

Bài toán thực tế về Hóa học và Môi trường

Chuyên đề này tổng hợp các dạng bài toán thực tế liên quan đến hóa học và các vấn đề môi trường, thường xuất hiện trong các kỳ thi, đặc biệt là kỳ thi THPT Quốc gia. Việc nắm vững kiến thức này không chỉ giúp các em đạt điểm cao mà còn nâng cao nhận thức về bảo vệ môi trường.

Phần 1: Ô nhiễm không khí

1. Hiệu ứng nhà kính và bài toán khí CO₂

Khái niệm: Hiệu ứng nhà kính là hiện tượng Trái Đất nóng lên do bức xạ sóng ngắn của Mặt Trời có thể xuyên qua bầu khí quyển, nhưng bức xạ sóng dài từ mặt đất bị các khí nhà kính (chủ yếu là CO₂, CH₄, N₂O...) giữ lại, không cho thoát ra ngoài không gian.

Bài toán trọng tâm: Tính toán lượng khí CO₂ sinh ra từ quá trình đốt cháy nhiên liệu hóa thạch (than, xăng, dầu, khí gas).

Phương trình tổng quát:

- Đốt than (Cacbon): $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$
- Đốt xăng (giả sử là octan C₈H₁₈): $2\text{C}_8\text{H}_{18} + 25\text{O}_2 \rightarrow 16\text{CO}_2 + 18\text{H}_2\text{O}$
- Đốt khí gas (propan C₃H₈ và butan C₄H₁₀): $\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 \rightarrow 3\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ và $2\text{C}_4\text{H}_{10} + 13\text{O}_2 \rightarrow 8\text{CO}_2 + 10\text{H}_2\text{O}$

Ví dụ minh họa:

1. **Ví dụ 1:** Đốt cháy hoàn toàn 1 tấn than chứa 92% cacbon, phần còn lại là tạp chất không cháy. Tính thể tích khí CO₂ (đktc) thải vào khí quyển.

2. **Giải:**

- Khối lượng cacbon trong 1 tấn than: $m_C = 1000 \text{ kg} \cdot 92\% = 920 \text{ kg} = 920000 \text{ g}$.
- Số mol cacbon: $n_C = 920000 / 12 \text{ (mol)}$.
- Phương trình: $C + O_2 \rightarrow CO_2$.
- Theo phương trình, $n_{CO_2} = n_C = 920000 / 12 \text{ (mol)}$.
- Thể tích CO₂ (đktc): $V_{CO_2} = (920000 / 12) \cdot 22.4 \approx 1717333.3 \text{ lít} \approx 1717.3 \text{ m}^3$.

3. **Ví dụ 2:** Một chiếc xe máy tiêu thụ hết 2 kg xăng (giả sử chỉ chứa C₈H₁₈ và C₉H₂₀ với tỉ lệ mol 1:1). Tính tổng khối lượng CO₂ đã thải ra môi trường.

4. **Giải:**

- Gọi số mol C₈H₁₈ là x, thì số mol C₉H₂₀ cũng là x.
- Khối lượng xăng: $m_{\text{xăng}} = x \cdot M(C_8H_{18}) + x \cdot M(C_9H_{20}) = 2000 \text{ g}$.
- $\Rightarrow x \cdot 114 + x \cdot 128 = 2000 \Rightarrow 242x = 2000 \Rightarrow x \approx 8.26 \text{ mol}$.
- Phương trình cháy:
 $C_8H_{18} \rightarrow 8CO_2$
 $C_9H_{20} \rightarrow 9CO_2$
- Tổng số mol CO₂: $n_{CO_2} = 8x + 9x = 17x = 17 \cdot 8.26 \approx 140.42 \text{ mol}$.
- Khối lượng CO₂: $m_{CO_2} = 140.42 \cdot 44 \approx 6178.5 \text{ g} \approx 6.18 \text{ kg}$.

2. Mưa axit

Khái niệm: Mưa axit là hiện tượng nước mưa có độ pH thấp hơn 5.6, được tạo ra khi các oxit phi kim như lưu huỳnh đioxit (SO_2) và các oxit của nitơ (NO_x) phản ứng với hơi nước trong khí quyển để tạo thành axit sunfuric (H_2SO_4) và axit nitric (HNO_3).

