

BỔ SUNG SỐ 3 VL&TT

Nhờ Sơn bổ sung vào những chỗ còn trống

1) Vào đoạn cuối bài : NOBEL 2003 (cuối trang 17)

Thay cho lời kết

Giải thưởng Nobel năm nay được trao cho những nhà vật lý đã có cống hiến lớn cho việc xây dựng các lý thuyết cho phép giải thích một cách sâu sắc hơn dòng chảy không bị cản trở của các chất lỏng lượng tử. Đây đã là lần thứ sáu các nghiên cứu trong lĩnh vực vật lý nhiệt độ thấp được trao giải thưởng Nobel. Năm lần trước giải thưởng Nobel đã được trao cho:

- Heike Kamerlingh – Onnes (Hà Lan) vì phát minh hiện tượng siêu dẫn (1913).
- Lev D. Landau (Liên Xô cũ) vì những nghiên cứu tiên phong trong lĩnh vực vật lý các chất kết tập, đặc biệt là về heli lỏng (1962).
- John Bardeen, Leon N. Cooper và Robert J. Schrieffer (Mỹ) vì lý thuyết về chất siêu dẫn loại I là các kim loại và hợp kim (1972).
- Petr L. Kapitsa (Nga) vì các phát minh và sáng chế trong lĩnh vực vật lý nhiệt độ thấp (1978).
- George J. Bednorz (Đức) và Karl A. Müller (Thụy Sĩ) vì phát minh các chất siêu dẫn nhiệt độ cao là các vật liệu gốm (1987).

Chắc hẳn trên chặng đường tiếp theo, nhiều phát minh kỳ diệu còn chờ đợi chúng ta, và cả những tin vui từ Thụy Điển nữa!

2) Nếu còn trống đâu đó thì thêm mục này vào:

VÀI PHÚT THƯ GIẢN

LTS. Trong giới khoa học xưa nay vẫn lưu hành nhiều câu chuyện vui xoay quanh ba nhân vật, đó là nhà toán học, nhà vật lý và nhà kỹ sư, qua đó nhằm nêu lên và nhấn mạnh sự khác biệt trong phong cách tư duy của ba nghề nghiệp quan trọng bậc nhất đó. Tất nhiên, cùng như mọi thứ trên đời này, sự khác biệt đó cũng chỉ là...tương đối mà thôi! Vật lý & Tuổi trẻ xin giới thiệu với bạn đọc một số câu chuyện vui đó.

- ❖ Một nhà toán học, một nhà vật lý và một nhà kỹ sư được hỏi: “Ba lần ba là mấy?” Nhà kỹ sư bèn rút ngay máy tính trong túi ra, bấm loạn xạ các nút một hồi và tuyên bố: “Là 9,000”. Nhà vật lý thì dùng phép tính gần đúng (có tính cả sai số) và cho kết quả: “ $9,00 \pm 0,02$ ”. Còn nhà toán học thì lấy giấy bút ra, sau nửa tiếng đồng hồ ngồi trầm tư, rồi đột ngột đứng dậy tuyên bố một cách đầy kiêu hãnh: “Bài toán có nghiệm và tôi đã chứng minh được tính duy nhất của nó!”.
- ❖ Trong phòng tập thể dục của một trường học, nữ sinh xếp thành hàng dọc theo một bức tường còn các nam sinh xếp thành hàng dọc theo bức tường đối diện. Cứ sau 10 giây hai hàng lại tiến về phía nhau cho tới khi khoảng cách giữa họ bằng một nửa khoảng cách trước đó. Một nhà toán học, một nhà vật lý và một nhà kỹ sư được hỏi: “Sau bao lâu thì hai hàng học sinh này sẽ giáp mặt nhau?”
 - Nhà toán học đáp: “Không bao giờ!”
 - Nhà vật lý đáp: “ Sau một khoảng thời gian vô cùng lớn”.
 - Nhà kỹ sư mỉm cười đáp: “Có lẽ...sau khoảng hai phút, họ sẽ ở đủ gần nhau đối với bất cứ mục đích thực tiễn nào...”

- ❖ Người ta chỉ cho một nhà toán học, một nhà vật lý và một nhà kỹ sư một cánh đồng cỏ và bấy cửu và yêu cầu họ lập một hàng rào để nhốt bấy cửu sao cho tốn ít cọc rào nhất. Nhà kỹ sư lừa đàn cửu vào trong một vòng tròn, rào lại rồi tuyên bố: "Với một diện tích cho trước, vòng tròn sẽ cần dùng ít cọc rào nhất. Vậy đây là lời giải tối ưu". Nhà vật lý tạo một hàng rào tròn với bán kính rất lớn xung quanh bấy cửu rồi thu hẹp dần lại cho tới khi không thu nhỏ lại được nữa, rồi tuyên bố: "Đây là hàng rào tròn nhỏ nhất có thể nhốt được bấy cửu". Còn nhà toán học, ông ta dựng một hàng rào tròn nhỏ xung quanh mình, rồi tuyên bố: "Tôi định nghĩa mình ở bên ngoài hàng rào tròn này!".

CHUYÊN ĐỀ/TRAO ĐỔI

NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC CÁC CHU TRÌNH

Trong bài báo này chúng ta sẽ khảo sát các chu trình được thực hiện bởi một lượng khí lý tưởng (chất công tác). Đồng thời, khi chuyển từ một trạng thái cân bằng này sang trạng thái cân bằng khác, khối khí này thực hiện các quá trình chuẩn tĩnh, rồi cuối cùng trở về trạng thái ban đầu.

Cơ cấu trong đó diễn ra chu trình được biểu diễn trên giản đồ pV theo chiều kim đồng hồ được gọi là một máy nhiệt. Vì sự thay đổi nội năng trong chu trình bằng 0 (vì nội năng là một hàm trạng thái), nên tổng đại số của nhiệt lượng cung cấp cho chất công tác bằng công mà chất công tác thực hiện trong chu trình. Nếu ký hiệu Q_1 là nhiệt lượng tổng cộng cung cấp cho chất công tác và Q_2 là nhiệt lượng tổng cộng do nó toả ra, thì ta thấy ngay công thực hiện bởi chất công tác bằng:

$$A = Q_1 - Q_2$$

Hiệu quả sinh công của máy nhiệt được đặc trưng bởi hiệu suất:

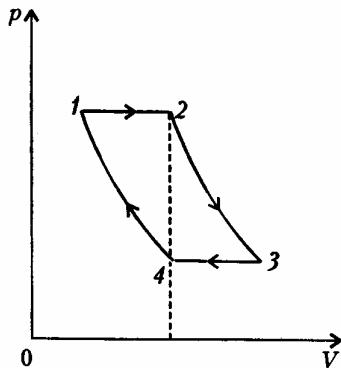
$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Vì trong trường hợp máy nhiệt $Q_1 > Q_2$ nên $\eta < 1$.

Nếu chu trình diễn ra theo chiều ngược lại, tức là trong trường hợp máy làm lạnh thì các dòng nhiệt sẽ đổi chiều: chỗ nào trước kia là toả nhiệt thì bây giờ lại là nhận nhiệt và ngược lại. Do đó, trong trường hợp này, chất công tác không sinh công bằng hiệu nhiệt lượng nhận vào và nhiệt lượng toả ra, mà là nhận công từ vật bên ngoài, còn nhiệt được lấy đi từ vật bên ngoài có nhiệt độ nhỏ hơn (nguồn lạnh) sẽ được truyền cho vật bên ngoài khác có nhiệt độ cao hơn (nguồn nóng).

Bây giờ chúng ta hãy xét một số ví dụ cụ thể.

Ví dụ 1. Trên giản đồ pV đối với một khối lượng khí lý tưởng nào đó, gồm hai quá trình đẳng nhiệt cắt hai quá trình đẳng áp tại các điểm 1, 2, 3, 4 (xem hình vẽ). Hãy xác định tỷ số nhiệt độ T_3/T_1 của chất khí tại các trạng thái 3 và 1, nếu biết tỷ số thể tích $V_3/V_1 = \alpha$. Cho thể tích khí tại các trạng thái 2 và 4 bằng nhau.



Giải: Xét hai đoạn đẳng áp với phương trình có dạng $T/V = \text{const}$. Nghĩa là ta có:

$$\frac{T_1}{V_1} = \frac{T_2}{V_2} \quad \text{và} \quad \frac{T_3}{V_3} = \frac{T_4}{V_4} \quad (1)$$

Nhưng do $T_2 = T_3$; $T_1 = T_4$ (do quá trình 2-3 và 4-1 là đẳng nhiệt) và $V_2 = V_4$ (theo giả thiết), ta có:

$$\frac{T_3}{V_3} = \frac{T_4}{V_4} = \frac{T_1}{V_2} \quad (2)$$

Từ (1) và (2) suy ra:

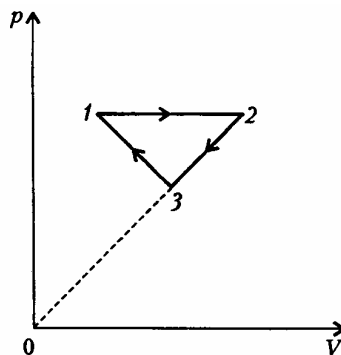
$$\frac{T_3}{T_1} = \frac{V_2}{V_1} \quad \text{và} \quad \frac{T_3}{T_1} = \frac{V_3}{V_2}$$

Nhân hai phương trình trên với nhau, ta được:

$$\left(\frac{T_3}{T_1} \right)^2 = \frac{V_3}{V_1} = \alpha$$

Từ đó suy ra: $\frac{T_3}{T_1} = \sqrt{\alpha}$

Ví dụ 2. Trên hình vẽ cho chu trình thực hiện bởi n mol khí lý tưởng, gồm một quá trình đẳng áp và hai quá trình có áp suất p phụ thuộc tuyến tính vào thể tích V . Trong quá trình đẳng áp 1-2, khí thực hiện một công A và nhiệt độ của nó tăng 4 lần. Nhiệt độ tại 1 và 3 bằng nhau. Các điểm 2 và 3 nằm trên đường thẳng đi qua gốc toạ độ. Hãy xác định nhiệt độ khí tại điểm 1 và công mà khối khí thực hiện



trong chu trình trên

Giải: Công do khí thực hiện trong quá trình đẳng áp 1-2 bằng:

$$A = p_1(V_2 - V_1)$$

Vì

$$p_1 V_1 = nRT_1 \quad \text{và} \quad p_2 V_2 = nRT_2 = 4nRT_1$$

nên

$$A = 3nRT_1$$

$$\text{Suy ra: } T_1 = \frac{A}{3nR}$$

Công mà khí thực hiện trong cả chu trình được tìm bằng cách tính diện tích tam giác 123 và bằng:

$$A_{ct} = \frac{1}{2}(p_1 - p_3)(V_2 - V_1)$$

Từ các phương trình trạng thái ở trên ta tìm được:

$$V_1 = \frac{nRT_1}{p_1} = \frac{A}{3p_1} \quad \text{và} \quad V_2 = \frac{4nRT_1}{p_1} = \frac{4A}{3p_1}$$

$$\text{Do đó: } A_{ct} = \frac{A}{2} \left(1 - \frac{p_3}{p_1} \right)$$

Vì các điểm 2 và 3 nằm trên đường thẳng đi qua gốc tọa độ nên:

$$\frac{p_3}{p_1} = \frac{V_3}{V_2}$$

Mặt khác, cũng từ phương trình trạng thái ta có:

$$V_3 = \frac{nRT_1}{p_3} = \frac{A}{3p_3} \quad \text{và} \quad V_2 = \frac{4A}{3p_1}$$

Từ đây suy ra:

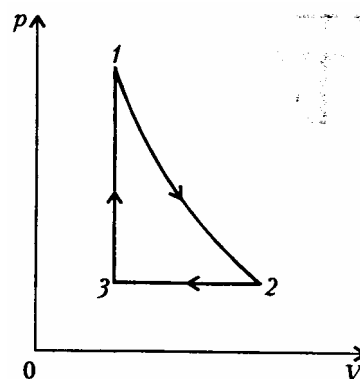
$$\frac{p_3}{p_1} = \frac{p_1}{4p_3}$$

$$\text{hay } \frac{p_3}{p_1} = \frac{1}{2}$$

Vậy công mà khối khí thực hiện trong chu trình là:

$$A_{ct} = \frac{A}{4}.$$

Ví dụ 3. Một mol khí hêli thực hiện một chu trình như hình vẽ gồm các quá trình: đoạn nhiệt 1-2, đẳng áp 2-3 và đẳng tích 3-1. Trong quá trình đoạn nhiệt hiệu nhiệt độ cực đại và cực tiểu của khí là ΔT . Biết rằng trong quá trình đẳng áp, khí toả ra một nhiệt lượng bằng Q . Hãy xác định công A do khối khí thực hiện trong chu trình trên.



