



PHYSICS TEAM

— Learn Physics, Love Physics —

PHYSICS TEAM

TÀI LIỆU BỒI DƯỠNG HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ

— CHUYÊN ĐỀ —

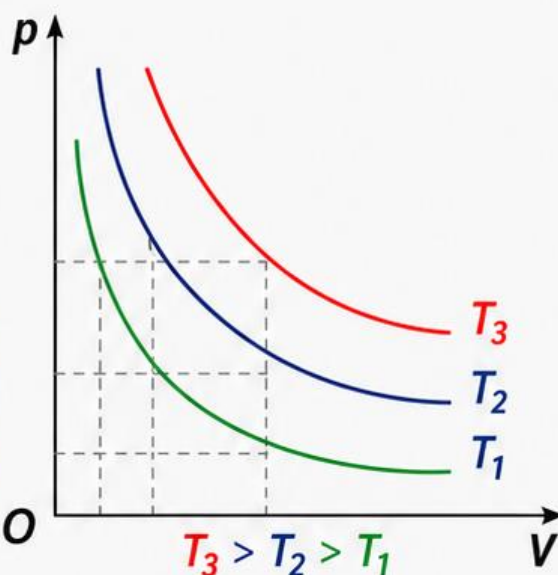
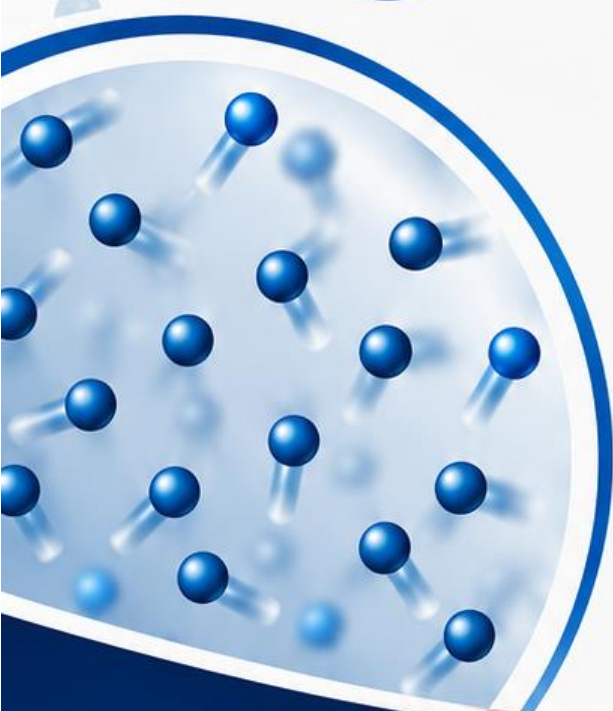
VẬT LÝ NHIỆT

LỚP 12



PHÁT TRIỂN TƯ DUY VẬT LÝ

— KHÁ - GIỎI - CHUYÊN —



**LÝ THUYẾT
CỐT LÕI**

Nắm vững kiến thức
trọng tâm



**PHƯƠNG PHÁP
GIẢI**

Phân tích – Lập luận
– Mẹo giải hay



**BÀI TẬP
PHÂN DẠNG**

Đa dạng – Từ cơ bản
đến nâng cao



**ĐÁP ÁN
CHI TIẾT**

Hướng dẫn chi tiết,
dễ hiểu



<https://physicsteam.vn>

CHUYÊN ĐỀ: VẬT LÝ NHIỆT

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	3
DẠNG 1: CÂN BẰNG NHIỆT (NHIỆT LƯỢNG – CHUYỂN THỂ)	4
1. HỆ THỐNG LÝ THUYẾT CƠ BẢN VÀ CHUYÊN SÂU	4
1.1. Nguyên lý cốt lõi	4
1.2. Các biểu thức tính nhiệt lượng	4
1.3. Mở rộng nâng cao	4
2. PHƯƠNG PHÁP GIẢI	4
3. BÀI TẬP VẬN DỤNG	5
♦ PT Bài 1: Xác định trạng thái cân bằng cuối của hệ nước đá và hơi nước	5
♦ PT Bài 2: Nhiệt lượng kế "thiếu thông số" – xác định nhiệt dung riêng của hợp kim	7
♦ PT Bài 3: Sự nóng chảy không hoàn toàn của hỗn hợp nhiều vật rắn	9
♦ PT Bài 4: Thiết lập điều kiện để cục đá tan hết trong bình nhiệt lượng kế chứa dầu	11
♦ PT Bài 5: Trao đổi nhiệt có tính đến sự bay hơi của nước (ứng dụng thực tế)	13
4. BÀI TẬP TRẮC NGHIỆM TRẢ LỜI NGẮN	15
♦ PT Bài 6: Xác định nhiệt độ cân bằng của hệ trao đổi nhiệt đơn giản	15
♦ PT Bài 7: Trạng thái tới hạn của hệ cơ - nhiệt liên kết	16
♦ PT Bài 8: Xác định thời gian chuyển pha bằng phương pháp cấp nhiệt liên tục	17
♦ PT Bài 9: Xác định nhiệt dung riêng của chất lỏng bằng phương pháp đổ liên tiếp	19
♦ PT Bài 10: Hiệu suất của hệ cấp nhiệt thực tế	21

LỜI NÓI ĐẦU

Chào mừng các Thầy/Cô giáo và các em học sinh đến với **Physics 2018 series** — Bộ tài liệu chuyên sâu được nghiên cứu và phát triển độc quyền bởi đội ngũ **Physics Team**.

Chuyên đề **Vật lý nhiệt - Vật lý 12** là một trong những mảng kiến thức có tính phân hóa mạnh nhất trong các kỳ thi. Bám sát triết lý của Chương trình Giáo dục Phổ thông 2018, tập tài liệu này được xây dựng với mục tiêu định hình lại phương pháp học Vật lý nhiệt. **Physics 2018 series** tập trung tối đa vào việc phát triển **bản chất vật lý cốt lõi, năng lực mô hình hóa và tư duy thực nghiệm**.

Nội dung giáo trình được thiết kế theo cấu trúc tuyến tính đồng bộ, dẫn dắt học sinh đi từ bản chất vi mô của cấu trúc chất đến các định luật định lượng của nhiệt động lực học qua 4 dạng bài chuyên sâu:

- **Dạng 1:** Cân bằng nhiệt
- **Dạng 2:** Chuyển thể – Đồ thị nhiệt
- **Dạng 3:** Hệ nhiệt phức hợp
- **Dạng 4:** Nội năng – Công – Nhiệt

Hệ thống 4 dạng bài này hướng tới việc giải quyết đa mục tiêu chiến lược:

- **Bồi dưỡng Học sinh giỏi đỉnh cao:** Cung cấp các công cụ tư duy cao cấp, đào sâu bản chất lý thuyết để chinh phục các kỳ thi từ cấp Trường, Tỉnh/Thành phố, đến các kỳ thi Olympic và Học sinh giỏi Quốc gia (VMO)
- **Bứt phá điểm 9+, 10 thi Tốt nghiệp THPT:** Trang bị phương pháp giải quyết các câu hỏi định lượng phức tạp và các câu hỏi thực nghiệm phân hóa trong cấu trúc đề thi mới.

Để giúp học sinh chuyển hóa lý thuyết thành năng lực giải quyết vấn đề thực tế, cấu trúc của mỗi dạng toán được chuẩn hóa chặt chẽ theo các trụ cột:

1. Hệ thống lý thuyết cơ bản và chuyên sâu: Mở rộng các mô hình vật lý tiên tiến và các "mốc nhiệt độ biên" dành riêng cho học sinh giỏi.

2. Phương pháp giải: Gồm quy trình từng bước rõ ràng.

3. Hệ thống bài tập vận dụng mẫu: Mỗi bài tập được trình bày qua tiến trình 4 bước độc quyền: *Đề bài* →  *Định hướng tư duy* →  *Hướng dẫn giải chi tiết* →  *Lưu ý cho học sinh*.

4. Hệ thống bài tập Trắc nghiệm trả lời ngắn: Điểm nhấn cốt lõi bám sát cấu trúc đề thi mới. Phần này giúp học sinh rèn luyện kỹ năng bấm máy, kiểm soát sai số và làm chủ tốc độ xử lý tình huống định lượng dưới áp lực phòng thi.

*Tập tài liệu là tâm huyết của đội ngũ **Physics Team**, cam kết là bộ phóng vững chắc đưa các em học sinh làm chủ chương trình mới và vươn tới những bằng vàng thành tích cao nhất.*

Hệ thống phát hành và bảo mật tự động tại: <https://physicsteam.vn>

DẠNG 1: CÂN BẰNG NHIỆT (NHIỆT LƯỢNG – CHUYỂN THỂ)**1. HỆ THỐNG LÝ THUYẾT CƠ BẢN VÀ CHUYÊN SÂU****1.1. Nguyên lý cốt lõi**

Khi các vật trao đổi nhiệt trong một hệ kín, tổng nhiệt lượng mà hệ trao đổi luôn bằng 0:

$$\Sigma Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = 0$$

Trong đó:

$Q > 0$: Vật thu nhiệt; $Q < 0$: Vật tỏa nhiệt.

1.2. Các biểu thức tính nhiệt lượng

- Quá trình biến thiên nhiệt độ (Không có chuyển thể):

$$Q = mc\Delta T$$

m : khối lượng; c : nhiệt dung riêng; $\Delta T = T_{cuối} - T_{đầu}$.

- Quá trình có chuyển thể:

Nóng chảy / Đông đặc: $Q = \lambda m$ (với λ là nhiệt nóng chảy riêng).

Hóa hơi / Ngưng tụ: $Q = Lm$ (với L là nhiệt hóa hơi riêng).

1.3. Mở rộng nâng cao

- Xác định trạng thái cuối: Đây là bài toán đặc trưng, yêu cầu xác định xem hệ sau khi cân bằng sẽ ở thể nào (rắn, lỏng, khí) hoặc hỗn hợp các thể.

- Tính phần khối lượng chuyển pha: Trong trường hợp nhiệt lượng cung cấp không đủ để chuyển thể hoàn toàn, cần tính chính xác khối lượng đã chuyển pha ($m' < m$).

