

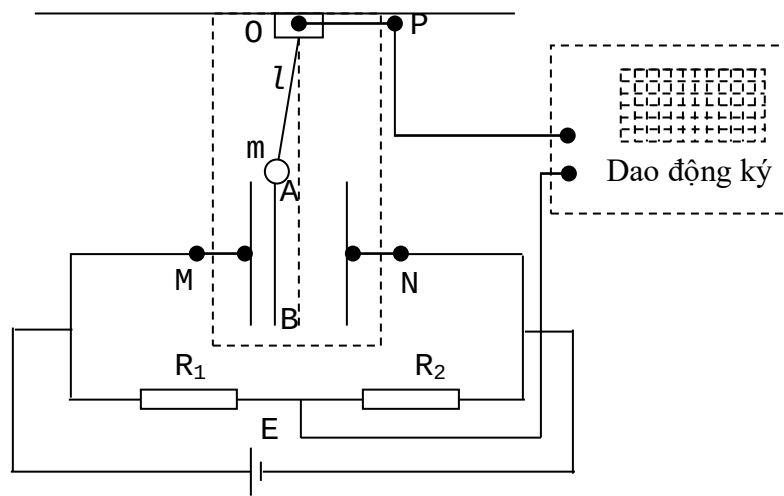
Hướng dẫn chấm thi chọn học sinh giỏi vào đội tuyển
dự thi olympic vật lý quốc tế năm 2008
(Đề chính thức, ngày thứ hai 30/3/2008)
(Hướng dẫn này có 6 trang)

Câu I (2,5 điểm) Đo gia tốc của vật chuyển động sử dụng cơ cấu biến đổi điện dung

1. Sơ đồ hệ đo như hình vẽ. (1,0 điểm)

Khi ô tô chuyển động với gia tốc a sang phải, con lắc lệch sang trái do lực quán tính. Tấm AB được nối với dây treo kim loại, tách tụ C thành hai tụ C_1 và C_2 nối tiếp. Các tụ C_1 , C_2 , R_1 , R_2 hình thành cầu Winston.

Khi ô tô chuyển động có gia tốc, cầu mất cân bằng làm xuất hiện điện áp U trên dao động ký.



2. Xây dựng công thức tính a : (1,0 điểm)

Coi góc lệch α là nhỏ, tấm AB lệch khỏi vị trí cân bằng một khoảng

$$\Delta x = l \sin \alpha \approx l \alpha \quad (1)$$

$$\text{Lực quán tính tác dụng lên con lắc } F_{qt} = ma = mgt \alpha = mg \alpha \quad (2)$$

$$\text{Từ (1) và (2) ta có } a = g \frac{\Delta x}{l} \Rightarrow \Delta x = \frac{a l}{g} \quad (3)$$

Mặt khác ta có

$$C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d_1}$$

$$C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{d_2}$$

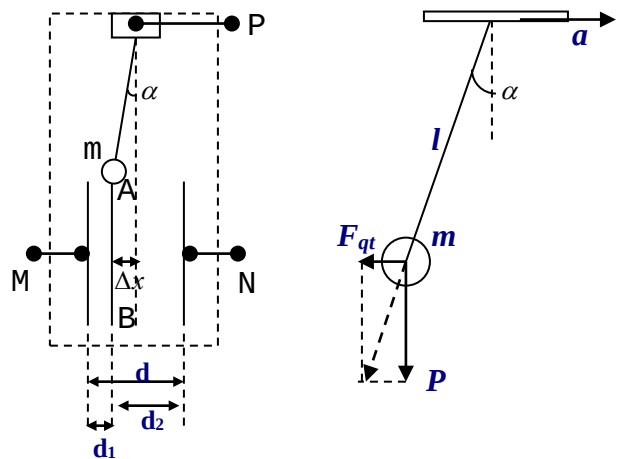
$$d_1 + d_2 = d$$

$$d_1 = \frac{d}{2} - \Delta x$$

$$d_2 = \frac{d}{2} + \Delta x$$

$$U_{R2} = \frac{E}{2}$$

$$\text{Mặt khác: } E = U_{c1} + U_{c2} = \frac{C_2 U_{c2}}{C_{c1}} + U_{c2} = \left(\frac{d_1}{d_2} + 1 \right) U_{c2}$$