Giải:

Trong quá trình đoạn nhiệt 1-2, T_1 là nhiệt độ cực đại, T_2 là nhiệt độ cực tiểu, bởi vậy có thể viết:

$$T_1 - T_2 = \Delta T$$

Trong quá trình đẳng áp 2-3, áp dụng nguyên lý I nhiệt động lực học, ta có:

$$-Q = C_V(T_3 - T_2) + p_2(V_3 - V_2) \quad (1)$$

với $C_V = 3R/2$. Từ (1) và các phương trình trạng thái của các trạng thái 2 và 3, ta có:

$$T_2 - T_3 = \frac{Q}{C_V + R} = \frac{2Q}{5R}$$

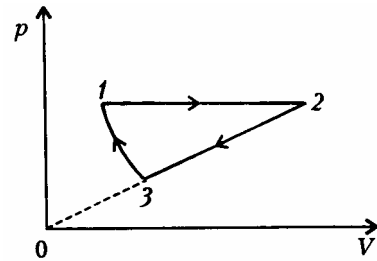
Trên đoạn đẳng tích 3-1, khí không thực hiện công, còn độ tăng nội năng của khí là do nhiệt lượng mà khí nhận được:

$$\begin{aligned} Q_{3-1} &= C_V(T_1 - T_3) = C_V[(T_1 - T_2) + (T_2 - T_3)] \\ &= C_V(\Delta T + \frac{2Q}{5R}) \end{aligned}$$

Vậy công mà khối khí thực hiện sau một chu trình là:

$$A = Q_{3-1} - Q = \frac{3}{2}R\Delta T - \frac{2}{5}Q.$$

Ví dụ 4. Một khối khí hêli ở trong một xilanh có pittông di chuyển được. Người ta đốt nóng khối khí này trong điều kiện áp suất không đổi, đưa khí từ trạng thái 1 tới trạng thái 2. Công mà khí thực hiện trong quá trình này là A_{1-2} . Sau đó, khí bị nén theo quá trình 2-3, trong đó áp suất p tỷ lệ thuận với thể tích V . Đồng thời khối khí nhận một công là A_{2-3} ($A_{2-3} > 0$). Cuối cùng khí được nén đoạn nhiệt về trạng thái ban đầu. Hãy xác định công A_{31} mà khí thực hiện trong quá trình này.



Giải:

Trong quá trình đẳng áp 1-2, công do khối khí thực hiện là:

$$A_{1-2} = p_1(V_2 - V_1) = nR(T_2 - T_1) \quad (1)$$

Trong quá trình 2-3, công do chất khí nhận vào có trị số bằng:

$$A_{2-3} = \frac{p_2 + p_3}{2}(V_2 - V_3) = \frac{p_2V_2 + p_3V_2 - p_2V_3 - p_3V_3}{2}$$

Vì trên giản đồ pV hai điểm 2 và 3 nằm trên đường thẳng đi qua gốc tọa độ, nên ta có:

$$\frac{p_2}{p_3} = \frac{V_2}{V_3} \quad \text{hay} \quad p_3V_2 - p_2V_3 = 0$$

Do đó:

$$A_{2-3} = \frac{p_2V_2 - p_3V_3}{2} = \frac{nR(T_2 - T_3)}{2} \quad (2)$$

Trong quá trình đoạn nhiệt 3-1, độ tăng nội năng của khối khí bằng công mà khối khí nhận được:

$$A_{3-1} = \frac{3}{2}nR(T_1 - T_3) \quad (3)$$

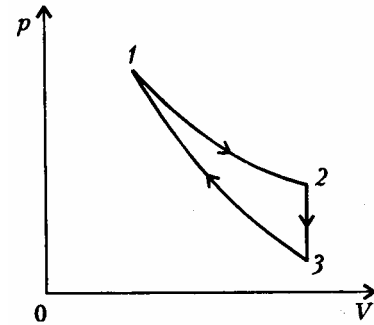
Từ (1) và (2) suy ra:

$$T_1 - T_3 = \frac{2A_{2-3} - A_{1-2}}{nR}$$

Thay biểu thức trên vào (3), ta được:

$$A_{3-1} = \frac{3}{2}nR(T_1 - T_3) = \frac{3}{2}(2A_{2-3} - A_{1-2}).$$

Ví dụ 5. Cho một máy nhiệt hoạt động theo chu trình gồm các quá trình: đẳng nhiệt 1-2, đẳng tích 2-3 và đoạn nhiệt 3-1 (xem hình vẽ). Hiệu suất của máy nhiệt này là η và hiệu nhiệt độ cực đại và cực tiểu của khí trong chu trình bằng ΔT . Biết rằng chất công tác trong máy nhiệt này là n mol khí lý tưởng đơn nguyên tử. Hãy xác định công mà khối khí đó thực hiện trong quá trình đẳng nhiệt.



Giải:

Trong đề bài đã cho hiệu suất của chu trình, nên trước hết ta phải tìm hiểu xem quá trình nào là nhận nhiệt và quá trình nào tỏa nhiệt. Trong quá trình đẳng nhiệt 1-2, khí thực hiện công A (thể tích tăng), và vì nội năng không đổi, nên quá trình này tỏa nhiệt lượng mà ta ký hiệu là Q_1 ($Q_1 = A$). Trong quá trình đẳng tích 2-3, khi thể tích không đổi, áp suất giảm. Điều này xảy ra là do nhiệt độ khí giảm và trong trường hợp đó khí tỏa một nhiệt lượng là Q_2 . Trong quá trình đoạn nhiệt 3-1, khí không nhận cũng không tỏa nhiệt và do thể tích giảm nên khí nhận công và nhiệt độ của nó tăng. Do đó, tại 3 khí có nhiệt độ nhỏ nhất là $T_{\min}$, còn nhiệt độ lớn nhất $T_{\max}$ của khối khí đạt được ở quá trình đẳng nhiệt 1-2. Do đó:

$$T_{\max} - T_{\min} = \Delta T$$

Theo định nghĩa, hiệu suất của chu trình bằng:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Mà như trên đã nói $Q_1 = A$. Mặt khác, trong quá trình 2-3, nhiệt lượng tỏa ra đúng bằng độ tăng nội năng:

$$Q_2 = \frac{3}{2}nR(T_{\max} - T_{\min}) = \frac{3}{2}nR\Delta T$$

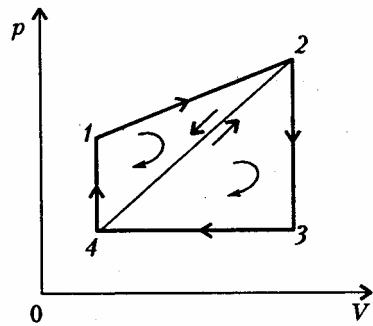
Thay Q_1 và Q_2 vào công thức tính hiệu suất, ta được:

$$\eta = 1 - \frac{3nR\Delta T}{2A}$$

Suy ra:

$$A = \frac{3nR\Delta T}{2(1 - \eta)}.$$

Ví dụ 6. Cho hiệu suất của chu trình 1-2-4-1 bằng η_1 và của chu trình 2-3-4-2 bằng η_2 (xem hình vẽ). Hãy xác định hiệu suất của chu trình 1-2-3-4-1, biết rằng các quá trình 4-1, 2-3 là đẳng tích, quá trình 3-4 là đẳng áp, còn trong các quá trình 1-2; 2-4 áp suất p phụ thuộc tuyến tính vào thể tích V . Các quá trình nói trên đều được thực hiện theo chiều kim đồng hồ. Biết rằng chất công tác ở đây là khí lý tưởng.



Giải:

Xét chu trình 1-2-4-1. Trong quá trình 1-2, khí nhận một nhiệt lượng mà ta ký hiệu là Q_1 . Trong quá trình 2-4, khí toả một nhiệt lượng là Q_2 . Trong quá trình đẳng tích 4-1, khí nhận một nhiệt lượng là Q_3 . Công do khí thực hiện trong cả chu trình là A_1 . Theo định nghĩa hiệu suất:

$$\eta_1 = \frac{A_1}{Q_1 + Q_3}$$

Mặt khác, $\eta_1 = 1 - \frac{Q_2}{Q_1 + Q_3}$, suy ra:

$$Q_2 = (1 - \eta_1)(Q_1 + Q_3)$$

Xét chu trình 2-3-4-2, trong các quá trình 2-3 và 3-4, khí đều toả nhiệt. Khí chỉ nhận nhiệt trong quá trình 4-2 và lượng nhiệt nhận vào này hiển nhiên là bằng Q_2 . Vậy hiệu suất của chu trình này bằng:

$$\eta_2 = \frac{A_2}{Q_2}$$

trong đó A_2 là công do khí thực hiện trong chu trình này. Dùng biểu thức của Q_2 nhận được ở trên ta có thể viết:

$$\eta_2 = \frac{A_2}{(1 - \eta_1)(Q_1 + Q_3)}$$

Hiệu suất của chu trình 1-2-3-4-1 bằng:

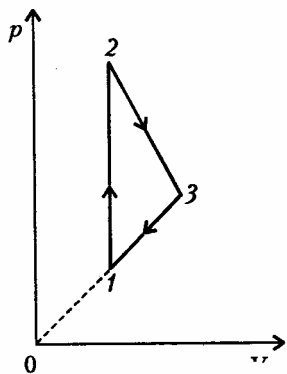
$$\eta_3 = \frac{A_1 + A_2}{Q_1 + Q_3}$$

Rút A_1 và A_2 từ các biểu thức của η_1 và η_2 , rồi thay vào biểu thức trên, ta được:

$$\eta_3 = \eta_1 + \eta_2 - \eta_1 \eta_2.$$

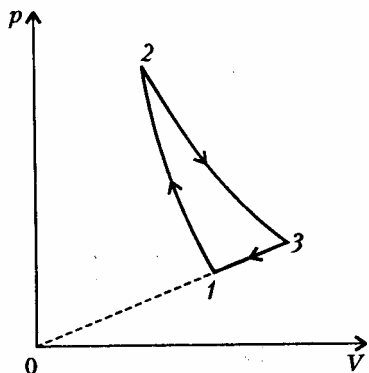
Bài tập

1. Chu trình thực hiện bởi n mol khí lý tưởng gồm hai quá trình trong đó áp suất p phụ thuộc tuyến tính vào thể tích V và một quá trình đẳng tích (xem hình vẽ). Trong quá trình đẳng tích 1-2, người ta truyền cho khí một nhiệt lượng Q và nhiệt độ của nó tăng 4 lần. Nhiệt độ tại các trạng thái 2 và 3 bằng nhau. Các điểm 1 và 3 nằm trên đường thẳng đi qua gốc toạ độ. Hãy xác định nhiệt độ của khí ở trạng thái 1 và công mà khí thực hiện trong chu trình trên.



ĐS: $T_1 = \frac{2Q}{9nR}, A = \frac{1}{3}Q$

2. Một khối khí hêli ở trong một xilanh dưới một pittông di chuyển được. Người ta nén khí theo quá trình đoạn nhiệt đưa nó từ trạng thái 1 tới trạng thái 2 (xem hình vẽ). Trong quá trình đó, khối khí nhận một công là A_{12} ($A_{12} > 0$). Sau đó khí được giãn đẳng nhiệt từ 2 tới 3. Và cuối cùng, khí được nén từ 3 về 1 theo quá trình trong đó áp suất p tỷ lệ thuận với thể tích V . Hãy xác định công A_{23} mà khí thực hiện trong quá trình giãn nở đẳng nhiệt 2-3, nếu trong chu trình 1-2-3-1 khí thực hiện một công bằng A .



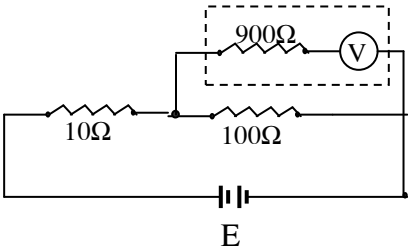
ĐS: $A_{23} = A + \frac{4}{3}A_{12}$

Quang Nhàn (sưu tầm và giới thiệu)

CÂU HỎI TRẮC NGHIỆM

TN1/3. Hiệu điện thế trên điện trở 100Ω trong sơ đồ mạch điện sau đây được đo bằng vôn kế có điện trở 900Ω . Điện trở trong của nguồn không đáng kể. Sai số tương đối tính theo phần trăm mắc phải khi đọc hiệu điện thế đó bằng:

(A) 10/9 (B) 0,1
(C) 1,0 (D) 10,0

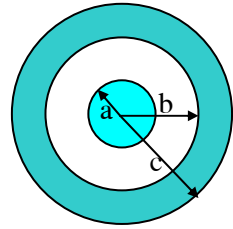


TN2/3. Trong một hệ đơn vị, vận tốc ánh sáng trong chân không có giá trị bằng 1 đơn vị, khối lượng nghỉ của proton bằng 1 đơn vị và hằng số Planck có giá trị bằng 4. Một đơn vị thời gian trong hệ này sẽ bằng:

(A) $1,1 \cdot 10^{-24}s$; (B) $2,2 \cdot 10^{-24}s$
(C) $4,4 \cdot 10^{-24}s$; (D) $6,9 \cdot 10^{-25}s$

TN3/3. Một quả cầu dẫn bán kính a , tích điện tích dương $2Q$. Một quả cầu dẫn khác rỗng, đồng tâm với quả cầu đó có bán kính trong bằng b và bán kính ngoài bằng c tích điện tích bằng $-Q$. Mật độ điện tích mặt trong và mặt ngoài của quả cầu rỗng bằng:

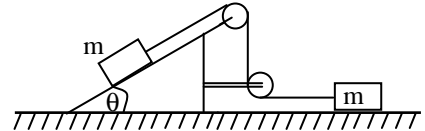
- (A) $-\frac{2Q}{4\pi b^2}, \frac{Q}{4\pi c^2}$; (B) $-\frac{Q}{4\pi b^2}, \frac{Q}{4\pi c^2}$
 (C) $0, \frac{Q}{4\pi c^2}$; (D) không có kết quả nào ở trên



đúng.

