

pH là một trong những phép đo được sử dụng rộng rãi nhất được ứng dụng nhiều trong công nghiệp, nuôi trồng thủy hải sản... pH là một phép đo độ axit và kiềm, hoặc xút ăn da và bazơ tương ứng của một dung dịch. Nó được thể hiện thông thường trên thang đo từ 0-14, trong đó giá trị 7 đại diện cho tính trung lập (trung tính). Giá trị pH càng nhỏ cho thấy tính axit càng lớn, ngược lại pH càng lớn thể hiện tính bazơ càng mạnh. Mỗi đơn vị thay đổi thể hiện một sự thay đổi gấp mười lần tính axit hoặc kiềm tương ứng với logarit âm của nồng độ hydro-ion hoặc hoạt động ion hydro.

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

ACIDS							BASES							
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
+414	+355	+296	+237	+177	+118	+59	00	-59	-118	-177	-237	-296	-355	-414

### 1.1. Nồng độ ion hydro trong mol / Lít ở 25 ° C

pH	H <sup>+</sup> conc.	OH <sup>-</sup> conc.
0	1.0	0.0000000000000001
1	0.1	0.000000000000001
2	0.01	0.00000000000001
3	0.001	0.0000000000001
4	0.0001	0.000000000001
5	0.00001	0.000000001
6	0.000001	0.00000001
7	0.0000001	0.0000001
8	0.00000001	0.0000001
9	0.000000001	0.00001
10	0.0000000001	0.0001
11	0.00000000001	0.001
12	0.000000000001	0.01
13	0.0000000000001	0.1
14	0.00000000000001	1.0

## **1.2. Tại sao pH là một thước đo quan trọng?**

Nó xác định chất lượng sản phẩm trong:

- Đường tinh chế
- Nhà máy giấy và bột giấy
- Latex đông máu
- Phát triển ảnh

Nó nâng cao hiệu quả sản phẩm của:

- Xử lý khí thải.
- Quá trình lên men.
- Đảm bảo an toàn sản phẩm, thực phẩm.
- Hệ thống phá hủy Chromate và xianua.
- Nước uống và nước thải.
- Thực phẩm có pH thấp để ngăn ngừa ngộ độc botulism.

## **1.3. PH có thể được đo lường như thế nào?**

### **1.3.1. Phương pháp đo màu**

- Bổ sung thuốc thử
- giấy pH

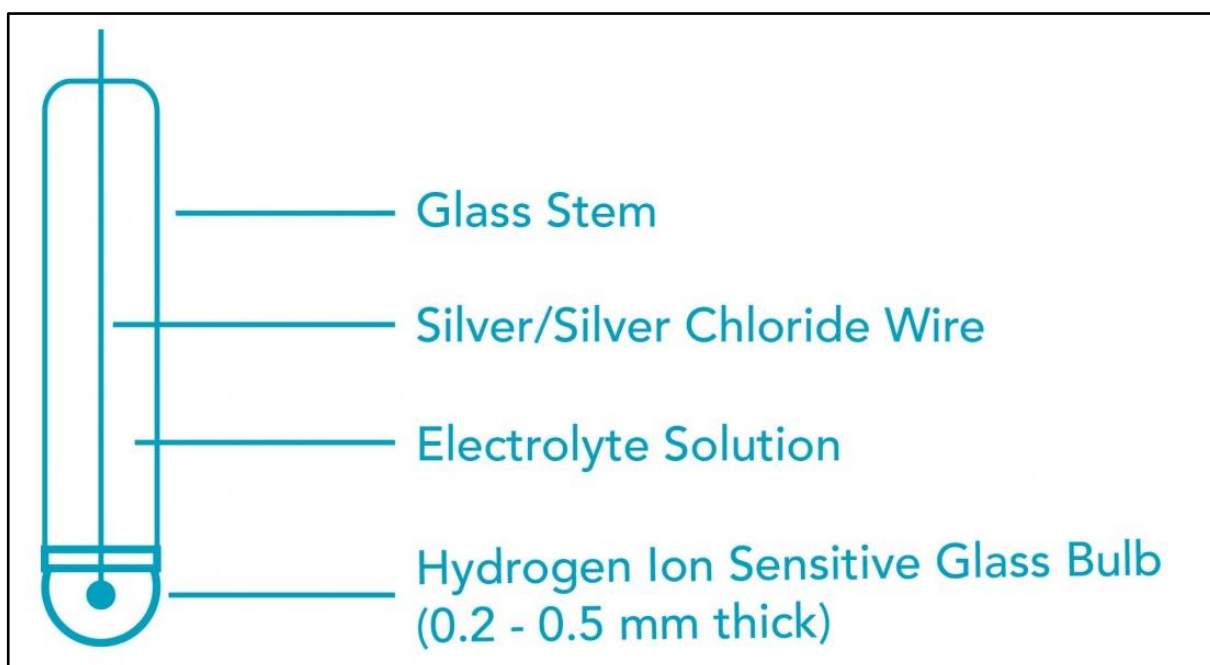
### **1.3.2. Phương pháp điện hóa (điện cực pH)**

### **1.3.3. Hệ thống đo pH bao gồm:**

- Điện cực pH: điện cực có điện áp đầu ra thay đổi khi pH (nồng độ ion hydro) thay đổi.
- Một điện cực tham chiếu: một điện cực có đầu ra điện áp không thay đổi.
- Đồng hồ đo pH: máy đo milivolt với mạch đầu vào trở kháng cao đặc biệt và các mạch để thay đổi các millivolts của điện cực thành các đơn vị đọc pH.
- Ngoài ra, bộ bù nhiệt độ tự động: một thiết bị cảm nhận nhiệt độ để đồng hồ có thể hiệu chỉnh các tác động của thay đổi nhiệt độ.

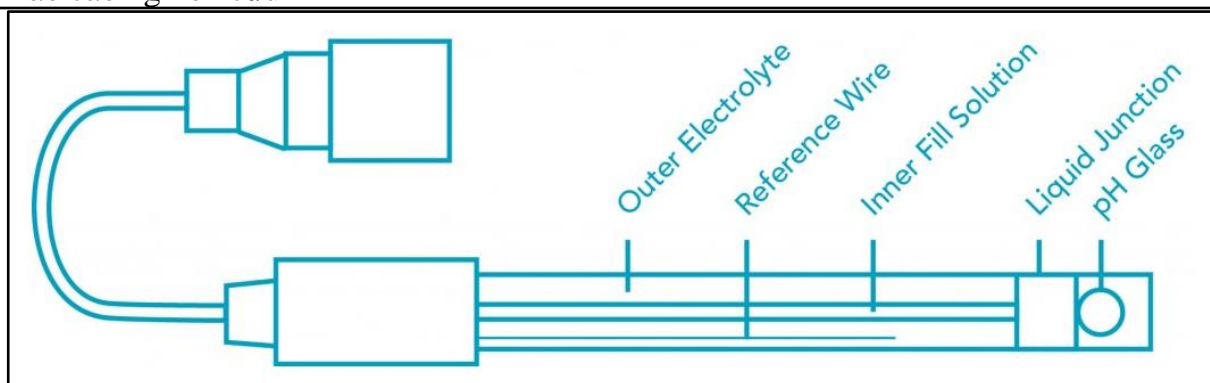
#### 1.4. Điện cực pH hoạt động như thế nào?