Phương trình phản ứng chính:

- $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \text{ (xúc tác)} \rightarrow 2\text{SO}_3$
- $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$
- $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{HNO}_3$

Bài toán trọng tâm: Tính toán khối lượng oxit gây ô nhiễm từ việc đốt nhiên liệu chứa lưu huỳnh, nitơ; tính nồng độ axit trong nước mưa.

Ví dụ minh họa:

1. **Ví dụ 1:** Một nhà máy nhiệt điện mỗi ngày đốt hết 500 tấn than đá chứa 1.6% lưu huỳnh. Giả sử toàn bộ lượng lưu huỳnh cháy tạo thành SO_2 . Tính khối lượng khí SO_2 nhà máy thải ra khí quyển mỗi ngày.

2. Giải:

- Khối lượng lưu huỳnh trong 500 tấn than: $m_S = 500 \text{ tấn} \cdot 1.6\% = 8 \text{ tấn} = 8000 \text{ kg}$.
- Số mol S: $n_S = 8000 / 32 = 250 \text{ kmol}$.
- Phương trình: $\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2$.
- Theo phương trình, $n_{\text{SO}_2} = n_S = 250 \text{ kmol}$.
- Khối lượng SO_2 : $m_{\text{SO}_2} = 250 \cdot 64 = 16000 \text{ kg} = 16 \text{ tấn}$.

3. **Ví dụ 2:** Khí thải của một nhà máy có chứa SO_2 với nồng độ 0.02 mol/m^3 . Để xử lý 2000 m^3 khí thải này, người ta dùng dung dịch Ca(OH)_2 0.01M . Tính thể tích dung dịch Ca(OH)_2 cần dùng.

4. **Giải:**

- Số mol SO_2 trong 2000 m^3 khí thải: $n_{\text{SO}_2} = 0.02 * 2000 = 40 \text{ mol}$.
- Phương trình phản ứng: $\text{SO}_2 + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaSO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$.
- Theo phương trình, $n_{\text{Ca(OH)}_2} = n_{\text{SO}_2} = 40 \text{ mol}$.
- Thể tích dung dịch Ca(OH)_2 cần dùng: $V = n / C_M = 40 / 0.01 = 4000 \text{ lít}$.

Phần 2: Ô nhiễm nguồn nước

1. Chỉ số BOD và COD

Khái niệm:

- **BOD (Biochemical Oxygen Demand - Nhu cầu oxy sinh hóa):** Là lượng oxy cần thiết để vi sinh vật phân hủy các chất hữu cơ dễ phân hủy sinh học trong một thể tích nước nhất định, thường được đo trong 5 ngày ở 20°C (BOD_5).
- **COD (Chemical Oxygen Demand - Nhu cầu oxy hóa học):** Là lượng oxy cần thiết để oxy hóa toàn bộ các chất hữu cơ (cả dễ và khó phân hủy sinh học) trong nước bằng các tác nhân oxy hóa mạnh (như $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ hoặc KMnO_4).

Ý nghĩa: Cả hai chỉ số đều dùng để đánh giá mức độ ô nhiễm hữu cơ của nguồn nước. Chỉ số càng cao, nguồn nước càng ô nhiễm. Thông thường, $\text{COD} \geq \text{BOD}$.

Bài toán trọng tâm: Chủ yếu là các câu hỏi lý thuyết so sánh mức độ ô nhiễm hoặc các bài toán đơn giản dựa trên phương trình oxy hóa - khử.