$$\text{Suy ra } U_{c2} = \frac{Ed_2}{d_1 + d_2} = \frac{Ed_2}{d}$$

Hiệu điện thế đọc trên dao động kế:

$$U = U_{c2} - U_{R2} = \frac{Ed_2}{d} - \frac{E}{2} = \frac{E}{d} \left(\frac{2d_2 - d}{2} \right) = \frac{E\Delta x}{d} = E \cdot \frac{C}{\epsilon_0 S} \cdot \frac{\ell a}{g}$$

$$\text{vậy } a = U \frac{g\epsilon_0 S}{CE\ell}$$

3. Giới hạn đo của hệ: (0,5 điểm)

Thang đo là tuyến tính khi góc lệch α nhỏ để $\alpha \approx \text{tg}\alpha \approx \sin\alpha$.

Với $\alpha \leq 10^\circ$ thì giới hạn đo $a < 0,17g$.

Hệ đo gặp sai số lớn khi đo cho các vật chuyển động với gia tốc biến thiên, đặc biệt là các dao động tuần hoàn và các dao động điều hoà.

Câu II (3,0 điểm) Xác định đặc trưng của linh kiện quang trở

1. Cơ sở lý thuyết (1,5 điểm)

Hệ thí nghiệm sử dụng hiện tượng bức xạ nhiệt cân bằng. Nhiệt độ sợi dây tóc bóng đèn ổn định ở giá trị khi năng lượng hấp thụ cân bằng với năng lượng bức xạ dạng sóng điện từ.

Để xác định được hệ số γ chúng ta cần xây dựng được đường thực nghiệm biểu diễn sự phụ thuộc điện trở quang trở theo năng thông Φ .

Năng thông Φ mà quang trở nhận được sẽ tỉ lệ thuận với năng suất phát xạ toàn phần $\mathfrak{R}(T)$ của dây tóc bóng đèn, tức phụ thuộc vào nhiệt độ T của dây tóc vônfram.

Bằng việc xác định điện trở của đèn ta sẽ xác định được nhiệt độ dây tóc vônfram.

Như vậy ta đã xây dựng được mối quan hệ giữa điện trở của đèn và điện trở quang trở trong đó có chứa hệ số γ cần xác định.

Dây tóc bóng đèn khi có dòng điện chạy qua sẽ thay đổi nhiệt độ và điện trở dây tóc thay đổi theo nhiệt độ theo hàm số:

$$R_t = R_0(1 + \alpha \cdot t + \beta \cdot t^2)$$

R_t và R_0 là điện trở dây tóc đèn ở t ($^\circ\text{C}$) và 0 ($^\circ\text{C}$). α , β là các hệ số nhiệt điện trở của dây tóc vônfram: $\alpha = 4,82 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$; $\beta = 6,76 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-2}$.

Điện trở R_0 của dây tóc ở 0°C xác định bằng cách đo điện trở R_p của dây tóc ở nhiệt độ phòng t_p đã biết trước nhờ nhiệt kế.

$$R_0 = \frac{R_p}{(1 + \alpha t_p + \beta t_p^2)}$$

Điện trở R_t đo được bằng phương pháp vôn-ampe: $R_t = \frac{U}{I}$

Từ đó suy ra nhiệt độ tuyệt đối của dây tóc bóng đèn:

$$T = 273 + \frac{1}{2\beta} \left[\sqrt{\alpha^2 + 4\beta \left(\frac{R_t}{R_0} - 1 \right)} - \alpha \right]$$

Quang trở là linh kiện có điện trở thay đổi theo năng thông bức xạ gửi tới có dạng $R = A\Phi^{-\gamma}$ với A , γ là các hằng số phụ thuộc vào bản chất vật liệu, kích thước và hình dạng quang trở.

Năng suất phát xạ toàn phần $\mathfrak{R}(T)$ tuân theo định luật Stephan-Boltzman

$$\mathfrak{R}(T) = a\sigma \cdot T^4 \text{ với } a \text{ là hệ số } (a \leq 1)$$

Năng thông $\Phi \sim \mathfrak{R}(T)$ hay $\Phi = B \cdot \mathfrak{R}(T)$ với B là hằng số phụ thuộc vị trí đặt quang trở so với nguồn phát bức xạ.