TN4/3. Đối với hệ được được biểu diễn trên hình bên, các ròng rọc có khối lượng không đáng kể, còn các lực ma sát coi như bằng không. Lực căng của dây sẽ bằng :

- (A) $2/3mgsin\theta$ (B) $3/2mgsin\theta$
 (C) $1/2mgsin\theta$ (D) $2mgsin\theta$



TN5/3. Một giọt mưa khối lượng m đang rơi thẳng đứng trong không khí với vận tốc không đổi v . Giọt mưa chịu lực cản của không khí bằng $-kv$, k là hằng số tỉ lệ. Gia tốc rơi tự do là g . Động năng của giọt mưa khi đó bằng:

- (A) mg/k ; (B) $mg^2/2k^2$.
 (C) m^3g^2/k^2 ; (D) $m^3g^2/2k^2$.

ĐỀ RA KỲ NÀY

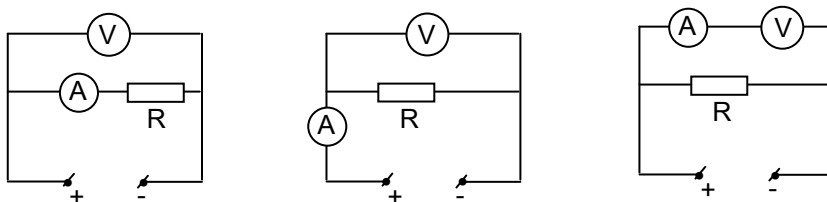
PHỔ THÔNG CƠ SỞ

CS1/3. Một chiếc cốc hình trụ thành mỏng để hở miệng được nhúng thẳng đứng vào trong bình đựng nước: lần nhúng thứ nhất đáy cốc hướng lên trên, lần nhúng thứ hai đáy cốc hướng xuống dưới trong cả hai lần nhúng, cốc đều ngập ở cùng một độ sâu, nước trong bình không tràn ra ngoài và ở trường hợp sau nước không tràn vào trong cốc. Hỏi công cần thực hiện để nhúng cốc trong trường hợp nào lớn hơn? Giải thích.

CS2/3. Trong một bình cách nhiệt có chứa $m_1 = 189$ gam nước đá ở nhiệt độ t_1 . Đổ vào bình một ca chứa m_2 gam nước ở nhiệt độ $t_2 = 22^\circ\text{C}$. Khi có cân bằng nhiệt, khối lượng nước đá giảm đi là $\Delta m = 84$ gam. Nếu đổ thêm ca thứ hai chứa nước như ca thứ nhất vào bình thì nhiệt độ của hỗn hợp khi có cân bằng nhiệt là $t = 1^\circ\text{C}$. Biết nhiệt dung riêng của nước đá là $c_1 = 2,1 \text{ J/g}\cdot^\circ\text{C}$, của nước là $c_2 = 4,2 \text{ J/g}\cdot^\circ\text{C}$, nhiệt nóng chảy của nước đá là $\lambda = 340 \text{ J/g}$. Bỏ qua sự trao đổi nhiệt giữa nước với bình và môi trường.

- a) Tính nhiệt độ t_1 của nước đá và khối lượng m_2 của nước có trong một ca.
 b) Thực ra, do có sự truyền nhiệt cho bình nên nhiệt độ của hỗn hợp sau khi đổ 2 ca nước trên là $0,8^\circ\text{C}$. Tính nhiệt dung của bình.

CS3/3. Cùng các dụng cụ đo nhưng được mắc theo các sơ đồ khác nhau như hình vẽ. Số chỉ của vôn kế và ampe kế trong mỗi sơ đồ lần lượt là $U_1, I_1; U_2, I_2; U_3, I_3$. Bỏ qua điện trở dây nối, hiệu điện thế giữa hai cực của nguồn điện không đổi.



- Tìm điện trở R_A của ampe kế và R_V của vôn kế.
- Cho biết $R_V > R > R_A$, hãy so sánh các giá trị của dòng điện I_1, I_2, I_3 và giá trị của các hiệu điện thế U_1, U_2, U_3 .

CS4/3. Một vật phẳng nhỏ AB đặt vuông góc với trục chính của một thấu kính hội tụ, sao cho điểm B nằm trên trục chính và cách quang tâm của thấu kính một khoảng $BO = a$. Nhận thấy rằng nếu dịch vật đi một khoảng $b = 5 \text{ cm}$ lại gần hoặc ra xa thấu kính thì đều được ảnh có độ cao bằng ba lần vật, trong đó một ảnh cùng chiều và một ảnh ngược chiều với vật. Dùng cách vẽ đường đi tia sáng, hãy xác định khoảng cách a và vị trí tiêu điểm của thấu kính.

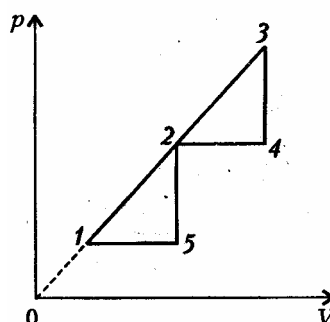
TRUNG HỌC PHỔ THÔNG

TH1/3. Một xe có khối lượng M trượt không ma sát trên mặt phẳng nghiêng có góc nghiêng α . Lúc $t = 0$, trên sàn xe AA' có một quả bóng rơi A với vận tốc v_0 trượt không ma sát hướng tới A' . Cho hệ số phục hồi của bóng và thành là e , $AA' = L$.

- Tìm thời điểm t_n của lần va chạm thứ n của bóng với thành xe. Tìm động lượng của hệ xe và bóng ở thời điểm đó.
- Tìm vận tốc v của xe và u của bóng sau lần va chạm thứ n .

Trần Hà (Hà Nội)

TH2/3. Một máy nhiệt, với chất công tác là khí lý tưởng đơn nguyên tử, thực hiện công theo chu trình 1 - 2- 3- 4- 5- 1 được biểu diễn trên giản đồ pV như hình vẽ. Các điểm 1, 2 và 3 nằm trên



một đường thẳng đi qua gốc tọa độ của giản đồ, trong đó điểm 2 là trung điểm của đoạn 1-3. Tìm hiệu suất của máy nhiệt trên, biết rằng nhiệt độ cực đại của khí trong chu trình này lớn hơn nhiệt độ cực tiểu của nó n lần. Tính hiệu suất với $n = 4$.

Phạm Long (Hà Nội- st)

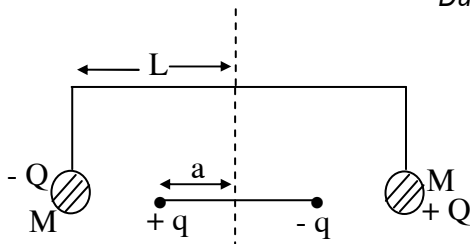
TH3/3. Một quả cầu đường kính 1 cm mang điện tích $q = 10^{-8} \text{ C}$ được treo bằng một dây cách điện, điểm thấp nhất của nó cách mặt nước biển chứa trong một bình lớn là 1 cm. Khi đó mặt nước ngay dưới quả cầu sẽ dâng lên một chút. Hãy giải thích hiện tượng và tính độ cao của nước dâng lên nếu bỏ qua sức căng mặt ngoài của nước biển, cho khối lượng riêng của nước biển là 1000 kg/m^3 .

Nguyễn Vũ (Hà Nội)

TH4/3. Hai đầu một đòn cân nhẹ chiều dài $2L$ có gắn hai điện tích $+Q$ và $-Q$ với cùng khối lượng M . Đòn cân có thể quay không ma sát quanh trục thẳng đứng (hình vẽ). Ở dưới đòn cân, trên

đường thẳng nối $+Q$ và $-Q$ có một lưỡng cực điện nhỏ gồm hai điện tích $+q$ và $-q$ cách nhau $2a$ (với $a \ll L$) cố định. Ở thời điểm ban đầu đòn cân nằm ở vị trí cân bằng. Tìm tần số dao động của đòn cân trong mặt phẳng thẳng đứng.

Dương Thanh Hương (Hà Nội)



TH5/3. Giả thiết rằng người đối thoại với bạn đang đeo kính và ngồi đối diện với bạn qua một cái bàn. Bạn có thể xác định được anh ta đang đeo kính cận hoặc kính viễn hay không? Hiển nhiên rằng với tư cách là một người lịch sự, bạn không đề nghị anh ta cho đeo thử chiếc kính đó và không đề cập đến chiếc kính trong cuộc nói chuyện.

Nguyễn Quang Minh (Hà Nội)

GIAI THOẠI VỀ CÁC NHÀ VẬT LÝ

Tôi là lái xe...

Enrico Fermi là Viện sĩ Viện Hàn lâm Khoa học Italia. Các hội nghị của Viện đều được tổ chức trong một cung điện rất tráng lệ. Một lần, Fermi đến họp muộn, ông lái chiếc Fiat bé con của mình lao thẳng tới Cung điện. Bộ dạng của ông không có vẻ gì là một giáo sư cả, ông không mặc áo thụng và không đội mũ tam giác theo quy định, nhưng Fermi quyết định cứ đi thẳng vào. Khi bị lính gác chặn lại, ông bèn giới thiệu: "Tôi là lái xe của Ngài Giáo sư Fermi". Và thế là mọi chuyện êm xuôi...

Không làm nóng không gian bằng tiền của mình...

Tác giả nguyên lý III nhiệt động học Walter Nernst dành thời gian rảnh rỗi của mình để nuôi cá chép. Một lần, có ai đó nói với ông một cách rất thâm thúy rằng:
- Quả là một sự lựa chọn thật lạ lùng. Sao ông không nuôi gà có thú vị hơn không?
Không một chút lúng túng, Nernst trả lời:
- Tôi nuôi loài thú này là vì nó ở trạng thái cân bằng nhiệt động với môi trường. Còn nuôi những động vật máu nóng như gà thì ra tôi làm nóng không gian bằng tiền của mình à!

Sau này sẽ nói lại rõ hơn...

Niels Bohr là người trình bày rất sáng sủa những ý tưởng của mình khi ngồi đối diện trực tiếp với người đối thoại, nhưng khi phát biểu trước một cử tọa lớn thì ông lại thường không thành công, thậm chí có lúc còn rất khó hiểu. Ngược lại, em trai của ông, nhà toán học xuất sắc Harald, lại là một diễn giả tuyệt vời. "Nguyên nhân cũng đơn giản thôi, - Harald giải thích - tôi luôn luôn giải thích những điều mà tôi đã nói trước đó rồi, còn Niels thì lại luôn luôn giải thích những điều mà sau đó ông sẽ còn nói lại".

Leo tường nhà băng...

Một lần, vào buổi tối, vợ chồng Bohr cùng với nhà vật lý trẻ người Hà Lan Casimir sau một bữa tiệc cùng đi bộ về nhà. Casimir vốn là một nhà leo núi có hạng và trên đường ông say mê kể về những cuộc leo các vách đá của mình. Và để chứng minh tài nghệ của mình, ông đề nghị vợ chồng Bohr để ông leo lên bức tường của ngôi nhà mà họ đang đi qua vào lúc đó. Khi Casimir bám vào những chỗ lồi trên tường leo lên tới quá tầng hai thì chợt thấy Bohr cũng đang bám sát theo mình. Phía dưới bà vợ Bohr đang lo

lắng theo dõi hai người. Đúng lúc đó, có tiếng còi rúc lên và mấy cảnh sát đang hốt hải chạy tới. Thì ra đây là toà nhà của một nhà băng...