- Biện luận "Mức nhiệt độ": Đối với các bài toán HSG, cần xét các điểm tới hạn (như 0°C đối với nước đá hoặc 100°C đối với hơi nước) để xác định chiều truyền nhiệt và trạng thái dừng.

2. PHƯƠNG PHÁP GIẢI**Bước 1: Phân tích các thành phần trong hệ**

- Liệt kê các vật tham gia trao đổi nhiệt, xác định khối lượng, nhiệt dung riêng và nhiệt độ ban đầu của từng vật.

- Nhận diện các thông số đặc trưng như nhiệt nóng chảy riêng λ hoặc nhiệt hóa hơi riêng L .

Bước 2: Giả định trạng thái cân bằng (Kỹ thuật then chốt)

- Đối với bài toán phức tạp chưa rõ trạng thái cuối, hãy đưa ra một giả thuyết (ví dụ: Giả sử hệ cân bằng tại $T_{cb} = 0^\circ\text{C}$ và chỉ có một phần đá tan).

- Tính toán nhiệt lượng thu vào tối đa và tỏa ra tối đa của các thành phần để kiểm tra tính hợp lý của giả thuyết.

Bước 3: Lập phương trình cân bằng nhiệt

- Vẽ sơ đồ quá trình (nếu cần) để tránh bỏ sót các giai đoạn (ví dụ: từ nước đá -10°C lên 0°C , sau đó nóng chảy, rồi mới tăng nhiệt độ lên T_{cb}).

- Áp dụng phương trình: $\Sigma Q = 0$.

Bước 4: Giải và biện luận kết quả

- Nếu tìm ra khối lượng chuyển pha m' mà $0 \leq m' \leq m$: Giả thuyết đúng.
- Nếu $m' > m$ hoặc $m' < 0$: Giả thuyết sai, cần thiết lập lại trạng thái cân bằng mới (ví dụ: đá đã tan hết và nhiệt độ tăng lên trên 0°C).

Bước 5: Kiểm tra các yếu tố nâng cao

- Xem xét bài toán có tổn hao nhiệt ra môi trường hay không (hiệu suất H).
- Kiểm tra các điều kiện tối ưu (nhiệt lượng ít nhất, thời gian ngắn nhất) nếu đề bài yêu cầu.

TÓM TẮT

1. NGUYÊN LÝ CỐT LÕI	2. CÔNG THỨC NHIỆT LƯỢNG	3. CHUYỂN THỂ – MỐC NHIỆT ĐỘ	4. QUY TRÌNH GIẢI NHANH
$\Sigma Q = 0$ • $Q > 0$: Vật thu nhiệt. • $Q < 0$: Vật tỏa nhiệt. Ý nghĩa: Tổng nhiệt lượng các vật thu vào bằng tổng nhiệt lượng các vật tỏa ra.	Biến thiên nhiệt độ (không có chuyển thể) $Q = mc\Delta T$ m: khối lượng (kg) c: nhiệt dung riêng (J/kg.K) $\Delta T = T_{\text{cuối}} - T_{\text{đầu}}$ (K) Nóng chảy / Đông đặc $Q = \lambda m$ λ: nhiệt nóng chảy riêng (J/kg) Hóa hơi / Ngưng tụ $Q = Lm$ L: nhiệt hóa hơi riêng (J/kg)	Nước đá ↔ Nước 0°C Nước ↔ Hơi nước 100°C Lưu ý quan trọng Nếu nhiệt lượng cung cấp (hoặc lấy đi) không đủ để chuyển thể hoàn toàn: $m' < m$ Trong đó: m: khối lượng ban đầu m': khối lượng đã chuyển pha	1 Xác định các vật tham gia trao đổi nhiệt. 2 Liệt kê đầy đủ các giai đoạn. 3 Tính nhiệt lượng từng giai đoạn. 4 Lập phương trình $\Sigma Q = 0$ 5 Kiểm tra trạng thái cân bằng cuối của hệ.

SAI LẦM THƯỜNG GẶP

✗ Bỏ sót một giai đoạn (tăng giảm nhiệt độ hoặc chuyển thể).

✗ Không xét các mốc nhiệt độ quan trọng (0°C hoặc 100°C).

✗ Xác định sai chiều truyền nhiệt (nhầm thu – tỏa).

✗ Không kiểm tra lại trạng thái cân bằng của hệ.

★ GHI NHỚ: Luôn phân tích kỹ các giai đoạn và kiểm tra tính hợp lý của kết quả (khối lượng, nhiệt độ cuối cùng, ...).

3. BÀI TẬP VẬN DỤNG

◆ PT | Bài 1: Xác định trạng thái cân bằng cuối của hệ nước đá và hơi nước

Trong một nhiệt lượng kế chứa $m_1 = 400\text{ g}$ nước đá ở nhiệt độ $t_1 = -10^\circ\text{C}$. Người ta dẫn vào bình một lượng hơi nước có khối lượng $m_2 = 10\text{ g}$ ở nhiệt độ $t_2 = 100^\circ\text{C}$.

- a) Xác định trạng thái cân bằng nhiệt của hệ (nhiệt độ cân bằng và khối lượng các thành phần).
- b) Nếu thay khối lượng hơi nước dẫn vào là $m'_2 = 80\text{ g}$, hãy xác định lại trạng thái cân bằng của hệ.
- c) Trong thực tế, quá trình dẫn hơi nước vào bình nước đá thường có sự thất thoát nhiệt ra môi trường. Giả sử hiệu suất truyền nhiệt chỉ đạt $H = 85\%$, hãy tính khối lượng hơi nước tối thiểu cần dẫn vào để toàn bộ nước đá trong bình tan hết thành nước ở 0°C .

Cho biết: $c_{\text{đá}} = 2100\text{ J/kg.K}$; $c_{\text{nước}} = 4200\text{ J/kg.K}$; $\lambda = 3,34 \cdot 10^5\text{ J/kg}$; $L = 2,3 \cdot 10^6\text{ J/kg}$.

Physics Team|| <https://physicsteam.vn>

◀ Trang 5 ▶

🔥 ĐỊNH HƯỚNG TƯ DUY

- **Bước 1:** Xác định khả năng thu nhiệt tối đa của nước đá để đạt đến các mốc trạng thái (tăng lên 0°C và tan hết tại 0°C).
- **Bước 2:** Xác định khả năng tỏa nhiệt tối đa của hơi nước khi ngưng tụ và hạ nhiệt xuống 0°C .
- **Bước 3:** So sánh hai giá trị nhiệt lượng này để biện luận trạng thái. Nếu $Q_{tỏa} > Q_{thu}$, nhiệt độ cân bằng $t > 0^{\circ}\text{C}$. Nếu $Q_{tỏa} < Q_{thu}$, đá chưa tan hết và nhiệt độ cân bằng là 0°C .

📖 HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT

a) Với $m_2 = 10 \text{ g} = 0,01 \text{ kg}$:

- Nhiệt lượng nước đá thu vào để tăng lên 0°C và tan hết:

$$Q_{thu_max} = m_1 c_{\text{đá}}(0 - t_1) + m_1 \lambda = 0,4 \cdot 2100 \cdot 10 + 0,4 \cdot 3,34 \cdot 10^5 = 8400 + 133600 = 142000 \text{ (J)}.$$

- Nhiệt lượng hơi nước tỏa ra tối đa (ngưng tụ và hạ xuống 0°C):

$$Q_{tỏa_max} = m_2 L + m_2 c_{\text{nước}}(100 - 0) = 0,01 \cdot 2,3 \cdot 10^6 + 0,01 \cdot 4200 \cdot 100 = 23000 + 4200 = 27200 \text{ (J)}.$$

- **Biện luận:** Vì $Q_{tỏa_max} < Q_{thu_max}$, hơi nước không đủ nhiệt để làm tan hết đá. Thậm chí $Q_{tỏa_max}$ chỉ lớn hơn nhiệt lượng làm đá tăng lên 0°C ($27200 > 8400$).

$\Rightarrow$ Nhiệt độ cân bằng là $t_{cb} = 0^{\circ}\text{C}$. Đá chỉ tan một phần.

- Khối lượng đá tan thêm (m_x):

$$Q_{tỏa_max} = m_1 c_{\text{đá}}(0 - t_1) + m_x \lambda \Rightarrow 27200 = 8400 + m_x \cdot 3,34 \cdot 10^5$$

$$\Rightarrow m_x = \frac{18800}{3,34 \cdot 10^5} \approx 0,056 \text{ kg} = 56 \text{ g}.$$

- Trạng thái cuối: $t_{cb} = 0^{\circ}\text{C}$. Khối lượng nước: $m_{\text{nước}} = 10 + 56 = \mathbf{66 \text{ g}}$; Khối lượng đá còn lại: $400 - 56 = \mathbf{344 \text{ g}}$.

b) Với $m'_2 = 80 \text{ g} = 0,08 \text{ kg}$:

- Nhiệt lượng tỏa ra tối đa:

$$Q'_{tỏa_max} = 0,08 \cdot 2,3 \cdot 10^6 + 0,08 \cdot 4200 \cdot 100 = 184000 + 33600 = 217600 \text{ (J)}.$$

- Biện luận: Vì $Q'_{tỏa_max} > Q_{thu_max}$ ($217600 > 142000$), nước đá tan hết và nhiệt độ tăng lên $t_{cb} > 0^{\circ}\text{C}$. Toàn bộ hơi nước đã ngưng tụ.

- Phương trình cân bằng nhiệt:

$$Q_{thu_đá} = Q_{tỏa_hơi}$$

$$142000 + (m_1) c_{\text{nước}}(t_{cb} - 0) = m'_2 L + m'_2 c_{\text{nước}}(100 - t_{cb})$$

$$142000 + 0,4 \cdot 4200 \cdot t_{cb} = 184000 + 0,08 \cdot 4200 \cdot (100 - t_{cb})$$

$$142000 + 1680 t_{cb} = 184000 + 33600 - 336 t_{cb}$$

$$2016t_{cb} = 75600 \Rightarrow t_{cb} = 37,5^\circ\text{C}.$$

c) Tính khối lượng hơi nước tối thiểu với hiệu suất $H = 85\%$:

- Nhiệt lượng cần thiết để đá đạt 0°C và tan hết là $Q_{thu_max} = 142000 \text{ J}$.

