

MỘT SỐ KHÁI NIỆM VÀ KIẾN THỨC CƠ BẢN HÓA HỌC (2)

20. Thù hình (Allotropy, Allotrope)

Thù hình (allotropy) là hiện tượng một nguyên tố hóa học hiện diện ở các dạng đơn chất khác nhau. Các đơn chất khác nhau của một nguyên tố được gọi là các dạng thù hình (allotrope).

Thí dụ: Oxi (O_2), ozon (O_3), tetraoxi (O_4) là ba dạng thù hình của nguyên tố oxi (oxygen, oxygen, O). Photpho trắng, photpho đỏ, photpho đen là ba dạng thù hình của nguyên tố photpho (phosphor, phosphorus, P). Graphit (than chì), kim cương, mỏ hóng (bỏ hóng, lọ nghe, than vô định hình), fuleren (fullerene, C_{60}) là bốn dạng thù của nguyên tố cacbon (carbon, C). Nguyên tố lưu huỳnh (sulphur, S) có nhiều dạng thù hình nhất, khoảng 30 dạng thù hình, như S_8 ; S_7 ; S_6 ; S_{12} ; S_{18} ;

21. Đa hình (Polymorphy, Polymorphous, Polymorphism)

Đa hình là hiện tượng một chất rắn hiện diện ở các dạng tinh thể khác nhau. Các tinh thể khác nhau của một chất được gọi là các dạng đa hình (polymorphs: dimorphs, trimorphs, tetramorphs,...). Có thể dịch là nhị hình, tam hình, tứ hình,...). Sự biến đổi giữa dạng đa hình này thành dạng đa hình khác được gọi là sự chuyển hóa đa hình (polymorphic transformation)

Thí dụ: Canxi cacbonat (carbonat calcium, $CaCO_3$) có hai dạng đa hình là calcit (calcite) và aragonit (aragonite). Titan đioxit (dioxid titan, TiO_2) có ba dạng đa hình là brookit (brookite), anatas (anatase) và rutil (rutile). Kim loại sắt (Fe) có các dạng đa hình (thù hình) là Fe- α (ferit, ferrite); Fe- γ (austenit, austenite); Fe- δ . Photpho (phosphor, P) có các dạng đa hình (thù hình) là photpho trắng, photpho đỏ và photpho đen.

Như vậy đa hình là sự hiện diện ở các tinh thể khác nhau của cùng một chất rắn (cả hợp chất lẫn đơn chất, nếu là đơn chất rắn thì đa hình cũng là thù hình)

22. Hỗn hống (Amalgam)

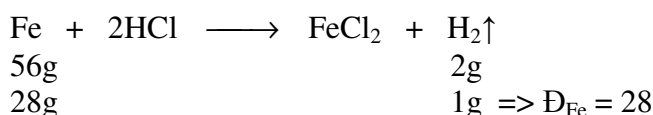
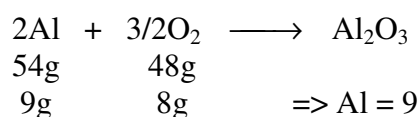
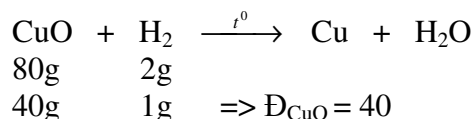
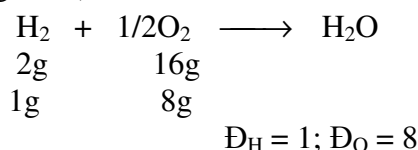
Hỗn hống là hợp kim của thủy ngân (Hg) với kim loại khác. Thủy ngân là kim loại duy nhất hiện diện dạng lỏng ở điều kiện thường. Thủy ngân hòa tan được rất nhiều kim loại để tạo hỗn hống. Tùy thuộc vào tỉ lệ giữa thủy ngân và bột kim loại đem phối trộn mà hỗn hống thu được có thể ở dạng lỏng, sệt (nhão) hay rắn. Hỗn hống có thể dùng làm chất khử (hỗn hống natri), dùng làm điện cực, dùng trong sự phân kim (tách vàng, bạc)...

Đặc biệt hỗn hống được dùng làm vật liệu trám răng. Người ta lấy hỗn hợp bột kim loại gồm: 69,4% Ag (bạc), 3,6% Cu (đồng), 26,2% Sn (thiếc), 0,8% Zn (kẽm) (phần trăm khối lượng) đem hòa tan trong thủy ngân (Hg) để tạo hỗn hống dùng làm trám răng. Thủy ngân chiếm khoảng 42-45% khối lượng hỗn hống này. Lúc đầu hỗn hống ở dạng sệt nên được nhét vào lỗ trống của răng cần trám. Thời gian ngắn sau, vật liệu này đông cứng lại. Hiện có nhiều tranh luận về việc dùng hỗn hống để trám răng, vì thủy ngân là chất độc đối với thần kinh. Tuy nhiên theo các nhà sĩ, hỗn hống có độ an toàn cao, có lẽ thủy ngân bị giữ chặt trong hợp kim với các kim loại nên không gây độc hại đáng kể. Và trong thực tế người ta đã dùng phương pháp trám răng này từ lâu (từ giữa thế kỷ 19 đến hiện nay)

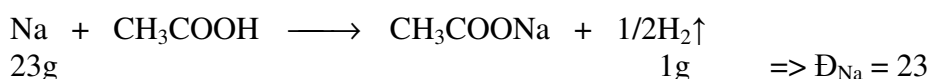
Trong khai thác nhỏ lẻ, người ta dùng thủy ngân để giữ lấy vàng có lẫn trong quặng, sau đó đem chưng cất để thu được vàng có hàm lượng cao hơn.

23. Đương lượng. Đương lượng gam (Equivalent weight. Gram equivalent weight)

Đương lượng của một chất là số phần khối lượng của chất đó có thể thay thế hay phản ứng vừa đủ với 1 phần khối lượng hiđro (hidrogen, hydrogen, H) hay 8 phần khối lượng oxi (oxigen, oxygen, O).



(28 phần kl Fe đã thay thế 1 phần kl H, trong HCl, nên đương lượng của Fe trong phản ứng này là 28)



Đương lượng gam của một chất là khối lượng tính bằng gam của chất đó mà có số chỉ bằng số chỉ đương lượng của nó. Đây là khối lượng tính bằng gam của chất đó có thể phản ứng hay thay thế vừa đủ với 1 gam H hay 8 gam O.

Như vậy khái niệm đương lượng với đương lượng gam cũng giống như khái niệm nguyên tử lượng, phân tử lượng với nguyên tử gam, phân tử gam. Và do đó 1 đương lượng gam một chất có thể thay thế hay phản ứng vừa đủ với 1 mol H (1 nguyên tử gam H) hay 0,5 mol O (0,5 nguyên tử gam O).

Thí dụ:

$\text{Đ}_\text{H} = 1 \Rightarrow$ Đương lượng gam của H (Đlg_H) = 1 gam

$\text{Đ}_\text{O} = 8 \Rightarrow \text{Đlg}_\text{O} = 8$ g (8 g O phản ứng vừa đủ với 1 g H. Hay 1 đlg O phản ứng vừa đủ với 1 đlg H. Hay 0,5 mol O phản ứng vừa đủ với 1 mol H)

$\text{Đ}_\text{Al} = 9 \Rightarrow \text{Đlg}_\text{Al} = 9$ g (9 g Al phản ứng vừa đủ với 1 g H hay 8 g O. Hay 1 đlg Al phản ứng vừa đủ với 1 đlg H hay 1 đlg O. Hay 1 đlg Al phản ứng vừa đủ với 1 mol H hay 0,5 mol O)

$\text{Đ}_{\text{CuO}} = 40 \Rightarrow \text{Đlg}_{\text{CuO}} = 40$ g (40 g CuO phản ứng vừa đủ với 1 g H. Hay 1 đlg CuO phản ứng vừa đủ với 1 đlg H)

Sự liên hệ giữa đương lượng với khối lượng nguyên tử, khối lượng phân tử (Sự liên hệ giữa đương lượng gam với khối lượng mol nguyên tử, khối lượng mol phân tử)

$$\boxed{\text{Đ}_\text{A} = \frac{M_\text{A}}{n_\text{A}}}$$

$\bar{D}_A$: Đương lượng (đương lượng gam) của chất A

M_A : Khối lượng nguyên tử, khối lượng phân tử (khối lượng mol nguyên tử, khối lượng mol phân tử, nguyên tử gam, phân tử gam) của A

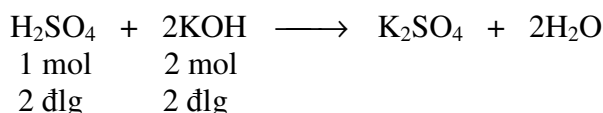
- n_A :
- Hóa trị của A (nếu A là kim loại)
 - Bằng số ion H^+ mà một phân tử axit (acid) đã tham gia phản ứng (trao đổi)
 - Bằng số ion OH^- mà một phân tử bazơ (baz, base) đã tham gia phản ứng (trao đổi)
 - Bằng số điện tử mà một phân tử chất oxi hóa đã nhận
 - Bằng số điện tử mà một phân tử chất khử đã cho
 - Bằng số điện tích âm hay số điện tích dương mà một phân tử muối, oxit (oxid, oxide) kim loại, axit (acid), bazơ (baz, base) đã tham gia trao đổi (phản ứng)
 - Nói chung 1 phân tử A có chứa n_A đương lượng A hay 1 mol (1 nguyên tử gam, 1 phân tử gam) A có chứa n_A đương lượng gam A