Khi đó ta có

$$R = A\Phi^{-\gamma} = A.(Ba\sigma T^4)^{-\gamma} = A.(Ba\sigma)^{-\gamma}.T^{-4\gamma}$$

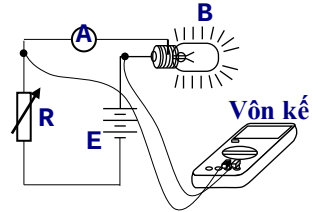
$$\ln R = \ln(A.(Ba\sigma)^{-\gamma}) - 4\gamma \ln T$$

Từ đồ thị $\ln R$ theo $\ln T$ ta xác định được hệ số γ

* Do độ rọi tỉ lệ với năng thông gửi tới nên có thể sử dụng quang trở đo độ rọi ánh sáng.

2. Các bước tiến hành thí nghiệm (1,0 điểm)

- Đo điện trở dây tóc bóng đèn ở nhiệt độ phòng:
 - + Hai đầu vôn kế mắc vào hai đầu đuôi đèn để xác định được chính xác hiệu điện thế rơi trên dây tóc.
 - + Ampe kế để thang đo nhỏ.
 - + Sử dụng biến trở để chỉnh dòng qua đèn rất nhỏ để không làm thay đổi nhiệt độ sợi dây tóc, ghi lại giá trị dòng và điện thế trên vôn kế.
 - + Lập bảng số liệu và tính giá trị điện trở $R=U/I$:

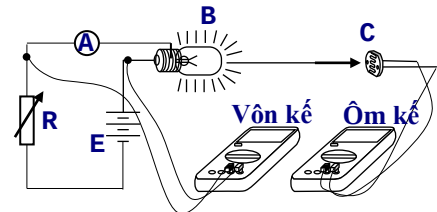


Dòng điện I	.....	.....	.....	.....
Hiệu điện thế U	.....	.....	.....	.....
Điện trở R	.....	.....	.....	.....

+ Dựng đồ thị R_p theo I, ngoại suy xác định được giá trị điện trở R_p ứng với dòng $I=0$, đó chính là điện trở dây tóc ở nhiệt độ phòng.

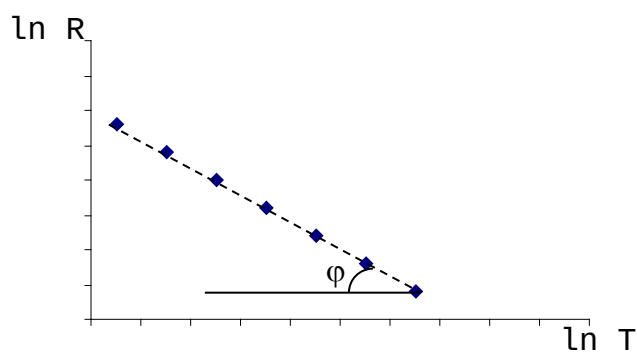
(Có thể dùng ôm kế đo trực tiếp điện trở sợi dây bóng đèn nhưng sẽ kém chính xác hơn).

- Từ giá trị R_p ta tính được R_0 .
- Mắc mạch đo như hình vẽ.
- Thay đổi giá trị biến trở để chỉnh dòng chạy qua bóng đèn với các giá trị xác định. Đọc giá trị trên ôm kế ổn định, đọc bộ các giá trị của vôn kế và ôm kế ứng với giá trị khác nhau của ampe kế.
- Lập bảng số liệu:



Lần đo	U	I	$R_t = U/I$	T	R	$\ln R$	$\ln T$
1							

- Dựng đồ thị $\ln R$ theo $\ln T$ và tìm góc φ



Mặt khác ta có $\text{tg}\varphi = 4\gamma \Rightarrow \gamma = \frac{\text{tg}\varphi}{4}$

3. Các lưu ý khi tiến hành thí nghiệm. Các sai số mắc phải: **(0,5 điểm)**

Lưu ý: - Cần tiến hành thí nghiệm trong phòng tối hoặc có biện pháp che chắn ánh sáng bên ngoài để tránh nhiễu tín hiệu ngoài đến quang trở.
- Vôn kế phải đo ngay tại hai đầu đèn để xác định điện trở dây đốt chuẩn xác
- Cần xác định điện trở đèn ở nhiệt độ phòng thông qua việc đo U, I rồi ngoại suy. Nếu dùng ôm kế đo trực tiếp dẫn đến sai số do dòng điện cấp bởi thiết bị đo có thể làm ảnh hưởng nhiệt độ sợi tóc.

