



PHYSICS TEAM

— Learn Physics, Love Physics —

PHYSICS TEAM

TÀI LIỆU BỒI DƯỠNG HỌC SINH GIỎI VẬT LÝ

— CHUYÊN ĐỀ —

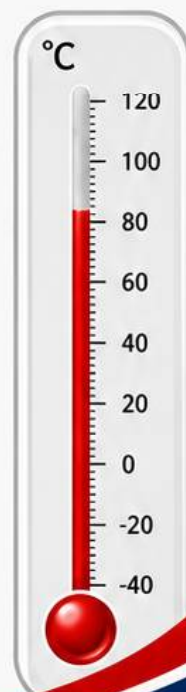
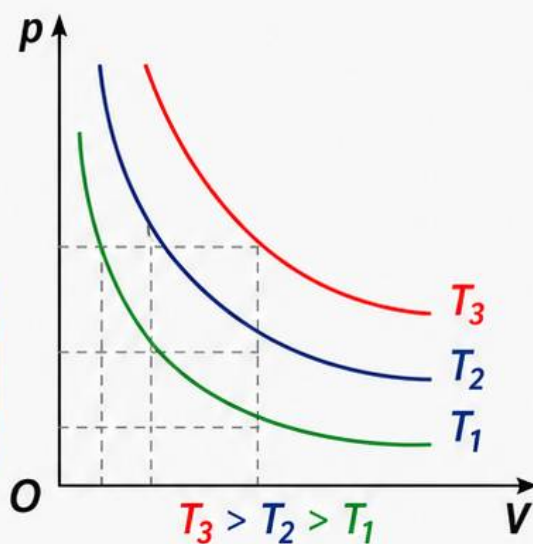
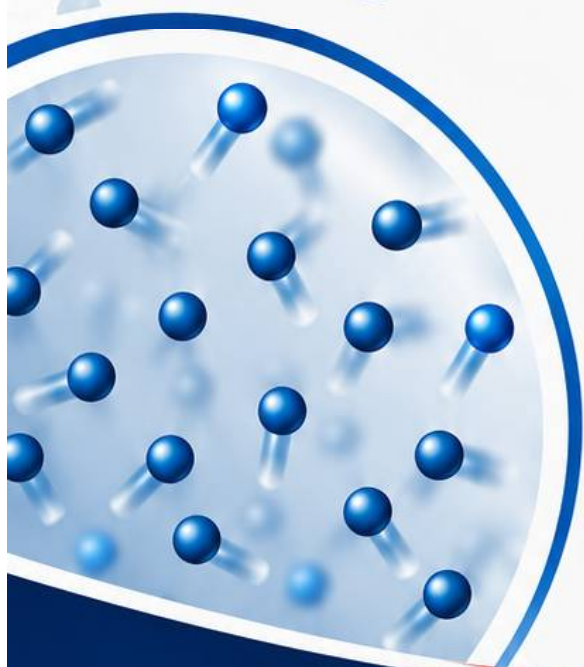
# VẬT LÝ NHIỆT

