

HƯỚNG DẪN CHẤM ĐỀ THI CHÍNH THỨC

Môn: VẬT LÝ

Ngày thi thứ nhất: 01/4/2021

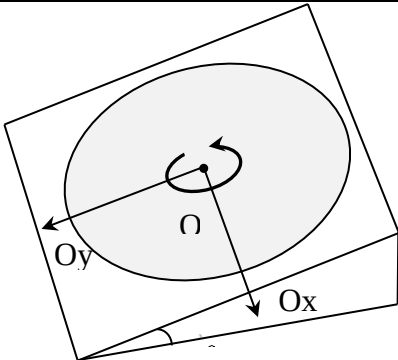
(Hướng dẫn chấm gồm 10 trang)

I. HƯỚNG DẪN CHUNG

1. Giám khảo chấm đúng như đáp án - thang điểm của Bộ Giáo dục và Đào tạo.
2. Nếu có câu nào, ý nào mà thí sinh có cách trả lời khác so với đáp án nhưng đúng thì vẫn cho điểm tối đa của câu, ý đó theo thang điểm.
3. Giám khảo không quy tròn điểm thành phần của từng câu, điểm của bài thi.

II. ĐÁP ÁN - THANG ĐIỂM

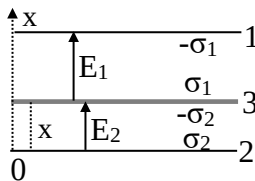
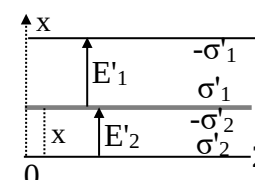
Câu	Nội dung	Điểm
Câu I (4,0 điểm)		
1.a)	Gọi $\vec{r}$ là tọa độ của khối tâm quả cầu và $\vec{R}$ là vector bán kính của quả cầu có hướng từ tâm đến điểm tiếp xúc. Lực ma sát nghỉ $\vec{F}_{msn}$ là lực phát động cho chuyển động quay quanh trục quả cầu. Các phương trình chuyển động $\vec{F}_{msn} = m \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (1)$ $\vec{R} \times \vec{F}_{msn} = \frac{2}{5} m R^2 \frac{d\vec{\omega}}{dt} \quad (2)$	0,25
	Để quả cầu lăn không trượt: $\vec{v} + \vec{\omega} \times \vec{R} = \vec{\Omega} \times \vec{r} \quad (3)$ Lấy đạo hàm hai vế phương trình (3) $\frac{d\vec{v}}{dt} + \frac{d\vec{\omega}}{dt} \times \vec{R} = \vec{\Omega} \times \vec{v} \quad (4)$ Thế (1), (2) vào (4): $\frac{d\vec{v}}{dt} + \frac{5}{2mR^2} \left[\vec{R} \times \left(m \frac{d\vec{v}}{dt} \right) \right] \times \vec{R} = \vec{\Omega} \times \vec{v}$ Hay: $\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{2}{7} \vec{\Omega} \times \vec{v} \quad (5)$ Vì vậy, gia tốc của khối tâm quả cầu luôn vuông góc với vận tốc góc $\vec{\Omega}$ và phương của vector $\vec{v}$ $\frac{d(v^2)}{dt} = \frac{d(\vec{v} \cdot \vec{v})}{dt} = 2\vec{v} \cdot \frac{d\vec{v}}{dt} = 2\vec{v} \cdot \left(\frac{2}{7} \vec{\Omega} \times \vec{v} \right) = 0$ nên quả cầu sẽ chuyển động tròn đều.	0,50
	Lấy nguyên hàm hai vế phương trình (5) $\frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{2}{7} \vec{\Omega} \times \vec{r} + \vec{v}^* \quad (6)$ Với $\vec{v}^*$ là hằng số phụ thuộc vào điều kiện đầu và thuộc mặt phẳng đĩa. Ta hoàn toàn có thể viết lại phương trình (6) dưới dạng $\frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{2}{7} \vec{\Omega} \times (\vec{r} - \vec{r}^*) \quad (7)$ Với $\vec{v}^* = -\frac{2}{7} \vec{\Omega} \times \vec{r}^*$. Quả cầu sẽ chuyển động tròn đều với tâm đặt tại $\vec{r}^*$ Để quả cầu chuyển động tròn có tâm trùng với tâm đĩa và bán kính r_0 thì $\vec{r}^*$ trong phương trình (7) bằng 0. Do đó, vận tốc ban đầu của quả tâm khối cầu	0,50