P.V.T (sưu tầm và giới thiệu)

GIỚI THIỆU CÁC ĐỀ THI

HƯỚNG DẪN GIẢI **ĐỀ THI CHỌN HỌC SINH GIỎI QUỐC GIA** **MÔN VẬT LÝ, NĂM HỌC 2002-2003** *Ngày thi thứ hai: 13/3/2003*

Bảng A

BÀI I : Cơ học

1. Do đối xứng, G nằm trên trục đối xứng Ox. Chia bán cầu thành nhiều lớp mỏng dày dx nhỏ.

Một lớp ở điểm có toạ độ $x = R \sin \alpha$, dày $dx = R \cos \alpha \cdot d\alpha$

có khối lượng $dm = \rho \pi (R \cos \alpha)^2 dx$ với $m = \rho \frac{2}{3} \pi R^3$ nên:

$$x_G = \frac{\int_0^m x dm}{m} = \frac{\int_0^{\pi/2} \rho \pi R^4 \cos^3 \alpha \sin \alpha d\alpha}{m}$$

$$d = x_G = -\frac{\rho \pi R^4}{4m} \cos^4 \alpha \Big|_0^{\pi/2} = \frac{\rho \pi R^4}{4m} = \frac{3R}{8} \text{ (đpcm)}$$

2. Xét chuyển động quay quanh tiếp điểm M: gọi φ là góc hợp bởi OG và đường thẳng đứng

- $mgd\varphi = I_M \cdot \varphi''$ (1) $\Rightarrow \varphi$ biến thiên điều hoà với

$$\omega = \sqrt{\frac{mgd}{I_M}}$$

I_O, I_G, I_M là các mômen quán tính đối với các trục quay song song qua O, G, M. Mô men quán tính đối với bán cầu là:

$$\underline{I_O = \frac{2}{5} mR^2 ; \quad I_O = I_G + md^2}$$

$$I_M = I_G + m(MG)^2. \text{ Vì } \varphi \text{ nhỏ nên ta coi } MG = R - d$$

$$\Rightarrow I_M = \frac{2}{5} mR^2 + m(R^2 - 2Rd) = \frac{13}{20} mR^2$$

$$\omega = \sqrt{\frac{mgd}{I_M}} = \sqrt{\frac{15g}{26R}} \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{26R}{15g}}$$

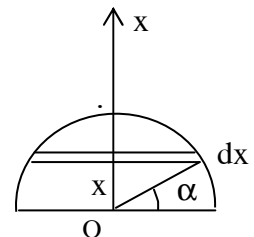
3. a) Giải hệ:

$$X = mv_G \quad (1) \quad Xd = I_G \omega \quad (2) \quad v_0 = v_G + \omega d \quad (3)$$

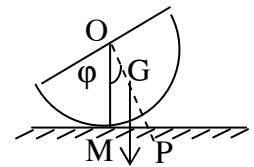
$$\text{Với } I_G = I_O - md^2 = \frac{83}{320} mR^2. \quad v_G = \frac{v_0}{1 + md^2/I_G} = \frac{83v_0}{128};$$

$$\omega = \frac{md}{I_G} v_G = \frac{120}{83R} \cdot v_G = \frac{15}{16R} \cdot v_0$$

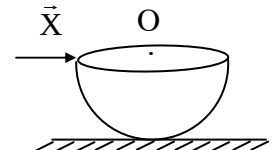
Động năng của bán cầu:



Hình 1



Hình 2



Hình 2

$$E = \frac{mv_G^2}{2} + \frac{I_G \omega^2}{2} = \frac{83mv_0^2}{256} \approx 0,32 \frac{mv_0^2}{2}$$

b) Khối tâm bán cầu chuyển động với thành phần vận tốc theo phương ngang bằng v_G không đổi. Bán cầu dao động quanh khối tâm.

BÀI II: Điện - Từ

$$1. \text{ Tại điểm cách dây dẫn } r : B = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi r}$$

$$\phi = \int_d^{d+a} \frac{\mu_0 I_0 b}{2\pi r} dr = \frac{\mu_0 I_0 b}{2\pi} \ln\left(1 + \frac{a}{d}\right) = \phi_0$$

1. Trong thời gian nhỏ dt có s.đ.đ :

$$E = - \frac{d\phi}{dt}, \text{ trong mạch có dòng}$$

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{E}{R} = - \frac{d\phi}{Rdt};$$

$$dq = - \frac{d\phi}{R}.$$

$$\Rightarrow q = - \frac{\phi - \phi_0}{R} = - \frac{0 - \phi_0}{R} = \frac{\phi_0}{R} = \frac{\mu_0 I_0 b}{2\pi R} \ln\left(1 + \frac{a}{d}\right)$$

2. Gọi Δt là thời gian dòng giảm đến 0 thì $I = I_0(1 - t/\Delta t)$;

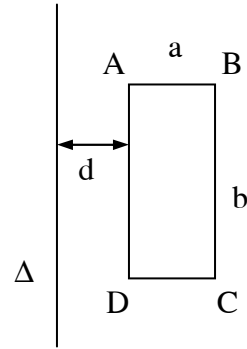
$$E = - \phi' ; \text{ trong khung có } i = E/R = - \phi'/R = \frac{\mu_0 b}{2\pi R} \ln\left(1 + \frac{a}{d}\right) \frac{I_0}{\Delta t} = h_s$$

Lực tác dụng lên khung là tổng hợp hai lực tác dụng lên các cạnh AD và BC:

$$F = B_1 bi - B_2 bi = \frac{\mu_0 b}{2\pi d} Ii - \frac{\mu_0 b}{2\pi(d+a)} Ii = \frac{\mu_0 ab}{2\pi d(d+a)} Ii$$

Xung của lực là:

$$X = \int_0^{\Delta t} F dt = \frac{\mu_0 I_0 ab i}{2\pi d(d+a)} \int_0^{\Delta t} I_0 \left(1 - \frac{t}{\Delta t}\right) dt = \frac{\mu_0^2 \cdot ab^2}{4\pi^2 d(d+a)} \frac{I_0^2}{2R} \ln\left(1 + \frac{a}{d}\right)$$



Hình 3

BÀI II: Quang

Xét tia sáng truyền như hình vẽ

$$A \xrightarrow{O_1} B \xrightarrow{O_2} C$$

$AO_1 \sim CJO_2$; $BIO_1 \sim BJO_2$ nên

$$\frac{IO_1}{JO_2} = \frac{O_1 B}{O_2 B} = \frac{d'_1}{d_2} ;$$

$$\frac{IO_1}{JO_2} = \frac{O_1 A}{O_2 C} = \frac{d_1}{d'_2} . \text{ Từ đó: } \frac{d'_1}{d_2} = \frac{d_1}{d'_2} \text{ hay } \frac{d'_1}{d_1} \cdot \frac{d'_2}{d_2} = 1.$$

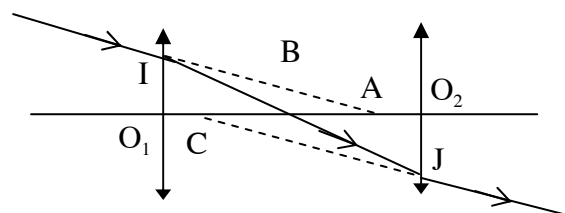
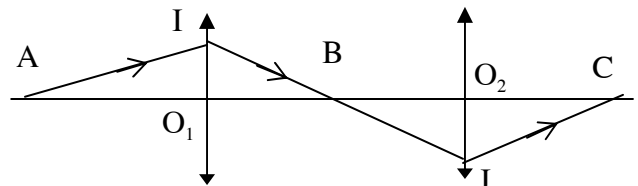
$$k = \frac{d'_1}{d_1} \cdot \frac{d'_2}{d_2} = \frac{f_1 f_2}{d_1(a - f_1 - f_2) - f_1 a + f_1 f_2} = 1$$

$$d_1 = \frac{f_1 a}{a - (f_1 + f_2)} . \text{ Bài toán có nghiệm ứng}$$

với hình vẽ khi $(f_1 + f_2) < a$.

Biện luận :

- $(f_1 + f_2) = a$; điểm A ở xa vô cùng.
- $(f_1 + f_2) > a$
- $(f_1 + f_2) < a$ Chứng minh tương tự ta cũng có



$$\frac{d_1'}{d_1} \cdot \frac{d_2'}{d_2} = 1 \quad \text{và} \quad d_1 = \frac{f_1 a}{a - (f_1 + f_2)}; \text{ điểm A là ảo ở sau } O_1.$$

BÀI IV: Nêu 3 trong các phương án sau:

Phương án 1: Mắc tụ với nguồn một chiều cho tích điện đầy rồi cho phóng điện qua điện trở lớn. Đo hiệu điện thế U_0 của nguồn và hiệu điện thế trên tụ bằng vôn kế, đo t bằng đồng hồ và đọc trị số R của hộp điện trở.

Từ $u = U_0 e^{-\frac{t}{RC}}$ ta tính được C . Nếu chọn $u = U_0/e$ thì $C = t/R$. Cần chọn R lớn (cỡ $M\Omega$) để thời gian phóng điện đủ lớn (cỡ s).

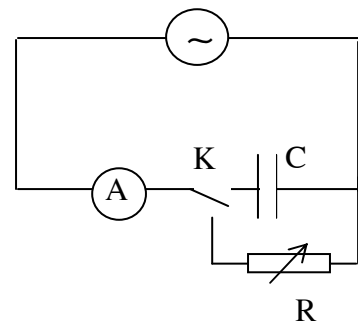
Phương án 2:

Lắp mạch gồm tụ nối tiếp với hộp điện trở rồi nối với nguồn . Lần lượt đo hiệu điện thế U_R trên điện trở, U_C trên tụ (điều chỉnh sao cho hai hiệu điện thế này gần bằng nhau), sẽ suy ra có:

$$RC2\pi f = \frac{U_R}{U_C} \quad ; \quad C = \frac{U_R}{R2\pi f U_C}$$

Phương án 3: Dùng máy đo vạn năng (Để ở nấc đo cường độ) mắc nối tiếp với tụ để đo I qua tụ, tính $C = \frac{I}{2\pi f U_0}$.

Phương án 4: Mắc sơ đồ như hình vẽ. Dùng hộp điện trở như một biến trở điều chỉnh sao cho khi chuyển khoá K giữa hai chốt kim ampe kế đều chỉ như nhau. Lúc đó dung kháng của tụ bằng điện trở R . (Bỏ qua điện trở của dụng cụ đo). Vậy $C = \frac{1}{R2\pi f}$



Bảng B

BÀI I: **Cơ học**

Xem lời giải Câu 1-2, Bài I, Bảng A

BÀI II: **Điện - Từ**

Xem lời giải Bài II, Bảng A

BÀI II: **Quang**

Xem lời giải Bài II, Bảng A

BÀI IV: **Phương án thực hành**

Nêu 2 trong các phương án sau:

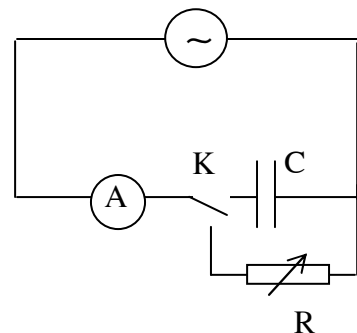
Phương án 1:

Lắp mạch gồm tụ nối tiếp với hộp điện trở rồi nối với nguồn . Lần lượt đo hiệu điện thế U_R trên điện trở, U_C trên tụ (điều chỉnh sao cho hai hiệu điện thế này gần bằng nhau), sẽ suy ra có:

$$RC2\pi f = \frac{U_R}{U_C} \quad ; \quad C = \frac{U_R}{R2\pi f U_C}$$

Phương án 2: Dùng máy đo (để ở nấc đo cường độ) mắc nối tiếp với tụ để đo I qua tụ) tính $C = \frac{I}{2\pi f U}$.

Phương án 3: Mắc sơ đồ như hình vẽ. Dùng hộp điện trở như một biến trở điều chỉnh sao cho khi chuyển khoá K giữa hai chốt kim am pe kế đều chỉ như nhau.



Lúc đó dung kháng của tụ bằng điện trở R. (Bỏ qua điện trở của dụng cụ đo) $C = \frac{1}{R2\pi f}$

NHỮNG VẤN ĐỀ NÂNG CAO

NGUYÊN LÝ FERMAT

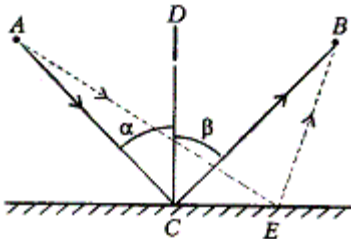
Vào khoảng năm 1660, nhà toán học người Pháp P. Fermat đã đưa ra một nguyên lý cơ bản của quang hình học mà hiện nay gọi là nguyên lý Fermat. Theo nguyên lý này, thì trong tất cả các đường nối hai điểm với nhau, ánh sáng sẽ đi theo đường mất ít thời gian nhất. Từ nguyên lý này có thể rút ra được tất cả các định luật cơ bản khác của quang hình học. Thực vậy, trong một môi trường đồng tính ánh sáng cần phải truyền đi theo đường thẳng, bởi vì đường thẳng là khoảng cách ngắn nhất giữa hai điểm, do đó thời gian ánh sáng truyền theo đường thẳng là nhỏ nhất. Nếu ánh sáng đến mặt phân cách giữa hai môi trường (có chiết suất khác nhau, hay có vận tốc truyền ánh sáng khác nhau) thì chúng tuân theo các định luật phản xạ và khúc xạ ánh sáng, mà ta có thể suy ra trực tiếp từ nguyên lý Fermat. Một cách phát biểu chặt chẽ hơn, nguyên lý Fermat thực tế là một trường hợp riêng của một nguyên lý tổng quát hơn được sử dụng rộng rãi trong vật lý lý thuyết hiện đại, có tên là nguyên lý tác dụng tối thiểu. Theo nguyên lý này, ánh sáng truyền từ một điểm này đến một điểm khác theo đường đi có thời gian truyền đạt cực trị, nghĩa là cực tiểu, cực đại hay là bằng nhau so với tất cả các đường khác.