## 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.....                                                                             | 5  |
| DẠNG 1: CÂN BẰNG NHIỆT (NHIỆT LƯỢNG – CHUYỂN THỂ).....                                       | 6  |
| 1. HỆ THỐNG LÝ THUYẾT CƠ BẢN VÀ CHUYÊN SÂU .....                                             | 6  |
| 1.1. Nguyên lý cốt lõi.....                                                                  | 6  |
| 1.2. Các biểu thức tính nhiệt lượng .....                                                    | 6  |
| 1.3. Mở rộng nâng cao.....                                                                   | 6  |
| 2. PHƯƠNG PHÁP GIẢI.....                                                                     | 6  |
| 3. BÀI TẬP VẬN DỤNG .....                                                                    | 7  |
| ♦ PT   Bài 1: Xác định trạng thái cân bằng cuối của hệ nước đá và hơi nước.....              | 7  |
| ♦ PT   Bài 2: Nhiệt lượng kế "thiếu thông số" – xác định nhiệt dung riêng của hợp kim.....   | 9  |
| ♦ PT   Bài 3: Sự nóng chảy không hoàn toàn của hỗn hợp nhiều vật rắn .....                   | 11 |
| ♦ PT   Bài 4: Thiết lập điều kiện để cục đá tan hết trong bình nhiệt lượng kế chứa dầu ..... | 13 |
| ♦ PT   Bài 5: Trao đổi nhiệt có tính đến sự bay hơi của nước (ứng dụng thực tế) .....        | 15 |
| 4. BÀI TẬP TRẮC NGHIỆM TRẢ LỜI NGẮN .....                                                    | 17 |
| ♦ PT   Bài 6: Xác định nhiệt độ cân bằng của hệ trao đổi nhiệt đơn giản.....                 | 17 |
| ♦ PT   Bài 7: Trạng thái tới hạn của hệ cơ - nhiệt liên kết .....                            | 18 |
| ♦ PT   Bài 8: Xác định thời gian chuyển pha bằng phương pháp cấp nhiệt liên tục.....         | 19 |
| ♦ PT   Bài 9: Xác định nhiệt dung riêng của chất lỏng bằng phương pháp đồ liên tiếp .....    | 21 |
| ♦ PT   Bài 10: Hiệu suất của hệ cấp nhiệt thực tế.....                                       | 23 |
| DẠNG 2: CHUYỂN THỂ – ĐỒ THỊ NHIỆT.....                                                       | 27 |
| 1. HỆ THỐNG LÝ THUYẾT CƠ BẢN VÀ CHUYÊN SÂU .....                                             | 27 |
| 1.1. Đặc điểm các quá trình trên đồ thị nhiệt độ - thời gian ( $T - t$ ).....                | 27 |
| 1.2. Các biểu thức định lượng khai thác từ đồ thị.....                                       | 27 |
| 1.3. Mở rộng nâng cao dành cho HSG .....                                                     | 27 |
| 2. PHƯƠNG PHÁP GIẢI.....                                                                     | 27 |
| 3. BÀI TẬP VẬN DỤNG .....                                                                    | 28 |

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ♦ PT   Bài 1: Xác định công suất nguồn nhiệt và nhiệt dung riêng các pha dựa trên đồ thị ....         | 28 |
| ♦ PT   Bài 2: Bài toán đồ thị ngược – quá trình đông đặc của chất lỏng .....                          | 30 |
| ♦ PT   Bài 3: Phân tích sự thay đổi trạng thái dựa trên đồ thị nhiệt lượng - nhiệt độ .....           | 32 |
| ♦ PT   Bài 4: Đồ thị phức hợp với nguồn nhiệt công suất biến thiên.....                               | 34 |
| ♦ PT   Bài 5: Tối ưu hóa quá trình nhiệt với nguồn biến thiên.....                                    | 36 |
| 4. BÀI TẬP TRẮC NGHIỆM TRẢ LỜI NGẮN .....                                                             | 40 |
| ♦ PT   Bài 6: Xác định nhiệt đông đặc riêng của sáp parafin dựa trên đồ thị làm lạnh hai giai đoạn .. | 40 |
| ♦ PT   Bài 7: Xác định thông số chuyển pha hóa hơi từ đồ thị.....                                     | 42 |
| ♦ PT   Bài 8: Bài tập đồ thị năng lượng – chuỗi chuyển pha đa thành phần không đồng điệu .....        | 43 |
| ♦ PT   Bài 9: Bài tập đồ thị thăng hoa – xác định điểm thăng hoa hoàn toàn $\tau x$ .....             | 45 |
| ♦ PT   Bài 10: Xác định nhiệt hóa hơi riêng từ đồ thị đun chất lỏng bằng đèn cồn.....                 | 48 |
| DẠNG 3: HỆ NHIỆT PHỨC HỢP.....                                                                        | 49 |
| 1. HỆ THỐNG LÝ THUYẾT CƠ BẢN VÀ CHUYÊN SÂU .....                                                      | 49 |
| 1.1. Đặc trưng của hệ phức hợp .....                                                                  | 49 |
| 1.2. Các khái niệm mở rộng.....                                                                       | 50 |
| 2. PHƯƠNG PHÁP GIẢI.....                                                                              | 50 |
| TÓM TẮT.....                                                                                          | 51 |
| 3. BÀI TẬP VẬN DỤNG .....                                                                             | 51 |
| ♦ PT   Bài 1: Bài toán "vật thứ 3" – thả liên tiếp các viên kim loại.....                             | 51 |
| ♦ PT   Bài 2: Xác định nhiệt độ cân bằng của hệ có nhiệt độ lập thành cấp số cộng .....               | 53 |
| ♦ PT   Bài 3: Bài toán tối ưu nhiệt lượng – làm tan hoàn toàn nước đá bằng lượng nước nóng nhỏ nhất . | 55 |
| ♦ PT   Bài 4: Phân tích quá trình đảo chiều nhiệt độ trong hệ chùng chất .....                        | 56 |
| ♦ PT   Bài 5: Thiết kế hệ thống làm mát tuần hoàn và nhiệt độ ổn định.....                            | 59 |
| 4. BÀI TẬP TRẮC NGHIỆM TRẢ LỜI NGẮN .....                                                             | 61 |
| ♦ PT   Bài 6: Xác định lượng nước trao đổi giữa hai bình cách nhiệt.....                              | 61 |
| ♦ PT   Bài 7: Động học chất lưu liên kết thông số vĩ mô của dòng khí chảy .....                       | 63 |
| ♦ PT   Bài 8: Tính toán nhiệt độ cân bằng của hệ dung dịch đa thành phần .....                        | 65 |
| ♦ PT   Bài 9: Xác định nhiệt độ cân bằng của hệ chứa hỗn hợp nước đá, nước và hơi nước.....           | 66 |