- Cảm biến thủy tinh thành phần đặc biệt H<sup>+</sup> và một áp kế được tạo ra (59,2 mV trên mỗi đơn vị pH ở 25 ° C).
- Làm đầy dung dịch nhận tín hiệu từ bầu thủy tinh pH đặc biệt.
- Dây bạc tinh khiết nhúng trong bạc clorua truyền tín hiệu từ dung dịch có pH được đo tới cáp hoặc đầu nối của điện cực.
- Sai số ion natri cho dung dịch > pH 12.3.



#### 1.5. Một điện cực tham chiếu hoạt động như thế nào?

- Một môi nối tham chiếu xấp xỉ phân tách dung dịch làm đầy trong điện cực từ dung dịch cần đo pH.
- Nồng độ ion clorua không đổi của dung dịch làm đầy tạo ra một điện áp tại một dây bạc nguyên chất với bạc clorua trên đó.
- Dây bạc truyền tín hiệu từ dung dịch được đo tới cáp hoặc đầu nối của điện cực.



### 1.6. Tham chiếu giao lộ đơn và đôi

Các hóa chất làm bạc kết tủa tại đường giao nhau tham chiếu sẽ làm nhiễm bẩn và bít các mối nối đơn. Đây có thể là những hợp chất như sulfua, mercaptans, cyanides, Iodides và protein. Các hợp chất khác như bạc, chì, thủy ngân và các hợp chất kim loại nặng khác sẽ phản ứng với clorua trong gel, làm giảm sản lượng tham chiếu. Việc lựa chọn hóa học thích hợp ở đường giao nhau thấp hơn (đôi) sẽ ngăn chặn hoặc ít nhất giảm thiểu tác động tiêu cực của các hợp chất phản ứng này.

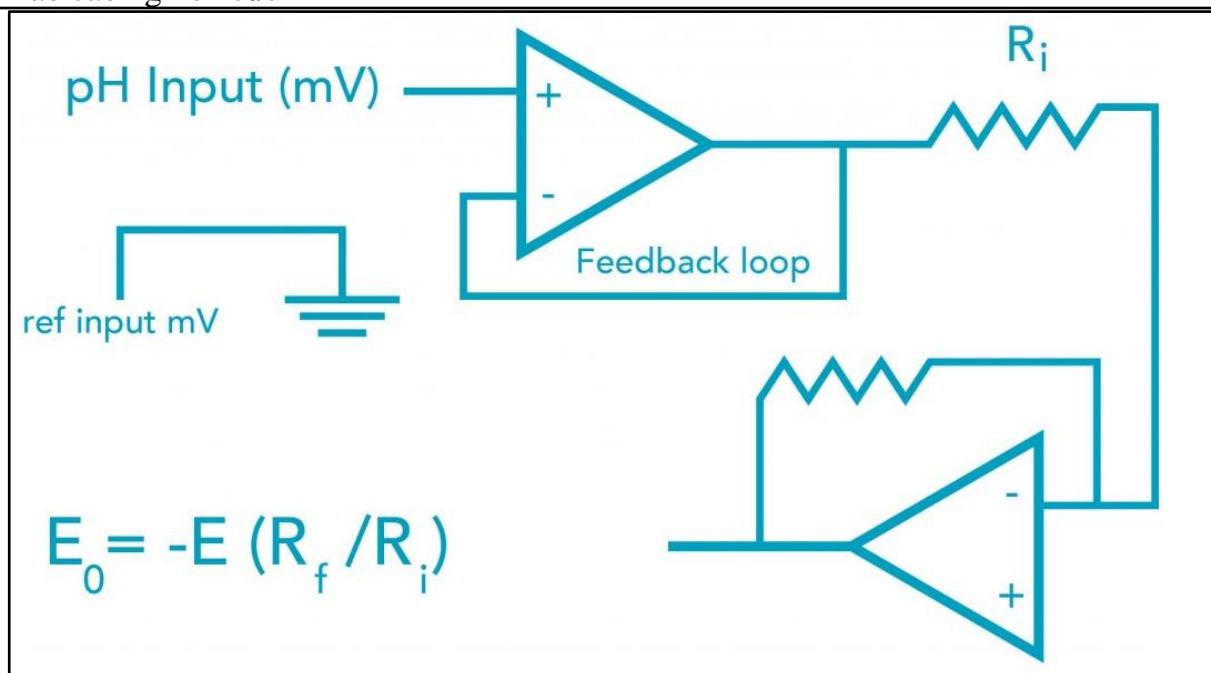
### 1.7. Một điện cực pH kết hợp hoạt động như thế nào?

Một điện cực pH kết hợp bao gồm một điện cực pH và một điện cực tham chiếu được tích hợp vào một thân hoặc một bộ phận. Do đó, một điện cực kết hợp hoạt động giống như các điện cực pH và điện cực tham chiếu hoạt động riêng lẻ kết hợp!

### 1.8. Máy đo pH hoạt động như thế nào?

Một máy đo pH lấy đầu vào từ kính pH (trở kháng cao mV) và đầu vào từ bộ cảm biến tham chiếu và so sánh hai giá trị này để có được kết quả đọc millivolt. Việc đọc trong mV được chuyển thành pH theo hướng dẫn sau:

- 0 mV = pH 7
- 59,2mV trên mỗi đơn vị pH thay đổi
- mV là + cho pH <7 và mV - cho pH > 7



Lưu ý rằng đầu vào pH và tham chiếu đi vào bộ khuếch đại hoạt động (op amp) do sức đề kháng rất cao của kính pH. Đồng hồ cũng sẽ điều chỉnh khoảng không và khoảng bù và có thể thực hiện bù nhiệt độ tự động cho lỗi pH (được thảo luận bên dưới).

### 1.9. Sự cân bằng nhiệt độ

Khi đo pH bằng điện cực pH, lỗi nhiệt độ từ điện cực thay đổi dựa trên phương trình Nernst là 0,03pH / 10C / đơn vị pH từ pH7. Như thể hiện trong bảng dưới đây, lỗi do nhiệt độ là một chức năng của cả nhiệt độ và độ pH được đo. Lưu ý rằng không có lỗi ở pH=7 và 25 ° C. Có thể bù nhiệt độ bằng tay hoặc tự động. Việc bù nhiệt bằng tay thường đạt được bằng cách nhập nhiệt độ của chất lỏng được đo vào menu công cụ và sau đó thiết bị sẽ hiển thị đọc pH "Nhiệt độ được bù". Điều này có nghĩa rằng giá trị pH được điều chỉnh theo giá trị mong đợi ở 25 ° C. Tự động bù nhiệt độ yêu cầu đầu vào từ cảm biến nhiệt độ và liên tục gửi tín hiệu pH được bù tới màn hình. Tự động bù nhiệt độ rất hữu ích cho việc đo pH trong các hệ thống có nhiệt độ thay đổi lớn.