Câu	Nội dung	Điểm
	$\vec{v}_0 = \frac{2}{7} \vec{\Omega} \times \vec{r}_0 \quad (8)$ với r_0 là vị trí ban đầu thả quả cầu.	
	Sử dụng điều kiện lăn không trượt (3) và phương trình (8) ta có: $\vec{\omega}_0 \times \vec{R} = \frac{5}{2} \vec{v}_0$	0,25
1.b)	Khi vận tốc ban đầu của quả cầu bằng $2\vec{v}_0$ sử dụng phương trình (7) cho ta $2\vec{v}_0 = \frac{2}{7} \vec{\Omega} \times (\vec{r}_0 - \vec{r}^*) \quad (9)$ So sánh (9) với phương trình (8) ta có $\vec{r}^* = -\vec{r}_0$. Tâm quả cầu sẽ chuyển động tròn có tâm là điểm đối xứng với điểm tiếp xúc ban đầu qua tâm của đĩa.	0,50
2.a)	Phương trình chuyển động của quả cầu $\vec{F}_{msn} + mg \sin \theta \vec{j} = m \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (10)$ $\vec{R} \times \vec{F}_{msn} = \frac{2}{5} m R^2 \frac{d\vec{\omega}}{dt} \quad (11)$ Sử dụng phương trình (4), (10), (11) ta được $\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{2}{7} \vec{\Omega} \times \vec{v} + \frac{5}{7} g \sin \theta \vec{j} \quad (12)$ 	0,50
	Vì $\vec{j} = -(\vec{\Omega} \times \vec{i}) / \Omega$ và đặt $\vec{v}^* = \frac{5g \sin \theta}{2\Omega} \vec{i}$ thì phương trình (12) trở thành $\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{2}{7} \vec{\Omega} \times (\vec{v} - \vec{v}^*) \quad (13)$ Do đó, để quả cầu lăn không trượt với vector vận tốc khối tâm không đổi thì $\vec{v} = \vec{v}^*$ hay quả cầu được lăn sao cho vận tốc của khối tâm ban đầu theo phương $\vec{i}$ và độ lớn bằng $\frac{5g \sin \theta}{2\Omega}$.	0,50
2.b)	Dạng đại số của phương trình (12) $\dot{v}_x = \frac{2}{7} \Omega v_y \quad (14)$ $\dot{v}_y = -\frac{2}{7} \Omega v_x + \frac{5g \sin \theta}{7} \quad (15)$ Điều kiện đầu: $v_x(0) = -\frac{5g \sin \theta}{2\Omega} \quad (16)$ $v_y(0) = 0 \quad (17)$	0,50
	Giải hệ (14) (15) và sử dụng các điều kiện đầu ta được $v_x(t) = \frac{-10 \cos\left(\frac{2\Omega t}{7}\right) g \sin \theta + 5g \sin \theta}{2\Omega}$ $v_y(t) = \frac{5 \sin\left(\frac{2\Omega t}{7}\right) g \sin \theta}{\Omega}$ Khi quả cầu ở vị trí cao nhất thì $v_y(t) = 0$ vật chỉ có vận tốc theo phương x và $ v_x(t) = \frac{5g \sin \theta}{2\Omega}$	0,50