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ♦ PT   Bài 10: Mô hình tỏa nhiệt của cơ thể người khi vận động.....                                      | 68 |
| DẠNG 4: NỘI NĂNG – CÔNG – NHIỆT LƯỢNG.....                                                               | 70 |
| 1. HỆ THỐNG LÝ THUYẾT CƠ BẢN VÀ CHUYÊN SÂU .....                                                         | 70 |
| 1.1. Nguyên lý I Nhiệt động lực học .....                                                                | 70 |
| 1.2. Quy ước dấu .....                                                                                   | 70 |
| 1.3. Các đại lượng thành phần .....                                                                      | 70 |
| 1.4. Mở rộng nâng cao dành cho HSG .....                                                                 | 71 |
| 2. PHƯƠNG PHÁP GIẢI.....                                                                                 | 71 |
| 3. BÀI TẬP VẬN DỤNG .....                                                                                | 72 |
| ♦ PT   Bài 1: Nén khí đột ngột (quá trình đoạn nhiệt).....                                               | 72 |
| ♦ PT   Bài 2: Xác định công và nhiệt lượng trong quá trình biến đổi tuyến tính .....                     | 74 |
| ♦ PT   Bài 3: Chuyển hóa năng lượng trong xi lanh có piston ma sát.....                                  | 76 |
| ♦ PT   Bài 4: So sánh biến thiên nội năng qua các quá trình khác nhau .....                              | 78 |
| ♦ PT   Bài 5: Nguyên lý I cho quá trình hòa tan khí vào chất lỏng .....                                  | 80 |
| 4. BÀI TẬP TRẮC NGHIỆM TRẢ LỜI NGẮN .....                                                                | 82 |
| ♦ PT   Bài 6: Tính độ biến thiên nội năng của khối khí trong xi lanh khi có ma sát trượt của piston..... | 82 |
| ♦ PT   Bài 7: Sự chuyển hóa cơ năng thành nội năng trong quá trình va chạm va xuyên thấu vật thể.....    | 83 |
| ♦ PT   Bài 8: Áp dụng nguyên lý I nhiệt động lực học cho quá trình đẳng tích .....                       | 85 |
| ♦ PT   Bài 9: Ứng dụng Nguyên lý I Nhiệt động lực học xác định tỉ số nhiệt lượng trao đổi.....           | 86 |
| ♦ PT   Bài 10: Xác định độ biến thiên áp suất của hệ xi lanh hai ngăn cách nhiệt.....                    | 88 |

## 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 bảng vàng thành tích cao nhất.*

Hệ thống phát hành và bảo mật tự động tại: <https://physicssteam.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  $\lambda$  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  $0^\circ C$  đối với nước đá hoặc  $100^\circ C$  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  $\lambda$  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  $T_{cb} = 0^\circ C$  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  $-10^\circ C$  lên  $0^\circ C$ , 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  $0^\circ\text{C}$ ).