- Nhiệt lượng hơi nước tỏa ra có ích khi ngưng tụ (tối thiểu chỉ cần ngưng tụ thành nước ở 0°C):

$$Q_{ich} = m_{min}(L + c_{nước}(100 - 0)) = m_{min} \cdot 2720000.$$

$$\text{- Theo công thức hiệu suất: } H = \frac{Q_{thu_max}}{Q_{ich}} \Rightarrow 0,85 = \frac{142000}{m_{min} \cdot 2720000}$$

$$\Rightarrow m_{min} = \frac{142000}{0,85 \cdot 2720000} \approx 0,0614 \text{ kg} \approx \mathbf{61,4 \text{ g}}.$$

⚠ LƯU Ý CHO HỌC SINH

- **Mức 0°C là "cửa ngõ"**: Luôn kiểm tra xem nhiệt lượng tỏa ra có đủ để vượt qua mức tan băng hay không. Nếu không, đừng tốn thời gian giải phương trình t_{cb} .
- **Sự bảo toàn khối lượng**: Sau khi hơi nước ngưng tụ, nó trở thành nước ở 100°C . Lượng nước này tiếp tục tỏa nhiệt để hạ xuống t_{cb} . Đừng quên cộng khối lượng này vào hệ phương trình.
- **Sai lầm về hiệu suất**: Hiệu suất luôn đặt ở phía nguồn năng lượng cung cấp. Trong bài này, hơi nước là nguồn, nên $Q_{thu} = H \cdot Q_{tỏa_hơi}$.
- **Đơn vị**: Trong các bài toán nhiệt học, việc nhầm lẫn giữa g và kg là nguyên nhân dẫn đến sai kết quả nhiều nhất. Hãy đổi về chuẩn SI (kg) ngay từ đầu.

♦ PT | Bài 2: Nhiệt lượng kế "thiếu thông số" – xác định nhiệt dung riêng của hợp kim

Để xác định nhiệt dung riêng của một mẫu hợp kim mới phục vụ cho công nghiệp chế tạo, một nhóm học sinh sử dụng một nhiệt lượng kế có nhiệt dung C_k chưa biết (nhiệt lượng kế "thiếu" thông số). Nhóm tiến hành thí nghiệm gồm hai giai đoạn như sau:

Giai đoạn 1 (Chuẩn hóa nhiệt lượng kế): Rót $m_1 = 150 \text{ g}$ nước nóng ở nhiệt độ $t_1 = 80^\circ\text{C}$ vào nhiệt lượng kế đang chứa $m_2 = 200 \text{ g}$ nước ở nhiệt độ phòng $t_0 = 25^\circ\text{C}$. Khi đạt cân bằng nhiệt, nhiệt độ của hệ là $t_c = 48^\circ\text{C}$.

Giai đoạn 2 (Xác định nhiệt dung riêng hợp kim): Sau khi đổ hết nước và để nhiệt lượng kế khô, trở về nhiệt độ phòng $t_0 = 25^\circ\text{C}$, nhóm cho vào bình $m_3 = 400 \text{ g}$ nước ở nhiệt độ $t_3 = 20^\circ\text{C}$. Sau đó, thả một khối hợp kim có khối lượng $m_{hk} = 500 \text{ g}$ đã được nung nóng đến nhiệt độ $t_4 = 100^\circ\text{C}$ vào bình. Nhiệt độ cân bằng cuối cùng đo được là $t_{cb} = 32^\circ\text{C}$.

a) Hãy xác định nhiệt dung C_k của nhiệt lượng kế.

b) Tính nhiệt dung riêng c_{hk} của mẫu hợp kim trên.

Cho biết nhiệt dung riêng của nước là $c_n = 4200 \text{ J/kg.K}$. Bỏ qua sự trao đổi nhiệt với môi trường bên ngoài.

ĐỊNH HƯỚNG TƯ DUY

- **Bước 1:** Sử dụng phương trình cân bằng nhiệt ở Giai đoạn 1 để tìm C_k . Lưu ý vật thu nhiệt gồm nước ở nhiệt độ phòng và chính vỏ bình nhiệt lượng kế.
- **Bước 2:** Sử dụng giá trị C_k vừa tìm được để lập phương trình cân bằng nhiệt cho Giai đoạn 2. Khối hợp kim đóng vai trò là vật tỏa nhiệt.
- **Bước 3:** Ở câu c, tính toán lại phương trình cân bằng nhiệt khi có thêm thành phần nước phụ trợ ở 100°C , sau đó so sánh với kết quả ở câu b.

HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT**a) Xác định nhiệt dung C_k của nhiệt lượng kế**

Ở giai đoạn 1, nước nóng tỏa nhiệt cho nước lạnh và nhiệt lượng kế (ban đầu nhiệt lượng kế ở nhiệt độ phòng $t_0 = 25^\circ\text{C}$). Phương trình cân bằng nhiệt:

$$Q_{\text{tỏa}} = Q_{\text{thu}}$$

$$m_1 c_n (t_1 - t_c) = (m_2 c_n + C_k)(t_c - t_0)$$

Thay số:

$$0,15 \cdot 4200 \cdot (80 - 48) = (0,2 \cdot 4200 + C_k)(48 - 25)$$

$$20160 = (840 + C_k) \cdot 23$$

$$840 + C_k \approx 876,52 \Rightarrow C_k \approx \mathbf{36,52 \text{ (J/K)}}$$

b) Tính nhiệt dung riêng c_{hk} của mẫu hợp kim

Ở giai đoạn 2, hợp kim tỏa nhiệt cho nước và nhiệt lượng kế. Lưu ý ở giai đoạn này, nước m_3 và nhiệt lượng kế đều ở nhiệt độ $t_3 = 20^\circ\text{C}$. Phương trình cân bằng nhiệt:

$$m_{hk} c_{hk} (t_4 - t_{cb}) = (m_3 c_n + C_k)(t_{cb} - t_3)$$

Thay số:

$$0,5 \cdot c_{hk} \cdot (100 - 32) = (0,4 \cdot 4200 + 36,52) \cdot (32 - 20)$$

$$34 \cdot c_{hk} = 1716,52 \cdot 12$$

$$34 \cdot c_{hk} = 20598,24 \Rightarrow c_{hk} \approx \mathbf{605,83 \text{ (J/kg.K)}}$$

LƯU Ý CHO HỌC SINH

- **Phân biệt Nhiệt dung (C) và Nhiệt dung riêng (c):** Nhiệt dung ($C = m \cdot c$) là đại lượng đặc trưng cho khả năng thu/tỏa nhiệt của một vật cụ thể (như cái bình), không phụ thuộc vào việc chia nhỏ khối lượng. Trong bài toán "nhiệt lượng kế thiếu", việc tìm C_k là bước tiên quyết.

- **Điểm xuất phát của nhiệt lượng kế:** Trong giai đoạn 2, đừng quên nhiệt lượng kế bắt đầu từ nhiệt độ phòng t_0 , nhưng nước trong nó lại ở nhiệt độ t_3 . Khi thiết lập phương trình, phải xét độ chênh lệch nhiệt độ tương ứng của từng vật.
- **Sai lầm thường gặp:** Bỏ qua nhiệt dung của bình hoặc sử dụng sai mốc nhiệt độ cân bằng. Luôn nhớ t_{cb} là nhiệt độ chung cuối cùng của tất cả các thành phần trong bình.

♦ PT | Bài 3: Sự nóng chảy không hoàn toàn của hỗn hợp nhiều vật rắn

Một nhiệt lượng kế bằng đồng có khối lượng $m_k = 0,5 \text{ kg}$ chứa $m_1 = 2 \text{ kg}$ nước ở nhiệt độ $t_1 = 30^\circ\text{C}$. Người ta thả vào bình một hỗn hợp các vật rắn có tổng khối lượng $m_2 = 1,5 \text{ kg}$ ở nhiệt độ $t_2 = -20^\circ\text{C}$. Hỗn hợp này gồm nước đá và một kim loại X không tan trong nước, trong đó khối lượng nước đá chiếm 60%.

Sau khi hệ đạt cân bằng nhiệt, người ta thấy trong bình vẫn còn một phần nước đá chưa tan hết.

- Xác định nhiệt độ cân bằng của hệ. Giải thích ngắn gọn dựa trên bản chất vật lý.
- Tính khối lượng nước đá còn lại trong bình sau khi cân bằng. Biết nhiệt dung riêng của kim loại X là $c_X = 400 \text{ J/kg.K}$.

c) Để toàn bộ nước đá trong hỗn hợp tan vừa hết, người ta dùng một dây điện trở nhúng vào bình và cung cấp nhiệt lượng với công suất $\mathcal{P}$ không đổi. Biết rằng nếu cấp nhiệt trong thời gian $\tau_1 = 5$ phút thì đá tan hết. Hỏi nếu chỉ cung cấp nhiệt trong $\tau_2 = 2$ phút thì khối lượng đá còn lại là bao nhiêu?

Cho biết: $c_{\text{đá}} = 2100 \text{ J/kg.K}$; $c_{\text{nước}} = 4200 \text{ J/kg.K}$; $c_{\text{đồng}} = 380 \text{ J/kg.K}$; $\lambda = 3,34 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$.

🔗 ĐỊNH HƯỚNG TƯ DUY

- **Bước 1** (Xác định nhiệt độ cân bằng): Dựa vào dữ kiện "còn nước đá chưa tan hết", ta khẳng định ngay hệ đang ở trạng thái chuyển pha giữa rắn và lỏng của nước. Do đó, nhiệt độ cân bằng phải là nhiệt độ nóng chảy của nước đá.
- **Bước 2** (Biện luận khối lượng chuyển pha): Sử dụng phương trình cân bằng nhiệt $\Sigma Q = 0$. Gọi m_x là phần khối lượng nước đá đã tan. Nhiệt lượng tỏa ra từ nước và nhiệt lượng kế sẽ cung cấp cho hỗn hợp để tăng lên 0°C và làm nóng chảy một phần đá.
- **Bước 3** (Xử lý nguồn nhiệt phụ): Thiết lập mối liên hệ tỉ lệ giữa nhiệt lượng cung cấp $\mathcal{P} \cdot \tau$ và lượng đá tan thêm.