Dưới đây chúng ta sẽ xem xét một số ví dụ cụ thể để minh hoạ cho nguyên lý Fermat.

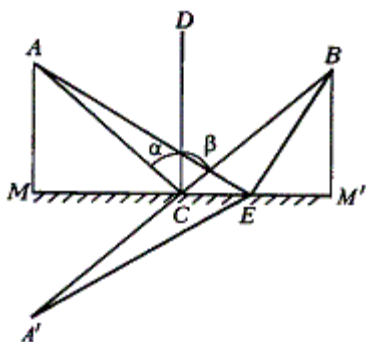
Phản xạ ánh sáng

VÍ DU 1. Xét sự phản xạ ánh sáng từ một gương phẳng (H. 1; màn D chắn không cho ánh sáng truyền trực tiếp từ A tới B).

- a) Chứng minh rằng: Khi thoả mãn định luật phản xạ $\angle ACD = \alpha = \beta = \angle DCB$ thì đường truyền của ánh sáng là ngắn nhất trong số tất cả các quỹ đạo khả dĩ, tức là theo đường ACB.
- b) Hãy rút ra định luật phản xạ ánh sáng từ nguyên lý cho rằng ánh sáng phản xạ từ gương phẳng truyền theo con đường ngắn nhất.



Hình 1



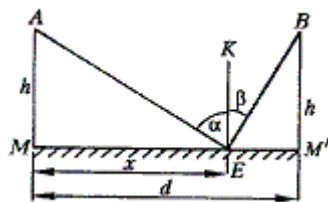
Hình 2

GIẢI

a) Vẽ thêm đường phụ (hình 2): trên phần kéo dài của đường vuông góc AM ta lấy một đoạn $MA' = AM$, rồi nối A' với C và E. Vì $\triangle ACM = \triangle A'CM$ (vì hai tam giác vuông có hai cạnh góc vuông bằng nhau) nên $\angle ACM = \angle A'CM$. Tương tự, vì $\triangle BCM = \triangle BCM'$, nên $\angle BCM = \angle BCM'$, suy ra $\angle A'CM = \angle BCM'$. Điều này có nghĩa là A'CB là một đường thẳng, tức là đường ngắn nhất. Mặt khác $A'C = AC$ còn $AE = A'E$, do đó

$$l_{ACB} < l_{AEB}$$

b. Giả sử E là điểm tùy ý nằm trong đoạn MM' (hình 3). Khi chiều dài đoạn AEB là cực tiểu thì thỏa mãn định luật phản xạ, tức là $\angle AEK = \angle BEK$. Thật vậy, từ hình 3, ta có:



Hình 3

$$l_{AEB} = l_{AE} + l_{EB} = \sqrt{x^2 + h^2} + \sqrt{(d-x)^2 + h^2}$$

Điều kiện có cực tiểu:

$$\frac{dl_{AEB}}{dx} = 0$$

hay

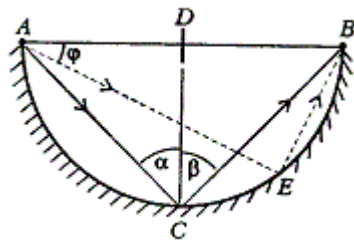
$$\begin{aligned} \frac{d}{dx} \left(\sqrt{x^2 + h^2} + \sqrt{(d-x)^2 + h^2} \right) &= \\ &= \frac{x}{\sqrt{x^2 + h^2}} - \frac{d-x}{\sqrt{(d-x)^2 + h^2}} = \frac{x}{l_{AE}} - \frac{d-x}{l_{BE}} = 0 \end{aligned}$$

mà: $\frac{x}{l_{AE}} = \sin \alpha$ và $\frac{d-x}{l_{BE}} = \sin \beta$, suy ra $\sin \alpha = \sin \beta$ hay $\alpha = \beta$. Đây chính là định luật phản xạ. Việc cực trị này chính là cực tiểu có thể dễ dàng chứng minh bằng cách lấy đạo hàm cấp hai.

VÍ DỤ 2

Cho ánh sáng phản xạ trên gương cầu lõm có dạng một hình bán cầu bán kính R. Hãy rút ra định luật phản xạ ánh sáng đối với trường hợp này với điều kiện ánh sáng truyền từ điểm A đến

điểm B theo quỹ đạo có độ dài cực trị (hình 4; màn chắn D chắn ánh sáng truyền trực tiếp từ A



tới B). Hãy
khảo sát đặc điểm của cực trị này.

Hình 4

GIẢI:

Từ hình 4 ta có:

$$l_{AEB} = l_{AE} + l_{EB} = 2R \cos \varphi + 2R \sin \varphi$$

có nghĩa là độ dài này là hàm số của góc φ . Điều kiện hàm này đạt cực trị là: $\frac{dl_{AEB}}{d\varphi} = 0$

hay:

$$\frac{d}{d\varphi} (2R \cos \varphi + 2R \sin \varphi) = 2R(-\sin \varphi + \cos \varphi) = 0$$

Từ đó suy ra:

$$\sin \varphi = \cos \varphi \text{ hay } \varphi = 45^\circ$$

Điều đó có nghĩa là điểm E ứng với quỹ đạo thực của tia sáng nằm ở chính giữa cung AEB, tức là E trùng với C, đồng thời $\alpha = \beta$.

Bây giờ ta sẽ xét đặc điểm cực trị. Lấy đạo hàm cấp hai của độ dài l_{AEB} theo góc φ lấy tại $\varphi = 45^\circ$, ta được:

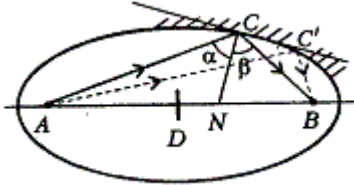
$$\begin{aligned} \left. \frac{d^2 l_{AEB}}{d\varphi^2} \right|_{\varphi=45^\circ} &= 2R(-\cos \varphi - \sin \varphi) \Big|_{\varphi=45^\circ} = \\ &= 2R(-\cos 45^\circ - \sin 45^\circ) = -2\sqrt{2}R < 0 \end{aligned}$$

Dấu âm của đạo hàm bậc hai chứng tỏ có cực đại, nghĩa là ánh sáng chọn con đường dài nhất trong số các quỹ đạo khả dĩ:

$$l_{ACB} > l_{AEB}$$

VÍ DỤ 3

Chứng minh rằng khi phản xạ trên mặt gương elipxoit lõm, ánh sáng luôn tuân theo định luật phản xạ $\alpha = \beta$ khi đi từ tiêu điểm A đến tiêu điểm B của elip (hình 5; điểm C có thể chọn tùy ý; CN - vuông góc với tiếp tuyến của elip tại điểm phản xạ; màn D không cho ánh sáng truyền trực tiếp từ A đến B). Điều kiện cực trị có đúng đối với trường hợp này không?



Hình 5

GIẢI:

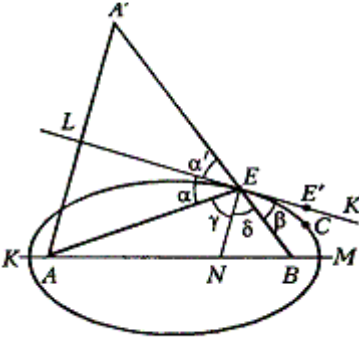
Dựng tiếp tuyến tại điểm E bất kỳ trên elíp. Từ A hạ đường vuông góc với tiếp tuyến và lấy điểm A' đối xứng với A qua tiếp tuyến vừa dựng: LA' = LA (hình 6). Nối E với A'. Dễ dàng thấy rằng $\triangle ALE = \triangle A'LE$ (2 tam giác vuông có 2 cạnh góc vuông bằng nhau). Từ đó suy ra $\alpha = \alpha'$ và A'E = AE. Khi đó:

$$l_{A'EB} = l_{AEB} = 2a$$

với a là bán trục lớn của elíp. Đường gấp khúc AEB nối A và B qua tiếp điểm E là đường ngắn nhất, tức $l_{AEB} < l_{AE'B}$, bởi vậy đường A'EB là ngắn nhất, tức nó là đường thẳng. Suy ra $\alpha' = \beta$ (đối đỉnh), nhưng do $\alpha' = \alpha$, ta có

$$\alpha = \beta \text{ và } \gamma = \delta$$

hay góc tới bằng góc phản xạ.



Hình 6

Xuất phát từ tính chất của elíp: $r_1 + r_2 = AE + EB = 2a = \text{const}$, điều này đúng cho tất cả các điểm trên elíp hay:

$$l_{AEB} = l_{ACB} = \text{const}$$

nghĩa là trong trường hợp này không tồn tại cực trị.

Khúc xạ ánh sáng

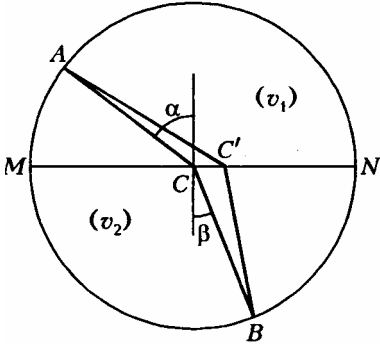
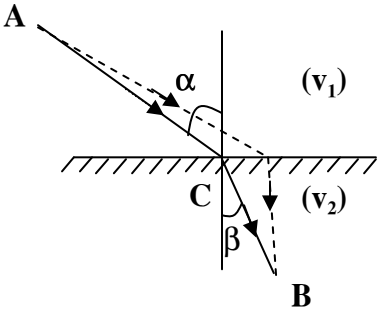
VÍ DU 4

a) Chứng minh rằng thời gian truyền ánh sáng qua mặt phân cách giữa hai môi trường từ điểm A (nằm trong môi trường có vận tốc truyền ánh sáng là v_1) đến điểm B (trong môi trường có vận tốc truyền ánh sáng là v_2) là cực tiểu theo quỹ đạo ACB thỏa mãn định luật khúc xạ :

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \text{const}$$

b) Từ điều kiện thời gian ánh sáng truyền qua mặt phân cách từ điểm A đến điểm B là cực tiểu hãy rút ra định luật khúc xạ.

GIẢI:



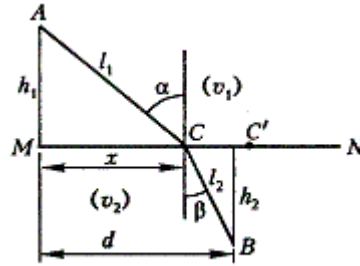
Hình 8

a) Dụng một đường tròn bán kính tùy ý (hình 8), đường kính MN phân chia hai môi trường: phía trên là môi trường kém chiết quang hơn, phía dưới là môi trường chiết quang hơn ($v_1 > v_2$). Đánh dấu hai điểm A và B, sau đó kẻ hai đường gấp khúc ACB và AC'B. Đường ACB qua tâm C với góc tới và góc khúc xạ lần lượt là α và β thoả mãn định luật khúc xạ:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \text{const}$$

Ta cần chứng minh rằng thời gian ánh sáng truyền theo đường ACB nhỏ hơn khi theo đường AC'B. Chúng tôi xin dành chứng minh này cho bạn đọc.

b) Giả sử C là điểm di động dọc theo mặt phẳng phân cách giữa hai môi trường, khi đó thời gian ánh sáng đi từ A đến B qua C sẽ thay đổi (hình 9). Từ hình vẽ ta có:



Hình 9

$$t_{ACB} = t_{AC} + t_{CB} = \frac{AC}{v_1} + \frac{CB}{v_2} = \frac{\sqrt{x^2 + h_1^2}}{v_1} + \frac{\sqrt{(d-x)^2 + h_2^2}}{v_2}$$

Từ điều kiện cần để có cực trị: $\frac{dt}{dx} = 0$, ta được

$$\frac{x}{v_1 \sqrt{x^2 + h_1^2}} - \frac{d-x}{v_2 \sqrt{(d-x)^2 + h_2^2}} = 0$$

hay

$$\frac{x}{v_1 l_1} = \frac{d-x}{v_2 l_2}$$

Mà $\frac{x}{l_1} = \sin \alpha$ và $\frac{d-x}{l_2} = \sin \beta$, suy ra

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} \quad (\text{đ.p.c.m.})$$

Lấy đạo hàm cấp hai, ta dễ dàng thấy rằng đạo hàm này dương, tức cực trị trong trường hợp này là cực tiểu.