#### Bước 5: Kiểm tra các yếu tố nâng cao

- Xem xét bài toán có tồn 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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>1. NGUYÊN LÝ CỐT LÕI</b><br>$\Sigma Q = 0$ <ul style="list-style-type: none"> <li><math>Q &gt; 0</math>: Vật thu nhiệt.</li> <li><math>Q &lt; 0</math>: Vật tỏa nhiệt.</li> </ul> <p><b>Ý nghĩa:</b><br/>Tổng nhiệt lượng các vật thu vào bằng tổng nhiệt lượng các vật tỏa ra.</p>                                                                                                  | <b>2. CÔNG THỨC NHIỆT LƯỢNG</b><br><p><b>Biến thiên nhiệt độ (không có chuyển thể)</b></p> $Q = mc\Delta T$ <p><math>m</math>: khối lượng (kg)<br/> <math>c</math>: nhiệt dung riêng (J/kg.K)<br/> <math>\Delta T = T_{\text{cuối}} - T_{\text{đầu}}</math> (K)</p> <p><b>Nóng chảy / Đông đặc</b></p> $Q = \lambda m$ <p><math>\lambda</math>: nhiệt nóng chảy riêng (J/kg)</p> <p><b>Hóa hơi / Ngưng tụ</b></p> $Q = Lm$ <p><math>L</math>: nhiệt hóa hơi riêng (J/kg)</p> | <b>3. CHUYỂN THỂ – MỐC NHIỆT ĐỘ</b><br><p>Nước đá <math>\leftrightarrow</math> Nước <math>0^\circ\text{C}</math></p> <p>Nước <math>\leftrightarrow</math> Hơi nước <math>100^\circ\text{C}</math></p> <p><b>Lưu ý quan trọng</b><br/>         Nếu nhiệt lượng cung cấp (hoặc lấy đi) không đủ để chuyển thể hoàn toàn:</p> $m' < m$ <p>Trong đó:<br/> <math>m</math>: khối lượng ban đầu<br/> <math>m'</math>: khối lượng đã chuyển pha</p> | <b>4. QUY TRÌNH GIẢI NHANH</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>Xác định các vật tham gia trao đổi nhiệt.</li> <li>Liệt kê đầy đủ các giai đoạn.</li> <li>Tính nhiệt lượng từng giai đoạn.</li> <li>Lập phương trình <math>\Sigma Q = 0</math></li> <li>Kiểm tra trạng thái cân bằng cuối của hệ.</li> </ol> |  |
| <p><b>SAI LẦM THƯỜNG GẶP</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Bỏ sót một giai đoạn (tăng giảm nhiệt độ hoặc chuyển thể).</li> <li> Không xét các mốc nhiệt độ quan trọng (<math>0^\circ\text{C}</math> hoặc <math>100^\circ\text{C}</math>).</li> <li> Xác định sai chiều truyền nhiệt (nhầm thu – tỏa).</li> <li> Không kiểm tra lại trạng thái cân bằng của hệ.</li> </ul> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |
| <p><b>GHI NHỚ:</b> Luôn phân tích kỹ các giai đoạn và kiểm tra tính hợp lý của kết quả (khối lượng, nhiệt độ cuối cùng, ...).</p>                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |

### 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  $0^\circ\text{C}$ .

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

### 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  $0^\circ\text{C}$  và tan hết tại  $0^\circ\text{C}$ ).
- **Bước 2:** Xác định khả năng tỏa nhiệt tối đa của hơi nước khi ngưng tụ và hạ nhiệt xuống  $0^\circ\text{C}$ .
- **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  $0^\circ\text{C}$ .

### 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  $0^\circ\text{C}$  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  $0^\circ\text{C}$ ):

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

- **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  $0^\circ\text{C}$  ( $27200 > 8400$ ).

$\Rightarrow$  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:  $m_{\text{nước}} = 10 + 56 = 66 \text{ g}$ ; Khối lượng đá còn lại:  $400 - 56 = 344 \text{ g}$ .

**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  $0^\circ\text{C}$  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  $0^\circ\text{C}$ ):

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

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

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

### ⚠ LƯU Ý CHO HỌC SINH

- **Mốc  $0^\circ\text{C}$  là "cửa ngõ"**: Luôn kiểm tra xem nhiệt lượng tỏa ra có đủ để vượt qua mốc 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  $100^\circ\text{C}$ . 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  $100^\circ\text{C}$ , 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:

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

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

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

#### 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:

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

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

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

### ⚠ 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.

## 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  $15^{\circ}\text{C}$ . Người ta thả vào nhiệt lượng kế một quả cân bằng đồng thau có khối lượng 500 g đang ở nhiệt độ  $100^{\circ}\text{C}$ . 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  $100^{\circ}\text{C}$  xuống  $t_{cb}$ ), nước là vật thu nhiệt (tăng từ  $15^{\circ}\text{C}$  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  $100^{\circ}\text{C}$  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  $15^{\circ}\text{C}$  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/cm<sup>3</sup>, được bọc kín xung quanh bởi một lớp vỏ bằng nước đá có khối lượng ban đầu  $m_{đ0} = 800$  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/cm<sup>3</sup>; khối lượng riêng của nước đá  $\rho_d = 0,9$  g/cm<sup>3</sup>. 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/cm<sup>3</sup>):