pH vs. Temperature Error Chart											
	pH 2	pH 3	pH 4	pH 5	pH 6	pH 7	pH 8	pH 9	pH 10	pH 11	pH 12
5°	.30	.24	.18	.12	.06	0	.06	.12	.18	.24	.30
15°	.15	.12	.09	.06	.03	0	.03	.06	.09	.12	.15
25°	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35°	.15	.12	.09	.06	.03	0	.03	.06	.09	.12	.15
45°	.30	.24	.18	.12	.06	0	.06	.12	.18	.24	.30
55°	.45	.36	.27	.18	.09	0	.09	.18	.27	.36	.45
65°	.60	.48	.36	.24	.12	0	.12	.24	.36	.48	.60
75°	.75	.60	.45	.30	.15	0	.15	.30	.45	.60	.75
85°	.90	.72	.54	.36	.18	0	.18	.36	.54	.72	.90

Lưu ý: Giá trị màu lam nhạt ít hơn 0,1 lỗi và có thể không yêu cầu bù nhiệt độ. Giá trị trong màu xanh đậm là nhiệt độ và độ pH trong đó không có lỗi trong pH từ nhiệt độ.

### 1.10. Hệ thống pH được hiệu chuẩn như thế nào?

- Các điện cực được đặt trong bộ đệm. Bộ đệm là các dung dịch có giá trị pH ổn định, đã biết. Các bộ đệm thường được sử dụng có giá trị pH là 4,01, 7,00 và 10,00. Giá trị pH của bộ đệm thay đổi theo nhiệt độ (và độ pH của dung dịch được đo)
- Đầu tiên (điện cực và đồng hồ phải đồng bộ với nhau) Zero Point được điều chỉnh, điểm Zero thường được xác định với bộ đệm pH 7.00. Lý tưởng nhất, một bộ đệm được sử dụng có giá trị gần với vật liệu hoặc dung dịch được đo. Một núm chiết áp điều chỉnh hoặc nút ấn trên đồng hồ đo pH được sử dụng để thiết lập hệ thống (điện cực và đồng hồ đo đồng bộ với nhau) để đọc giá trị pH của bộ đệm.
- Tiếp theo, Các điện cực được rửa sạch và đưa vào một bộ đệm thứ hai. Hệ thống nên đọc gần với giá trị pH của bộ đệm thứ hai. Hầu hết các mét đều có các nút điều khiển có nhãn "SPAN" hoặc "SLOPE" để bù cho các điện cực có nhịp quá ngắn.
- Tần suất hiệu chuẩn là tùy theo quyết định của người dùng.

- Lưu ý: Cần hiệu chuẩn hai điểm để đảm bảo điện cực hoạt động bình thường vì điện cực bị hỏng có thể cho đầu ra pH=7 được chấp nhận ở chế độ hiệu chuẩn.

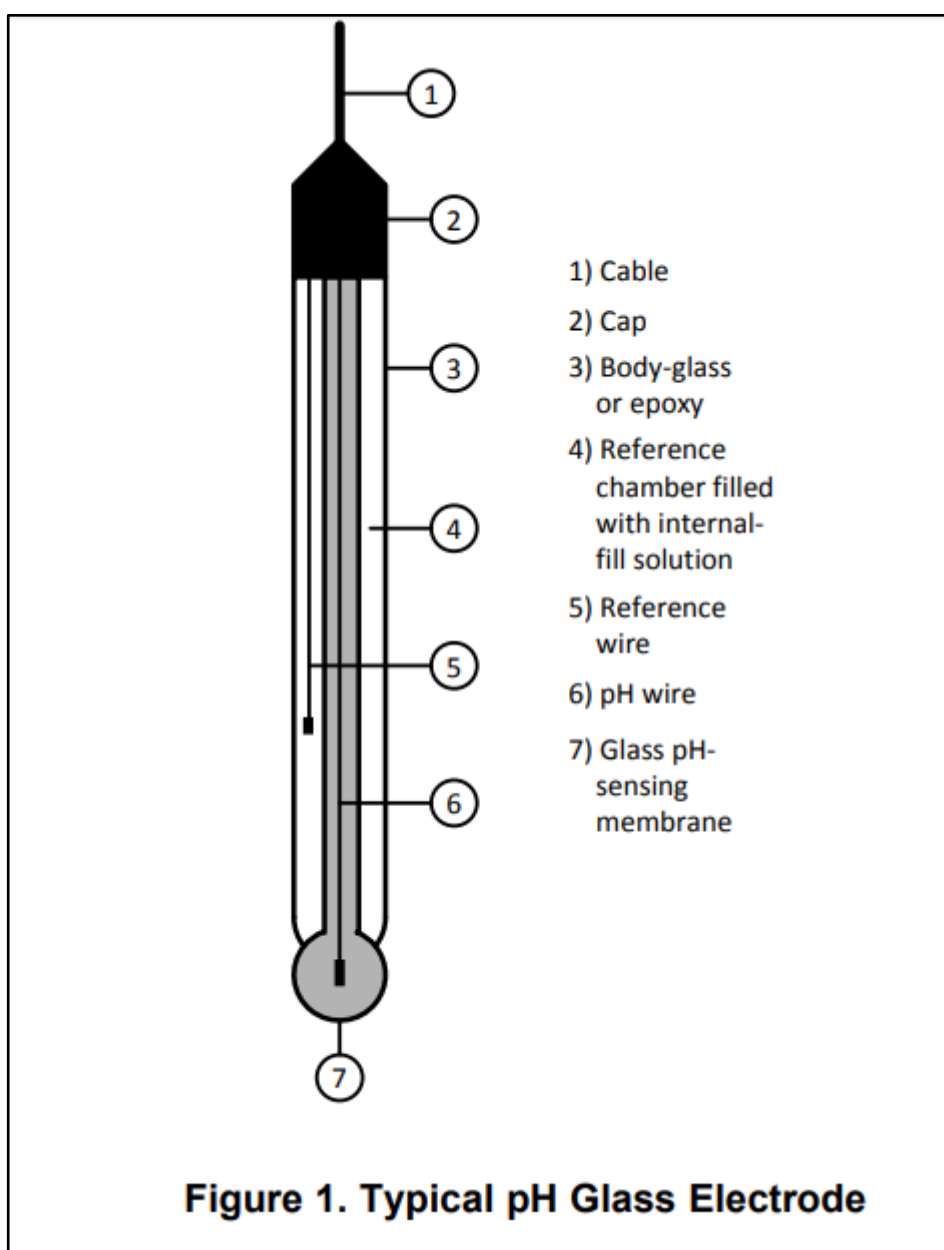
### **1.11. Ứng dụng pH**

- Trung hòa nước thải
- Mạ điện
- Sản xuất hóa chất
- Bảng mạch khắc
- Máy lọc khí thải
- Nồi hơi và tháp giải nhiệt
- Bột giấy và giấy mfg.
- Đồ ăn và đồ uống
- Dược phẩm
- Mực, sơn mủ
- Xử lý nước (nước thải)
- Bể cá, nuôi trồng thủy sản
- Lên men (rượu vang, bia, rượu)

## CHƯƠNG 2

# ĐẶC TÍNH ĐIỆN CỰC pH

Điện cực pH hiện đại là một điện cực kết hợp gồm hai phần chính: một điện cực thủy tinh và một điện cực tham chiếu như trong Hình 1. Độ pH được xác định chủ yếu bằng cách đo sự khác biệt điện áp giữa hai điện cực này. Ở đầu điện cực là màng mỏng là loại kính cụ thể có khả năng trao đổi ion. Đây là nguyên tố cảm nhận nồng độ ion hydro của dung dịch thử. Điện thế điện cực tham chiếu là hằng số và được tạo ra bởi phản tử bên trong điện cực tham chiếu khi tiếp xúc với dung dịch làm đầy tham chiếu được giữ ở pH là 7.