Ví dụ minh họa:

- Ví dụ 1 (Lý thuyết):** Một mẫu nước thải từ khu dân cư có chỉ số BOD là 150 mg/L, trong khi một mẫu nước từ hồ tự nhiên có chỉ số BOD là 4 mg/L. Hãy cho biết mẫu nước nào ô nhiễm hơn và giải thích.
- Giải:** Mẫu nước thải từ khu dân cư ô nhiễm hơn. Chỉ số BOD cao (150 mg/L) cho thấy trong nước có chứa một lượng lớn chất hữu cơ dễ phân hủy sinh học, đòi hỏi một lượng lớn oxy để vi sinh vật phân hủy chúng. Điều này làm giảm nồng độ oxy hòa tan trong nước, gây hại cho các sinh vật thủy sinh.
- Ví dụ 2 (Tính toán):** Để xác định hàm lượng của ion Fe^{2+} trong một mẫu nước thải, người ta chuẩn độ 100 ml mẫu nước đó bằng dung dịch KMnO_4 0.02M trong môi trường axit và dùng hết 10 ml dung dịch KMnO_4 . Tính nồng độ Fe^{2+} (mg/L) trong mẫu nước.
- Giải:**

- Số mol KMnO_4 : $n_{\text{KMnO}_4} = 0.02 \cdot 0.01 = 0.0002 \text{ mol}$.
- Phương trình ion rút gọn: **$5\text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ \rightarrow 5\text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$** .
- Theo phương trình, $n_{\text{Fe}^{2+}} = 5 \cdot n_{\text{MnO}_4^-} = 5 \cdot 0.0002 = 0.001 \text{ mol}$.
- Khối lượng Fe^{2+} trong 100 ml: $m_{\text{Fe}^{2+}} = 0.001 \cdot 56 = 0.056 \text{ g} = 56 \text{ mg}$.
- Nồng độ Fe^{2+} trong 1 lít: $(56 \text{ mg} / 100 \text{ ml}) \cdot 1000 \text{ ml} = 560 \text{ mg/L}$.

2. Ô nhiễm kim loại nặng

Khái niệm: Là sự tích tụ của các kim loại nặng như chì (Pb), thủy ngân (Hg), cadimi (Cd), asen (As), crom (Cr)... trong nguồn nước vượt quá nồng độ cho phép, gây độc cho sinh vật và con người.

Nguồn gốc: Chủ yếu từ nước thải của các ngành công nghiệp như khai khoáng, luyện kim, mạ điện, sản xuất pin...

Bài toán trọng tâm: Tính toán nồng độ ion kim loại (thường tính bằng ppm - parts per million, $1 \text{ ppm} \approx 1 \text{ mg/L}$) và các phương pháp xử lý, phổ biến nhất là phương pháp kết tủa.

Ví dụ minh họa:

- Ví dụ 1:** Phân tích một mẫu nước thải công nghiệp cho thấy nồng độ ion Cd^{2+} là 0.015 mg/L . Theo quy chuẩn Việt Nam, giới hạn cho phép của Cd^{2+} trong nước thải công nghiệp là 0.01 mg/L . Hỏi mẫu nước này có đạt tiêu chuẩn không?
- Giải:** Nồng độ Cd^{2+} đo được là 0.015 mg/L , lớn hơn giới hạn cho phép là 0.01 mg/L . Do đó, mẫu nước thải này không đạt tiêu chuẩn và cần được xử lý trước khi thải ra môi trường.
- Ví dụ 2:** Để xử lý 10 m^3 nước thải chứa ion Cu^{2+} có nồng độ 64 mg/L , người ta dùng vôi tôi (Ca(OH)_2). Tính khối lượng vôi tôi tối thiểu cần dùng để kết tủa hết lượng ion Cu^{2+} trên.
- Giải:**
 - Thể tích nước thải: $V = 10 \text{ m}^3 = 10000 \text{ L}$.
 - Khối lượng Cu^{2+} : $m_{\text{Cu}^{2+}} = 64 \text{ mg/L} * 10000 \text{ L} = 640000 \text{ mg} = 640 \text{ g}$.
 - Số mol Cu^{2+} : $n_{\text{Cu}^{2+}} = 640 / 64 = 10 \text{ mol}$.
 - Phương trình phản ứng: $\text{Cu}^{2+} + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{Cu(OH)}_2 \downarrow + \text{Ca}^{2+}$.
 - Theo phương trình, $n_{\text{Ca(OH)}_2} = n_{\text{Cu}^{2+}} = 10 \text{ mol}$.
 - Khối lượng Ca(OH)_2 cần dùng: $m_{\text{Ca(OH)}_2} = 10 * 74 = 740 \text{ g}$.