Sai số mắc phải:

- Sai số do nhiệt kế đo nhiệt độ phòng.
- Sai số của các dụng cụ.
- Sai số xác định các giá trị trên đồ thị....

Câu III (1,5 điểm) Xác định chiều dày màng mỏng bằng phương pháp giao thoa

1. Cơ sở lý thuyết: **(1,0 điểm)**

Khoảng vân khi chưa đặt tấm kính sau hai nguồn kết hợp S_1, S_2 là $i = \frac{\lambda D}{a} \Rightarrow \lambda = \frac{ai}{D}$ (1)

Biết giá trị khoảng vân ta có thể xác định được bước sóng dùng trong thí nghiệm.

Trong trường hợp nếu đặt cả hai tấm kính giống hệ nhau sau khe sáng S_1 và S_2 thì hiệu quang lộ của hai chùm tia đến màn vẫn giống như trường hợp khi chưa đặt tấm kính. Hệ vân giao thoa sẽ không bị dịch chuyển.

Khi đặt tấm kính chưa phủ màng ngay sau một khe sáng, còn tấm kính có phủ màng sau khe còn lại, hiệu quang lộ của tia sáng từ S_1 và S_2 đến màn sẽ bị thay đổi so với khi chưa đặt kính

một khoảng $(n-1)d$. Lúc này hệ vân giao thoa sẽ dịch chuyển một khoảng

$$x = \frac{(n-1)dD}{a} \Rightarrow d = \frac{ax}{(n-1)D} \quad (2)$$

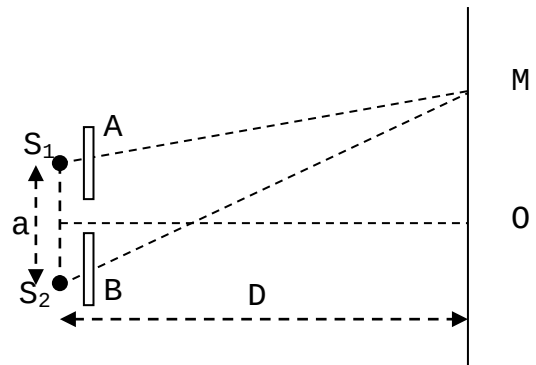
Bằng việc đo khoảng dịch chuyển chúng ta xác định được chiều dày lớp màng phủ thêm trên tấm kính.

2. Cách tiến hành thí nghiệm, sai số mắc phải **(0,5 điểm)**

- Xác định các thông số khoảng cách hai khe sáng a và khoảng cách khe đến màn D .
- Bật nguồn sáng hệ giao thoa, xác định vị trí vân trung tâm và khoảng vân i .
- Tính toán bước sóng dùng trong thí nghiệm theo (1).
- Đặt trước hai khe sáng hai tấm kính (tấm có phủ màng và chưa phủ màng).
- Xác định vị trí vân trung tâm, so sánh với trường hợp chưa đặt tấm thủy tinh để xác định khoảng dịch vân x .
- Lập lại thí nghiệm vài lần để tìm giá trị trung bình của khoảng dịch hệ vân.
- Xác định chiều dày lớp màng theo công thức (2).

* Sai số phép đo:

- Sai số do cách đặt tấm kính sau khe sáng.
- Sai số dụng cụ, cách xác định khoảng vân và khoảng dịch chuyển.



Câu IV (3,0 điểm) Xác định hằng số Planck

1. Thiết lập các công thức sử dụng trong thí nghiệm. **(1,0 điểm)**

Ta có $f(\lambda, T) = \frac{2\pi}{\lambda^3} \frac{hc}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}} - 1} \approx \frac{2\pi}{\lambda^3} \frac{hc}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}}}$ do bước sóng λ là nhỏ.