Thí dụ:

$\bar{D}_{Al} = \frac{M_{Al}}{n_{Al}} = \frac{27}{3} = 9$ (Đương lượng của nhôm bằng 9; Đương lượng gam của nhôm bằng 9 gam; 1 nguyên tử Al có chứa 3 đương lượng Al; 1 mol Al có chứa 3 đương lượng gam Al)

$\bar{D}_{Fe(II)} = \frac{M_{Fe}}{n_{Fe}} = \frac{56}{2} = 28$ (Đương lượng của sắt (II) bằng 28; Đương lượng gam của Fe(II) bằng 28 g)

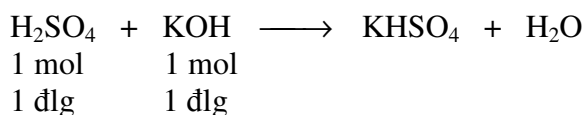
$\bar{D}_{Fe(III)} = \frac{Fe}{n_{Fe}} = \frac{56}{3} = 18,67$ (Đương lượng của sắt (III) bằng 18,67; $\bar{D}_{lgFe(III)} = 18,67$ g)



$\bar{D}_{H_2SO_4} = \frac{M_{H_2SO_4}}{n_{H_2SO_4}} = \frac{98}{2} = 49$ (1 mol H_2SO_4 trong phản ứng này có chứa 2 đlg H_2SO_4)

$\bar{D}_{KOH} = \frac{M_{KOH}}{n_{KOH}} = \frac{56}{1} = 56$ (1 mol KOH có chứa 1 đlg KOH)

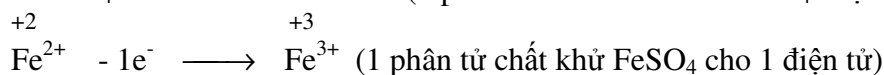
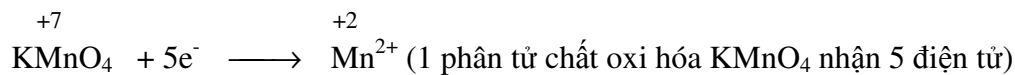
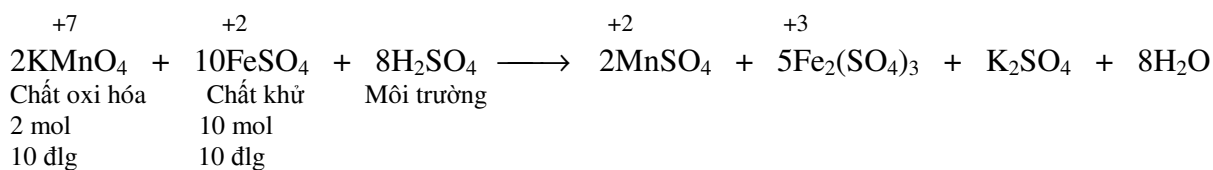
Như vậy theo phản ứng trên 1 mol H_2SO_4 phản ứng vừa đủ với 2 mol KOH; 2 đlg H_2SO_4 phản ứng vừa đủ với 2 đlg KOH



$\bar{D}_{H_2SO_4} = \frac{M_{H_2SO_4}}{n_{H_2SO_4}} = \frac{98}{1} = 98$ (1 mol H_2SO_4 trong phản ứng này có chứa 1 đlg H_2SO_4)

$\bar{D}_{KOH} = \frac{M_{KOH}}{n_{KOH}} = \frac{56}{1} = 56$ (1 mol KOH có chứa 1 đlg KOH)

Như vậy theo phản ứng trên 1 mol H_2SO_4 phản ứng vừa đủ với 1 mol KOH; 1 đlg H_2SO_4 phản ứng vừa đủ với 1 đlg KOH

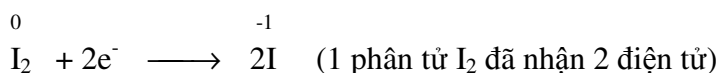
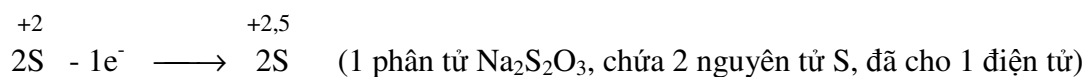
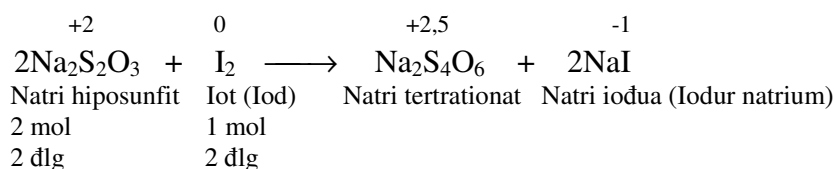


$$\text{Đ}_{\text{KMnO}_4} = \frac{M_{\text{KMnO}_4}}{n_{\text{KMnO}_4}} = \frac{158}{5} = 31,6 \quad (\text{Đương lượng của KMnO}_4 \text{ trong phản ứng này bằng } 31,6. \text{ 1}$$

mol KMnO₄ có chứa 5 đlg chất oxi hóa KMnO₄; 1 phân tử KMnO₄ nhận 5 điện tử; 1 mol chất oxi hóa KMnO₄ nhận 5 mol điện tử)

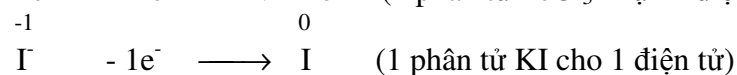
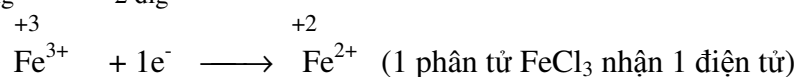
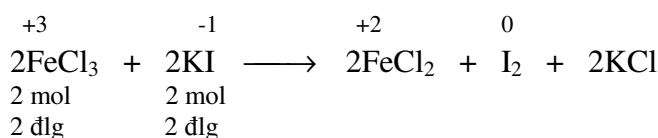
$$\text{Đ}_{\text{FeSO}_4} = \frac{M_{\text{FeSO}_4}}{n_{\text{FeSO}_4}} = \frac{152}{1} = 152 \quad (\text{Đương lượng của FeSO}_4 \text{ trong phản ứng này bằng } 152. \text{ Đương}$$

lượng gam của FeSO₄ bằng 152 gam. 1 phân tử FeSO₄ chứa 1 đương lượng khử FeSO₄. 1 mol FeSO₄ chứa 1 đương lượng gam khử FeSO₄. 1 mol chất khử FeSO₄ cho 1 mol điện tử)



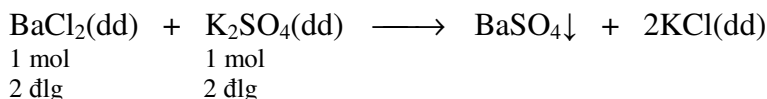
$$\text{Đ}_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = \frac{M_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}}{n_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}} = \frac{158}{1} = 158 \quad (1 \text{ mol Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ chứa 1 đương lượng gam Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$$

$$\text{Đ}_{\text{I}_2} = \frac{M_{\text{I}_2}}{I_2} = \frac{254}{2} = 127 \quad (1 \text{ mol I}_2 \text{ chứa 2 đương lượng gam I}_2)$$



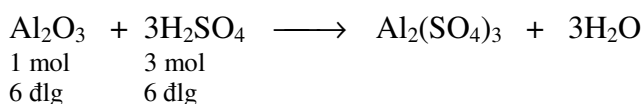
$$\text{Đ}_{\text{FeCl}_3} = \frac{M_{\text{FeCl}_3}}{n_{\text{FeCl}_3}} = \frac{162,5}{1} = 162,5 \quad (1 \text{ mol FeCl}_3 \text{ chứa 1 đương lượng gam oxi hóa FeCl}_3)$$

$$\text{Đ}_{\text{KI}} = \frac{M_{\text{KI}}}{n_{\text{KI}}} = \frac{166}{1} = 166 \quad (1 \text{ mol KI chứa 1 đương lượng gam khử KI})$$



$\text{Đ}_{\text{BaCl}_2} = \frac{M_{\text{BaCl}_2}}{n_{\text{BaCl}_2}} = \frac{208}{2} = 104$ (phân tử BaCl_2 có chứa 2 điện tích dương, cũng như 2 điện tích âm, tham gia trao đổi. $\text{Ba}^{2+} 2\text{Cl}^-$, 1 mol BaCl_2 có chứa 2 đương lượng gam BaCl_2)

$\text{Đ}_{\text{K}_2\text{SO}_4} = \frac{M_{\text{K}_2\text{SO}_4}}{n_{\text{K}_2\text{SO}_4}} = \frac{174}{2} = 87$ (1 phân tử K_2SO_4 chứa 2 điện tích dương, cũng như 2 điện tích âm, tham gia trao đổi. $2\text{K}^+ \text{SO}_4^{2-}$, 1 mol K_2SO_4 có chứa 2 đương lượng gam K_2SO_4)



$\text{Đ}_{\text{Al}_2\text{O}_3} = \frac{M_{\text{Al}_2\text{O}_3}}{n_{\text{Al}_2\text{O}_3}} = \frac{102}{6} = 17$ ($2\text{Al}^{3+} 3\text{O}^{2-}$, 1 mol Al_2O_3 chứa 6 đương lượng gam Al_2O_3)

$\text{Đ}_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{M_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}} = \frac{98}{2} = 49$ ($2\text{H}^+ \text{SO}_4^{2-}$, 1 mol H_2SO_4 chứa 2 đương lượng gam H_2SO_4)

Qua các thí dụ trên, ta nhận thấy hai chất A, B tham gia phản ứng vừa đủ với nhau thì có chứa số đương lượng (hay số đương lượng gam) bằng nhau. Đây chính là nội dung của định luật đương lượng.