Khi thiết kế với điện cực pH cũng như với bất kỳ cảm biến nào, điều quan trọng là phải hiểu các đặc tính của cảm biến đó và cách chúng ảnh hưởng đến một ứng dụng cụ thể. Những đặc điểm này bao gồm cảm biến là hoạt động hoặc thụ động, đơn cực hay lưỡng cực, nó có một điện áp hoặc đầu ra hiện tại. Độ nhạy cảm biến, độ tuyến tính, phạm vi toàn dải và trở kháng nguồn cũng cần được xem xét.

Điện cực pH là một cảm biến thụ động, có nghĩa là không cần nguồn kích thích (điện áp hoặc dòng điện). Bởi vì đầu ra của điện cực có thể xoay trên và dưới điểm tham chiếu, nên nó được phân loại như một cảm biến lưỡng cực. Nó tạo ra một đầu ra điện áp phụ thuộc tuyến tính khi pH của dung dịch được đo.

Trở kháng nguồn của điện cực pH rất cao bởi vì bóng thủy tinh mỏng có trở kháng lớn thường nằm trong khoảng từ 10 MΩ đến 1000 MΩ. Điều này có nghĩa là điện cực chỉ có thể được theo dõi bởi một thiết bị đo trở kháng cao.

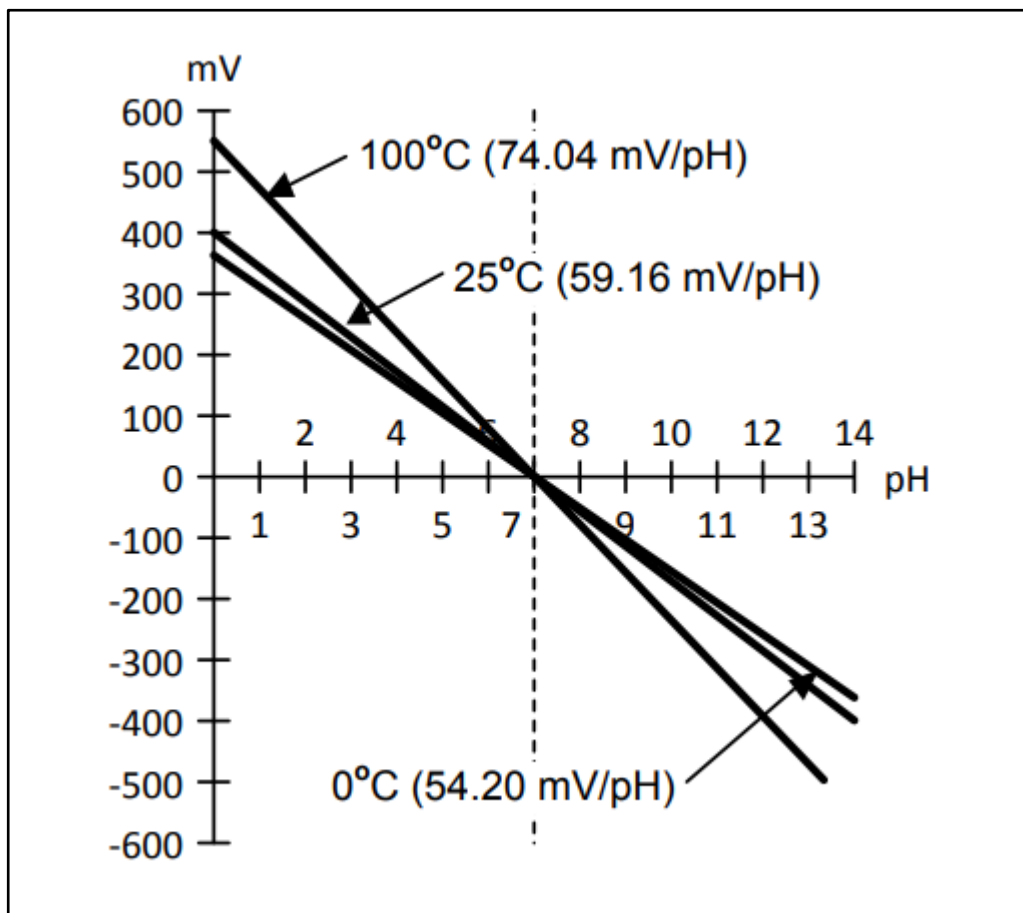
Hàm truyền của điện cực pH là:

$$\text{pH (X)} = \text{pH (S)} + \frac{(E_S - E_X) F}{RT \ln(10)}$$

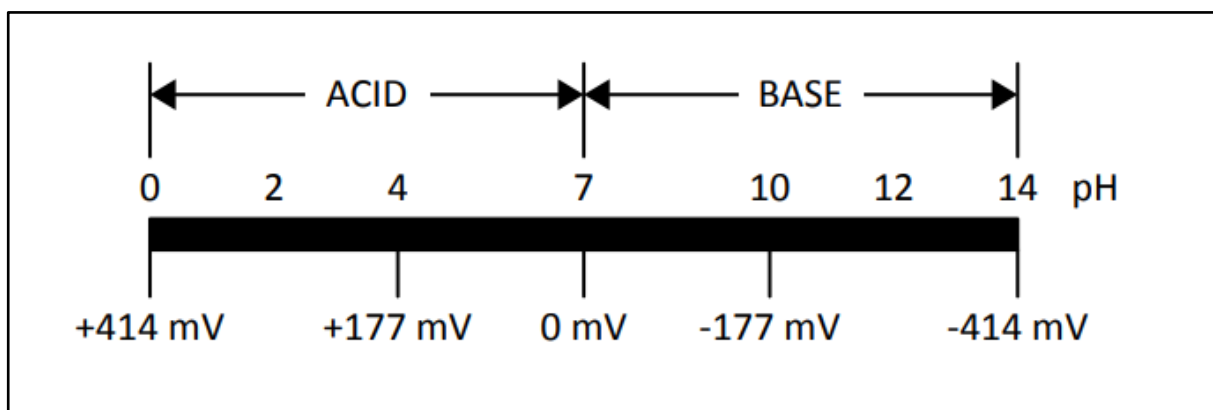
Trong đó:

- pH (X) : pH của dung dịch chưa biết (X)
- pH (S) : pH của dung dịch chuẩn = 7
- $E_S$  : Điện thế tại điện cực chuẩn
- $E_X$  : Điện thế tại điện cực đo pH
- F : Hằng số Faraday =  $9.6485309 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$
- R : Hằng số khí =  $8.314510 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
- T : nhiệt độ trong Kelvin

Hàm truyền trong Hình 2 và Hình 3 cho thấy rằng khi pH của dung dịch tăng lên, điện áp được tạo ra bởi điện cực đo pH giảm.