📖 HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT

- Nhiệt độ cân bằng của hệ:

- Theo đề bài, sau khi cân bằng nhiệt, trong bình vẫn còn nước đá chưa tan hết. Điều này chứng tỏ hệ đang tồn tại hỗn hợp cả hai pha: nước (lỏng) và nước đá (rắn).
- Trong điều kiện áp suất chuẩn, hỗn hợp nước và nước đá chỉ có thể tồn tại cân bằng bền tại nhiệt độ nóng chảy.
- Kết luận: Nhiệt độ cân bằng của hệ là $t_{cb} = 0^\circ\text{C}$.

b) Tính khối lượng nước đá còn lại:

- Thành phần hỗn hợp thả vào:

$$\text{Khối lượng đá: } m_{\text{đá}} = 0,6 \cdot 1,5 = 0,9 \text{ kg.}$$

$$\text{Khối lượng kim loại X: } m_X = 1,5 - 0,9 = 0,6 \text{ kg.}$$

- Nhiệt lượng nước và nhiệt lượng kể tỏa ra để hạ xuống 0°C :

$$Q_{\text{tỏa}} = (m_1 c_{\text{nước}} + m_k c_{\text{đồng}})(t_1 - 0) = (2 \cdot 4200 + 0,5 \cdot 380) \cdot 30 = 257700 \text{ (J).}$$

- Nhiệt lượng hỗn hợp thu vào để tăng lên 0°C :

$$Q_{\text{thu1}} = (m_{\text{đá}} c_{\text{đá}} + m_X c_X)(0 - t_2) = (0,9 \cdot 2100 + 0,6 \cdot 400) \cdot 20 = 42600 \text{ (J).}$$

- Nhiệt lượng còn dư để làm tan đá: $\Delta Q = Q_{\text{tỏa}} - Q_{\text{thu1}} = 257700 - 42600 = 215100 \text{ (J).}$

- Khối lượng nước đá đã tan (m_x):

$$m_x = \frac{\Delta Q}{\lambda} = \frac{215100}{3,34 \cdot 10^5} \approx 0,644 \text{ kg.}$$

- Khối lượng nước đá còn lại: $m_{\text{còn}} = m_{\text{đá}} - m_x = 0,9 - 0,644 = 0,256 \text{ kg} = \mathbf{256 \text{ g.}}$

c) Tính khối lượng đá còn lại khi cấp nhiệt trong $\tau_2 = 2$ phút:

- Nhiệt lượng cần thiết để làm tan hết lượng đá còn lại (0,256 kg) là:

$$Q_{\text{tan_hết}} = m_{\text{còn}} \cdot \lambda = 0,256 \cdot 3,34 \cdot 10^5 = 85504 \text{ (J).}$$

- Nhiệt lượng này được cung cấp bởi dây điện trở trong thời gian $\tau_1 = 5$ phút:

$$\mathcal{P} \cdot \tau_1 = Q_{\text{tan_hết}} \Rightarrow \mathcal{P} = \frac{85504}{300} \approx 285,013 \text{ (W).}$$

- Nếu chỉ cấp nhiệt trong $\tau_2 = 2$ phút = 120 s, khối lượng đá tan thêm là:

$$m_{\text{tan_thêm}} = \frac{\mathcal{P} \cdot \tau_2}{\lambda} = \frac{285,013 \cdot 120}{3,34 \cdot 10^5} \approx 0,1024 \text{ kg.}$$

- Khối lượng đá còn lại cuối cùng: $M_{\text{cuối}} = 0,256 - 0,1024 = 0,153,6 \text{ kg} = \mathbf{153,6 \text{ g.}}$

Lưu ý: Vì công suất $\mathcal{P}$ không đổi nên ta có thể lập tỉ số:

$$\frac{m_{\text{tan_thêm}}}{m_{\text{còn}}} = \frac{\tau_2}{\tau_1} = \frac{2}{5} = 0,4 \rightarrow m_{\text{tan_thêm}} = 0,4 \cdot m_{\text{còn}} = 0,4 \cdot 0,256 = 0,1024 \text{ kg}$$

$$M_{\text{cuối}} = 0,256 - 0,1024 = 0,1536 \text{ kg} = 153,6 \text{ g}$$

⚠ LƯU Ý CHO HỌC SINH

• **Dấu hiệu nhận biết trạng thái 0°C :** Cụm từ "đá không tan hết" hoặc "nước bắt đầu đóng băng" là chìa khóa để ấn định nhiệt độ cân bằng mà không cần giải phương trình ẩn t .

- **Tính phân khối lượng chuyển pha:** Công thức $Q = m\lambda$ chỉ áp dụng cho phần khối lượng thực tế bị nóng chảy (m_x), không phải tổng khối lượng vật rắn. Đây là lỗi sai phổ biến nhất của học sinh.
- **Sự ưu tiên về nhiệt:** Trong quá trình thu nhiệt, vật rắn luôn ưu tiên tăng nhiệt độ lên đến mức nóng chảy trước, sau đó mới bắt đầu quá trình chuyển pha. Đừng bao giờ tính nhiệt lượng nóng chảy khi vật chưa đạt đến nhiệt độ nóng chảy.
- **Mở rộng tư duy:** Trong các bài toán thực tế, kim loại X có thể là những vật có nhiệt dung riêng rất nhỏ (như chì, vàng) hoặc rất lớn (như nhôm). Việc thay đổi tỉ lệ kim loại sẽ quyết định đá tan nhiều hay ít.

◆ PT | Bài 4: Thiết lập điều kiện để cục đá tan hết trong bình nhiệt lượng kế chứa dầu

Trong một bình nhiệt lượng kế cách nhiệt có chứa $m_1 = 1,5$ kg dầu hỏa ở nhiệt độ t_1 . Người ta thả vào bình một khối nước đá có khối lượng m_2 ở nhiệt độ $t_2 = -15^\circ\text{C}$. Biết dầu hỏa không hòa tan nước và có khối lượng riêng nhỏ hơn nước đá.

a) Hãy thiết lập biểu thức điều kiện giữa m_1, m_2 và t_1 để toàn bộ cục nước đá có thể tan hết thành nước.

b) Cho $m_2 = 200$ g và nhiệt độ ban đầu của dầu là $t_1 = 40^\circ\text{C}$. Hãy tính nhiệt độ cân bằng của hệ. Nếu nước đá không tan hết, hãy tính khối lượng đá còn lại.

c) Trong trường hợp nước đá tan hết thành nước, hãy mô tả hiện tượng xảy ra đối với vị trí của khối nước trong bình dầu sau khi cân bằng. Giải thích dựa trên tính chất vật lý.

Cho biết: $c_{\text{dầu}} = 2100$ J/kg.K; $c_{\text{đá}} = 2100$ J/kg.K; $c_{\text{nước}} = 4200$ J/kg.K; $\lambda = 3,34 \cdot 10^5$ J/kg. Bỏ qua nhiệt dung của bình.

🔗 ĐỊNH HƯỚNG TƯ DUY

- **Bước 1** (Xác định trạng thái tới hạn): Để đá tan hết, nhiệt độ cân bằng thấp nhất phải là $t_{cb} \geq 0^\circ\text{C}$. Trạng thái tới hạn là khi hệ đạt cân bằng vừa đúng 0°C và đá vừa tan hết.
- **Bước 2** (Thiết lập bất phương trình nhiệt): Tổng nhiệt lượng tỏa ra của dầu phải lớn hơn hoặc bằng tổng nhiệt lượng thu vào của đá để tăng nhiệt và nóng chảy hoàn toàn.
- **Bước 3** (Biện luận thực tế): Lưu ý rằng sau khi tan, nước sẽ không trộn lẫn với dầu. Điều này ảnh hưởng đến sự truyền nhiệt đối lưu trong bình (dầu nổi lên trên, nước chìm xuống dưới).

📖 HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT

a) **Thiết lập điều kiện để đá tan hết:**

- Nhiệt lượng nước đá thu vào để tăng lên 0°C và nóng chảy hoàn toàn:

$$Q_{\text{thu}} = m_2 c_{\text{đá}}(0 - t_2) + m_2 \lambda = m_2 (c_{\text{đá}} |t_2| + \lambda)$$

- Nhiệt lượng dầu tỏa ra tối đa khi hạ nhiệt độ từ t_1 xuống 0°C :

$$Q_{\text{tỏa_max}} = m_1 c_{\text{dầu}} (t_1 - 0) = m_1 c_{\text{dầu}} t_1$$

- Để nước đá tan hết, ta phải có điều kiện: $Q_{\text{tỏa_max}} \geq Q_{\text{thu}}$

$$\Leftrightarrow m_1 c_{\text{dầu}} t_1 \geq m_2 (c_{\text{đá}} |t_2| + \lambda)$$

- Biểu thức điều kiện cho nhiệt độ ban đầu của dầu:

$$t_1 \geq \frac{m_2 (c_{\text{đá}} |t_2| + \lambda)}{m_1 c_{\text{dầu}}}$$

b) Tính toán với số liệu cụ thể:

- Với $m_2 = 0,2 \text{ kg}$, $t_2 = -15^\circ\text{C}$, nhiệt lượng thu vào cần thiết:

$$Q_{\text{thu}} = 0,2 \cdot (2100 \cdot 15 + 3,34 \cdot 10^5) = 0,2 \cdot (31500 + 334000) = 73100 \text{ (J)}$$

- Nhiệt lượng dầu tỏa ra tối đa từ $t_1 = 40^\circ\text{C}$ xuống 0°C :

$$Q_{\text{tỏa_max}} = 1,5 \cdot 2100 \cdot 40 = 126000 \text{ (J)}$$

- Biện luận: Vì $Q_{\text{tỏa_max}} > Q_{\text{thu}}$ ($126000 > 73100$), nên nước đá tan hết hoàn toàn và nhiệt độ cân bằng $t_{cb} > 0^\circ\text{C}$.