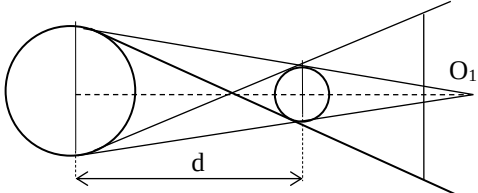
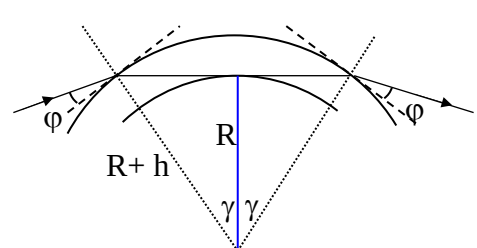
Câu	Nội dung	Điểm
	Trường hợp $ v_x(t) = \frac{15g \sin \theta}{2\Omega}$ loại do tại đó vật ở vị trí thấp nhất	
Câu II (4,0 điểm)		
1.	Theo các dữ liệu của bài toán, sự phụ thuộc của tỉ phần của các phân tử khí Hydro bị phân li vào nhiệt độ có dạng tuyến tính $\eta = aT + b$. Các hệ số a, b được xác định từ: $\begin{cases} \eta_1 = aT_1 + b_1 \\ \eta_2 = aT_2 + b_2 \end{cases} \Rightarrow a = 8.10^{-4} K^{-1}; b = -2,9$ Nội năng tổng cộng U của phần được khảo sát của đám mây bao gồm nội năng của hai khí lý tưởng (đơn nguyên tử H và lưỡng nguyên tử H_2) và năng lượng phân ly của các phân tử Hydro. Gọi n là số mol của khí H_2 khi chưa phân li, ta có: $U = \frac{3}{2}(2n\eta)RT + \frac{5}{2}(1-\eta)nRT + N_A n\eta W$	0,50
	Thay biểu thức $\eta = aT + b$. $U = 3nRT(aT + b) + \frac{5}{2}nRT(1 - aT - b) + N_A n(aT + b)W$ $= \frac{naR}{2}T^2 + n\left(\frac{5+b}{2}R + N_A aW\right)T + nN_A bW$ Tìm độ biến thiên nội năng trong một quá trình giãn nở nhỏ bằng cách lấy vi phân hai vế biểu thức nội năng theo T, ta được: $dU = nR\left(aT + \frac{5+b}{2} + \frac{N_A aW}{R}\right)dT$ Gọi V là thể tích phần đang xét của đám mây ở nhiệt độ T nào đó. Dùng phương trình Mendeleev-Claperon ta tìm được áp suất p và tính được công dA trong quá trình giãn nở nhỏ $\begin{cases} pV = n_0 RT \Rightarrow p = \frac{n_0 RT}{V} \\ dA = pdV \end{cases}$ Trong đó n_0 là số mol khí, $n_0 = n(1 - \eta) + 2n\eta = n(1 + \eta)$. Ở đây chú ý do 1 phân tử Hydro phân li thành 2 nguyên tử Hydro. Suy ra: $dA = \frac{n(1 + \eta)RT}{V}dV = \frac{n(1 + aT + b)RT}{V}dV = nR\left[aT^2 + (1 + b)T\right]\frac{dV}{V}$	0,50
	Vì là quá trình đoạn nhiệt nên ta có: $dU = -dA$ $nR\left(aT + \frac{5+b}{2} + \frac{N_A aW}{R}\right)dT = -nR\left[aT^2 + (1 + b)T\right]\frac{dV}{V}$ $\left(T + \frac{5+b}{2a} + \frac{N_A W}{R}\right)dT = -\left[T^2 + \frac{1+b}{a}T\right]\frac{dV}{V}$ $\frac{dV}{V} = -\frac{T + \frac{5+b}{2a} + \frac{N_A W}{R}}{T^2 + \frac{1+b}{a}T}dT \quad (1)$ Đặt và thay số: $A = \frac{5+b}{2a} + \frac{N_A W}{R} = 53298,1K; B = \frac{1+b}{a} = -2375K$	0,50
	Lấy tích phân hai vế của (1)	0,50