Mật khác điện trở quang trở $R \propto \Phi^{-\gamma} \propto f(\lambda, T)^{-\gamma}$

Do đó $R = C_1 \cdot \left(\frac{2\pi}{\lambda^3} \frac{hc}{e^{\frac{hc}{\lambda k_B T}}} \right)^{-\gamma} = C_1 \cdot \left(\frac{2\pi hc}{\lambda^3} \right)^{-\gamma} e^{\frac{hc}{\lambda k_B T} \gamma} = C_3 \cdot e^{\frac{C_2 \gamma}{\lambda T}} \quad (*)$

Với C_1, C_3 là các hằng số, và $C_2 = \frac{hc}{k_B}$

Từ (*) ta có $R = C_3 \cdot e^{\frac{C_2 \gamma}{\lambda T}} \Rightarrow \ln R = \ln C_3 + \frac{C_2 \gamma}{\lambda} \cdot \frac{1}{T} = \ln C_3 + \frac{C_2 \gamma}{\lambda} \cdot \frac{1}{a} R_B^{-0,83}$

Như vậy nếu ta xác định được giá trị a và γ , biết λ và dựng được đường đồ thị phụ thuộc

$\ln R$ theo $R_B^{-0,83}$ ta tìm được C_2 từ đó tìm được $h = \frac{C_2 k_B}{c}$

Để xác định giá trị a ta đo điện trở dây tóc ở nhiệt độ phòng R_{B0} và đọc giá trị nhiệt độ phòng T_p trên nhiệt kế sẽ có $a = T_p \cdot R_{B0}^{-0,83}$

Xác định hệ số γ : sử dụng tỉ lệ giá trị điện trở đo được trên quang trở khi đèn ở độ sáng nhất định trong trường hợp có kính phân cực (R_1) và không có kính phân cực (R_0).

Kính phân cực làm năng thông sau khi qua kính (Φ_1) so với trước khi qua kính (Φ_0) là

$\Phi_1 = \frac{\Phi_0}{2} (1 - k)$; mật khác điện trở quang trở đo được $R = A \Phi^{-\gamma}$

$R_0 = A \Phi_0^{-\gamma}; R_1 = A \Phi_1^{-\gamma} \Rightarrow \frac{R_0}{R_1} = \left(\frac{\Phi_1}{\Phi_0} \right)^{\gamma} \Rightarrow \ln \left(\frac{R_0}{R_1} \right) = \gamma \ln \left(\frac{\Phi_1}{\Phi_0} \right) = -\gamma \ln \left(\frac{2}{1 - k} \right)$

2. Trình bày các bước tiến hành thí nghiệm và xử lý số liệu. **(1,5 điểm)**

* Xác định hàm phụ thuộc nhiệt độ của dây sợi đốt T (K) của đèn thay đổi theo điện trở bóng đèn R_B (Ω) dạng hàm số $T = a R_B^{0,83}$ với a là hệ số.

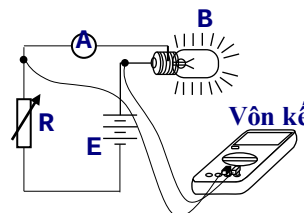
- Mạch mạch điện như hình vẽ:

+ Hai đầu vôn kế mắc vào hai đầu đuôi đèn để xác định được chính xác hiệu điện thế rơi trên dây tóc.

+ Ampe kế để thang đo nhỏ.

+ Sử dụng biến trở để chỉnh dòng qua đèn rất nhỏ để không làm thay đổi nhiệt độ sợi dây tóc, ghi lại giá trị dòng và điện thế trên vôn kế.

+ Lập bảng số liệu và tính giá trị điện trở $R_B = U/I$:



Dòng điện I	.....	.....	.....	.....
Hiệu điện thế U	.....	.....	.....	.....
Điện trở R	.....	.....	.....	.....

+ Dựng đồ thị R_B theo I, ngoại suy xác định được giá trị điện trở R_{B0} ứng với dòng $I=0$, đó chính là điện trở dây tóc ở nhiệt độ phòng

+ Đọc giá trị nhiệt độ trên nhiệt kế $T_p = 273 + t_p$ °C.