Phần 3: Các bài toán thực tế khác

1. Bài toán lên men

Khái niệm: Lên men là quá trình chuyển hóa sinh hóa các hợp chất hữu cơ (thường là carbohydrate) thành các sản phẩm đơn giản hơn dưới tác dụng của enzyme do vi sinh vật tiết ra.

Các quá trình phổ biến:

- **Lên men rượu:** $(C_6H_{10}O_5)_n \rightarrow nC_6H_{12}O_6 \rightarrow 2nC_2H_5OH + 2nCO_2$ (từ tinh bột/xenlulozơ)
- **Lên men giấm:** $C_2H_5OH + O_2 \rightarrow CH_3COOH + H_2O$

Bài toán trọng tâm: Tính toán khối lượng sản phẩm, thể tích dung dịch, độ rượu, hiệu suất phản ứng.

Ví dụ minh họa:

1. **Ví dụ 1:** Từ 1 tấn gạo chứa 81% tinh bột có thể sản xuất được bao nhiêu lít cồn 90°, biết hiệu suất của toàn bộ quá trình là 80% và khối lượng riêng của C_2H_5OH nguyên chất là 0.8 g/ml.

2. Giải:

- Khối lượng tinh bột: $m_{\text{tinh bột}} = 1000 \text{ kg} \cdot 81\% = 810 \text{ kg}$.
- Sơ đồ phản ứng: $(C_6H_{10}O_5)_n \rightarrow 2nC_2H_5OH$.
- Khối lượng mol: $162n \text{ (g)} \rightarrow 2n \cdot 46 \text{ (g)}$.
- Khối lượng C_2H_5OH (lý thuyết): $m_{\text{ancol(LT)}} = (810 \cdot 2n \cdot 46) / (162n) = 460 \text{ kg}$.

- Khối lượng C_2H_5OH (thực tế): $m_{\text{ancol}}(TT) = 460 \text{ kg} * 80\% = 368 \text{ kg} = 368000 \text{ g}$.
- Thể tích C_2H_5OH nguyên chất: $V_{\text{ancol}} = m / D = 368000 / 0.8 = 460000 \text{ ml} = 460 \text{ L}$.
- Thể tích cồn 90° : $V_{\text{cồn}} = (V_{\text{ancol}} * 100) / 90 = (460 * 100) / 90 \approx 511.1 \text{ L}$.

3. **Ví dụ 2:** Lên men giấm 200 ml dung dịch ancol etylic 11.5° . Tính khối lượng axit axetic thu được, biết hiệu suất phản ứng là 90% và $D(\text{ancol}) = 0.8 \text{ g/ml}$.

4. Giải:

- Thể tích C_2H_5OH nguyên chất: $V_{\text{ancol}} = 200 * 11.5 / 100 = 23 \text{ ml}$.
- Khối lượng C_2H_5OH : $m_{\text{ancol}} = V * D = 23 * 0.8 = 18.4 \text{ g}$.
- Số mol C_2H_5OH : $n_{\text{ancol}} = 18.4 / 46 = 0.4 \text{ mol}$.
- Phương trình: $C_2H_5OH + O_2 \rightarrow CH_3COOH + H_2O$.
- Theo phương trình, $n_{CH_3COOH}(LT) = n_{\text{ancol}} = 0.4 \text{ mol}$.
- Số mol CH_3COOH (thực tế): $n_{CH_3COOH}(TT) = 0.4 * 90\% = 0.36 \text{ mol}$.
- Khối lượng CH_3COOH thu được: $m = 0.36 * 60 = 21.6 \text{ g}$.

2. Bài toán mạ điện

Khái niệm: Mạ điện là quá trình điện phân dùng để phủ một lớp kim loại lên bề mặt của một vật. Vật cần mạ được gắn vào catot, kim loại mạ làm anot, và dung dịch điện li là muối của kim loại mạ.

Công thức Faraday: Khối lượng kim loại giải phóng ở điện cực được tính bằng công thức:

$$m = (A * I * t) / (n * F)$$

- **m**: khối lượng kim loại bám vào catot (gam).
- **A**: khối lượng mol nguyên tử của kim loại.
- **I**: cường độ dòng điện (Ampe, A).
- **t**: thời gian điện phân (giây, s).
- **n**: số electron mà nguyên tử hoặc ion đã cho hoặc nhận.
- **F**: hằng số Faraday ($F = 96500 \text{ C/mol}$).