Định luật đương lượng: Các chất phản ứng, thay thế, kết hợp vừa đủ với nhau thì có chứa số đương lượng bằng nhau.

Nếu V_A lít dung dịch chất tan A có nồng độ đương lượng C_A (trong 1 lít dung dịch này có chứa C_A đương lượng gam A) phản ứng vừa đủ với V_B lít dung dịch chất tan B có nồng độ đương lượng C_B (trong 1 lít dung dịch này có chứa C_B đương lượng gam B) thì theo định luật đương lượng, số đương lượng gam của A và B trong hai thể tích trên bằng nhau:

$$C_A V_A = C_B V_B$$

Trong công thức trên, C_A , C_B biểu diễn bằng nồng độ đương lượng (N, độ nguyên chuẩn, normality, biểu thị số đương lượng gam chất tan có trong 1 lít dung dịch, đlg/L). Còn V_A , V_B biểu diễn bằng bất cứ đơn vị thể tích nào cũng được, miễn là phải cùng một đơn vị thể tích. Công thức này thường dùng trong sự định phân, để xác định nồng độ của một dung dịch khi biết nồng độ của dung dịch của chất phản ứng với nó và biết thể tích các dung dịch phản ứng vừa đủ (trong 4 số hạng, biết được 3 số hạng kia thì sẽ tính được số hạng còn lại).

Nội dung của định luật đương lượng là: nếu là phản ứng oxi hóa khử, khi hai chất khử và chất oxi hóa phản ứng vừa đủ với nhau thì số mol điện tử mà chất khử cho bằng với số mol điện tử mà chất oxi hóa nhận. Nếu là phản ứng trung hòa giữa một axit với một bazơ, khi trung hòa vừa đủ thì số mol ion H^+ của axit bằng số mol ion OH^- của bazơ (kết hợp vừa đủ để tạo chất không điện ly H_2O). Nếu là phản ứng trao đổi giữa các muối, bazơ, axit khi thay thế (phản ứng) vừa đủ thì số mol điện tích dương của ion dương bằng số mol điện tích âm của ion âm (kết hợp vừa đủ để tạo ra phân tử trung hòa điện tích, kết hợp vừa đủ để tạo ra chất kết tủa, trầm hiện, chất dễ bay hơi, chất không điện ly hay chất điện ly yếu hơn).

Thí dụ 1:

Cần dùng 8 mL dung dịch NaOH 0,1N để trung hòa vừa đủ 10 mL dung dịch HCl. Xác định nồng độ của dung dịch HCl. (Biết sự trung hòa vừa đủ nhờ sự đổi màu của chất chỉ thị màu phenolptalein. Phenolptalein trong môi trường axit không màu, 1 giọt dư dung dịch NaOH sau khi trung hòa hết HCl, làm cho môi trường có tính kiềm, pH > 8, làm cho phenolptalein trong môi trường này có màu tím sen nhạt. Giọt dư dd NaOH được coi là sai số của phép thể tích định phân).

Khi trung hòa vừa đủ: $C_{HCl}V_{HCl} = C_{NaOH}V_{NaOH}$

$$\Rightarrow C_{HCl} = \frac{C_{NaOH}V_{NaOH}}{V_{HCl}} = \frac{0,1N \cdot 8mL}{10mL} = 0,08N$$

(dd HCl **0,08 N** hay dd HCl **0,08 M**, vì 1 mol HCl chứa 1 đlg HCl)

Thí dụ 2:

Cần dùng 12 ml dung dịch $Na_2S_2O_3$ 0,1N để phản ứng vừa đủ 10 mL dung dịch I_2 . Xác định nồng độ của dung dịch I_2 . (Biết phản ứng vừa đủ căn cứ vào sự mất màu vàng của dung dịch I_2 hay sự mất màu xanh dương của hồ tinh bột trong dung dịch I_2 . Còn dư I_2 thì do hiện diện hồ tinh bột nên dung dịch còn màu xanh, vừa hết I_2 thì dung dịch mất màu xanh dương)

Theo định luật đương lượng, khi phản ứng vừa đủ:

$$C_{I_2}V_{I_2} = C_{Na_2S_2O_3}V_{Na_2S_2O_3}$$

$$\Rightarrow C_{I_2} = \frac{C_{Na_2S_2O_3}V_{Na_2S_2O_3}}{V_{I_2}} = \frac{12mL \cdot 0,1N}{10mL} = 0,12 N$$

(dd I_2 **0,12 N** hay dd I_2 **0,06M**, vì 1 mol I_2 có chứa 2 đlg chất oxi hóa I_2 , 1 phân tử I_2 đã nhận 2 điện tử để tạo 2 ion I^-)

Thí dụ 3:

Khi cho từ từ dung dịch $KMnO_4$ 0,1 N vào 10 mL dung dịch $FeSO_4$ trong môi trường axit H_2SO_4 . Thấy khi nhỏ đến 9 mL dung dịch $KMnO_4$ thì lượng $KMnO_4$ cho xuống không bị mất màu tím nữa. Xác định nồng độ của dung dịch $FeSO_4$. Và hãy cho biết trong 9 mL dung dịch $KMnO_4$ đã phản ứng có chứa bao nhiêu mol $KMnO_4$?

Khi phản ứng vừa đủ:

$$C_{FeSO_4}V_{FeSO_4} = C_{KMnO_4}V_{KMnO_4}$$

$$\Rightarrow C_{FeSO_4} = \frac{C_{KMnO_4}V_{KMnO_4}}{V_{FeSO_4}} = \frac{0,1N \cdot 9mL}{10mL} = 0,09 N$$

(dd $FeSO_4$ **0,09N** hay dd $FeSO_4$ **0,09 M**. Vì 1 phân tử $FeSO_4$ đã cho 1 điện tử để tạo $Fe_2(SO_4)_3$, hay 1 mol $FeSO_4$ có chứa 1 đlg khử $FeSO_4$)

1 phân tử $KMnO_4$ trong môi trường axit, đã nhận 5 điện tử, bị khử tạo $MnSO_4$, hay 1 mol $KMnO_4$ có chứa 5 đlg oxi hóa $KMnO_4$. Trong 9 mL dd $KMnO_4$ 0,1N có chứa:

$$9 \cdot 10^{-3}L \cdot (0,1 \text{ đlg/L}) = 9 \cdot 10^{-4} \text{ đlg } KMnO_4 \text{ hay } 9 \cdot 10^{-4} \text{ đlg} \cdot (1 \text{ mol}/5 \text{ đlg}) = \mathbf{1,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol } KMnO_4}.$$

Chú ý:

- Công thức $C_t V_t = C_s V_s$ hay $CV = C'V'$ còn được áp dụng để tìm thể tích dung dịch có nồng độ cao để đem pha loãng (với nước cất) nhằm thu được dung dịch có nồng độ loãng hơn. Áp dụng được công thức trên sự pha loãng dung dịch với ý nghĩa số mol chất tan hay số đương lượng gam chất tan có trong dung dịch sau khi pha loãng

bằng số mol hay số đương lượng gam chất tan đó có trong dung dịch trước khi pha loãng. V_t , V_s là thể tích của dung dịch trước và sau khi pha loãng (tính cùng một đơn vị thể tích). C_t , C_s là nồng độ mol/L hay đlg/L của dung dịch trước và sau khi pha loãng. Nếu là định phân thì C bắt buộc phải là nồng độ đlg/L. Còn pha loãng dung dịch thì C dùng nồng độ mol/L hay đlg/L đều được.

Thí dụ:

Cần dùng bao nhiêu thể tích dung dịch NaOH 0,15M để pha thành 100 mL dung dịch NaOH 0,1M?

$C_t V_t = C_s V_s \Rightarrow V_t = C_s V_s / C_t \Rightarrow V_t = 0,1M \times 100mL / 0,15M = 66,67 \text{ mL}$ dd NaOH 0,15M. Lấy 66,67 mL dd NaOH 0,15M cho vào bình định mức 100 mL, sau cho từ nước cất vào bình định mức cho đủ 100 mL, sẽ thu được 100 mL dd NaOH 0,1M

Cần lấy bao nhiêu thể tích dung dịch $KMnO_4$ 1N để pha thành 250 mL dung dịch $KMnO_4$ 0,05N?