Câu	Nội dung	Điểm
	$-\int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{T + \frac{5+b}{2a} + \frac{N_A W}{R}}{T^2 + \frac{1+b}{a}T} dT = \int_{T_1}^{T_2} \frac{T+A}{T^2+BT} dT = \frac{1}{B} \int_{T_1}^{T_2} \frac{A}{T} dT + \frac{1}{B} \int_{T_1}^{T_2} \frac{B-A}{T+B} dT$ $\ln \frac{V_1}{V_2} = \frac{A}{B} \ln \frac{T_2}{T_1} + \left(1 - \frac{A}{B}\right) \ln \frac{T_2+B}{T_1+B}$ $\Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{A}{B}} \left(\frac{T_2+B}{T_1+B}\right)^{\frac{A}{B}-1}$ Thay số: $\Rightarrow V_2 = V_1 \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{A}{B}} \left(\frac{T_2+B}{T_1+B}\right)^{\frac{A}{B}-1} \approx 38,3 \text{ km}^3$	
2.a)	Xét một khối khí đủ nhỏ δm Nguyên lý thứ nhất nhiệt động lực học có $\delta Q_1 = \delta U + P\delta V$ trong đó $\delta U = C_p \delta T + L\delta q$, $T = T_1 = \text{constant}$ $\delta T = 0$, $P\delta V = -V\delta P$. Do đó, $\delta Q_1 = L\delta q - V\delta P$ Lưu ý rằng $PV = \frac{\delta m}{M} RT_1$ nên $\delta Q_1 = L\delta q - \frac{\delta m}{M} \frac{RT_1}{P} \delta P$ $Q_1 = L\Delta q - \frac{\delta m RT_1}{M} \int_{P_A}^{P_B} \frac{1}{P} dP, \Delta q = \int_A^B dq$ $\Rightarrow \frac{Q_1}{\delta m} = L \frac{\Delta q}{\delta m} + \frac{RT_1}{M} \ln \frac{P_A}{P_B}$ Trong đó: Từ phương trình Clapron-Mendeleev đối với hơi ta có: $p_{bh} V_A = \frac{m_{bh}}{\mu_n} RT \Rightarrow \frac{m_{bh}}{V_A} = \frac{\mu_n p_{bh}}{RT}$ Lượng hơi nước trên đơn vị thể tích thêm vào khi khí tăng độ ẩm lên bão hòa là: $\Rightarrow \frac{\Delta q}{V_A} = (1 - 0,75) \cdot \frac{m_{bh}}{V_A} = 0,25 \cdot \frac{\mu_n p_{bh}}{RT} = 0,01096 \text{ kg} / \text{m}^3$ $\frac{\Delta q}{\delta m} = \frac{\Delta q}{V_A \rho} = 0,0084; L \frac{\Delta q}{\delta m} = 24776,5 \text{ J} / \text{kg}; \frac{Q_1}{\delta m} = 30699,9 \text{ J/kg}.$	0,50
	Công toàn phần thực hiện: $W = Q_1 - Q_2$ Theo nguyên lý 2 nhiệt động lực học: $\frac{Q_2}{T_2} = \frac{Q_1}{T_1}$ $W = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) Q_1 \Rightarrow \frac{W}{\delta m} = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \left[L \frac{\Delta q}{\delta m} + \frac{RT_1}{M} \ln \frac{P_A}{P_B} \right]$ Thay số: $\frac{W}{\delta m} = 9903,2 \text{ J/kg}.$ Thí sinh có thể tính công theo $W = \eta Q_1$, η là hiệu suất của chu trình Carnot.	0,25