- Phương trình cân bằng nhiệt:

$$m_1 c_{\text{dầu}} (t_1 - t_{cb}) = m_2 c_{\text{đá}} (0 - t_2) + m_2 \lambda + m_2 c_{\text{nước}} (t_{cb} - 0)$$

$$1,5 \cdot 2100 \cdot (40 - t_{cb}) = 73100 + 0,2 \cdot 4200 \cdot t_{cb}$$

$$3150(40 - t_{cb}) = 73100 + 840 t_{cb}$$

$$126000 - 3150 t_{cb} = 73100 + 840 t_{cb}$$

$$3990 t_{cb} = 52900 \Rightarrow t_{cb} \approx 13,26^\circ\text{C}$$

c) Mô tả hiện tượng vị trí khối nước:

- **Hiện tượng:** Vì khối lượng riêng của nước đá $D_{\text{đá}} \approx 900 \text{ kg/m}^3$ và nước lỏng $D_n \approx 1000 \text{ kg/m}^3$ đều lớn hơn khối lượng riêng của dầu hỏa $D_d \approx 800 \text{ kg/m}^3$, nên ngay từ đầu khối nước đá nằm ở đáy bình. Sau khi tan hết, hệ phân thành hai lớp rõ rệt: nước lỏng nằm hoàn toàn ở đáy bình và dầu hỏa nổi lên trên.

- **Giải thích:** Do hai chất lỏng không hòa tan vào nhau và có sự chênh lệch khối lượng riêng. Quá trình trao đổi nhiệt diễn ra chủ yếu bằng hình thức dẫn nhiệt qua bề mặt tiếp xúc giữa hai lớp chất lỏng (vì lớp chất lỏng nóng ở trên, lớp lạnh ở dưới nên không tạo ra dòng đối lưu tự do).

⚠ LƯU Ý CHO HỌC SINH

- **Sự tương đồng về nhiệt dung riêng:** Trong bài này, dầu và nước đá có c bằng nhau (2100 J/kg.K). Đây là một chi tiết giúp việc lập biểu thức ở câu a trở nên gọn gàng hơn, học sinh cần tinh ý để rút gọn khi làm bài trắc nghiệm hoặc bồi dưỡng.

- **Bẫy về môi trường:** Trong bình dầu, nếu đá không tan hết, phần nước tan ra sẽ chìm xuống đáy, trong khi đá (có khối lượng riêng khoảng 900 kg/m^3) có thể lơ lửng hoặc nằm ở giữa lớp nước và lớp dầu. Tuy nhiên, bài toán bồi dưỡng thường giả định sự trao đổi nhiệt diễn ra hoàn hảo.
- **Sai lầm thường gặp:** Tính nhiệt lượng tỏa ra của dầu nhưng lại dùng nhiệt dung riêng của nước (4200). Hãy luôn kiểm tra đơn vị và đối tượng tương ứng.
- **Điều kiện biên:** Khi bài toán yêu cầu "điều kiện để tan hết", hãy luôn bắt đầu từ giả thiết nhiệt độ cân bằng thấp nhất có thể đạt được là 0°C .

♦ PT | Bài 5: Trao đổi nhiệt có tính đến sự bay hơi của nước (ứng dụng thực tế)

Trong một thí nghiệm xác định tốc độ bay hơi, một bình hồ diện tích miệng bình $S = 100 \text{ cm}^2$ chứa $m = 1 \text{ kg}$ nước ở nhiệt độ $t_1 = 80^\circ\text{C}$. Bình được đặt trong phòng có nhiệt độ ổn định $t_0 = 25^\circ\text{C}$. Người ta nhận thấy rằng cứ mỗi phút, mặt thoáng của nước hạ thấp xuống một khoảng $h = 0,02 \text{ mm}$ do sự bay hơi.

a) Tính nhiệt lượng mà nước mất đi do bay hơi trong thời gian $\tau = 10$ phút.

b) Giả sử trong thời gian đó, ngoài việc mất nhiệt do bay hơi, nước còn tỏa nhiệt ra môi trường xung quanh thông qua thành bình và mặt thoáng với công suất tỏa nhiệt tỉ lệ thuận với hiệu nhiệt độ giữa nước và môi trường: $\mathcal{P}_{hp} = k(t - t_0)$ với $k = 5 \text{ W/K}$ (xét tại thời điểm ban đầu). Hãy tính tốc độ giảm nhiệt độ của nước tại thời điểm ban đầu ($t = 80^\circ\text{C}$).

c) Để giữ cho nhiệt độ của nước trong bình không đổi ở 80°C , người ta dùng một dây điện trở nhúng trong nước. Tính công suất tỏa nhiệt cần thiết của dây điện trở này.

Cho biết: $c_{\text{nước}} = 4200 \text{ J/kg.K}$; $L = 2,3 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$; khối lượng riêng của nước $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$.

☞ ĐỊNH HƯỚNG TƯ DUY

- **Bước 1** (Tính lượng nước bay hơi): Sử dụng công thức khối lượng dựa trên thể tích lớp nước bị hao hụt: $\Delta m = \rho \cdot S \cdot h_{\text{tổng}}$.
- **Bước 2** (Xác định các thành phần tỏa nhiệt): Trong bài toán này, nước mất nhiệt qua hai con đường:
 - Cung cấp ẩn nhiệt hóa hơi Q_{bh} để phân tử nước thoát ra khỏi mặt thoáng.
 - Truyền nhiệt trực tiếp ra môi trường qua đối lưu và dẫn nhiệt Q_{hp} .
- **Bước 3** (Thiết lập phương trình động lực): Sử dụng đạo hàm hoặc xét trong khoảng thời gian rất ngắn Δt để tìm tốc độ biến thiên nhiệt độ $\frac{dt}{d\tau}$.

📖 HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT

a) Nhiệt lượng mất đi do bay hơi trong 10 phút:

- Tổng độ giảm mực nước trong $\tau = 10$ phút:

$$\Delta H = 10 \cdot h = 10 \cdot 0,02 = 0,2 \text{ mm} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m.}$$

- Khối lượng nước đã bay hơi:

$$\Delta m = \rho \cdot S \cdot \Delta H = 1000 \cdot (100 \cdot 10^{-4}) \cdot (2 \cdot 10^{-4}) = 2 \cdot 10^{-3} \text{ kg} = 2 \text{ g.}$$

- Nhiệt lượng mất đi do bay hơi:

$$Q_{bh} = \Delta m \cdot L = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 2,3 \cdot 10^6 = 4600 \text{ (J)}.$$

b) Tốc độ giảm nhiệt độ của nước tại thời điểm ban đầu:

- Công suất mất nhiệt do bay hơi:

$$\mathcal{P}_{bh} = \frac{Q_{bh}}{\tau} = \frac{4600}{10 \cdot 60} = \frac{4600}{600} \approx 7,67 \text{ (W)}.$$

- Công suất tỏa nhiệt ra môi trường tại $t = 80^\circ\text{C}$:

$$\mathcal{P}_{hp} = k(t_1 - t_0) = 5 \cdot (80 - 25) = 275 \text{ (W)}.$$

- Tổng công suất mất nhiệt của nước:

$$\mathcal{P}_{tổng} = \mathcal{P}_{bh} + \mathcal{P}_{hp} = 7,67 + 275 = 282,67 \text{ (W)}.$$

- Tốc độ giảm nhiệt độ ($\Delta t / \Delta \tau$):

$$\text{Ta có: } Q = mc_{nước} \Delta t \Rightarrow \mathcal{P}_{tổng} = mc_{nước} \frac{\Delta t}{\Delta \tau}$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta t}{\Delta \tau} = \frac{\mathcal{P}_{tổng}}{mc_{nước}} = \frac{282,67}{1 \cdot 4200} \approx 0,0673 \text{ (}^\circ\text{C/s)}.$$

- **Kết luận:** Tại thời điểm ban đầu, nhiệt độ nước giảm khoảng 4°C mỗi phút.

c) Công suất dây điện trở để duy trì 80°C :

- Để nhiệt độ không đổi, công suất cung cấp của điện trở phải bù đắp hoàn toàn lượng công suất mất đi.

$$\mathcal{P}_{điện} = \mathcal{P}_{tổng} = 282,67 \text{ (W)}.$$

⚠ LƯU Ý CHO HỌC SINH

- **Sự khác biệt giữa bay hơi và sôi:** Trong bài toán này, dù $t < 100^\circ\text{C}$, nước vẫn mất nhiệt lượng hóa hơi L . Đây là điểm học sinh thường bỏ sót khi chỉ tính nhiệt lượng tỏa ra do chênh lệch nhiệt độ.
- **Công suất và Nhiệt lượng:** Khi làm việc với các quá trình xảy ra theo thời gian, hãy ưu tiên chuyển về đơn vị Công suất (Watt) để dễ dàng cộng tổng các thành phần hao phí.
- **Sai lầm thường gặp:** Tính khối lượng nước bay hơi nhưng không đổi đơn vị diện tích S từ cm^2 sang m^2 . Luôn nhớ: $1 \text{ cm}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2$.
- **Tính thực tế:** Bài toán này giải thích tại sao một cốc nước nóng để trong phòng kín sẽ nguội đi nhanh hơn nhiều so với tính toán lý thuyết nếu bỏ qua sự bay hơi. Ở nhiệt độ cao ($80^\circ\text{C} - 90^\circ\text{C}$), nhiệt mất do bay hơi chiếm tỉ trọng đáng kể.

4. BÀI TẬP TRẮC NGHIỆM TRẢ LỜI NGẮN

◆ PT | Bài 6: Xác định nhiệt độ cân bằng của hệ trao đổi nhiệt đơn giản

Một nhiệt lượng kế chứa 2 kg nước ở nhiệt độ 15°C . Người ta thả vào nhiệt lượng kế một quả cân bằng đồng thau có khối lượng 500 g đang ở nhiệt độ 100°C . Coi rằng hệ được cách nhiệt hoàn hảo với môi trường xung quanh và vỏ nhiệt lượng kế không thu nhiệt. Cho biết nhiệt dung riêng của đồng thau và của nước lần lượt là $c_1 = 3,68 \cdot 10^2 \text{ J/kg.K}$ và $c_2 = 4,186 \text{ kJ/kg.K}$. Hãy tính nhiệt độ của hệ khi đạt trạng thái cân bằng nhiệt theo đơn vị độ Celsius ($^{\circ}\text{C}$) (làm tròn kết quả đến hàng phần mười)?