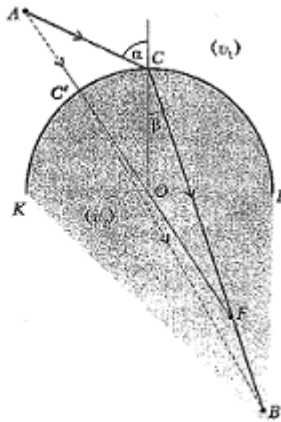
VÍ DỤ 5

Giả sử B là ảnh thực của điểm A khi chùm sáng khúc xạ trên bề mặt của bán cầu KCL (hình 10). Chứng minh rằng thời gian ánh sáng truyền giữa hai điểm A và B cố định theo hai đường ACB và AC'B là như nhau. Xem các α và β là nhỏ.

$$t_{AC'B} = \frac{AC'}{v_1} + \frac{C'B}{v_2} = \frac{s}{v_1} + \frac{s'}{v_2}$$
$$t_{ACB} = \frac{AC}{v_1} + \frac{CB}{v_2} = \frac{AC'}{v_1 \cos \gamma} + \frac{C'B}{v_2 \cos \delta}$$

$$t_{ACB} = \frac{s}{v_1} + \frac{s'}{v_2} = t_{AC'B} \quad (\text{d.p.c.m.})$$

theo đường ACB thoả mãn định luật khúc xạ $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \text{const.}$



Hình 12

GIẢI:

Trong môi trường đồng tính ánh sáng truyền theo đường thẳng, bởi vậy bất kỳ một quỹ đạo nào cũng gồm các đoạn thẳng. Bên cạnh quỹ đạo thực ACFB, ta dựng một quỹ đạo khả dĩ AC'B ở lân cận nó (hình 13). Cả hai quỹ đạo đều xuất phát từ A và kết thúc tại B. Ta phải chứng minh thời gian truyền ánh sáng dọc theo quỹ đạo thực là

lớn nhất, tức $t_{ACB} > t_{AC'B}$.

Dựng cung tròn nhỏ, tâm F, bán kính FB, cắt đường AOF tại B'(H.13). Dựng cung tròn lớn tâm ở C' bán kính C'B', cắt C'B trên đường kéo dài của nó tại D (nằm dưới điểm B). Vì F là ảnh thật của A nên $t_{ACF} = t_{AC'F}$ (xem Ví dụ 5). Mặt khác,

do $FB = FB'$ và môi trường đồng tính nên $t_{FB} = t_{FB'}$. Hơn nữa, vì $C'D = C'B'$ và môi trường là đồng tính nên ta cũng có $t_{AC'D} = t_{AC'B'}$. Cuối cùng, vì B nằm phía trong D nên $t_{AC'B} < t_{AC'D}$. Suy ra:

$$t_{ACB} < t_{AC'B'}$$

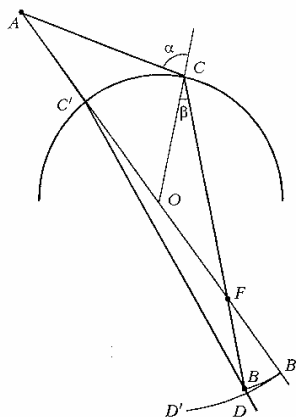
Vế trái của bất đẳng thức trên là thời gian của quỹ đạo khả dĩ. Bây giờ ta sẽ chứng minh rằng vế phải chính là thời gian ánh sáng truyền theo quỹ đạo thực. Thật vậy

$$t_{AC'B'} = t_{AC'F} + t_{FB'} = t_{ACF} + t_{FB} = t_{ACFB} = t_{ACB}$$

Do đó:

$$t_{AC'B} < t_{ACB} \quad (\text{đ.p.c.m.})$$

Như vậy, khi khúc xạ qua một mặt cầu lồi trên đường truyền từ điểm A (trong môi trường 1) đến điểm B (trong môi trường 2 ở sau điểm F), thời gian truyền của ánh sáng theo quỹ đạo thực (có nghĩa là thỏa mãn định luật khúc xạ) là cực đại khi so với tất cả các quỹ đạo khả dĩ khác.



Tóm lại, chúng ta thấy rằng khi khúc xạ cũng như phản xạ ánh sáng, điều quan trọng là tính dừng (tức đạo hàm bậc nhất bằng không). Thời gian truyền có thể là cực tiểu (nếu điểm B ở gần hơn ảnh thực F của A), có thể là cực đại (nếu điểm B ở xa điểm F hơn), có thể không là cực tiểu mà cũng không là cực đại (B trùng với F).

Văn Huyền (sưu tầm và giới thiệu)

GIẢI NOBEL VỀ VẬT LÝ NĂM 2003

Đỗ Quốc Hùng

Một năm được mùa của vật lý nhiệt độ thấp

Ngày 7 tháng 10 vừa qua, Viện Hàn lâm khoa học Thụy Điển đã chính thức công bố: Giải Nobel vật lý năm 2003 trị giá 1,3 triệu đô-la Mỹ sẽ được trao cho ba nhà vật lý là Aleksei A. Abrikosov (hiện đang làm việc tại Phòng thí nghiệm Quốc gia Argonne, Illinois – Mỹ), Vitalii L. Ginzburg (hiện làm việc tại Viện Vật lý Lébêdép, Viện Hàn lâm Khoa học Nga) và Anthonny J. Leggett (hiện là Giáo sư Đại học Tổng hợp Illinois – Mỹ) “vì những đóng góp có tính tiên phong đối với các lý thuyết về hiện tượng siêu dẫn (superconductivity) và siêu chảy (superfluidity)”.

Hiện tượng siêu dẫn là hiện tượng điện trở của một số vật rắn đột ngột giảm về 0 khi nhiệt độ của chúng giảm xuống dưới một nhiệt độ ngưỡng nhất định gọi là nhiệt độ tới hạn. Hiện tượng siêu dẫn có ý nghĩa thực tiễn vô cùng to lớn đối với khoa học và công nghiệp hiện đại. Có thể nêu ra những ví dụ như: truyền tải điện năng và dữ liệu không có tổn hao; nam châm siêu dẫn với từ trường siêu mạnh; sensor siêu nhạy dựa trên hiện tượng giao thoa lượng tử; máy chụp cắt lớp cộng hưởng từ hạt nhân MRI - Magnetic Resonance Imaging (Cũng cần nói rằng hai nhà sáng chế ra máy chụp cắt lớp cộng hưởng từ hạt nhân năm nay cũng được nhận giải thưởng Nobel nhưng về sinh học và y học). Một trong những ứng dụng gây ấn tượng nhất của hiện tượng siêu dẫn - đó là những tàu hỏa siêu tốc chạy trên đệm từ hoạt động dựa trên hiệu ứng Meissner, còn gọi là hiệu ứng bay lơ lửng trong từ trường.

Hiện tượng siêu chảy là hiện tượng độ nhớt của một số chất lỏng giảm đột ngột về 0 ở nhiệt độ rất thấp. Kết quả là chất lỏng đó có thể chảy hoàn toàn tự do mà không hề chịu một sức cản nào. Việc khảo sát hiện tượng siêu chảy cho phép đi sâu nghiên cứu những quá trình xảy ra bên trong vật chất khi nó ở trạng thái có năng lượng thấp nhất và có trật tự cao nhất.

Vài nét về lịch sử phát minh và nghiên cứu hiện tượng siêu dẫn và hiện tượng siêu chảy

Lịch sử của cả hai “Giải Nobel” của năm nay đều được khởi đầu cùng với việc hoá lỏng thành công chất khí Heli vào năm 1908 tại phòng thí nghiệm của H. Kamerlingh - Onnes ở Leiden (Hà Lan). Hầu như trong suốt 15 năm sau đó, phòng thí nghiệm này là nơi duy nhất có thể tạo được Heli lỏng và có thể tiến hành những nghiên cứu trong lĩnh vực nhiệt độ thấp từ 4,2 đến 77K. Năm 1911, Kamerlingh - Onnes và đồng sự đã phát hiện thấy điện trở của thủy ngân giảm đột ngột về 0 khi nhiệt độ của nó xấp xỉ nhiệt độ sôi của Heli. Hai năm sau, Kamerlingh - Onnes đã được trao giải thưởng Nobel về vật lý vì phát minh này. Cho đến nay, người ta đã phát hiện nhiều vật liệu siêu dẫn ở dạng hợp kim hoặc dạng gốm có nhiệt độ tới hạn khác nhau.

Các chất siêu dẫn được chia làm hai loại: loại I và loại II. Ở trạng thái siêu dẫn, các chất siêu dẫn loại I hoàn toàn không cho từ trường thấm vào sâu qua bề mặt của nó vào bên trong và là một chất nghịch từ lý tưởng. Chất siêu dẫn loại II chấp nhận sự hiện diện đồng thời của trạng thái siêu dẫn và từ trường mạnh và là loại chất siêu dẫn có nhiều ứng dụng kỹ thuật quan trọng. Lý thuyết giải thích hiện tượng siêu dẫn của chất siêu dẫn loại I được ba nhà vật lý người Mỹ là J. Bardeen, L.N. Cooper, R.J. Schrieffer đưa ra năm 1957. Theo lý thuyết BCS (gọi theo ba chữ đầu của tên các tác giả) thì nguyên nhân làm xuất hiện hiệu ứng siêu dẫn là do hiện tượng tạo cặp electron trong chất siêu dẫn loại I ở nhiệt độ thấp. Sự tạo cặp electron

này xảy ra được là nhờ tương tác của các electron với mạng tinh thể (còn gọi là thông qua tương tác electron - phonon), vì các electron mang điện cùng dấu nên bình thường không thể kết thành một đôi được. Cặp electron đó sẽ có spin nguyên (hạt bôzôn), có khả năng ngưng kết ở trạng thái lượng tử có mức năng lượng thấp nhất. Trong trạng thái siêu dẫn, các electron ghép đôi khi di chuyển bên trong tinh thể sẽ không tương tác các nút mạng, nghĩa là chất siêu dẫn khi đó chuyển tải dòng điện mà không có điện trở. Năm 1972, J. Bardeen, L.N. Cooper, R.J. Schrieffer đã được trao giải thưởng Nobel về vật lý. Tuy nhiên lý thuyết BCS không giải thích được cơ chế hiệu ứng siêu dẫn trong các chất siêu dẫn loại II, vì các electron ghép đôi bắt buộc sẽ đẩy từ trường ra khỏi khối chất siêu dẫn.

Hiện tượng siêu chảy của heli được nhà vật lý Xô viết P.L. Kapitza phát minh năm 1938. Khi hạ nhiệt độ của heli lỏng đến dưới 2,2 K, trong chất Heli lỏng xuất hiện một pha mới gọi là pha Heli siêu chảy, hay Heli II (để phân biệt với heli I là heli lỏng ở trạng thái bình thường, không siêu chảy). Đặc điểm nổi bật của heli II là độ nhớt của nó bằng không, nghĩa là nó hoàn toàn không chịu ma sát với thành ống mà nó chảy qua. Người ta đã làm thí nghiệm đo độ nhớt của heli II bằng cách cho nó chảy qua một khe hẹp có chiều rộng chỉ bằng 0,5μm được tạo bởi hai tấm thủy tinh phẳng đã mài nhẵn, nhưng ngay cả trong điều kiện đó cũng không hề phát hiện thấy heli II có một chút độ nhớt nào, tức là heli siêu chảy có thể chảy qua khe hẹp đó một cách hoàn toàn tự do. Hiện tượng siêu chảy được giải thích dựa trên những tính chất đặc biệt của heli ở trạng thái lỏng: heli lỏng là một chất lỏng đặc biệt, chất lỏng lượng tử mà mỗi hạt của nó, nguyên tử đồng vị He-4, là một hạt có spin nguyên (trong tự nhiên, đồng vị He-4 chiếm hầu như 100% thành phần của heli; đồng vị He-3 chỉ chiếm có 0,0001%). Trong những điều kiện nhất định, các hạt có spin nguyên (gọi là hạt bôzôn) có thể bị ngưng kết ở trạng thái với năng lượng thấp nhất và khi đó chúng sẽ không trao đổi năng lượng với bên ngoài, có nghĩa là sẽ không chịu ma sát và ở vào trạng thái siêu chảy. Theo lý thuyết này, He-3 ở trạng thái lỏng không thể là một chất siêu chảy, vì nguyên tử đồng vị He-3 có spin bán nguyên, không phải là một hạt bôzôn.

Những đóng góp có tính tiên phong của A.A. Abrikosov, V.L. Ginzburg và A.J. Leggett

Là những nhà vật lý xuất chúng đã thành đạt từ khi còn rất trẻ (cả ba đều bảo vệ luận án Tiến sỹ và Tiến sỹ Khoa học ở tuổi dưới 30), nhưng được trao giải thưởng Nobel khi tuổi đã cao: Người “trẻ nhất” là A. J. Leggett – 65 tuổi, còn người cao tuổi nhất là V.L. Ginzburg – 87 tuổi, cả ba người đều là những chuyên gia nổi tiếng thế giới, có nhiều công trình nghiên cứu trong nhiều lĩnh vực khác nhau của vật lý học. Trong bài này chỉ kể một cách tóm lược về “những đóng góp mang tính tiên phong đối với các lý thuyết về hiện tượng siêu dẫn và siêu chảy” của họ.

A. A. Abrikosov: Là người có công xây dựng lý thuyết giải thích tính siêu dẫn của các chất siêu dẫn loại II trên cơ sở phát triển lý thuyết Landau – Ginzburg. Ông đã xây dựng lý thuyết về sự bất ổn định trong các chất siêu dẫn (1957). Sự bất ổn định đó tương ứng với sự xuất hiện của một trạng thái hỗn hợp mà khi đó các pha siêu dẫn và pha không siêu dẫn cùng tồn tại. Ở trạng thái đó, từ thông có thể thẩm thấu vào chất siêu dẫn thành những phần rời rạc (lượng tử). Các lượng tử này tạo thành cái gọi là “mạng các xoáy từ Abrikosov”. Chính trạng thái hỗn hợp này được hình thành trong các chất siêu dẫn loại II trong một khoảng giá trị nhất định của từ trường.