Câu	Nội dung	Điểm
2.b)	Năng lượng bảo toàn: $\frac{1}{2}(\delta m)[v_B^2 - v_A^2] = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \left[L\Delta q + \frac{\delta m R T_1}{M} \ln \frac{P_A}{P_B} \right]$ $v_B = \left\{ 2 \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) \left[L \frac{\Delta q}{\delta m} + \frac{R T_1}{M} \ln \frac{P_A}{P_B} \right] + v_A^2 \right\}^{1/2} = \left(\frac{2W}{\delta m} + v_A^2 \right)^{1/2}$	0,50
	Áp dụng số: $v_B = 123,4 \text{ m/s} = 444,3 \text{ km/h}$.	0,25
2.c)	Từ biểu thức $vr^{1/2} = \text{constant}$, ta có: $v_A r_A^{1/2} = v_B r_B^{1/2}$, $r_A = r_B \left(\frac{v_B}{v_A} \right)^2$. Thay số: $r_A = 1524 \text{ km}$	0,25
Câu III (4,0 điểm)		
1.a)	Theo định luật bảo toàn năng lượng, sau khi bản tụ dịch chuyển lại gần nhau, ta có: $Q = A - \Delta W \quad (1)$ Trong đó Q là nhiệt lượng tỏa ra trên điện trở, A là công của lực lạ trong bộ nguồn, ΔW là độ biến thiên năng lượng của điện trường giữa hai bản tụ. Kí hiệu Δq là độ biến thiên điện tích của tụ trong quá trình phân bố lại điện tích, ta có: $\Delta q = U\Delta C = (2C - C)U = CU$ $A = \Delta q U = CU^2. \quad (2)$	0,50
	Sau khi hai bản tụ dịch lại gần nhau, điện dung của tụ là $2C$, còn điện tích của tụ thì không đổi (Theo giả thiết). Vì vậy hiệu điện thế giữa hai bản tụ là $U/2$. Ngay sau khi kết thúc sự phân bố lại điện tích, hiệu điện thế lại là U. Do đó: $\Delta W = \frac{2CU^2}{2} - \frac{2C(U/2)^2}{2} = \frac{3}{4}CU^2. \quad (3)$ Từ (1), (2) và (3) suy ra: $Q = \frac{1}{4}CU^2$.	0,50
1.b)	Kí hiệu $x(t)$ là khoảng cách giữa hai bản tụ ở thời điểm t, $x(0) = d$, d là khoảng cách ban đầu giữa hai bản tụ. Điện tích của tụ ở thời điểm t là $q(t)$. Ta có phương trình: $q(t) = (U - IR)C(t), I = \frac{dq}{dt}; C(t) = \frac{\epsilon_0 S}{x(t)}.$ Ở đây, S là diện tích của bản tụ. Ta có phương trình vi phân: $\frac{dq}{dt} + \frac{x(t)}{\epsilon_0 SR} q = \frac{U}{R} \Rightarrow \frac{dq}{dt} + F(t)q = \frac{U}{R}$.	0,50
	Theo đề, sau khoảng thời gian rất nhỏ ta có: $q(\Delta t) \approx \frac{U}{R} \left[\frac{1}{F(0)} + \Delta t \right] = U \left[\frac{\epsilon_0 S}{x(0)} + \frac{\Delta t}{R} \right]$. Để có thể xem điện tích là không đổi trong thời gian hai bản tụ dịch chuyển, R phải thỏa mãn điều kiện: $R \gg \frac{\Delta t \cdot x(0)}{\epsilon_0 S} = \frac{\Delta t d}{\epsilon_0 S} = 0,94 \cdot 10^8 \Omega.$ Cách 2: Khi d giảm dần đến C tăng và U_C giảm. Với 1 dịch chuyển dx của d, thời gian để q tăng lên e lần là $\tau = RC(x)$. C biến thiên trong khoảng $C_{\min} \rightarrow C_{\max}$, do đó $RC_{\min} < \tau < RC_{\max}$ Vậy, để điện tích là không đổi trong thời gian hai bản tụ dịch chuyển thì:	0,25