Đáp số:

🔗 ĐỊNH HƯỚNG TƯ DUY

- **Bước 1:** Phân tích các thành phần vật chất trong hệ. Quả cân đồng thau là vật tỏa nhiệt (hạ từ 100°C xuống t_{cb}), nước là vật thu nhiệt (tăng từ 15°C lên t_{cb}). Đổi đồng bộ đơn vị khối lượng của đồng thau sang kg và nhiệt dung riêng của nước sang J/kg.K.
- **Bước 2:** Thiết lập biểu thức tính nhiệt lượng thu vào Q_{thu} của nước và nhiệt lượng tỏa ra $Q_{tỏa}$ của quả cân thau dựa trên công thức biến thiên nhiệt độ không chuyển pha $Q = mc\Delta T$.
- **Bước 3:** Lập phương trình cân bằng nhiệt theo nguyên lý cốt lõi $\Sigma Q = 0$ (hoặc $Q_{thu} = |Q_{tỏa}|$) để giải tìm trực tiếp nhiệt độ cân bằng t_{cb} .

📖 HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT

- Chuẩn hóa các thông số số liệu về hệ đơn vị SI:

+ Thau: $m_1 = 500 \text{ g} = 0,5 \text{ kg}$; $t_1 = 100^{\circ}\text{C}$; $c_1 = 368 \text{ J/kg.K}$.

+ Nước: $m_2 = 2 \text{ kg}$; $t_2 = 15^{\circ}\text{C}$; $c_2 = 4,186 \text{ kJ/kg.K} = 4186 \text{ J/kg.K}$.

- Gọi t ($^{\circ}\text{C}$) là nhiệt độ của hệ khi đạt trạng thái cân bằng nhiệt.

- Nhiệt lượng do quả cân bằng thau tỏa ra khi giảm nhiệt độ từ 100°C xuống t là:

$$Q_{tỏa} = m_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t) = 0,5 \cdot 368 \cdot (100 - t) = 184 \cdot (100 - t) \text{ (J)}$$

- Nhiệt lượng do nước thu vào khi tăng nhiệt độ từ 15°C lên t là:

$$Q_{thu} = m_2 \cdot c_2 \cdot (t - t_2) = 2 \cdot 4186 \cdot (t - 15) = 8372 \cdot (t - 15) \text{ (J)}$$

- Áp dụng phương trình cân bằng nhiệt:

$$Q_{thu} = Q_{tỏa}$$

$$\Leftrightarrow 8372 \cdot (t - 15) = 184 \cdot (100 - t)$$

$$\Leftrightarrow 8372t - 125580 = 18400 - 184t$$

$$\Leftrightarrow 8556t = 143980 \Rightarrow t = \frac{143980}{8556} \approx 16,828^{\circ}\text{C}$$

- Làm tròn kết quả đến một chữ số sau dấu phẩy thập phân theo đúng yêu cầu đề bài, giá trị nhiệt độ cân bằng cần điền là: **16,8**.

Đáp số điền phiếu:

1	6	,	8
---	---	---	---

◆ PT | Bài 7: Trạng thái tới hạn của hệ cơ - nhiệt liên kết

Một khối liên hợp gồm một lõi bằng hợp kim có khối lượng $m_v = 120$ g và khối lượng riêng $\rho_v = 3,0$ g/cm³, được bọc kín xung quanh bởi một lớp vỏ bằng nước đá có khối lượng ban đầu $m_{đo} = 800$ g ở nhiệt độ 0°C. Người ta thả khối liên hợp này vào một bể nước lớn ở nhiệt độ 0°C thì thấy nó nổi trên mặt nước. Sau đó, người ta truyền nhiệt từ từ cho khối đá để đá tan ra bên ngoài.

Khối lượng nước đá tối thiểu phải tan ra bằng bao nhiêu gam để khối liên hợp bắt đầu chìm hoàn toàn trong nước?

(Cho biết: Khối lượng riêng của nước $\rho_n = 1,0$ g/cm³; khối lượng riêng của nước đá $\rho_d = 0,9$ g/cm³. Vật bắt đầu chìm khi khối lượng riêng trung bình của nó bằng khối lượng riêng của nước).

Đáp số:

--	--	--	--

🔗 ĐỊNH HƯỚNG TƯ DUY

- **Bước 1:** Vận dụng điều kiện cân bằng của vật khi bắt đầu chìm hoàn toàn (lơ lửng trong chất lưu) để thiết lập mối quan hệ giữa các đại lượng, từ đó suy ra lực đẩy Archimedes bằng đúng trọng lực của hệ hay khối lượng riêng trung bình của khối liên hợp bằng khối lượng riêng của nước.

- **Bước 2:** Phân tích sự thay đổi cấu trúc của hệ khi một phần nước đá tan "ra bên ngoài" (làm giảm cả khối lượng và thể tích của khối liên hợp), chọn ẩn trực tiếp là khối lượng đá còn lại m_d để thiết lập phương trình khối lượng riêng trung bình tối giản dưới dạng phân thức bậc nhất.

- **Bước 3:** Giải phương trình đại số vừa thiết lập để xác định lượng đá còn lại tại trạng thái tới hạn, sau đó tính khối lượng nước đá tối thiểu đã tan bằng cách lấy khối lượng vỏ đá ban đầu trừ đi khối lượng đá còn lại và kiểm tra tính hợp lý của nghiệm.

📖 HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT

1. Tính thể tích của lõi hợp kim:

$$V_v = \frac{m_v}{\rho_v} = \frac{120}{3,0} = 40 \text{ cm}^3$$

2. Xác định lượng đá còn lại tại trạng thái tới hạn bắt đầu chìm:

- Vì nước đá tan ra bên ngoài hòa vào bể, nên hệ vật lơ lửng lúc này chỉ còn gồm lõi hợp kim và phần nước đá còn lại chưa tan bám quanh lõi.

- Khi vật chìm hoàn toàn và lơ lửng, khối lượng riêng trung bình của hệ bằng khối lượng riêng của nước ($\rho_n = 1,0$ g/cm³):

$$\frac{m_v + m_d}{V_v + V_d} = \rho_n \Rightarrow \frac{120 + m_d}{40 + \frac{m_d}{0,9}} = 1,0$$

$$\Leftrightarrow 120 + m_d = 40 + \frac{m_d}{0,9} \Leftrightarrow 120 - 40 = m_d \cdot \left(\frac{1}{0,9} - 1\right)$$

$$\Leftrightarrow 80 = m_d \cdot \frac{1}{9} \Rightarrow m_d = 80 \cdot 9 = 720 \text{ g}$$

3. Tính khối lượng nước đá đã bị tan:

Khối lượng nước đá tối thiểu đã tan ra là:

$$\Delta m = m_{d0} - m_d = 800 - 720 = \mathbf{80 \text{ g}}$$

Đáp số điền phiếu:

8	0		
---	---	--	--

⚠ LƯU Ý CHO HỌC SINH

- **Tránh lỗi thường gặp:** Học sinh thường nghĩ cứ mất bớt khối lượng (đá tan đi) thì vật phải nhẹ đi và nổi lên cao hơn. Giáo viên cần nhấn mạnh: Đá tan làm giảm khối lượng hệ, nhưng đồng thời làm giảm thể tích chiếm chỗ của hệ với tốc độ nhanh hơn (vì khối lượng riêng của đá nhỏ hơn nước). Do đó khối lượng riêng trung bình tổng thể tăng lên, làm vật chìm xuống.
- **Đồng bộ đơn vị tính toán hệ CGS:** Trong các bài toán cơ học chất lưu cơ bản, sử dụng hệ đơn vị g và cm³ sẽ giúp các phép tính toán phân số cực kỳ gọn gàng, tránh được việc đổi số mũ 10⁻⁶ dễ dẫn đến nhầm lẫn cho học sinh mức độ khá.

◆ PT | Bài 8: Xác định thời gian chuyển pha bằng phương pháp cấp nhiệt liên tục.

Để xác định nhiệt nóng chảy riêng của nước đá, một nhóm học sinh thiết kế một thí nghiệm thực hành như sau: Thả $m = 400 \text{ g}$ nước đá ở nhiệt độ -10°C vào một bình nhiệt lượng kế rồi dùng một dây điện trở có công suất tỏa nhiệt không đổi $P = 50 \text{ W}$ để đun nóng liên tục. Nhóm học sinh dùng đồng hồ bấm giờ và ghi nhận được đồ thị tiến trình nhiệt độ theo thời gian. Kết quả cho thấy: thời gian tính từ lúc bắt đầu bật điện trở cho đến khi nước đá tăng nhiệt độ lên đến 0°C là $\tau_1 = 168 \text{ giây}$; và thời gian kể từ lúc nước đá bắt đầu nóng chảy cho đến khi nó tan thành nước hoàn toàn (vẫn ở 0°C) là τ_2 . Biết nhiệt dung riêng và nhiệt nóng chảy riêng của nước đá lần lượt là $c_{\text{đá}} = 2100 \text{ J/(kg.K)}$ và $\lambda = 3,34 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$. Giả sử toàn bộ nhiệt lượng tỏa ra từ dây điện trở đều được nước đá hấp thụ.

Thời gian τ_2 để khối nước đá nóng chảy hoàn toàn bằng bao nhiêu giây?

Đáp số:

--	--	--	--

🔗 ĐỊNH HƯỚNG TƯ DUY

- **Bước 1** (Xác định năng lượng giai đoạn 1): Tính nhiệt lượng Q_1 cần thiết để nâng nhiệt độ của 400 g nước đá từ -10°C lên 0°C bằng công thức: $Q_1 = m \cdot c_{\text{đá}} \cdot \Delta t$.
- **Bước 2** (Tính công suất thực tế/Kiểm tra thiết bị): Từ thời gian thực nghiệm $\tau_1 = 168$ s và nhiệt lượng Q_1 vừa tính, học sinh tính toán hoặc kiểm tra tính đồng bộ với công suất P của dây điện trở thông qua hệ thức bảo toàn năng lượng vĩ mô: $Q_1 = P \cdot \tau_1$.
- **Bước 3** (Tính thời gian nóng chảy): Biểu diễn nhiệt lượng cần để nước đá nóng chảy hoàn toàn: $Q_2 = m \cdot \lambda$. Từ đó lập phương trình tỉ số hoặc tính trực tiếp thời gian $\tau_2 = \frac{Q_2}{P}$

HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT

1. Khảo sát giai đoạn 1: Nước đá nhận nhiệt để tăng nhiệt độ từ -10°C lên 0°C

Đổi khối lượng nước đá sang đơn vị chuẩn hệ SI: $m = 400$ g = 0,4 kg.