$C_t V_t = C_s V_s \Rightarrow V_t = C_s V_s / C_t \Rightarrow V_t = 0,05N \times 250mL / 1N = 12,5 \text{ mL}$ dd $KMnO_4$ 1 N

- Với các đa axit (phân tử chứa nhiều hơn 1 ion H^+ , như H_2SO_4 , H_3PO_4), cũng như các đa bazơ (phân tử chứa nhiều hơn 1 ion OH^- , như $Ca(OH)_2$), cũng như các chất oxi hóa, chất khử có thể nhận, cho điện tử khác nhau, thì tùy theo phản ứng mà một phân tử có thể có một hay nhiều trị số đương lượng. Tuy nhiên, trong pha chế, người ta thường căn cứ trên số ion H^+ trong 1 phân tử axit hay số ion OH^- có trong phân tử bazơ đó mà kết luận số đương lượng gam axit hay bazơ có trong 1 mol axit hay bazơ để pha chế. Tương tự với các chất oxi hóa, chất khử, người ta thường căn cứ vào phản ứng thường gặp của phản ứng oxi hóa khử của các chất oxi hóa khử này để xác định số đương lượng gam chất oxi hóa hay chất khử có trong 1 mol chất oxi hóa hay chất khử để pha chế các dung dịch các chất oxi hóa khử này. Hoặc căn cứ vào phản ứng xảy ra trong sự định phân mà người ta sẽ xác định 1 mol chất tan có chứa bao nhiêu đương lượng gam để pha chế thích hợp, có thể nói nồng độ đương lượng phụ thuộc vào phản ứng khảo sát.

Thí dụ: HCl chứa 1 ion H^+ trong phân tử $\Rightarrow$ 1 phân tử HCl chứa 1 đương lượng HCl hay 1 mol HCl chứa 1 đlg HCl; H_2SO_4 có chứa 2 ion H^+ trong phân tử $\Rightarrow$ phân tử H_2SO_4 có chứa 2 đương lượng H_2SO_4 hay 1 mol H_2SO_4 có chứa 2 đlg H_2SO_4 ; H_3PO_4 chứa 3 ion H^+ trong phân tử $\Rightarrow$ phân tử H_3PO_4 chứa 3 đương lượng H_3PO_4 hay 1 mol H_3PO_4 chứa 3 đlg H_3PO_4 .

NaOH chứa 1 ion OH^- trong phân tử nên phân tử NaOH chứa 1 đương lượng NaOH hay 1 mol NaOH chứa 1 đlg NaOH; $Ca(OH)_2$ chứa 2 ion OH^- trong phân tử nên phân tử $Ca(OH)_2$ chứa 2 đương lượng $Ca(OH)_2$ hay 1 mol $Ca(OH)_2$ chứa 2 đlg $Ca(OH)_2$.
dd HCl 0,1N = dd HCl 0,1M; dd H_2SO_4 2N = dd H_2SO_4 1M; dd NaOH 0,1N = dd NaOH 0,1M; dd $Ca(OH)_2$ 0,02N = dd $Ca(OH)_2$ 0,01M (M: nồng độ mol/L, biểu diễn số mol chất tan có trong 1 lít dung dịch. N: nồng độ đương lượng gam/L, biểu diễn số đlg chất tan có trong 1 lít dung dịch).

Chất oxi hóa $KMnO_4$ trong môi trường axit (thường là H_2SO_4) bị khử tạo muối Mn^{2+} , nên 1 phân tử $KMnO_4$ nhận 5 điện tử, nên 1 phân tử $KMnO_4$ chứa 5 đương lượng $KMnO_4$, 1 mol $KMnO_4$ chứa 5 đlg oxi hóa $KMnO_4$. Do đó dd $KMnO_4$ 1M = dd $KMnO_4$ 5N. 1 phân tử I_2 nhận 2 điện tử tạo 2 ion I^- . Do đó 1 mol I_2 có chứa 2 đlg I_2 . Do đó dd I_2 1M = dd I_2 2N. 1 phân tử $FeSO_4$ cho 1 điện tử để tạo Fe^{3+} do đó 1 mol

FeSO_4 chứa 1 đương lượng gam khử $\text{FeSO}_4 \Rightarrow \text{dd FeSO}_4 0,1\text{N} = \text{dd FeSO}_4 0,1\text{M}$. 1 phân tử $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ cho 1 điện tử để tạo $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$. Do đó 1 mol $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ có chứa 1 đlg khử $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \Rightarrow \text{dd Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 0,5\text{N} = \text{dd Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 0,5\text{M}$.

24. Dung dịch

Dung dịch là một hệ đồng nhất gồm hai hay nhiều chất trong đó các phân tử chất tan khuếch tán đều vào toàn bộ thể tích của dung môi. Giữa chất tan và dung môi trong dung dịch không có bề mặt phân chia (các chất trong dung dịch tạo một hệ đồng nhất, không phân biệt được bằng mắt thường, giữa các chất trong dung dịch)

Khi nói dung dịch mà không nói gì khác thì hiểu là dung dịch lỏng và dung môi là nước. Vì thật ra có dung dịch khí, dung dịch rắn và nhiều dung môi khác. Thí dụ hỗn hợp gồm hai khí N_2 và O_2 là một dung dịch khí. Hợp kim vàng với bạc là một dung dịch rắn.

Thí dụ: Dung dịch NaCl : chất tan là NaCl , dung môi là H_2O . Dung dịch H_2SO_4 : chất tan là H_2SO_4 , dung môi là nước. Nước đường: dung dịch saccarozơ (saccharose, saccharose, sucrose, $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$): chất tan là đường saccarozơ, dung môi là nước.

Dung dịch bão hòa chất tan A (Saturated solution) là dung dịch đã hòa tan tối đa chất tan A ở một nhiệt độ xác định. Với dung dịch đã bão hòa A nếu khi thêm A vào nữa, thì A sẽ không hòa tan vào dung dịch mà sẽ tách khỏi dung dịch (A sẽ kết tủa tách khỏi dung dịch, nếu A là chất tan rắn) hoặc phân lớp tách khỏi dung dịch (nếu A là chất tan lỏng)

Thí dụ: Ở 25°C , 100 gam H_2O hòa tan được tối đa 35,7 gam NaCl , như vậy dung dịch gồm 35,7 gam NaCl trong 100 gam H_2O ở 25°C là dung dịch bão hòa NaCl .

Ở 20°C 100 gam H_2O hòa tan được tối đa 197 gam saccarozơ (còn ở 100°C thì 100 gam H_2O hòa tan được tối đa 487 gam saccarozơ). Như vậy dung dịch gồm 100 gam nước hòa tan 197 gam đường (saccarozơ) ở 20°C là một dung dịch bão hòa saccarozơ.

Dung dịch chưa bão hòa chất tan A (Unsaturated solution) là dung dịch còn hòa tan được thêm chất tan A. Thí dụ dung dịch gồm 100 gam nước hòa tan 15 gam NaCl ở 25°C là dung dịch chưa bão hòa NaCl , dung dịch này có thể hòa tan thêm NaCl .

Dung dịch quá bão hòa chất tan A (Supersaturated solution) là dung dịch chứa chất tan A vượt quá nồng độ bão hòa ở nhiệt độ xác định.

Nguyên nhân có sự tạo dung dịch quá bão hòa là do thiếu mầm kết tinh. Khi cho một ít tinh thể cùng loại hay dùng đũa khuấy khuấy dung dịch hay cọ vào thành bình bên trong đựng dung dịch quá bão hòa thì lượng chất tan vượt quá nồng độ bão hòa sẽ kết tủa tách khỏi dung dịch và ta sẽ thu được dung dịch bão hòa chất tan đó.

Thí dụ: Khi đun nóng đến 100°C thì 100 gam H_2O hòa tan được tối đa 38,4 gam NaCl . Để nguội tự nhiên từ từ thì khi dung dịch về 25°C , thì ta vẫn thấy dung dịch trong suốt, như vậy ta thu được dung dịch quá bão hòa NaCl . Nếu cho một ít tinh thể NaCl vào hay khuấy dung dịch này thì lượng NaCl vượt quá nồng độ bão hòa ở 25°C sẽ kết tủa ($38,4\text{ g} - 35,7\text{ g} = 2,7\text{ g}$ NaCl kết tủa), và còn lại là dung dịch bão hòa NaCl ở 25°C .

25. Nồng độ dung dịch

Nồng độ dung dịch là đại lượng cho biết mức độ đậm đặc của dung dịch, nồng độ của dung dịch được biểu thị một lượng xác định chất tan có trong lượng xác định dung dịch hay dung môi.

- **Nồng độ phần trăm khối lượng** (Percent composition by mass, Percent by mass, Weight percent, %): biểu thị số phần khối lượng chất tan có trong một lượng 100 phần khối lượng dung dịch. Nếu đơn vị khối lượng là gam thì nồng độ phần trăm biểu thị số gam chất tan có trong 100 gam dung dịch.

Thí dụ: dung dịch NaCl 15%: có 15 gam NaCl trong 100 gam dung dịch (nếu không nói gì thêm, thì hiểu là có một chất tan NaCl và dung môi là nước), do đó có 100 g – 15 g = 85 g dung môi H₂O trong 100 gam dung dịch này.

- **Nồng độ mol/lít** (Nồng độ mol, Nồng độ phân tử gam/lít, Molarity, ký hiệu M): biểu thị số mol chất tan có trong 1 lít dung dịch.

Thí dụ: dung dịch H₂SO₄ 3M: có 3 mol H₂SO₄ trong 1 lít dung dịch này.