+ Ta có $T_p = a R_{B0}^{0,83}$ ta xác định được giá trị a

* Xác định hệ số γ của quang trở: $R = A\Phi^{-\gamma}$

+ Gá bóng đèn và quang trở lên giá cách nhau một khoảng cách nhất định.

+ Bố trí hệ thí nghiệm như hình vẽ:

+ Dùng biến trở chỉnh để đèn có độ sáng nhất định.

+ Ban đầu chưa đặt kính phân tích vào khe giữa đèn và quang trở, đo giá trị điện trở quang trở R_0 .

+ Đặt kính phân tích vào khe giữa đèn và quang trở, đo giá trị điện trở quang trở R_1 .

+ Xác định giá trị γ theo công thức

$$\ln \frac{R_0}{R_1} = -\gamma \ln \frac{2}{1-k}$$

* Dựng đồ thị phụ thuộc $\ln R$ theo $R_B^{-0,83}$ với R là điện trở quang trở tương ứng với điện trở bóng đèn R_B .

+ Bố trí hệ thí nghiệm như hình vẽ:

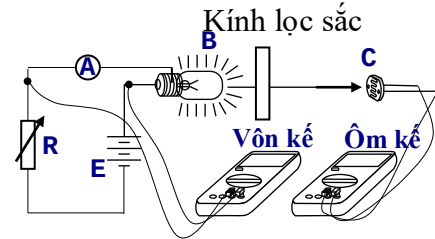
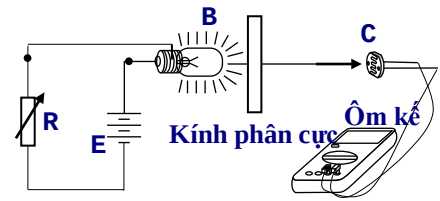
+ Đo điện trở bóng đèn theo tỉ số giá trị hiệu điện thế giữa hai đui đèn đọc trên vôn kế và giá trị đọc trên ampe kế: $R_B = U/I$

+ Đọc giá trị điện trở quang trở R

+ Thay đổi biến trở để thay đổi độ sáng đèn

+ Lặp lại bước xác định R_B và R .

+ Xây dựng bảng số liệu



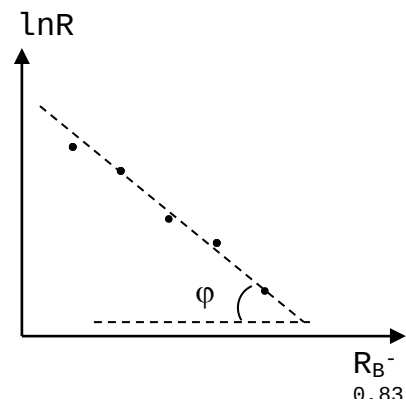
Hiệu điện thế U	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Dòng điện I	.....	.....	.....	.....	.....	.....
$R_B = U/I$	.....	.....	.....	.....	.....	.....
R	.....	.....	.....	.....	.....	.....
$R_B^{-0,83}$	.....	.....	.....	.....	.....	.....
$\ln R$	.....	.....	.....	.....	.....	.....

+ Dựng đồ thị

+ Xác định độ nghiêng đường đặc trưng $\text{tg}\varphi$

$$\text{Giá trị } \text{tg}\varphi = \frac{C_2 \gamma}{\lambda} \cdot \frac{1}{a} \Rightarrow C_2 = \frac{\lambda a \text{tg}\varphi}{\gamma}$$

$$\text{Tính } h = \frac{C_2 k_B}{c}$$



3. Các lưu ý trong thí nghiệm: (0,5 điểm)

- Xác định trực tiếp giá trị điện trở bóng đèn ở nhiệt độ phòng bằng ôm kế sẽ dẫn đến sai số do dòng điện cấp bởi thiết bị đo có thể làm ảnh hưởng nhiệt độ sợi tóc.

- Sai số khi đặt kính phân tích không vuông góc với phương truyền tia sáng từ đèn đến quang trở.

- Sai số do các dụng cụ ảnh hưởng đến giá trị đo,

-----HẾT-----