Độ tăng nhiệt độ của khối nước đá trong giai đoạn này là:

$$\Delta t = 0^\circ\text{C} - (-10^\circ\text{C}) = 10 \text{ K (hoặc } 10^\circ\text{C)}$$

Nhiệt lượng khối nước đá thu vào để đạt đến nhiệt độ nóng chảy là:

$$Q_1 = m \cdot c_{\text{đá}} \cdot \Delta t = 0,4 \cdot 2100 \cdot 10 = 8400 \text{ (J)}$$

Theo định luật bảo toàn năng lượng, nhiệt lượng này do dây điện trở cung cấp trong thời gian $\tau_1 = 168$ s:

$$Q_1 = P \cdot \tau_1 \Rightarrow 8400 = 50 \cdot 168 = 8400 \text{ (J)}$$

(Số liệu thực nghiệm hoàn toàn trùng khớp với thông số công suất cố định $P = 50$ W của thiết bị).

2. Khảo sát giai đoạn 2: Khối nước đá nóng chảy hoàn toàn tại 0°C

Nhiệt lượng cần cung cấp để làm nóng chảy hoàn toàn 0,4 kg nước đá ở nhiệt độ 0°C là:

$$Q_2 = m \cdot \lambda$$

Tra cứu hằng số vật lý chuẩn trong sách giáo khoa Vật lý 12 (Bộ Kết nối tri thức), nhiệt nóng chảy riêng của nước đá là $\lambda = 3,34 \cdot 10^5$ J/kg.

$$Q_2 = 0,4 \cdot 3,34 \cdot 10^5 = 133600 \text{ (J)}$$

3. Tính thời gian nóng chảy hoàn toàn τ_2 :

Do dây điện trở duy trì công suất tỏa nhiệt không đổi $P = 50$ W, thời gian τ_2 để cung cấp đủ nhiệt lượng Q_2 phục vụ quá trình chuyển pha là:

$$\tau_2 = \frac{Q_2}{P} = \frac{133600}{50} = 2672 \text{ giây}$$

Vậy thời gian nóng chảy hoàn toàn của khối đá là **2672** giây.

Đáp số điền phiếu:

2	6	7	2
---	---	---	---

- **Đọc hiểu đồ thị và phân đoạn tiến trình (Trọng tâm lớp 12):** Học sinh cần phân biệt rõ hai giai đoạn: Giai đoạn nâng nhiệt (nhiệt độ tăng, trạng thái giữ nguyên là rắn) và Giai đoạn chuyển pha (nhiệt độ giữ cố định ở 0°C , trạng thái biến đổi từ rắn sang lỏng). Lỗi phổ biến là học sinh gộp chung hai giai đoạn này hoặc dùng nhầm công thức $Q = m \cdot c \cdot \Delta t$ cho cả lúc đá đang tan.
- **Lỗi thường gặp: đơn vị thời gian:** Đáp số tính ra là giây (s), học sinh cần điền nguyên con số này. Nếu đề bài cài cắm hỏi theo đơn vị "phút", học sinh phải lấy $2672/60 \approx 44,53$ phút. Hãy luôn đọc kỹ phần đơn vị đứng sau ô trống điền số.

◆ PT | Bài 9: Xác định nhiệt dung riêng của chất lỏng bằng phương pháp đồ liên tiếp

Để xác định nhiệt dung riêng của hai mẫu chất lỏng chưa biết thông số là X và Y , một nhóm học sinh lớp 12 đã tiến hành một thí nghiệm gồm hai bước liên tiếp trong phòng thực hành Vật lý như sau:

Bước 1: Rót 300 g chất lỏng X ở nhiệt độ 20°C vào một bình cách nhiệt chứa sẵn 200 g nước ở nhiệt độ 80°C . Hệ đạt trạng thái cân bằng nhiệt lần thứ nhất ở nhiệt độ 55°C .

Bước 2: Ngay sau đó, nhóm học sinh tiếp tục rót thêm 200 g chất lỏng Y ở nhiệt độ 15°C vào bình nhiệt lượng kế trên. Khi hệ đạt trạng thái cân bằng nhiệt lần thứ hai, nhiệt độ trong bình ổn định ở mức 45°C .

Từ kết quả thực nghiệm trên, hãy tính giá trị nhiệt dung riêng của chất lỏng Y theo đơn vị $\text{J}/(\text{kg.K})$. (Cho biết: Nhiệt dung riêng của nước là $c_n = 4200 \text{ J}/(\text{kg.K})$. Bỏ qua sự bay hơi của chất lỏng và sự trao đổi nhiệt với vỏ bình nhiệt lượng kế cũng như môi trường xung quanh).

Đáp số:

🔗 ĐỊNH HƯỚNG TƯ DUY

- **Bước 1** (Giải quyết Bước 1 để tìm c_x): Lập phương trình cân bằng nhiệt cho lần trộn đầu tiên. Nước nóng tỏa nhiệt hạ từ 80°C xuống 55°C , chất lỏng X thu nhiệt tăng từ 20°C lên 55°C . Giải phương trình này để tìm ẩn số nhiệt dung riêng c_x .
- **Bước 2** (Xác định trạng thái nền cho Bước 2): Nhận diện hệ vật chất trong bình trước khi đổ chất lỏng Y . Lúc này, trong bình là hỗn hợp gồm cả nước và chất lỏng X đang ở cùng mức nhiệt độ nền là 55°C .
- **Bước 3** (Lập phương trình Bước 2 để tìm c_y): Khi đổ chất lỏng Y (15°C) vào, hỗn hợp (nước + X) đóng vai trò tỏa nhiệt hạ từ 55°C xuống 45°C , còn chất lỏng Y thu nhiệt tăng từ 15°C lên 45°C . Thế giá trị c_x vừa tìm được ở Bước 1 vào để giải ra ẩn số cuối cùng c_y .

1. Khảo sát Bước 1 của tiến trình thực nghiệm để tìm c_x :

Đổi khối lượng các thành phần chất lưu sang đơn vị chuẩn hệ SI:

- Khối lượng nước: $m_n = 200 \text{ g} = 0,2 \text{ kg}$.
- Khối lượng chất lỏng X: $m_x = 300 \text{ g} = 0,3 \text{ kg}$.

Ở lần trộn thứ nhất, nước tỏa nhiệt, chất lỏng X thu nhiệt:

- Nhiệt lượng do nước tỏa ra khi hạ từ 80°C xuống 55°C :

$$Q_{t\text{oa}1} = m_n \cdot c_n \cdot (t_n - t_{cb1}) = 0,2 \cdot 4200 \cdot (80 - 55) = 840 \cdot 25 = 21000 \text{ (J)}$$

- Nhiệt lượng do chất lỏng X thu vào khi tăng từ 20°C lên 55°C :

$$Q_{thu1} = m_x \cdot c_x \cdot (t_{cb1} - t_x) = 0,3 \cdot c_x \cdot (55 - 20) = 0,3 \cdot c_x \cdot 35 = 10,5 \cdot c_x \text{ (J)}$$

Áp dụng phương trình cân bằng nhiệt cho giai đoạn 1 ($Q_{thu1} = Q_{t\text{oa}1}$):

$$10,5 \cdot c_x = 21000 \Rightarrow c_x = \frac{21000}{10,5} = 2000 \text{ J/(kg.K)}$$

2. Khảo sát Bước 2 của tiến trình thực nghiệm để tìm c_y :

Đổi khối lượng chất lỏng Y: $m_y = 200 \text{ g} = 0,2 \text{ kg}$.

Trước khi đổ thêm chất lỏng Y, hỗn hợp trong bình gồm có 0,2 kg nước và 0,3 kg chất lỏng X (với $c_x = 2000 \text{ J/(kg.K)}$), tất cả đang đồng nhất ở nhiệt độ $t_{cb1} = 55^\circ\text{C}$.

Khi đổ thêm chất lỏng Y ở nhiệt độ $t_y = 15^\circ\text{C}$ vào bình, hệ đạt nhiệt độ cân bằng cuối cùng là $t_{cb2} = 45^\circ\text{C}$.

- Nhiệt lượng do hỗn hợp nền (nước + chất lỏng X) tỏa ra khi hạ từ 55°C xuống 45°C :

$$Q_{t\text{oa}2} = (m_n \cdot c_n + m_x \cdot c_x) \cdot (t_{cb1} - t_{cb2})$$

$$Q_{t\text{oa}2} = (0,2 \cdot 4200 + 0,3 \cdot 2000) \cdot (55 - 45)$$

$$Q_{t\text{oa}2} = (840 + 600) \cdot 10 = 1440 \cdot 10 = 14400 \text{ (J)}$$

- Nhiệt lượng do mẫu chất lỏng Y thu vào để tăng nhiệt độ từ 15°C lên 45°C :

$$Q_{thu2} = m_y \cdot c_y \cdot (t_{cb2} - t_y)$$

$$Q_{thu2} = 0,2 \cdot c_y \cdot (45 - 15) = 0,2 \cdot c_y \cdot 30 = 6 \cdot c_y \text{ (J)}$$

3. Xác định giá trị nhiệt dung riêng của chất lỏng Y:

Áp dụng định luật bảo toàn năng lượng cho giai đoạn trao đổi nhiệt lần hai ($Q_{thu2} = Q_{t\text{oa}2}$):

$$6 \cdot c_y = 14400$$

$$\Rightarrow c_y = \frac{14400}{6} = 2400 \text{ J/(kg.K)}$$

Vậy nhiệt dung riêng của mẫu chất lỏng Y bằng **2400 J/(kg.K)**.

Đáp số điền phiếu:

2	4	0	0
---	---	---	---

- **Tính chất bắc cầu và lũy tiến của bài toán thực nghiệm:** Bài toán này loại bỏ hoàn toàn khả năng giải "vẹt" hoặc đoán mò đáp số. Học sinh bắt buộc phải đi theo trình tự tuyến tính: dùng dữ kiện **Bước 1** để rút ra thuộc tính vật lý của chất X ($c_x = 2000 \text{ J/kg.K}$), sau đó mới có đủ mảnh ghép dữ kiện để tính tổng nhiệt dung tỏa ra ở Bước 2.
- **Lỗi thường gặp: quên thành phần vật chất ở giai đoạn sau:** Lỗi sai phổ biến nhất là học sinh sau khi tính được c_x ở Bước 1 xong, sang Bước 2 lại chỉ cho một mình nước tỏa nhiệt để chất Y thu nhiệt. Luôn nhớ rằng: Chất lỏng X sau khi đổ vào ở Bước 1 vẫn nằm nguyên trong bình và nó cũng bị hạ nhiệt độ từ 55°C xuống 45°C , tức là nó đóng góp một phần năng lượng đáng kể vào tổng nhiệt lượng tỏa ra (6000 J trên tổng số 14400 J).