V.L. Ginzburg: Ngay từ những năm 1940 đã cùng nhà vật lý Xô Viết lỗi lạc Landau xây dựng lý thuyết về siêu dẫn dựa trên lý thuyết về chuyển pha loại II của Landau và dựa trên quan niệm về thông số trật tự. Lý thuyết đó được công bố vào năm 1950 và hiện nay được gọi là lý thuyết Landau – Ginzburg hay “lý thuyết Psi” về siêu dẫn. Lý thuyết Landau – Ginzburg đã giải quyết được một loạt các vấn đề liên quan tới giải thích các tính chất của chất siêu dẫn loại I. Cùng với một số nhà vật lý khác, V.L. Ginzburg đã tìm kiếm những cơ chế khác dẫn đến hiện tượng siêu dẫn với hy vọng tìm được những chất siêu dẫn nhiệt độ cao. Ngay từ những năm 1970, tức là trước khi G. J. Bednorz và K. A. Muller phát hiện ra chất siêu dẫn nhiệt độ cao đầu

tiên cả chục năm, Ginzburg đã tiên đoán rằng có thể tạo được những chất siêu dẫn có nhiệt độ tới hạn trên 100 K, thậm chí bằng nhiệt độ phòng. Ông cũng đã chỉ ra con đường tìm kiếm các chất siêu dẫn nhiệt độ cao là phải dựa trên những tương tác trao đổi loại khác so với tương tác electron – phonon (chẳng hạn như dựa trên tương tác electron – exciton), vì với cơ chế tương tác electron – phonon khó có thể đạt được nhiệt độ tới hạn trên 100K. Hơn nữa, ông đã chỉ ra một cấu trúc mà ở đó có thể hy vọng tìm thấy siêu dẫn nhiệt độ cao là cấu trúc sandwich gồm một chất siêu dẫn được kẹp giữa hai chất bán dẫn. Những nghiên cứu và lời tiên tri của Ginzburg đã đem lại niềm tin cho không ít nhà nghiên cứu trên con đường tìm kiếm chất siêu dẫn nhiệt độ cao.

A. J. Leggett A. J. Leggett là chuyên gia hàng đầu tầm cỡ thế giới trong lĩnh vực lý thuyết vật lý nhiệt độ thấp. Những nghiên cứu có tính đặt nền móng của ông đã giúp làm sáng tỏ nhiều vấn đề về siêu dẫn nhiệt độ cao và siêu chảy nhiệt độ thấp. Những năm 1970, ông đã xây dựng lý thuyết hoàn chỉnh về tương tác của các nguyên tử đồng vị He-3 ở nhiệt độ thấp và về tính siêu chảy của đồng vị hiếm này của Heli. Theo lý thuyết đó, các nguyên tử He-3 bình thường không phải là hạt bôzôn, nhưng ở nhiệt độ thấp chúng có thể ghép đôi với nhau tương tự như các electron trong lý thuyết BCS để tạo thành các cặp nguyên tử có spin nguyên. Chất lỏng lượng tử He-3 mà ở đó các nguyên tử được ghép thành đôi ở nhiệt độ thấp phải có tính chất siêu chảy tương tự như đồng vị He-4. J. Bardeen, người hai lần được nhận giải thưởng Nobel vật lý đã từng nhận xét về A.J. Leggett như sau: “Chắc hẳn một ngày nào đó Leggett sẽ được nhận giải thưởng Nobel vì lý thuyết về chất siêu chảy He –3, nếu không thì cũng vì một phát minh khác trong tương lai.”

TIỂU SỬ TÓM TẮT

A.A. Abrikosov: Nhà vật lý Mỹ gốc Nga. Sinh năm 1928. Tốt nghiệp khoa vật lý Đại học Tổng hợp Mátxcova mang tên M.V. Lômônôxốp năm 1948. Đã công tác tại Viện các vấn đề Vật lý (1948 –1965); Viện Vật lý lý thuyết mang tên L.D. Landau (1966-1988); Viện Vật lý áp suất cao mang tên L.F. Vereschagin (1989 –1991) thuộc Viện Hàn lâm Khoa học Liên Xô. Bảo vệ luận án Phó tiến sĩ năm 1951; luận án Tiến sĩ Khoa học năm 1955. Viện sỹ viện Hàn lâm Khoa học Liên Xô (1988). Giáo sư Đại học Tổng hợp Mátxcova mang tên M.V. Lômônôxốp (1966). Từ năm 1991 làm việc theo hợp đồng ở Phòng thí nghiệm Quốc gia Argonne, Mỹ.

V.L. Ginzburg: Nhà vật lý Nga. Sinh năm 1916. Tốt nghiệp khoa vật lý Đại học Tổng hợp Mátxcova mang tên M.V. Lômônôxốp. Bảo vệ luận án Phó tiến sĩ năm 1940; luận án Tiến sĩ Khoa học năm 1942. Được bầu là Viện sỹ thông tấn Viện Hàn lâm Khoa học Liên Xô năm 1953, Viện sỹ Viện Hàn lâm Khoa học Liên Xô năm 1966. Liên tục từ năm 1940 đến nay công tác tại Phòng Vật lý lý thuyết mang tên I. E. Tamm, Viện Vật lý mang tên P. N. Lêbêđép thuộc Viện Hàn lâm Khoa học Liên Xô, nay là Viện Hàn lâm Khoa học Nga. Giáo sư Trường Đại học Tổng hợp Góc-ki (1945 - 1961); Chủ nhiệm bộ môn Các vấn đề của Vật lý và Vật lý thiên văn Trường Kỹ sư Vật lý Mátxcova (1968 đến nay).

A. J. Legget: Nhà vật lý Mỹ gốc Anh. Sinh năm 1938. Bảo vệ luận án Tiến sĩ năm 1964 tại Đại học Tổng hợp Oxford (Anh). Năm 1964-1965 và 1967 tu nghiệp sau tiến sỹ tại Illinois (Mỹ). Giáo sư Trường Đại học Tổng hợp Sussex, Brighton, Anh (đến năm 1983). Từ năm 1983 là giáo sư Trường Đại học Tổng hợp Illinois, Urbana – Champaign (Mỹ).



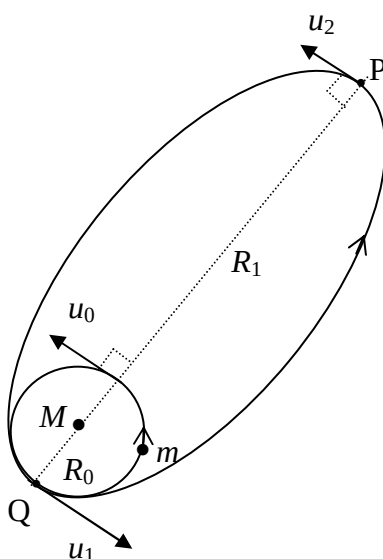
(từ trái sang phải: V. L. Ginzburg, A. A. Abrikosov, A. J. Leggett)

GIỚI THIỆU CÁC ĐỀ THI

ĐỀ THI OLYMPIC VẬT LÝ **châu Á lần thứ tư (Thái Lan, 23-25 tháng 4 năm 2003)** **BÀI THI LÝ THUYẾT**

I. Sự chuyển quỹ đạo của vệ tinh

Trong một tương lai gần, tự chúng ta có thể tham gia vào việc phóng một vệ tinh, mà theo quan điểm vật lý, chỉ cần sử dụng cơ học đơn giản.

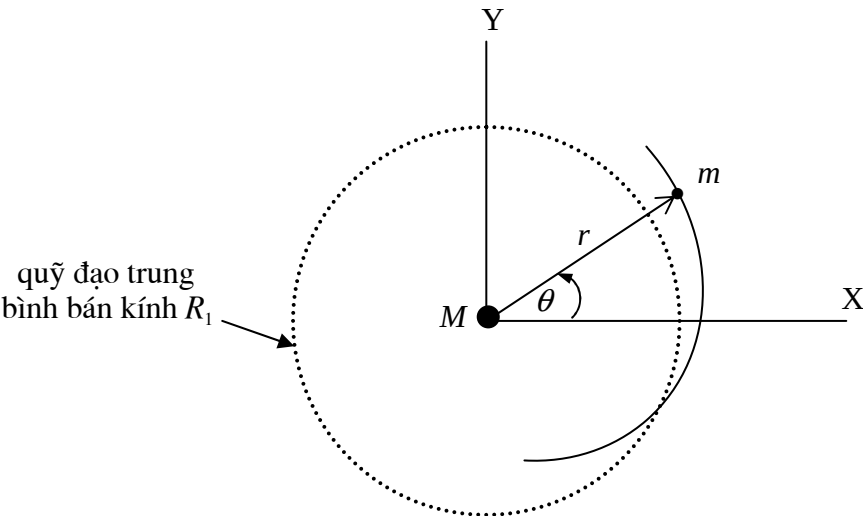


a) Một vệ tinh có khối lượng m đang quay quanh Trái Đất có khối lượng M theo một quỹ đạo tròn, bán kính R_0 . Tính vận tốc u_0 của vệ tinh khối lượng m theo M , R_0 và hằng số vạn vật hấp dẫn G .

(1 điểm)

- b) Ta cần đưa vệ tinh này vào quỹ đạo đi qua điểm P cách tâm Trái Đất một khoảng R_1 bằng cách tăng (hầu như tức thời) vận tốc của nó ở điểm Q từ u_0 lên u_1 . Tính u_1 theo u_0, R_0, R_1 . (2 điểm)
- c) Suy ra giá trị tối thiểu của u_1 theo u_0 mà vệ tinh cần có để thoát hoàn toàn khỏi ảnh hưởng của Trái Đất. (1 điểm)
- d) (Liên quan đến phần b) Tính vận tốc u_2 của vệ tinh tại điểm P theo u_0, R_0, R_1 . (1 điểm)
- e) Bây giờ, tại điểm P, ta muốn thay đổi quỹ đạo của vệ tinh thành quỹ đạo tròn có bán kính R_1 bằng cách tăng giá trị của u_2 (hầu như tức thời) tới u_3 . Tính độ lớn của u_3 theo u_2, R_0, R_1 . (1 điểm)

f)



Nếu vệ tinh bị nhiễu loạn nhẹ và tức thời theo phương bán kính, sao cho nó bị lệch khỏi quỹ đạo hoàn toàn tròn bán kính R_1 lúc đầu, hãy tính chu kì dao động T của r quanh khoảng cách trung bình R_1 .

Gợi ý: Các em có thể sử dụng (nếu thấy cần thiết) phương trình chuyển động của một vệ tinh trên quỹ đạo:

$$m\left[\frac{d^2}{dt^2}r - \left(\frac{d}{dt}\theta\right)^2 r\right] = -G\frac{Mm}{r^2} \dots\dots\dots (1)$$

và định luật bảo toàn mômen động lượng:

$$mr^2\frac{d}{dt}\theta = \text{constant} \dots\dots\dots (2)$$

(3 điểm)

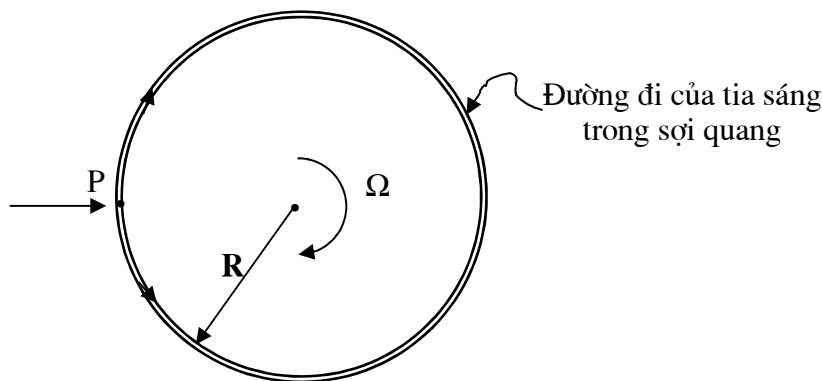
g) Hãy vẽ phác toàn bộ quỹ đạo bị nhiễu loạn cùng với quỹ đạo không bị nhiễu loạn.

(1 điểm)

II. Con quay quang học

Vào năm 1913, Georges Sagnac (1869-1926) đã xét việc sử dụng một bộ cộng hưởng vòng để tìm sự trôi của ê te vũ trụ đối với một hệ quy chiếu quay. Tuy nhiên, như thường xảy ra, các kết quả của ông đã có những ứng dụng mà chính ông cũng chưa bao giờ mơ tới. Một trong những ứng dụng đó là con quay sợi quang (Fibre-Optic Gyroscope- FOG) dựa trên một hiện tượng đơn giản mà lần đầu tiên Sagnac đã quan sát được. Hiện tượng vật lí chủ yếu liên quan đến hiệu ứng Sagnac là do sự dịch pha gây nên bởi hai chùm tia sáng kết hợp được truyền theo hai chiều ngược nhau vòng quanh một vòng đang quay làm bằng sợi quang. Độ dịch pha này còn được dùng để xác định vận tốc góc của vòng đang quay.