Hình 2



Hình 3

Điều quan trọng cần lưu ý là độ nhạy của điện cực pH thay đổi theo nhiệt độ. Nhìn vào hàm truyền điện cực pH cho thấy độ nhạy tuyến tính tăng theo nhiệt độ theo phương trình 2:

$$\frac{RT \ln(10)}{F} \text{ or } 0.000198T \text{ V/pH}$$

Điều này dẫn đến phạm vi toàn dải đầu ra của cảm biến phụ thuộc vào nhiệt độ. Ví dụ, ở 25 ° C, độ nhạy điện cực là 59,16 mV / pH và đầu ra của điện cực sẽ quay từ -7pH x 59,16 mV / pH = +414,12 mV (pH 0 axit mạnh) đến +7 pH x -59,16 mV / pH = -414,12 mV (pH 14 bazơ mạnh). Tuy nhiên, nếu nhiệt độ dung dịch đo được tăng lên 100 ° C, đầu ra sẽ xoay từ -7pH x - 74.04 mV / pH = +518.29 mV xuống + 7pH x - 74.04 mV / pH = -518.29 mV. Do đó trong trường hợp này, điều quan trọng là phải biết nhiệt độ của dung dịch được đo và bù cho phép đo tương ứng.

Một điện cực lý tưởng ở 25 ° C sẽ tạo ra 0 mV khi được đặt trong dung dịch có độ pH là 7. Tất nhiên, các điện cực trong thực tế không lý tưởng và sẽ có một số đọc thực tế thay đổi từ 0 mV. Biến thể này được gọi là lỗi thiết lập của điện cực. Như đã nói ở trên, độ nhạy của một điện cực lý tưởng ở 25 ° C là 59.16 mV trên một đơn vị pH. Bất kỳ biến thiên nào từ giá trị lý tưởng này được xác định là sai số nhệch của điện cực. Những lỗi sẽ cần được tính toán thông qua hiệu chuẩn nếu yêu cầu độ chính xác của hệ thống cao.

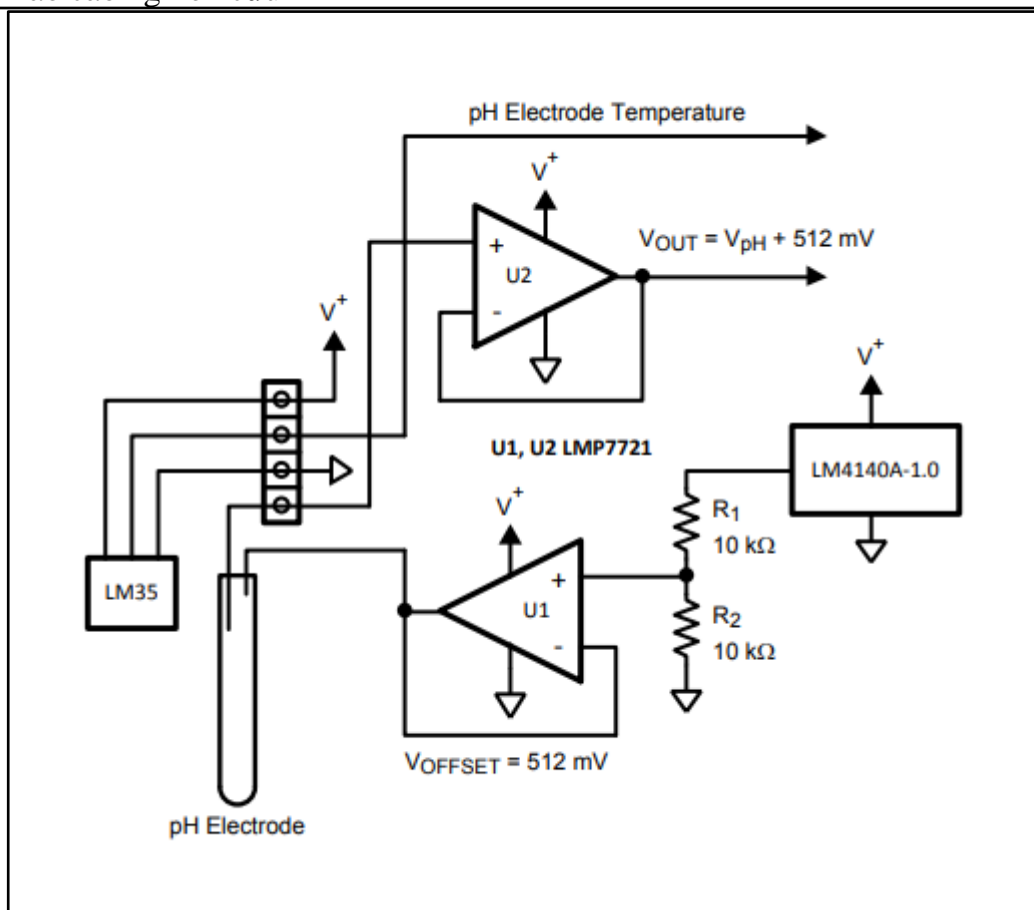
## 2.1. Một mạch điện cực pH tối ưu

Các đặc tính cảm biến quan trọng được mô tả cần phải được tính toán để thiết kế mạch điều khiển tín hiệu từ cảm biến sao cho nó có thể được sử dụng hay đồng bộ tín hiệu bởi một thiết bị khác (như ADC, vi điều khiển, vv) nhằm xử lý tín hiệu tiếp theo.

Thứ nhất, vì điện cực pH tạo ra tín hiệu lưỡng cực và hầu hết các ứng dụng hoạt động trên một nguồn cung cấp duy nhất, tín hiệu sẽ phải được thay đổi mức.

Thứ hai, do trở kháng cao của điện cực, một bộ đệm trở kháng đầu vào cao sẽ được yêu cầu.

Cuối cùng, nhiệt độ của dung dịch đo được phải được biết để bù cho sự thay đổi độ nhạy của điện cực trên nhiệt độ.



Hình 4: mô hình mạch thu tín hiệu từ điện cực pH

Mạch trong Hình 4 giải quyết tất cả ba thách thức thiết kế. Bộ khuếch đại U1 đặt điện cực pH bằng 512 mV. Điều này đạt được bằng cách sử dụng tham chiếu điện áp thấp loại bỏ điện năng chính xác LM4140A-1.0 của TI tạo ra một áp chính xác 1.024 V. Điện áp đó được chia thành một nửa bằng 512 mV bằng bộ chia điện trở 10 kΩ. Đầu ra của bộ khuếch đại U1, được thiết lập trong cấu hình đạt được sự thống nhất, điện cực tham chiếu của điện cực pH với cùng điện áp, 512 mV, ở trở kháng thấp. Trong thực tế, mạch chuyển tín hiệu điện cực pH lưỡng cực thành tín hiệu đơn cực để sử dụng trong một hệ thống cung cấp đơn.