- **Nồng độ đương lượng gam/lít** (Nồng độ đương lượng, Độ nguyên chuẩn, Normality, ký hiệu N): biểu thị số đương lượng gam chất tan có trong 1 lít dung dịch.

Thí dụ: dung dịch H₂SO₄ 2N: có 2 đương lượng gam H₂SO₄ trong 1 lít dung dịch.

- **Nồng độ molan** (Molality, ký hiệu m): biểu thị số mol chất tan có trong 1000 gam dung môi.

Thí dụ: dung dịch C₂H₄(OH)₂ 1,5m: có 1,5 mol C₂H₄(OH)₂ (etylenglicol) trong 1000 gam dung môi (H₂O)

- **Phân mol** (Phần mol, Phân số mol, Mole fraction, x): biểu thị số mol chất tan có trong 1 mol dung dịch.

Thí dụ: dung dịch NaCl có phân mol NaCl 0,1 nghĩa là có 0,1 mol NaCl trong 1 mol dung dịch. Nếu không có chất tan nào khác thì 1 mol dung dịch này chứa 0,1 mol NaCl và 0,9 mol dung môi H₂O.

Tổng quát, phân mol của cấu tử i có trong một dung dịch hay một hỗn hợp là tỉ số giữa số mol của cấu tử i với tổng số mol các cấu tử có trong dung dịch hay hỗn hợp.

$$x_i = \frac{n_i}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots} = \frac{n_i}{\sum n_i}$$

$$0 \leq x_i \leq 1$$

$x_i = 0 \Rightarrow$ dd không chứa chất tan i

$x_i = 1 \Rightarrow$ chỉ có chất i nguyên chất

$$x_1 + x_2 + x_3 + \dots = \frac{n_1}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots} + \frac{n_2}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots} + \frac{n_3}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots} + \dots$$

$$= \sum x_i = \frac{n_1 + n_2 + n_3 + \dots}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots} = \frac{\sum n_i}{\sum n_i} = 1$$

$$\boxed{\sum x_i = 1} \quad (\text{Tổng các phân mol của dung dịch hay hỗn hợp bằng 1})$$

Tùy theo mục đích muốn xác định, cũng như dung dịch đậm đặc hay rất loãng, mà người ta đặt ra các loại nồng độ khác nhau. Thí dụ đặt nồng độ đương lượng để xác định nồng độ dung dịch khác khi định phân. Nồng độ mol/lít dễ hiểu, dễ pha chế, nhưng nồng độ này thay đổi theo nhiệt độ. Nồng độ molan, nồng độ phần trăm khối lượng, không thay đổi theo nhiệt độ,...

Chúng ta cần hiểu ý nghĩa của các loại nồng độ trên và chuyển đổi qua lại giữa các nồng độ này. Lúc này cần phải biết thêm trị số khối lượng riêng của dung dịch (biểu thị khối lượng của dung dịch có trong một đơn vị thể tích của dung dịch). Không nên thuộc lòng công thức chuyển đổi mà nên đi từ ý nghĩa của nồng độ cho để tìm nồng độ yêu cầu.

Thí dụ 1: Dung dịch H_2SO_4 62% có khối lượng riêng $D = 1,52 \text{ g/mL}$ (ở 20°C). Hãy cho biết nồng độ mol/L, nồng độ đlg/L, nồng độ molan, phân mol của dung dịch này (ở 20°C).
($H = 1$; $S = 32$; $O = 16$)

$$100 \text{ g dd} \longrightarrow 62 \text{ g H}_2\text{SO}_4 \text{ (M = 98)} \Rightarrow \frac{62 \text{ g}}{98 \text{ g/mol}} = \frac{62}{98} \text{ mol H}_2\text{SO}_4$$

$$\frac{100 \text{ g}}{1,52 \text{ g/mL}} = \frac{100}{1,52} \text{ mL dd} = \frac{0,1}{1,52} \text{ L dd.}$$

$$\text{Nồng độ mol/L} = \frac{\frac{62}{98} \text{ mol}}{\frac{0,1}{1,52} \text{ L}} = 9,6163 \text{ mol/L} \approx \mathbf{9,616 \text{ mol/L}} \text{ (dd H}_2\text{SO}_4 \mathbf{9,616 \text{ M}})$$

1 phân tử H_2SO_4 có chứa 2 ion H^+ , nên 1 mol H_2SO_4 có chứa 2 đlg H_2SO_4 , do đó nồng độ đlg/L của dung dịch là: $9,616 \text{ mol/L} (2 \text{ đlg/mol}) = 19,232 \text{ đlg/L} = 19,232 \text{ N}$
(dd H_2SO_4 **19,232 N**)

$$100 \text{ g dd} - 62 \text{ g chất tan} = 38 \text{ g dm (H}_2\text{O)}$$

$$38 \text{ g dm} \longrightarrow \frac{62}{98} \text{ mol H}_2\text{SO}_4$$

$$1000 \text{ g dm} \longrightarrow ?$$

$$\text{Nồng độ molan là: } \frac{\frac{62}{98} \times 1000}{38} = 16,64876 \approx 16,649 \text{ m (dd H}_2\text{SO}_4 \mathbf{16,649 \text{ m}})$$

$$100 \text{ g dd chứa } 62 \text{ g H}_2\text{SO}_4, 38 \text{ g H}_2\text{O} \Rightarrow \frac{62}{98} \text{ mol H}_2\text{SO}_4; \frac{38}{18} \text{ mol H}_2\text{O}$$

Phân mol của chất tan H_2SO_4 trong dung dịch này là:

$$x_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{\frac{62}{98}}{\frac{62}{98} + \frac{38}{18}} = \mathbf{0,23} \text{ (phân mol của H}_2\text{SO}_4 \text{ là } 0,23; \text{ phân mol của dung môi H}_2\text{O là } 0,77)$$

(Có thể kiểm lại bằng cách lấy một trong các kết quả tính được để đổi ra bốn nồng độ kia)

Thí dụ 2: Dung dịch NH_3 13,8M có khối lượng riêng 0,904 g/mL (ở 20°C). Hãy xác định nồng độ phần trăm khối lượng, nồng độ đlg/L, nồng độ molan, phân mol của dung dịch này (ở 20°C).

$$(N = 14; H = 1; O = 16)$$

$$1 \text{ L dd} = 1000 \text{ mL dd} \longrightarrow 13,8 \text{ mol NH}_3 \Rightarrow 13,8 \text{ mol} (17 \text{ g/mol}) = 234,6 \text{ g NH}_3$$

$$\text{Khối lượng của 1 lít dd là: } 1000 \text{ mL}(0,904 \text{ g/mL}) = 904 \text{ g dd}$$

$$904 \text{ g dd} \longrightarrow 234,6 \text{ g NH}_3$$

$$100 \text{ g dd} \longrightarrow ?$$

Nồng độ phần trăm khối lượng của dung dịch là:

$$\frac{234,6 \times 100}{904} = 25,95 \text{ (dd NH}_3 \text{ **25,95%**)}$$

1 phân tử trung hòa được 1 ion H^+ (để tạo muối NH_4^+ , hay 1 phân tử NH_3 trong nước, trên nguyên tắc, có thể phân ly tạo 1 ion OH^-) nên 1 mol NH_3 có chứa 1 đlg NH_3 . Do đó nồng độ đlg/L của dung dịch là:

$$13,8 \text{ mol/L} (1 \text{ đlg/mol}) = 13,8 \text{ đlg/L (dd NH}_3 \text{ **13,8 N**)}$$

$$1 \text{ L dd} = 1000 \text{ mL dd} \longrightarrow 13,8 \text{ mol NH}_3 \Rightarrow 13,8 \text{ mol} (17 \text{ g/mol}) = 234,6 \text{ g NH}_3$$

$$\text{Khối lượng của 1 lít dd là: } 1000 \text{ mL} (0,904 \text{ g/mL}) = 904 \text{ g dd}$$

$$\text{Khối lượng dung môi có trong 1 lít dung dịch là: } 904 \text{ g dd} - 234,6 \text{ g chất tan} = 669,4 \text{ g dm (H}_2\text{O)}$$

$$669,4 \text{ g dm} \longrightarrow 13,8 \text{ mol NH}_3$$

$$1000 \text{ g dm} \longrightarrow ?$$

$$\text{Nồng độ molan của dung dịch là: } \frac{13,8 \times 1000}{669,4} = 20,615 \text{ (dd NH}_3 \text{ **20,615 m**)}$$

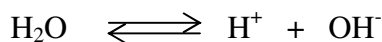
$$1 \text{ lít dd chứa: } 13,8 \text{ mol NH}_3; \frac{669,4}{18} \text{ mol H}_2\text{O}$$

Phân mol của NH_3 là:

$$x_{\text{NH}_3} = \frac{13,8}{13,8 + \frac{669,4}{18}} = 0,27 \text{ (phân mol của NH}_3 \text{ là **0,27**; phân mol của H}_2\text{O là 0,73)}$$

26. pH, pOH (power of hydrogen, potential of hydrogen, power of hydronium ion concentration, power of hydroxide ion concentration, chỉ số đo nồng độ ion H^+ , ion OH^- của dung dịch loãng)

Nước tự nhiên (sông, suối, ao, hồ, biển, giếng,...) dẫn điện là do trong đó có hiện diện nhiều ion như Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Fe^{2+} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Br^- ,... Tuy nhiên nước thật tinh khiết (chưng cất nhiều lần) vẫn dẫn điện, mặc dù rất yếu. Điều này chứng tỏ trong nước nguyên chất cũng có ion, đó là ion H^+ (hay H_3O^+) và ion OH^- do nước tự phân ly ra. Tích số nồng độ mol/L của hai ion H^+ và OH^- trong nước nguyên chất (hay trong bất cứ dung dịch nào có nước, như dung dịch axit, dung dịch bazơ, dung dịch muối,...) bằng hằng số, bằng 10^{-14} ở 25°C . Đại lượng này được gọi là **tích ion của nước** (K_w).



$$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \quad (\text{ở } 25^\circ\text{C})$$

$[\text{H}^+]$: nồng độ ion H^+ , biểu diễn số mol ion H^+ có trong 1 lít dung dịch (hay 1 lít H_2O)

$[\text{OH}^-]$: nồng độ ion OH^- , biểu diễn số mol ion OH^- có trong 1 lít dung dịch (hay 1 lít H_2O)

Trong thực tế sự phân ly ion của nước không đáng kể, tính ra trung bình khoảng 555 triệu phân tử H_2O mới có 1 phân tử H_2O phân ly ion. Do đó nước được coi là một chất không điện ly.