Câu	Nội dung	Điểm
	$\Delta t \ll \tau = RC_{\min} \Rightarrow R \gg \frac{\Delta t}{C_{\min}} = \frac{\Delta t d}{\epsilon_0 S} = 0,94.10^8 \Omega.$	
2.a)	Trước khi tấm 3 rời khỏi tấm 2, điện tích của tấm 3 là: $Q = C_0 U = \frac{\epsilon_0 S}{d} U = \sigma S$ Sau khi tấm 3 rời khỏi tấm 2, mật độ điện tích bề mặt của mỗi tấm như hình vẽ. Bảo toàn điện tích: $\sigma_1 - \sigma_2 = \frac{\epsilon_0 U}{d} \quad (1)$ Suy ra: $E_1 = \frac{\sigma_1}{\epsilon_0}; E_2 = \frac{\sigma_2}{\epsilon_0}$ Từ (1) suy ra: $E_1 - E_2 = \frac{U}{d} \quad (2)$ Ngoài ra, tổng hiệu điện thế của hai bản tụ nối tiếp là U $E_2 x + E_1 (d - x) = U \quad (3)$ Từ (2) và (3) suy ra: $E_1 = \frac{U}{d} \frac{d+x}{d} \quad (4)$ $E_2 = \frac{U}{d} \frac{x}{d} \quad (5)$ Lực điện trường trên tấm 3 (hướng lên trên là chiều dương) là: $F_E = -\sigma_2 S \frac{E_2}{2} + \sigma_1 S \frac{E_1}{2} = \frac{\epsilon_0 S U^2}{2d^3} (2x + d) \quad (6)$ Tổng hợp lực tác dụng lên tấm 3 là: $F_{\text{total}} = F_E - mg = \frac{\epsilon_0 S U^2}{2d^3} (2x + d) - mg = \left(\frac{\epsilon_0 S U^2}{2d^2} - mg \right) + \frac{\epsilon_0 S U^2}{d^3} x = ma$ $a = \left(\frac{\epsilon_0 S U^2}{2md^2} - g \right) + \frac{\epsilon_0 S U^2}{md^3} x \quad (7)$ 	0,50
	Để tấm 3 chuyển động được lên trên cần điều kiện: $\frac{\epsilon_0 S U^2}{2md^2} \geq g$ Và gia tốc luôn dương sau khi chuyển động lên sẽ đập vào bản 1. Điều kiện trên có nghĩa là suất điện động U của bộ nguồn ít nhất phải là: $U_{\min} = \sqrt{\frac{2mgd^2}{\epsilon_0 S}} \quad (8)$	0,25
	Tương tự, khi bản 3 va chạm với bản 1, điện tích dương ở mặt trên của bản 3 và điện tích âm trên bản 1 triệt tiêu lẫn nhau, điện tích ở mặt dưới là: $-Q_2 = -\epsilon_0 E_2 S = -Q = -\frac{\epsilon_0 S}{d} U$ $Q_2 = \epsilon_0 E_2 S = \frac{\epsilon_0 S}{d} U$  Sau khi bản 3 va chạm vào bản 1, vận tốc bằng 0, chuyển động đi xuống dưới tác dụng của trọng lực và lực điện trường, va chạm vào bản 2 hoàn toàn không đàn hồi. Trong quá trình đi xuống của bản 3, tổng điện tích của nó là: $-Q = -\frac{\epsilon_0 S}{d} U$ Cường độ điện trường E_1, E_2 giữa hai bản của tụ điện trên và dưới (xem hình) lần lượt là: $\sigma'_1 - \sigma'_2 = -\frac{\epsilon_0 U}{d} \quad (9)$ Suy ra: $E'_1 = \frac{\sigma'_1}{\epsilon_0}; E'_2 = \frac{\sigma'_2}{\epsilon_0}$	0,25