Bộ khuếch đại thứ hai U2 được thiết lập trong một cấu hình đạt được sự thống nhất và đệm đầu ra của điện cực pH. Một lần nữa, một bộ đệm trở kháng đầu vào cao giữa điện cực pH và thiết bị đo cho phép mạch giao tiếp với nhiều loại dụng cụ đo lường hơn bao gồm cả các thiết bị có trở kháng đầu vào thấp hơn. Trong hầu hết các ứng dụng, điện áp đầu ra của điện cực pH đủ cao để sử dụng mà không cần khuếch đại bổ sung. Nếu khuếch đại được yêu cầu, mạch này có thể dễ dàng được sửa đổi bằng cách thêm điện trở thu được vào U2.

Cảm biến nhiệt độ độ chính xác LM35 của TI được thêm vào mạch để đo nhiệt độ của dung dịch sao cho các điều chỉnh được thực hiện cho độ sai lệch về độ nhạy do nhiệt độ. Điều này sẽ cho kết quả đo pH chính xác được điều chỉnh nhiệt độ.

Các kết quả mạch trong chức năng chuyển giao:

$$V_{OUT} = V_{pH} + 512 \text{ mV}$$

Ví dụ, nếu nhiệt độ phòng (25 ° C) amoniac hộ gia đình (NH<sub>3</sub>) có độ pH tiêu biểu là 11,5 được đo, điện áp được tạo ra bởi điện cực pH sẽ là -266 mV dẫn đến điện áp đầu ra là 246 mV.

## CHƯƠNG 3

# NGHIÊN CỨU BÙ NHIỆT ĐỘ CHO PH SENSOR

---

### 3.1. Cách hiệu chuẩn:

#### Hiệu chuẩn

Nếu sản phẩm này được sử dụng lần đầu tiên, hoặc nếu nó đã được sử dụng trong một thời gian, cần hiệu chuẩn để giảm lỗi. Trong quá trình hiệu chuẩn, nếu bong bóng trong bóng thủy tinh của đầu điện cực được tìm thấy, bạn có thể vút nhẹ đầu dò vài lần để làm cho bong bóng biến mất.

#### Lưu ý:

Vui lòng sử dụng nguồn điện bên ngoài để có điện áp chính xác hơn. Nguồn điện gần hơn + 5.00V có thể dẫn đến độ chính xác pH cao hơn.

Nên hiệu chỉnh đầu dò bằng dung dịch chuẩn trước mỗi lần sử dụng để thu được kết quả chính xác hơn. Nhiệt độ hiệu chuẩn tốt nhất là khoảng 25 °C.

Nó là cần thiết để sử dụng nước tinh khiết để làm sạch đầu dò trước khi đo một dung dịch khác, để ngăn ngừa sự nhiễm bẩn dung dịch. Làm sạch bằng nước cất được khuyến khích.

Sau 2 giờ sử dụng liên tục, đầu dò phải được hiệu chuẩn lại để đảm bảo độ chính xác.

Vui lòng giữ băng phát tín hiệu sạch và khô để tránh ảnh hưởng đến điện trở đầu vào của đầu nối BNC.

### **3.2. Bù nhiệt độ**

Có hai loại bù nhiệt độ khi thảo luận về các phép đo pH. Tự động bù nhiệt độ (ATC), bù cho mili-volt khác nhau từ điện cực do thay đổi nhiệt độ của dung dịch xử lý và bù nhiệt độ giải pháp (STC), điều chỉnh cho sự thay đổi hóa học (thay đổi độ pH) của dung dịch như nhiệt độ của dung dịch thay đổi.

#### **3.2.1. Tự động bù nhiệt độ**

Trong một hệ thống đo pH, có ba thành phần chính: Điện cực đo kính (pH), điện cực tham chiếu và điện cực nhiệt độ. Khi các điện cực được đặt trong dung dịch, điện áp (mV) được tạo ra tùy thuộc vào hoạt động hydro của dung dịch. Điện áp thay đổi (điện áp) phụ thuộc vào độ axit hoặc độ kiềm của dung dịch và thay đổi theo hoạt động ion hydro theo một phương thức đã biết, phương trình Nernst. Điện áp của điện cực thủy tinh được so sánh với điện thế của điện cực tham chiếu và sự khác biệt giữa hai điện thế là điện áp đo được. Khi được đặt trong một bộ đệm pH 7, hầu hết các điện cực được thiết kế để tạo ra một điện thế zero (0) mV. Khi dung dịch có tính axit (pH thấp hơn) điện thế thủy tinh trở nên dương tính hơn (+ mV) so với điện cực tham chiếu và khi dung dịch trở nên kiềm hơn (pH cao hơn), điện thế thủy tinh trở nên âm tính hơn (- mV) trong so sánh với điện cực tham chiếu. Phương trình Nernst cho thấy mối quan hệ giữa nhiệt độ và ảnh hưởng của nó đến hoạt động của ion hydro. Ở 25 ° C, mỗi thay đổi đơn vị pH bổ sung đại diện cho sự thay đổi +/- 59,16 mV trong điện thế của điện cực thủy tinh từ điểm bắt đầu của pH 7 (0 mV). Ở 80 ° C, mỗi thay đổi đơn vị pH bổ sung đại diện cho thay đổi +/- 70,1 mV.

		pH/mV Ratio (measured with regard to the saturated calomel electrode)									
pH	Temp. ° C	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
0.0		379.4	393.3	407.1	421.0	434.9	448.8	462.7	476.6	490.5	504.4
0.5		352.3	365.2	378.1	391.0	403.9	416.8	429.7	442.5	455.5	468.3
1.0		325.2	337.1	349.0	360.9	372.8	384.7	396.6	408.5	420.4	432.3
1.5		298.1	309.0	319.9	330.8	341.7	352.6	363.6	374.5	385.4	396.3
2.0		271.0	280.9	290.8	300.7	310.7	320.6	330.5	340.4	350.3	360.3
2.5		243.9	252.8	261.7	270.7	279.6	288.5	297.5	306.4	315.3	324.2
3.0		216.8	224.7	232.7	240.6	248.5	256.5	264.4	272.3	280.3	288.2
3.5		189.7	196.6	203.6	210.5	217.5	224.4	231.4	238.3	245.2	252.2
4.0		162.6	168.5	174.5	180.4	186.4	192.3	198.3	204.3	210.2	216.2
4.5		135.5	140.5	145.4	150.4	155.3	160.3	165.3	170.2	175.2	180.1
5.0		108.4	112.4	116.3	120.3	124.3	128.2	132.2	136.2	140.1	144.1
5.5		81.3	84.3	87.2	90.2	93.2	96.2	99.2	102.1	105.1	108.1
6.0	+ mV	54.2	56.2	58.2	60.1	62.1	64.1	66.1	68.1	70.1	72.1
6.5	↑	27.1	28.1	29.1	30.1	31.1	32.1	33.1	34.0	35.0	36.0
7.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7.5	↓	27.1	28.1	29.1	31.1	31.1	32.1	33.1	34.0	35.0	36.0
8.0	- mV	54.2	56.2	58.2	60.1	62.1	64.1	66.1	68.1	70.1	72.1
8.5		81.3	84.3	87.2	90.2	93.2	96.2	99.2	102.1	105.1	108.1
9.0		108.4	112.4	116.3	120.3	124.3	128.2	132.2	136.2	140.1	144.1
9.5		135.5	140.5	145.4	150.4	155.3	160.3	165.3	170.2	175.2	180.1
10.0		162.6	168.5	174.5	180.4	186.4	192.3	198.3	204.3	210.2	216.2
10.5		189.7	196.6	203.6	210.5	217.5	224.4	231.4	238.3	245.2	252.2
11.0		216.8	224.7	232.7	240.6	248.5	256.5	264.4	272.3	280.3	288.2
11.5		243.9	252.8	261.7	270.7	279.6	288.5	297.5	306.4	315.3	324.2
12.0		271.0	280.8	290.8	300.7	310.7	320.6	330.5	340.4	350.3	360.3
12.5		298.1	309.0	319.9	330.8	341.7	352.6	363.6	374.5	385.4	396.3
13.0		325.2	337.1	349.0	360.9	372.8	384.7	396.6	408.5	420.4	432.3
13.5		352.3	365.2	378.1	391.0	403.9	416.8	429.7	442.5	455.4	468.3
14.0		379.4	393.3	407.1	421.0	434.9	448.8	462.7	476.6	490.5	504.4