Với nước nguyên chất hay một dung dịch trung tính (trung hòa, không có tính axit, cũng không có tính bazơ), thì số ion H^+ bằng số ion OH^- hay nồng độ mol/L của hai ion này trong nước hay trong dung dịch trung tính bằng nhau, $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$

$$\begin{aligned} \text{Từ: } K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} &\Rightarrow [\text{H}^+]^2 = [\text{OH}^-]^2 = 10^{-14} \\ &\Rightarrow [\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ mol ion/L} \end{aligned}$$

Với nồng độ ion H^+ , ion OH^- quá nhỏ như trên không thông dụng (khó tưởng tượng, khó hiểu, không đại chúng) nên người ta đưa ra định nghĩa pH như sau để biểu thị nồng độ ion H^+ , ion OH^- của các dung dịch axit, bazơ rất loãng:

$$\text{pH} = \log \frac{1}{[\text{H}^+]} = -\log[\text{H}^+]$$

log: logarit thập phân, có cơ số bằng 10, nghĩa là $\log 10 = 1$

$[\text{H}^+]$: nồng độ ion H^+ của dung dịch, biểu thị số mol ion H^+ có trong 1 lít dung dịch

Khái niệm pH được đưa ra đầu tiên bởi nhà sinh hóa người Đan Mạch, Soren Peter Lauritz Sorensen, vào năm 1909.

Ngược với các cách biểu diễn nồng độ khác, ở đây dung dịch có nồng độ ion H^+ lớn thì có trị số pH thấp và ngược lại, nồng độ ion H^+ thấp thì có trị số pH cao. Nghĩa là trị số pH tỉ lệ nghịch với nồng độ ion H^+ . Dung dịch càng có tính axit thì có trị số pH càng thấp, dung dịch càng có tính bazơ thì trị số pH càng cao.

Nhắc lại: $\log 1 = 0$ (log còn ký hiệu là lg)

$$\log 10 = 1$$

$$\log(a.b.c) = \log a + \log b + \log c$$

$$\log\left(\frac{a}{b}\right) = \log a - \log b$$

$$\log a^n = n \log a$$

$$\log a = \log b \Rightarrow a = b \quad a > b \Rightarrow \log a > \log b$$

$$\log a > 0 \text{ nếu } a > 1$$

$$\log a < 0 \text{ nếu } a < 1$$

- Với **nước nguyên chất** (H_2O) hay **dung dịch trung tính** (trung hòa)
 $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ M} \Rightarrow \text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log 10^{-7} = -(-7)\log 10 = 7(1) = 7$

Như vậy với nước nguyên chất hay dung dịch trung tính thì có **pH = 7**

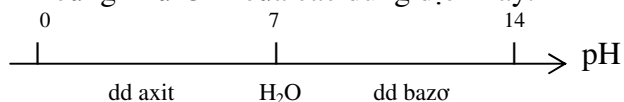
- Với **dung dịch axit** (acid) hay có tính axit (như dung dịch muối bị thủy phân, như NH_4Cl)
 $\Rightarrow [\text{H}^+] > [\text{OH}^-]$
 $\Rightarrow [\text{H}^+] > 10^{-7} \text{ M}$
 $\Rightarrow \frac{1}{[\text{H}^+]} < \frac{1}{10^{-7}}$
 $\Rightarrow \log\left(\frac{1}{[\text{H}^+]}\right) < \log\left(\frac{1}{10^{-7}}\right)$
 $\Rightarrow \text{pH} < \log 1 - \log 10^{-7} = 0 - (-7)\log 10 = 7(1) = 7$
 $\Rightarrow \text{pH} < 7$

Như vậy với dung dịch axit hay có tính axit thì có trị số **pH < 7**

- Với **dung dịch bazơ** hay có tính bazơ (như dung dịch muối CH_3COONa bị thủy phân)
 $\Rightarrow [\text{OH}^-] > [\text{H}^+]$
 $\Rightarrow [\text{OH}^-] > 10^{-7} \text{ M}$
 $\Rightarrow [\text{H}^+] = \frac{10^{-14}}{[\text{OH}^-]} < \frac{10^{-14}}{10^{-7}}$
 $\Rightarrow [\text{H}^+] < 10^{-7} \text{ M}$
 $\Rightarrow \frac{1}{[\text{H}^+]} > \frac{1}{10^{-7}}$
 $\Rightarrow \log\left(\frac{1}{[\text{H}^+]}\right) > \log\left(\frac{1}{10^{-7}}\right)$
 $\Rightarrow \text{pH} > \log 1 - \log 10^{-7} = 0 - (-7).\log 10 = 7$
 $\Rightarrow \text{pH} > 7$

Như vậy dung dịch bazơ hay có tính bazơ có **pH > 7**

Thường thang pH áp dụng cho các dung dịch axit (acid), bazơ (baz, base) loãng, thường có $[\text{H}^+] \leq 1 \text{ mol ion/L}$, cũng như $[\text{OH}^-] \leq 1 \text{ mol ion/L}$, nên pH các dung dịch này biên thiên từ 0 đến 14. Trên lý thuyết, có $\text{pH} < 0$ (pH âm) cũng như $\text{pH} > 14$, nhưng đây là các dung dịch axit, bazơ có nồng độ không loãng, nên người ta không dùng đại lượng pH nữa để biểu thị nồng độ ion H^+ cũng như OH^- của các dung dịch này.



Để xác định pH của một dung dịch người ta dùng pH kế (hay pH met) hay dùng giấy đo pH. Giấy đo pH là loại giấy có tẩm chất chỉ thị màu thích hợp, tùy theo nồng độ của ion H^+ , OH^- (trị số pH) mà nó có màu khác nhau, dùng giấy này nhúng vào dung dịch cần đo pH rồi so sánh màu với bảng màu chuẩn để xem màu của giấy đo tiếp với màu nào và như vậy cho ta biết được khoảng chừng trị số pH của dung dịch. Do đó giấy đo pH chỉ giúp ta dự đoán khoảng chừng pH của dung dịch chứ không cho trị số chính xác. Muốn có trị số pH chính xác của dung dịch, ta phải cần dùng pH kế.

Dưới đây là trị số pH của một số dung dịch:

dung dịch HCl 10M có pH = -1

dung dịch HCl 1M có pH = 0

dd axit trong bình acqui (dd H₂SO₄) có pH khoảng 0,5

dịch vị (nước trong bao tử, dd HCl) có pH khoảng 1,5 – 2,0

nước chanh (chứa acid citric) có pH khoảng 2,4

nước cocacola có pH khoảng 2,5

dấm ăn (dd CH₃COOH) có pH khoảng 2,9

nước cam vắt hay nước táo (bom) ép có pH khoảng 3,5

nước cà chua có pH khoảng 4,0

bia có pH khoảng 4,5

mưa axit có pH < 5

cà phê có pH khoảng 5,0

nước trà (chè) có pH khoảng 5,5

nước tiểu (nước đái) có pH khoảng 6,0

sữa có pH khoảng 6,5

nước nguyên chất có pH = 7

nước bọt (nước miếng) người có pH khoảng 6,5 – 7,4

máu có pH khoảng 7,34 – 7,45

nước biển có pH khoảng 7,7 – 8,3

xà phòng (xà bông) có pH khoảng 9,0 – 10,0

dung dịch amoniac lau vật dụng trong nhà có pH khoảng 11,5

nước tẩy áo quần có pH khoảng 12,5

nước vôi quét tường có pH khoảng 12,7

dung dịch kiềm dùng trong nhà (để tẩy dầu mỡ lò nấu, bồn cầu tiêu,...) (household lye, dd gồm NaOH- Na₂CO₃) có pH khoảng 13,5

dung dịch NaOH 1M có pH = 14

dung dịch NaOH 2M có pH = 14,3

(Chủ yếu tham khảo của trang web: <http://en.wikipedia.org/wiki/PH>)

Từ: $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$

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

$$\Rightarrow \log[\text{H}^+] = -\text{pH} \cdot \log 10 = \log 10^{-\text{pH}}$$