◆ PT | Bài 10: Hiệu suất của hệ cấp nhiệt thực tế

Một ấm đun nước bằng đồng có khối lượng $m_c = 500 \text{ g}$ chứa $m_n = 2,0 \text{ kg}$ nước ở cùng nhiệt độ ban đầu là 20°C . Người ta dùng một bếp điện có công suất tiêu thụ điện không đổi $P = 1200 \text{ W}$ để đun hệ này. Do cấu tạo của ấm và môi trường xung quanh, trong suốt quá trình đun, công suất hao phí tỏa ra môi trường tỉ lệ thuận với hiệu nhiệt độ giữa ấm và môi trường, được xác định bởi biểu thức: $P_{hp} = k \cdot (t - t_0)$, với $k = 4 \text{ W/K}$, t là nhiệt độ của ấm tại thời điểm khảo sát và $t_0 = 20^\circ\text{C}$ là nhiệt độ môi trường. Giả sử nhiệt độ của ấm và nước luôn bằng nhau tại mọi thời điểm. Khi nước đạt đến nhiệt độ sôi 100°C , bếp tiếp tục cung cấp nhiệt trong một khoảng thời gian ngắn làm hóa hơi một phần nước. Tổng thời gian tính từ lúc bắt đầu đun cho đến khi ngắt bếp là 20 phút.

Hiệu suất năng lượng toàn phần của bếp điện trong toàn bộ quá trình đun nói trên bằng bao nhiêu phần trăm? (Làm tròn kết quả đến hàng đơn vị).

(Cho biết: Nhiệt dung riêng của đồng $c_c = 380 \text{ J/(kg.K)}$; nhiệt dung riêng của nước $c_n = 4200 \text{ J/(kg.K)}$; nhiệt hóa hơi riêng của nước ở 100°C là $L = 2,3 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$).

Đáp số:

🔗 ĐỊNH HƯỚNG TƯ DUY

1. Bản chất của hiệu suất năng lượng toàn phần (H):

Hiệu suất được định nghĩa bằng tỉ số giữa phần năng lượng hữu ích tích lũy trong hệ (Q_{ich}) và điện năng toàn phần do bếp điện tiêu thụ (A_{tp}):

$$H = \frac{Q_{ich}}{A_{tp}} = \frac{A_{tp} - Q_{hp}}{A_{tp}} = 1 - \frac{Q_{hp}}{A_{tp}}$$

2. Cơ chế biến thiên năng lượng theo thời gian:

Bài toán được chia làm hai giai đoạn rõ rệt với quy luật hao phí khác nhau:

Giai đoạn 1 (Tăng nhiệt độ từ $20^{\circ}\text{C} \rightarrow 100^{\circ}\text{C}$): Nhiệt độ thay đổi liên tục, kéo theo công suất hao phí P_{hp} thay đổi liên tục. Do nhiệt độ tăng không tuyến tính theo thời gian, ta bắt buộc phải sử dụng phương pháp vi tích phân để tìm thời gian tăng nhiệt τ_1 và nhiệt lượng hao phí thực tế $Q_{\text{hp}1}$.

Giai đoạn 2 (Hóa hơi nước ở 100°C): Nhiệt độ của hệ được giữ cố định. Công suất hao phí đạt giá trị cực đại và không đổi. Ta dùng phép nhân đại số thông thường.

HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT

Bước 1: Chuẩn hóa đơn vị và tính điện năng toàn phần

- Đổi khối lượng ấm đồng: $m_c = 500 \text{ g} = 0,5 \text{ kg}$.
- Tổng thời gian cấp nhiệt: $\tau = 20 \text{ phút} = 20 \times 60 = 1200 \text{ s}$.
- Gọi hằng số nhiệt dung tổng hợp của hệ (ấm + nước) là C :

$$C = m_c \cdot c_c + m_n \cdot c_n = 0,5 \cdot 380 + 2,0 \cdot 4200 = 8590 \text{ J/K}$$

- Tổng điện năng toàn phần bếp tiêu thụ trong toàn bộ quá trình:

$$A_{\text{tp}} = P \cdot \tau = 1200 \cdot 1200 = 1.440.000 \text{ J}$$

Bước 2: Khảo sát giai đoạn 1 (Tăng nhiệt từ $t_0 = 20^{\circ}\text{C}$ đến $t_s = 100^{\circ}\text{C}$)

Xét trong một khoảng thời gian vi phân vô cùng nhỏ $d\tau$, phương trình vi phân cân bằng năng lượng được thiết lập:

$$P \cdot d\tau = C \cdot dt + P_{\text{hp}} \cdot d\tau$$

$$P \cdot d\tau = C \cdot dt + k(t - t_0)d\tau$$

Cô lập biến thời gian $d\tau$ sang một vế:

$$[P - k(t - t_0)]d\tau = C \cdot dt \Rightarrow d\tau = \frac{C \cdot dt}{P - k(t - t_0)}$$

Lấy tích phân hai vế để tìm thời gian τ_1 cần thiết để hệ đạt trạng thái sôi:

$$\tau_1 = \int_{t_0}^{t_s} \frac{C \cdot dt}{P - k(t - t_0)}$$

- Đặt ẩn phụ: $u = P - k(t - t_0) \Rightarrow du = -k \cdot dt \Rightarrow dt = -\frac{du}{k}$.

- Đổi cận:

$$\text{Khi } t = t_0 = 20^{\circ}\text{C} \Rightarrow u_1 = P = 1200$$

$$\text{Khi } t = t_s = 100^{\circ}\text{C} \Rightarrow u_2 = P - k(100 - 20) = 1200 - 4 \cdot 80 = 880$$

Thay vào biểu thức tích phân:

$$\tau_1 = \frac{C}{k} \int_{u_2}^{u_1} \frac{du}{u} = \frac{C}{k} \ln \left(\frac{u_1}{u_2} \right)$$

$$\tau_1 = \frac{8590}{4} \cdot \ln \left(\frac{1200}{880} \right) = 2147,5 \cdot \ln \left(\frac{15}{11} \right) \approx 666,06 \text{ s}$$

Nhiệt lượng hao phí trong giai đoạn 1 (Q_{hp1}) được tính bằng cách tích phân công suất hao phí, hoặc suy ra trực tiếp từ định luật bảo toàn năng lượng:

$$Q_{hp1} = P \cdot \tau_1 - C \cdot (t_s - t_0)$$

$$Q_{hp1} = 1200 \cdot 666,06 - 8590 \cdot (100 - 20) = 799.272 - 687.200 = 112.072 \text{ J}$$

Bước 3: Khảo sát giai đoạn 2 (Nước sôi và hóa hơi một phần)

- Thời gian bếp tiếp tục hoạt động ở giai đoạn này:

$$\tau_2 = \tau - \tau_1 = 1200 - 666,06 = 533,94 \text{ s}$$

- Vì nhiệt độ giữ nguyên không đổi ở 100°C , công suất hao phí duy trì hằng số liên tục ở mức cực đại:

$$P_{hp2} = k \cdot (t_s - t_0) = 4 \cdot (100 - 20) = 320 \text{ W}$$

- Nhiệt lượng hao phí thất thoát ở giai đoạn 2:

$$Q_{hp2} = P_{hp2} \cdot \tau_2 = 320 \cdot 533,94 = 170.860,8 \text{ J}$$

Bước 4: Tính tổng hao phí và hiệu suất toàn phần

- Tổng nhiệt lượng hao phí toàn bộ quá trình:

$$Q_{hp} = Q_{hp1} + Q_{hp2} = 112.072 + 170.860,8 = 282.932,8 \text{ J}$$

- Hiệu suất năng lượng toàn phần của hệ thống:

$$H = \frac{A_{tp} - Q_{hp}}{A_{tp}} \cdot 100\% = \frac{1.440.000 - 282.932,8}{1.440.000} \cdot 100\% \approx \mathbf{80,352\%}$$

Theo yêu cầu làm tròn đến hàng đơn vị: $H \approx 80\%$.

Đáp số điền phiếu:

8	0		
---	---	--	--

⚠ LƯU Ý CHO HỌC SINH

- **Sai lầm lấy trung bình cộng công suất hao phí:** Nhiều học sinh quen tay lấy công suất hao phí trung bình ở giai đoạn 1 là $\bar{P}_{hp} = \frac{0+320}{2} = 160 \text{ W}$ rồi tính đại số. Cách này sai về bản chất vì đồ thị nhiệt độ theo thời gian $t(\tau)$ là một đường cong hàm mũ, không phải đường thẳng. Do đó, tốc độ tăng nhiệt độ chậm dần theo thời gian, việc tính trung bình cộng sẽ dẫn tới sai số tích lũy (khiến hiệu suất bị vọt lên thành 81%). Học sinh cần nhớ: Chỉ được lấy trung bình cộng khi đại lượng biến thiên tuyến tính (bậc nhất) theo THỜI GIAN.

- **Xác định sai công suất hao phí khi nước sôi:** Khi nước đã sôi ở 100°C , nhiệt độ không tăng nữa nhưng hao phí không biến mất. Ngược lại, hao phí duy trì ở mức cực đại liên tục (320 W) cho đến khi ngắt bếp. Đừng nhầm lẫn việc nhiệt độ đứng yên nghĩa là hao phí bằng 0.

- **Phân biệt nhiệt lượng hữu ích:** Lượng nhiệt hữu ích tổng cộng bao gồm hai nhiệm vụ độc lập: nâng nhiệt độ của ấm + nước lên 100°C và cung cấp nhiệt hóa hơi cho nước biến thành hơi. Không

cần mất thời gian tìm khối lượng nước đã hóa hơi cụ thể, ta chỉ cần lấy tổng năng lượng trừ đi tổng hao phí tích phân là ra ngay phần năng lượng hữu ích tổng hợp này.