Như chỉ ra trên sơ đồ ở Hình 1, một sóng ánh sáng đi qua điểm P vào một sợi quang hình tròn có bán kính R đặt trên một bệ quay với vận tốc góc không đổi Ω theo chiều kim đồng hồ. Tại đây, sóng ánh sáng bị tách thành hai sóng truyền theo hai hướng ngược nhau dọc theo vòng: theo chiều kim đồng hồ (CW) và ngược chiều kim đồng hồ (CCW). Chiết suất của vật liệu làm sợi quang là μ . Giả thiết đường truyền tia sáng trong sợi quang là một đường tròn tròn trư có bán kính R .



Hình 1

a) Trên thực tế, vận tốc quay của vòng nhỏ hơn vận tốc ánh sáng rất nhiều, sao cho $(R\Omega)^2 \ll c^2$. Hãy tìm hiệu thời gian $\Delta t = t^+ - t^-$ trong đó t^+ và t^- chỉ thời gian đi hết một vòng kín của các tia đi theo chiều kim đồng hồ (CW) và ngược chiều kim đồng hồ (CCW). Hãy viết kết quả theo diện tích A được bao quanh bởi cái vòng.

(2 điểm)

b) Hãy tìm hiệu quang trình ΔL của tia CW và tia CCW khi chúng đi hết một vòng kín trên cái vòng đang quay

(2

điểm)

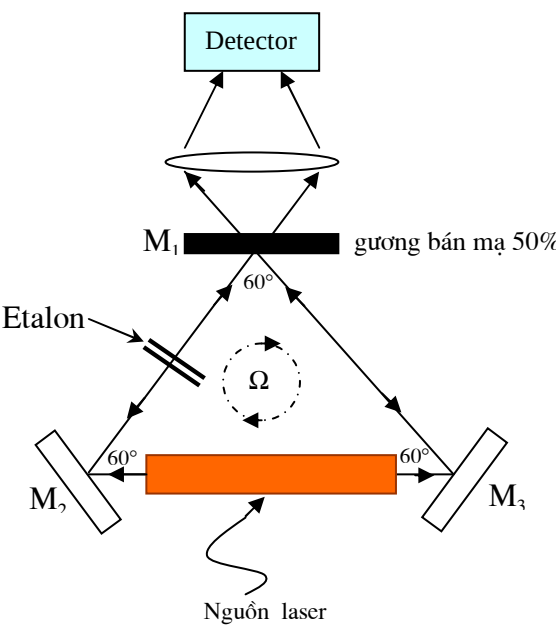
c) Với một sợi quang hình tròn có bán kính $R = 1$ m, hãy tìm giá trị cực đại của ΔL đối với sự quay của Trái Đất. Cho $\mu = 1,5$.

(1

điểm)

d) Trong phần b), phép đo có thể được khuếch đại bằng cách tăng số vòng của cuộn sợi quang lên N vòng. Hãy tìm hiệu số pha $\Delta\theta$ của hai tia sáng khi chúng đã đi hết chiều dài cuộn sợi quang.
(1 điểm)

Sơ đồ thứ hai của Con quay Quang học là Con quay Laser Vòng (Ring Laser Gyroscope - RLG). Điều này có thể thực hiện bằng cách đặt hốc cộng hưởng của nguồn phát laser vào một vòng dưới dạng một tam giác đều, chiều dài tổng cộng của vòng là L, như trên Hình 2. Nguồn laser ở đây sẽ sinh ra hai nguồn sáng kết hợp lan truyền theo hai hướng ngược nhau. Để duy trì dao động của laser trong bộ cộng hưởng vòng hình tam giác này, chu vi của vòng phải bằng một số nguyên lần bước sóng λ . Etalon (bộ chuẩn mẫu), là một dụng cụ phụ được đặt chen vào vòng; nó có thể gây ra trong vòng các tổn hao có tính lọc lựa theo tần số, sao cho các kiểu dao động không mong muốn bị làm yếu đi hoặc bị loại trừ.

	
Hình.2: Sơ đồ minh họa Con quay Laser Vòng	Hình 3: Minh họa Con quay Laser Vòng được nói tới trong bài toán này

e)Tìm hiệu số thời gian truyền Δt theo chiều kim đồng hồ và ngược chiều kim đồng hồ cho trường hợp vòng hình tam giác như trên Hình 2. Viết kết quả theo Ω và diện tích A được bao quanh bởi vòng. Chứng tỏ rằng kết quả này cũng giống hệt như kết quả đối với vòng hình tròn.

(2 điểm)
f) Nếu cái vòng này quay với tần số góc Ω như trên Hình 2, sẽ có sự khác nhau về tần số giữa hai phép đo CW và CCW . Tìm tần số phách $\Delta\nu$ quan sát được giữa hai tia CW và CCW theo L, Ω, λ .
(2 điểm)

III. Thấu kính Plasma

Vật lí các chùm hạt cường độ lớn có ảnh hưởng mạnh không chỉ tới nghiên cứu cơ bản mà còn tới cả các ứng dụng trong y học và công nghiệp. Thấu kính plasma là một dụng cụ tạo ra sự hội tụ cực mạnh ở cuối của buồng va chạm tuyến tính. Để thấy rõ các khả năng của thấu kính plasma, có thể so sánh nó với các thấu kính từ và tĩnh điện thường gặp. Trong các thấu

kính từ, khả năng hội tụ tỉ lệ với gradien từ trường. Trong thực tế, giới hạn trên của thấu kính hội tụ từ cực vào khoảng 10^2 T/m, trong khi đó với thấu kính plasma có mật độ 10^{17} cm⁻³, khả năng hội tụ của nó tương đương với một từ trường có gradien 3×10^6 T/m (lớn hơn khoảng 4 bậc so với thấu kính từ cực từ).

Dưới đây, chúng ta sẽ làm rõ tại sao các chùm hạt tương đối tính có cường độ lớn lại có thể tạo ra những chùm tụ hội tụ, mà không đẩy nhau ra xa.

a) Xét một chùm tia electron hình trụ dài có mật độ hạt đồng nhất n và vận tốc trung bình v , (cả hai đại lượng đều xét trong hệ quy chiếu phòng thí nghiệm). Tìm biểu thức của điện trường tại một điểm bên trong chùm tia, cách trục giữa của chùm tia một khoảng r , bằng cách sử dụng Điện Từ học cổ điển.

(1 điểm)

b) Tìm biểu thức của từ trường ở cùng điểm như trong câu a).

(2

c) Tìm lực tổng hợp hướng ra ngoài, tác dụng lên một electron trong chùm tia khi electron đi qua điểm đó.

(1 điểm)

d) Giả thiết rằng biểu thức thu được ở c) áp dụng được cho các vận tốc tương đối tính, hãy tìm

lực tác dụng lên electron khi v tiến gần đến vận tốc ánh sáng c , trong đó $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$.

(1 điểm)

e) Nếu chùm tia electron đó (có bán kính R) đi vào trong một plasma có mật độ đều $n_0 < n$ (plasma là khí bị ion hoá, gồm các ion và electron có mật độ điện tích bằng nhau), tìm lực tổng hợp tác dụng lên một ion của plasma dừng, tại một điểm ở bên ngoài chùm tia, cách trục của chùm tia một khoảng r , ở một thời điểm cách lúc chùm tia đi vào plasma một khoảng thời gian dài. Em có thể giả thiết rằng mật độ ion của plasma giữ không đổi và tính đối xứng trụ vẫn được duy trì.

(3 điểm)

f) Sau một thời gian đủ dài, tính lực tổng hợp tác dụng lên một electron của chùm tia nằm trong plasma, tại điểm cách trục giữa của chùm tia một khoảng r , giả thiết $v \rightarrow c$, với điều kiện là mật độ ion của plasma giữ không đổi và tính đối xứng trụ vẫn được duy trì.

(2 điểm)

Nguyễn Thế Khôi (Sưu tầm và giới thiệu)

TIẾNG ANH VẬT LÝ

Problem: Two identical light metal containers are filled with equal amounts of water and placed in a room with constant air temperature. A heavy ball is submerged into the center of one of the containers on a thin nonconducting string. The mass of the ball equals to the mass of the water, and the density of the ball is much greater than that of water.

Both containers are heated to the boiling point of water and are then allowed to cool. The container with the ball in it takes k times longer to cool down to the room temperature than the container without the ball. Find the specific heat of the material of the ball c_b in terms of k and the specific heat of water c_w .

Solution: The equation that relates the rate of heat flow to the temperature difference is

$$dQ/dt = \alpha(T - T_R),$$

where T is the current temperature of the container's surface, T_R is the room temperature, and the constant α depends on the conductivity of the materials and the geometry of the container. The containers are identical so they should have the same constant α . After all, each container is made of metal and conducts heat well, minimizing the discrepancy that results from the greater surface area of the slightly higher water level in the container with the submerged ball.

$$\begin{aligned} dQ/dt &= \alpha(T - T_R) \Rightarrow dQ = \alpha(T - T_R)dt \\ &\Rightarrow mcdT = \alpha(T - T_R)dt \\ &\Rightarrow mcdT/(T - T_R) = \alpha dt \end{aligned}$$

The above equation shows that the time to cool to a temperature T is proportional to the amount of heat released by the container ($Q = mc \Delta T$). Therefore,

$$k = \frac{mc_w \Delta T + mc_b \Delta T}{mc_w \Delta T} \Rightarrow$$

$$k = \frac{c_w + c_b}{c_w}$$

and, finally,

$$c_b = (k - 1)c_w$$

Từ mới

- **identical** - đồng nhất, giống hệt nhau
- **light** - nhẹ (nghĩa trong bài)
- **metal** - kim loại
- **temperature** - nhiệt độ; **the current temperature** - nhiệt độ hiện thời
- **nonconducting string** - dây không dẫn (nhiệt)
- **density** - mật độ hay khối lượng riêng
- **boiling point** - điểm sôi
- **specific heat** - nhiệt dung riêng
- **to relate sth to/with sth** - liên hệ cái gì với cái gì
- **difference** - hiệu
- **to depend on** - phụ thuộc vào
- **minimizing** - làm giảm thiểu
- **discrepancy** - sự khác biệt
- **proportional (to)** - tỷ lệ thuận với

VẬT LÝ & ĐỜI SỐNG

THỜI GIAN BÌNH SÁNG CỦA BÓNG ĐÈN

Khi bạn về nhà, bước vào phòng và bật công tắc đèn, bạn có cảm giác bóng đèn bình sáng ngay lập tức. Thực ra, phải cần một thời gian τ để đốt nóng dây tóc bóng đèn từ

nhiệt độ trong phòng (t_1) tới nhiệt độ nóng sáng trắng của nó (t_2). Chúng ta có thể đánh giá được thời gian này từ những lập luận khá đơn giản sau đây.

Sau thời gian τ dòng điện toả ra một nhiệt lượng bằng $U^2\tau/\overline{R}$ ($\overline{R}$ là điện trở trung bình của dây tóc bóng đèn trong khoảng nhiệt độ nói trên), còn nhiệt lượng cần thiết để đốt nóng dây tóc bóng đèn bằng $cm(t_2 - t_1)$. Từ đó ta được:

$$\frac{U^2}{\overline{R}}\tau \approx cm(t_2 - t_1) \tag{1}$$

trong đó $U = 220V$ là hiệu điện thế của lưới điện, $c = 154J/kg.^{\circ}C$ là nhiệt dung riêng của vonfram (chất làm dây tóc) ở $1000^{\circ}C$; $t_1 = 20^{\circ}C$; $t_2 = 2200^{\circ}C$ và m là khối lượng của dây tóc. Đặt:

$$\overline{R} = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{l_0}{S} \left(1 + \frac{\alpha t_2}{2}\right), \tag{2}$$

với $\rho = 5,5.10^{-8}\Omega m$ là điện trở suất của vonfram, $\alpha = 0,00481/^{\circ}C$ - hệ số nhiệt điện trở, S - diện tích tiết diện dây tóc và l_0 là chiều dài dây tóc. Ngoài ra,

$$m = dl_0S \tag{3}$$

trong đó $d = 19350kg/m^3$ - là khối lượng riêng của vonfram. Thay (2) và (3) vào (1), sau một số biến đổi đơn giản, ta được:

$$\tau \approx \frac{cdl_0^2\rho(1+\alpha t_2/2)(t_2 - t_1)}{U^2}$$

Ta thấy rằng diện tích S của dây tóc đã bị triệt tiêu, không ảnh hưởng gì tới kết quả. Tìm trong các sách tra cứu hoặc các sách bài tập, ta tìm được giá trị thường dùng của $l_0 = 0,05m$. Thay giá trị số của tất cả các đại lượng vào (4), ta dễ dàng tính được:

$$\tau \approx 10^{-4}s$$

Tất nhiên là mắt người không thể kịp phản ứng với khoảng thời gian ngắn như vậy, nên ta có cảm giác là đèn bừng sáng tức thì.

P. V. (sưu tầm)