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

Nghĩa là biết pH của dung dịch thì ta biết được nồng độ ion H⁺ của dung dịch đó

Thí dụ: Dung dịch A có pH = 2 $\Rightarrow$ nồng độ ion H⁺ của dung dịch A là:

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2} \text{ M}$$

Người ta còn định nghĩa đại lượng pOH như sau:

$$\text{pOH} = \log\left(\frac{1}{[\text{OH}^-]}\right) = -\log[\text{OH}^-]$$

[OH⁻]: nồng độ của ion OH⁻ trong dung dịch, biểu diễn số mol ion OH⁻ có trong 1 lít dung dịch.

pOH và nồng độ OH⁻ tỉ lệ nghịch nhau, [OH⁻] ↑ thì pOH ↓

và ngược lại, [OH⁻] ↓ thì pOH ↑

Tương tự, nếu biết pOH của một dung dịch ta sẽ tính được nồng độ OH^- của dung dịch này bằng công thức:

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}}$$

Thí dụ: Dung dịch B có pOH = 12 $\Rightarrow$ nồng độ ion OH^- của dung dịch B là:
 $[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-12} \text{ M}$

$$\begin{aligned} \text{Từ:} \quad & [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14} \\ \Rightarrow & -\log[\text{H}^+] - \log[\text{OH}^-] = -\log 10^{-14} \\ \Rightarrow & \text{pH} + \text{pOH} = -(-14) \log 10 = 14.(1) = 14 \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \boxed{\text{pH} + \text{pOH} = 14}$$

Nghĩa là tổng trị số pH và pOH của cùng một dung dịch thì bằng 14. Do đó nếu biết được pH ta sẽ tính được pOH của dung dịch đó hoặc ngược lại, biết pOH ta tìm được pH của dung dịch đó.

Thí dụ 1:

Tính pH của các dung dịch: HCl 0,1M; H_2SO_4 0,005M; NaOH 0,1M; $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 0,005M.

Cho biết các axit bazơ trên là các axit, bazơ mạnh, nó phân ly hoàn toàn tạo ion trong dung dịch (coi phân tử H_2SO_4 phân ly hết trong dung dịch tạo 2 ion H^+ và ion SO_4^{2-})

$$\begin{aligned} & \text{HCl} \longrightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^- \\ \text{1 lít dd:} \quad & 0,1 \text{ mol} \Rightarrow 0,1 \text{ mol} \\ \Rightarrow & \text{có } 0,1 \text{ mol ion } \text{H}^+ \text{ trong 1 lít dung dịch} \Rightarrow [\text{H}^+] = 0,1 \text{ M} = 10^{-1} \text{ M} \\ \text{pH} &= -\log[\text{H}^+] = -\log 10^{-1} = -(-1) \cdot \log 10 = 1 \\ \mathbf{pH} &= \mathbf{1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} \\ \text{1 lít dd:} \quad & 0,005 \text{ mol} \Rightarrow 0,01 \text{ mol} \\ \Rightarrow & [\text{H}^+] = 0,01 \text{ M} = 10^{-2} \text{ M} \\ \text{pH} &= -\log[\text{H}^+] = -\log 10^{-2} = -(-2) \cdot \log 10 = 2 \\ \mathbf{pH} &= \mathbf{2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^- \\ \text{1 lít dd:} \quad & 0,1 \text{ mol} \Rightarrow 0,1 \text{ mol} \\ \Rightarrow & [\text{OH}^-] = 0,1 \text{ M} \Rightarrow \text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log(0,1) = -(-1) = 1 \\ \text{Mà:} \quad & \text{pH} + \text{pOH} = 14 \\ \Rightarrow & \text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 1 \Rightarrow \mathbf{pH} = \mathbf{13} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Ca}(\text{OH})_2 \longrightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- \\ \text{1 lít dd:} \quad & 0,005 \text{ mol} \Rightarrow 0,01 \text{ mol} \\ \Rightarrow & [\text{OH}^-] = 0,01 \text{ mol/L} = 10^{-2} \text{ M} \\ \Rightarrow & \text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] = -\log 10^{-2} = -2(-1) \log 10 = 2 \\ \text{Mà:} \quad & \text{pH} + \text{pOH} = 14 \Rightarrow \text{pH} = 14 - \text{pOH} = 14 - 2 = \mathbf{12} \end{aligned}$$

Hoặc nếu không tính pOH bằng công thức $pOH = -\log[OH^-]$, thì từ nồng độ ion OH^- , áp dụng biểu thức $K_w = [H^+][OH^-]$, ta tính được $[H^+]$ của dung dịch rồi tính pH bằng công thức $pH = -\log[H^+]$.

Thí dụ với dung dịch $Ca(OH)_2$ 0,005M, có $[OH^-] = 0,01M \Rightarrow [H^+] = \frac{10^{-14}}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{0,01}$
 $\Rightarrow [H^+] = 10^{-12} M \Rightarrow pH = -\log[H^+] = \log 10^{-12} = -(-12). \log 10 = 12$

Thí dụ 2:

Từ dung dịch HCl có pH = 1, muốn thu được dung dịch HCl có pH = 2 thì phải pha loãng dung dịch bao nhiêu lần? Tương tự từ dung dịch NaOH có pH = 13, muốn thu được dung dịch có pH = 11 thì phải pha loãng bao nhiêu lần?

Chú ý là V_{dd} sau khi pha loãng = nV_{dd} trước khi pha loãng thì đã pha loãng n lần; Và số mol ion H^+ cũng như ion OH^- trong dung dịch sau khi pha loãng bằng số mol ion H^+ cũng như ion OH^- có trong dung dịch trước khi pha loãng.

V_t : thể tích dung dịch trước khi pha loãng (lít)

V_s : thể tích dung dịch sau khi pha loãng (lít)

Dung dịch HCl trước khi pha loãng có pH = 1 $\Rightarrow [H^+]_t = 10^{-pH} = 10^{-1}M$

Dung dịch HCl sau khi pha loãng có pH = 2 $\Rightarrow [H^+]_s = 10^{-pH} = 10^{-2}M$

Số mol ion H^+ trong dung dịch sau khi pha loãng bằng số mol ion H^+ có trong dung dịch trước

khi pha loãng $\Rightarrow C_s V_s = C_t V_t \Rightarrow 10^{-2} V_s = 10^{-1} V_t \Rightarrow V_s = \frac{10^{-1} V_t}{10^{-2}} = 10 V_t$

$V_s = 10 V_t$. Như vậy đã pha loãng dung dịch HCl **10 lần**. (Lấy 1 phần thể tích dd HCl có pH = 1 cho vào một ống đong hình trụ (eprouvet, cylindrer, graduated cylindrer, éprouvette) sau đó thêm nước cất vào cho đến 10 phần thể tích, ta thu được dd HCl có pH = 2)

Làm tương tự với dung dịch NaOH, nhưng với dung dịch bazơ thì số mol ion OH^- trong dung dịch sau khi pha loãng bằng số mol OH^- có trong dung dịch trước khi pha loãng.

Dung dịch NaOH trước khi pha loãng có pH = 13 $\Rightarrow pOH = 14 - pH = 14 - 13 = 1$

$\Rightarrow [OH^-]_t = 10^{-pOH} = 10^{-1} M$

Dung dịch NaOH sau khi pha loãng có pH = 11 $\Rightarrow pOH = 14 - pH = 14 - 11 = 3$

$\Rightarrow [OH^-]_s = 10^{-3} M$

$C_s V_s = C_t V_t \Rightarrow 10^{-3} V_s = 10^{-1} V_t \Rightarrow V_s = \frac{10^{-1} V_t}{10^{-3}} = 100 V_t$

$V_s = 100 V_t$. Như vậy đã pha loãng 100 lần. (Lấy 1 mL dd NaOH có pH = 13 cho vào bình cầu định mức có thể tích 100 mL (fiol, volumetric flask, fiole), rồi thêm nước cất vào cho đến vạch đủ 100, lắc đều, ta đã thu được 100 mL dd NaOH có pH = 11)

Thí dụ 3:

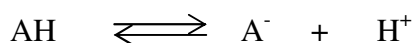
Tính pH của dung dịch CH_3COOH 0,1M. Biết rằng CH_3COOH trong dung dịch này có độ điện ly (phần trăm phân ly ion) $\alpha = 1,34\%$ (ở 25°C).

Tính pH của dung dịch CH_3COOH 0,1M. Biết rằng CH_3COOH có hằng số phân ly ion (K_a) bằng $1,8 \cdot 10^{-5}$ (ở 25°C).

Chú ý là với dung dịch **axit hay bazơ yếu**, để tính được pH, ngoài **nồng độ mol/L** của dung dịch, cần phải biết **độ điện ly (α)** hoặc hằng số phân ly ion **K_a , K_b** , thì mới biết được nồng độ của ion H^+ , OH^- trong dung dịch và do đó mới tính được pH của các dung dịch loại này.

Nồng độ mol/L đầu bài cho là nồng độ đã cho cho axit hay bazơ vào dung dịch lúc đầu (trước khi phân ly thành ion trong dung dịch). Độ điện ly (α) (hay phần trăm phân ly ion) có ý nghĩa cứ 1 mol chất điện ly cho vào dung dịch lúc đầu thì có α mol chất điện ly này phân ly thành ion thực sự để đạt mức cân bằng.