Ví dụ minh họa:

1. **Ví dụ 1:** Người ta muốn mạ một lớp niken dày 0.1 mm lên một tấm kim loại có diện tích 50 cm^2 . Biết khối lượng riêng của niken là 8.9 g/cm^3 . Cần điện phân dung dịch NiSO_4 trong thời gian bao lâu với dòng điện 10A?

2. Giải:

- Thể tích lớp niken cần mạ: $V = S * h = 50 \text{ cm}^2 * 0.01 \text{ cm} = 0.5 \text{ cm}^3$.
- Khối lượng niken cần mạ: $m = V * D = 0.5 * 8.9 = 4.45 \text{ g}$.
- Phản ứng tại catot: $\text{Ni}^{2+} + 2e \rightarrow \text{Ni}$. Vậy $n = 2$.
- Áp dụng công thức Faraday: $t = (m * n * F) / (A * I) = (4.45 * 2 * 96500) / (59 * 10) \approx 1455.5 \text{ giây} \approx 24.26 \text{ phút}$.

3. **Ví dụ 2:** Điện phân dung dịch AgNO_3 với điện cực trơ, cường độ dòng điện 5A. Sau 32 phút 10 giây, người ta thấy khối lượng catot tăng lên. Tính khối lượng catot đã tăng.

4. Giải:

- Thời gian điện phân: $t = 32 * 60 + 10 = 1930 \text{ giây}$.
- Phản ứng tại catot: $\text{Ag}^+ + 1e \rightarrow \text{Ag}$. Vậy $n = 1$.

- Khối lượng catot tăng chính là khối lượng bạc bám vào.
- Áp dụng công thức Faraday: $m_{\text{Ag}} = (A * I * t) / (n * F) = (108 * 5 * 1930) / (1 * 96500) = 10.8 \text{ g}$.

3. Bài toán phân bón hóa học

Khái niệm: Phân bón hóa học là những hóa chất có chứa các nguyên tố dinh dưỡng cần thiết cho cây trồng. Độ dinh dưỡng của phân bón được đánh giá theo tỉ lệ phần trăm khối lượng của các nguyên tố dinh dưỡng.

- **Phân đạm:** độ dinh dưỡng tính theo %N.
- **Phân lân:** độ dinh dưỡng tính theo %P₂O₅.
- **Phân kali:** độ dinh dưỡng tính theo %K₂O.

Bài toán trọng tâm: Tính độ dinh dưỡng của một loại phân, tính khối lượng phân bón cần dùng để cung cấp một lượng dinh dưỡng xác định.

Ví dụ minh họa:

1. **Ví dụ 1:** Tính độ dinh dưỡng (hàm lượng %N) trong phân amoni nitrat (NH₄NO₃).

2. **Giải:**

- Phân tử khối của NH₄NO₃ = 14*2 + 1*4 + 16*3 = 80 g/mol.
- Khối lượng Nitơ trong 1 mol NH₄NO₃: $m_{\text{N}} = 2 * 14 = 28 \text{ g}$.
- Độ dinh dưỡng (%N) = $(m_{\text{N}} / M_{\text{phân}}) * 100\% = (28 / 80) * 100\% = 35\%$.

3. **Ví dụ 2:** Để cung cấp 140 kg N cho một cánh đồng, người ta dùng phân urê (NH₂)₂CO. Biết rằng trong quá trình bón phân, có 5% lượng đạm bị thất thoát.

Tính khối lượng phân urê cần dùng.

4. **Giải:**

- Độ dinh dưỡng của urê: $\%N = (28 / 60) * 100\% \approx 46.67\%$.
- Lượng N thực tế cần cung cấp (đã tính hao hụt): $m_N(\text{cần}) = 140 \text{ kg} / (1 - 5\%) = 140 / 0.95 \approx 147.37 \text{ kg}$.
- Khối lượng phân urê cần dùng: $m_{\text{urê}} = m_N(\text{cần}) / \%N = 147.37 / 46.67\% \approx 315.8 \text{ kg}$.