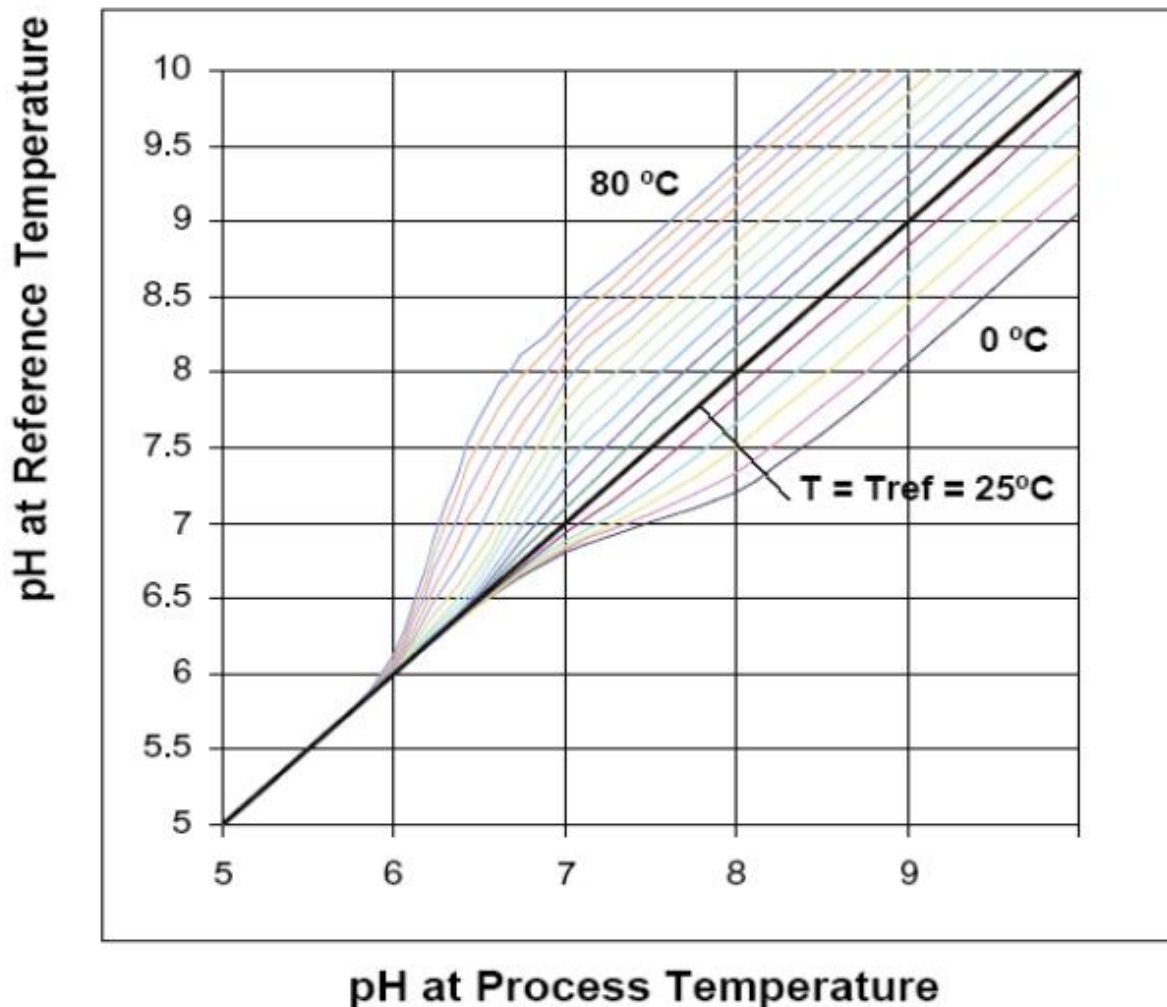
Khi nhiệt được áp dụng cho dung dịch được đo, các ion hydro di chuyển nhanh hơn (hoạt động tăng) và điện áp đo được tăng lên. Khi dung dịch được làm lạnh, các ion hydro di chuyển chậm hơn và điện áp đo được giảm. Điện cực nhiệt độ, đo các thay đổi về nhiệt độ của dung dịch và máy phân tích pH sử dụng thông tin này (thông qua phương trình Nernst) để tương quan đầu vào mV với giá trị pH chính xác. Ví dụ: Trong dung dịch pH 5 ở 25 ° C, điện áp được tạo ra là +118,32 mV (59,16 x 2). Trong cùng một giải pháp ở 100 ° C, điện áp được tạo ra là +148,08 mV (74,04 x 2). Giá trị pH không chỉ thay đổi sản lượng điện áp từ điện cực do sự gia tăng hoạt động của ion hydro.

### 3.2.2. Giải pháp bù Nhiệt độ

Giải pháp bù nhiệt độ hiệu chỉnh cho các thay đổi trong hóa học dung dịch (pH) khi nhiệt độ của dung dịch thay đổi. Trong các dung dịch nhất định (nước siêu tinh khiết, chất tẩy trong các ứng dụng giấy và các dung dịch kiềm cao khác), pH của dung



dịch sẽ thay đổi (thường tăng) khi dung dịch nguội đi. Giải pháp bù nhiệt độ chủ yếu được sử dụng trong nhà máy điện và các ứng dụng nước tinh khiết khác sau đó độ dẫn  $30\mu\text{S} / \text{cm}$ . Khi chức năng bù nhiệt độ giải pháp hoạt động, đọc được hiển thị sẽ được tham chiếu đến  $25^\circ\text{C}$  bất kể nhiệt độ quá trình thực tế.



