan hệ giữa điện dẫn suất của dung dịch và nồng độ chất hòa tan là tương đối tuyến tính ở vùng nồng độ thấp, còn ở nồng độ cao nó không còn tuyến tính nữa.