Axit yếu AH có sự phân ly một phần thành ion trong dung dịch để sự cân bằng ion (cân bằng giữa dạng ion và dạng phân tử trong dung dịch)



Hằng số phân ly ion K_a của axit yếu AH trên là:

$$K_a = \left(\frac{[A^-][H^+]}{[AH]} \right)_{cb}$$

1 lít dd $\left| \begin{array}{l} \text{lúc đầu (t = 0):} \\ \text{lúc cân bằng (t}_{cb}\text{):} \end{array} \right. \begin{array}{lll} CH_3COOH & \rightleftharpoons & CH_3COO^- + H^+ \\ C \text{ mol có} & 0 & 0 \text{ (lúc đầu chưa phân ly ion)} \\ \alpha C \text{ mol phân ly} & \alpha C & \alpha C \text{ mol tạo} \end{array}$
(1 mol phân ly α mol. 1 lít có chứa C mol nên số mol CH_3COOH đã phân ly trong 1 lít dd để đạt cân bằng là αC mol)
Như vậy nồng độ ion H^+ lúc đạt cân bằng (coi như phân ly xong) là $[H^+]_{cb} = \alpha C$ (mol ion/L)

$$pH = -\log[H^+] \Rightarrow$$

$$pH = -\log(\alpha C)$$

Với dd CH_3COOH 0,1M. Độ điện ly 1,34%

$$\Rightarrow C = 0,1 \text{ M} = 10^{-1} \text{ M}; \alpha = 1,34\% = 0,0134 = 1,34 \cdot 10^{-2}$$

$$pH = -\log(\alpha C) = -\log(1,34 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-1}) = \mathbf{2,87}$$

1 lít dd $\left| \begin{array}{l} \text{lúc đầu (t = 0):} \\ \text{lúc cân bằng (t}_{cb}\text{):} \end{array} \right. \begin{array}{lll} CH_3COOH & \rightleftharpoons & CH_3COO^- + H^+ \\ C \text{ mol có} & 0 & 0 \text{ (lúc đầu chưa phân ly ion)} \\ x \text{ mol phân ly} & x & x \text{ mol tạo} \end{array}$
(x: số mol CH_3COOH thực sự phân ly thành ion trong 1 lít dd để đạt cân bằng)

$$K_a = \left(\frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]} \right)_{cb} = \frac{x \cdot x}{C - x} = \frac{x^2}{C - x} = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ (biết C, giải phương trình bậc hai, tìm được x, tức biết nồng độ ion } H^+, \text{ nên tính được pH của dung dịch)}$$

Hằng số phân ly ion $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$ khá nhỏ, sự phân ly ion không đáng kể, nên $x \ll C$
 $\Rightarrow C - x \approx C$ (Khi hằng số phân ly ion $< 10^{-4}$ thì có thể bỏ qua x so với C, số mol phân ly so với số mol chất điện ly lúc đầu. Cũng như khi $\alpha < 5\%$, thì có thể bỏ qua α , so với 1, số mol chất điện ly phân ly ion so với 1 mol chất điện ly có lúc đầu)

$$\text{Từ: } \frac{x^2}{C - x} = 1,8 \cdot 10^{-5} \Rightarrow \frac{x^2}{C} \approx 1,8 \cdot 10^{-5} \Rightarrow x^2 = 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot C = 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,1 = 1,8 \cdot 10^{-6}$$

$$\Rightarrow x = 1,34 \cdot 10^{-3}$$

$$[H^+]_{cb} = x = 1,34 \cdot 10^{-3} M \Rightarrow pH = -\log[H^+] = -\log(1,34 \cdot 10^{-3}) = \mathbf{2,87}$$

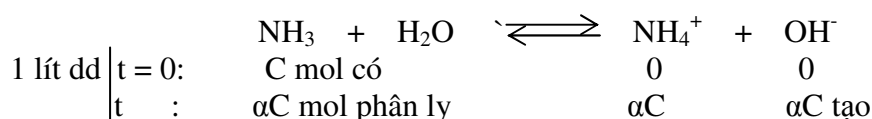
Có thể tìm lại được độ điện ly α của CH_3COOH trong dung dịch là $\alpha = \frac{x}{C} = \frac{1,34 \cdot 10^{-3}}{0,1} = 1,34 \cdot 10^{-2} = \mathbf{1,34\%}$

(Độ điện ly theo định nghĩa là tỉ số giữa số phân tử chất điện ly thực sự phân ly thành ion với số phân tử chất điện ly đem hòa tan trong dung dịch lúc đầu)

Thí dụ 4:

Tính pH dung dịch NH_3 0,1M. Cho biết NH_3 có độ điện ly 1,34% trong dung dịch này (ở 25°C).

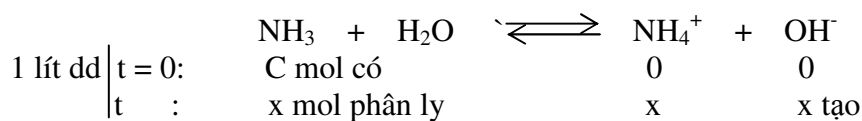
Tính pH dung dịch NH_3 0,1M. Biết NH_3 có hằng số phân ly ion $K_b = 1,8 \cdot 10^{-5}$ (ở 25°C).



$$\Rightarrow [OH^-]_{cb} = \alpha C \text{ mol ion/L} \Rightarrow pOH = -\log[OH^-] \Rightarrow pOH = -\log \alpha C$$

$$\text{Thế: } C = 0,1 \text{ M} = 10^{-1}; \alpha = 1,34\% = 1,34 \cdot 10^{-2} \Rightarrow pOH = -\log(1,34 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-1}) = 2,87$$

$$\text{Mà: } pH + pOH = 14 \Rightarrow pH = 14 - pOH = 14 - 2,87 = \mathbf{11,13}$$



$$K_b = \left(\frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} \right)_{cb} = \frac{x \cdot x}{C - x} = \frac{x^2}{C - x} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

K_b có trị số khá nhỏ, sự phân ly ion không đáng kể $\Rightarrow x \ll C \Rightarrow C - x \approx C$

$$\text{Từ: } \frac{x^2}{C - x} = 1,8 \cdot 10^{-5} \Rightarrow \frac{x^2}{C} \approx 1,8 \cdot 10^{-5} . \text{ Thế } C = 0,1 \text{ M} \Rightarrow \frac{x^2}{0,1} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

$$\Rightarrow x^2 = 1,8 \cdot 10^{-6} \Rightarrow x = 1,34 \cdot 10^{-3} \text{ M.}$$

$$\Rightarrow [OH^-] = x = 1,34 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$pOH = -\log[OH^-] = -\log(1,34 \cdot 10^{-3}) = 2,87$$

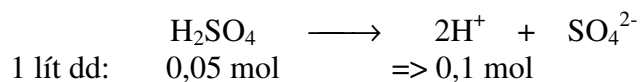
$$pH = 14 - 2,87 = \mathbf{11,13}$$

$$(\text{Độ điện ly } \alpha = \frac{x}{C} = \frac{1,34 \cdot 10^{-3}}{0,1} = 1,34 \cdot 10^{-2} = 1,34/100 = \mathbf{1,34\%})$$

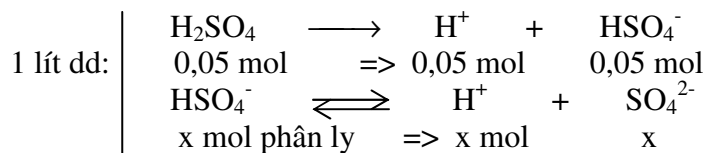
Thí dụ 5:

Tính pH của dung dịch H_2SO_4 0,05M trong hai trường hợp:

- Coi H_2SO_4 phân ly hoàn toàn tạo 2 H^+ , SO_4^{2-}
- Chức axit thứ nhất mạnh (phân ly hoàn toàn tạo H^+ , HSO_4^-), chức axit thứ nhì có độ mạnh trung bình, có hằng số phân ly ion $K_{a2} = 10^{-2}$.



$$\Rightarrow [\text{H}^+] = 0,1 \text{ mol ion/L} \Rightarrow \text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log 0,1 = -\log 10^{-1} = -(-1)\log 10 = \mathbf{1}$$



$$K_{a2} = \frac{[\text{H}^+][\text{SO}_4^{2-}]}{[\text{HSO}_4^-]} = \frac{(x+0,05)(x)}{0,05-x} = 10^{-2} \Rightarrow x^2 + 0,05x = 0,05 \cdot 10^{-2} - 10^{-2}x$$

$$\Rightarrow x^2 + 0,06x - 5 \cdot 10^{-4} = 0$$

$$\Rightarrow \left| \begin{array}{l} x = 7,4 \cdot 10^{-3} \\ x = -0,0674 < 0: \text{loại} \end{array} \right.$$

$$[\text{H}^+] = x + 0,05 = 7,4 \cdot 10^{-3} + 0,05 = 0,0574 \text{ M} \Rightarrow \text{pH} = -\log[\text{H}^+] = -\log 0,0574 = \mathbf{1,24}$$

Cách tính trường hợp sau chính xác hơn so với trường hợp trước. Cách sau cho thấy pH dung dịch có trị số cao hơn (1,24 so với 1) là do ít phân ly H^+ hơn.