Đối với mẫu nước tinh khiết hoặc mẫu nước lò phản ứng sôi, hệ số nhiệt độ dung dịch phải được đặt thành  $-0.016 \text{ pH} / ^\circ\text{C}$ . Đối với nước amoniac, phosphate và / hoặc được xử lý bằng amin, hệ số nhiệt độ của dung dịch phải được đặt thành  $-0.033 \text{ pH} / ^\circ\text{C}$ . Đối với các giải pháp xử lý khác, hệ số nhiệt độ dung dịch chính xác có thể được tính toán bằng cách phát triển nhiệt độ so với dữ liệu pH. Độ dốc âm của dữ liệu này là giá trị bù nhiệt độ của dung dịch.

Dưới đây là ví dụ về cách tính hệ số nhiệt độ chính xác cho một giải pháp xử lý. Thông thường (nhưng không phải luôn luôn) vì dung dịch xử lý làm nguội pH sẽ tăng lên:

$$\frac{\text{pH 1} - \text{pH 2}}{\text{Temp 1} - \text{Temp 2}} = \frac{8.93 - 9.10}{30^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}} = \frac{-0.17}{5^{\circ}\text{C}} = -0.034^{\circ}\text{C}$$

Trong máy phát Yokogawa pH202 hai dây, giá trị bạn sẽ nhập là dựa trên thay đổi 10 ° C, do đó bạn sẽ nhập -0,34 vào máy phân tích. Trong máy phân tích Model pH450, giá trị dựa trên sự thay đổi 1 ° C, do đó bạn sẽ nhập -0,034 vào máy phân tích. Tùy vào máy phân tích.

Bởi vì giải pháp bù nhiệt độ là giải pháp duy nhất đối với quy trình xử lý và khác với dung dịch đệm nên nó không hoạt động trong quá trình hiệu chuẩn. Khi hiệu chuẩn được hoàn thành, giá trị bù nhiệt độ của dung dịch sẽ hoạt động trở lại, vì vậy nếu các điện cực được đặt trở lại các bộ đệm, chúng có thể không đọc giá trị chính xác. Để đọc và xác minh giá trị chính xác của bộ đệm, giá trị bù nhiệt độ giải pháp phải tạm thời được đặt thành 0 hoặc tắt.

pH được định nghĩa là giá trị được đưa ra bởi một hệ thống đo và cảm biến chiết áp phù hợp, được hiệu chuẩn đúng cách. [CHÚ THÍCH — Hệ thống đo lường được gọi là "đồng hồ đo pH" truyền thống. Trong khi máy đo pH vẫn còn sử dụng phổ biến, hệ thống đo cũng có thể được nhúng bên trong cảm biến pH và tín hiệu pH có thể được truyền kỹ thuật số sang thiết bị bên ngoài như máy tính, Bộ điều khiển Logic lập trình (PLC), Hệ thống điều khiển phân tán (DCS),

Theo định nghĩa, pH bằng  $-\log_{10} [aH^+]$  trong đó  $aH^+$  là hoạt động của hydro ( $H^+$ ) hoặc ion hydronium ( $H_3O^+$ ) và hoạt động ion hydro gần đúng nồng độ ion hydro.

Độ pH thực tế được xác định:

$$pH = pH_s + [(E - E_s)/k]$$

Trong đó :

$E$  = điện thế được đo khi tế bào chứa dung dịch thử (pH)

$E_s$  = điện thế đo được khi điện cực chứa dung dịch đệm thích hợp để hiệu chuẩn ( $pH_s$ )

$k$  = thay đổi về điện thế / đơn vị trong pH và bắt nguồn từ phương trình Nernst (như sau):

$$k = \log_e(10) \times (RT/nF)$$

Trong đó:

$R = 8,314 \text{ J / mol / } ^\circ \text{K}$

$T$  = nhiệt độ ( $^\circ \text{K}$ )

$n$  = điện tích phản ứng

$F$  = hằng số Faraday,  $96485 \text{ C / mol}$

Phương trình kết quả là  $[0.05916 + 0.0001984 (T - 25 ^\circ)]$  volts ở nhiệt độ T. Giá trị của k từ  $15 ^\circ - 35 ^\circ$  được cung cấp trong Bảng 1

**Table 1. Values of  $k$  for Various Temperatures**

Temperature (°C)	$k$ (V)
15.00	0.05718
20.00	0.05817
25.00	0.05916
30.00	0.06016
35.00	0.06115

Giá trị của k ở nhiệt độ khác có thể được xác định từ phương trình trên. Đối với mục đích thực tế, các giá trị của k được xác định từ hiệu chuẩn cảm biến pH.

## CHƯƠNG 4

# TEMPERATURE COMPENSATION WITH pH MEASUREMENT

---

Có bảng bù nhiệt độ để đo pH trong mẫu không?

Hệ số nhiệt độ của mẫu thường không được biết. Do đó, không có bảng nào có pH tương ứng với nhiệt độ, như được biết đến từ dung dịch đệm pH. Đó là lý do tại sao không thể bù nhiệt độ chính xác bằng các phép đo mẫu.

Để hiệu chỉnh giá trị pH của mẫu đến nhiệt độ hiệu chuẩn, công thức sau đây thường được sử dụng trong phần mềm đo pH.

$$S(T \text{ sample}) = S(T \text{ cal}) \times \frac{T(\text{sample}) + 273,15}{T(\text{cal}) + 273,15}$$

Trong đó:

S = độ dốc

T = nhiệt độ ° C

cal = hiệu chuẩn

Với độ dốc tính toán mới S (T sample) từ tín hiệu mV, pH của mẫu có thể được tính toán ở nhiệt độ mẫu T (sample). Một mối quan hệ tuyến tính được giả định giữa pH mẫu và nhiệt độ.

Ví dụ:

Hiệu chuẩn được thực hiện với bộ đệm pH 4,01 và 7,00 ở 24 ° C. Các mẫu đã được bảo quản lạnh và bây giờ phép đo được thực hiện ở 10 ° C.

Giá trị pH được hiệu chỉnh được tính toán với độ dốc (24 ° C) = -58,0 mV / pH và độ lệch = 0,0mV:

$$\text{Độ dốc (10 }^{\circ}\text{ C)} = \text{độ dốc (24 }^{\circ}\text{ C)} * (10 + 273,15) / (24 + 273,15)$$

$$\text{Độ dốc (10 }^{\circ}\text{ C)} = -58,0 * (283,15) / (297,15)$$

$$\text{Độ dốc (10 }^{\circ}\text{ C)} = -55,28 \text{ mV / pH}$$

Giá trị pH của mẫu (điện thế đo được +100 mV)

$$= 7 - 100 \text{ mV} / -58,0 \text{ mV / pH} = \text{pH } 5,28 \text{ (không đúng),}$$

$$= 7 - 100 \text{ mV} / -55,28 \text{ mV / pH} = \text{pH } 5,19 \text{ (đúng)}$$

Sự khác biệt của độ pH 0.09 cho thấy tầm quan trọng của nó là đo chính xác và hiệu chỉnh nhiệt độ.