Câu	Nội dung	Điểm
	Từ (1) suy ra: $E'_1 - E'_2 = -\frac{U}{d}$ (10) Ngoài ra, tổng hiệu điện thế của hai bản tụ nối tiếp là U $E'_2 x + E'_1 (d - x) = U \quad (11)$ Từ (10) và (11) suy ra: $E'_1 = \frac{U}{d} \frac{d - x}{d}$ (12) $E'_2 = \frac{U}{d} \frac{2d - x}{d} \quad (13)$ Lực điện trường trên tấm 3 (hướng lên trên là chiều dương) là: $F'_E = -\sigma'_2 S \frac{E'_2}{2} + \sigma'_1 S \frac{E'_1}{2} = -\frac{\epsilon_0 S U^2}{2d^3} (3d - 2x)$ Tổng hợp lực tác dụng lên tấm 3 là: $F'_{\text{total}} = F'_E - mg = -\frac{\epsilon_0 S U^2}{2d^3} (3d - 2x) - mg = -\left(\frac{3\epsilon_0 S U^2}{2d^2} + mg\right) + \frac{\epsilon_0 S U^2}{d^3} x = ma'$ $a' = -\left(\frac{3\epsilon_0 S U^2}{2md^2} + g\right) + \frac{\epsilon_0 S U^2}{md^3} x \quad (14)$ Để tấm 3 chuyển động được xuống dưới cần điều kiện $\frac{\epsilon_0 S U^2}{2md^2} + g \geq 0 \text{ (Điều này luôn xảy ra).}$ <i>Học sinh có thể biện luận để đạt kết quả này.</i>	
2b.	Từ công thức (7) chúng ta có thể thấy $a = \left(\frac{\epsilon_0 S U^2}{2md^2} - g\right) + \frac{\epsilon_0 S U^2}{md^3} x = B + Ax; B = \frac{\epsilon_0 S U^2}{2md^2} - g; A = \frac{\epsilon_0 S U^2}{md^3}$ $a = \frac{dv}{dt} = \frac{v dv}{dx} = Ax + B$ $v dv = (Ax + B) dx \Rightarrow v = \sqrt{Ax^2 + 2Bx} \text{ (Định lý động năng)}$ $dt = \frac{dx}{\sqrt{Ax^2 + 2Bx}}; t_1 = \int_0^d \frac{dx}{\sqrt{Ax^2 + 2Bx}}$ Áp dụng tích phân đề bài: $t_1 = \frac{1}{\sqrt{A}} \ln \left[\frac{B + Ax + \sqrt{A} \sqrt{Ax^2 + 2Bx}}{\sqrt{A}} \right]_0^d$ Ta được: $t_1 = \frac{d}{U} \sqrt{\frac{md}{\epsilon_0 S}} \ln \left[\frac{(3\epsilon_0 S U^2 - 2mgd^2) + 2U \sqrt{2\epsilon_0 S (\epsilon_0 S U^2 - mgd^2)}}{\epsilon_0 S U^2 - 2mgd^2} \right]$	0,50
	Tương tự, từ công thức (14) chúng ta có thể thấy (<i>Lưu ý lúc này bản 3 chuyển động từ 0 đến d</i>) $a = \frac{\epsilon_0 S U^2}{md^3} x + \left(\frac{\epsilon_0 S U^2}{2md^2} + g\right) = A_1 x + B_1 \quad (15)$ $A_1 = \frac{\epsilon_0 S U^2}{md^3}; B_1 = \frac{\epsilon_0 S U^2}{2md^2} + g$ $v = \sqrt{A_1 x^2 + 2B_1 x} \Rightarrow t_2 = \int_0^d \frac{dx}{\sqrt{A_1 x^2 + 2B_1 x}}$ Áp dụng tích phân đề bài: $t_2 = \frac{1}{\sqrt{A_1}} \ln \left[\frac{B_1 + A_1 x + \sqrt{A_1} \sqrt{A_1 x^2 + 2B_1 x}}{\sqrt{A_1}} \right]_0^d$	0,50

Câu	Nội dung	Điểm
	Tìm được: $t_2 = \frac{d}{U} \sqrt{\frac{md}{\epsilon_0 S}} \ln \left[\frac{(3\epsilon_0 S U^2 + 2mgd^2) + 2U\sqrt{2\epsilon_0 S(\epsilon_0 S U^2 + mgd^2)}}{\epsilon_0 S U^2 + 2mgd^2} \right]$ Tổng thời gian cần tìm: $T = t_1 + t_2 = \frac{d}{U} \sqrt{\frac{md}{\epsilon_0 S}} \ln \left[\frac{(3\epsilon_0 S U^2 - 2mgd^2) + 2U\sqrt{2\epsilon_0 S(\epsilon_0 S U^2 - mgd^2)}}{\epsilon_0 S U^2 - 2mgd^2} \right] +$ $+ \frac{d}{U} \sqrt{\frac{md}{\epsilon_0 S}} \ln \left[\frac{(3\epsilon_0 S U^2 + 2mgd^2) + 2U\sqrt{2\epsilon_0 S(\epsilon_0 S U^2 + mgd^2)}}{\epsilon_0 S U^2 + 2mgd^2} \right]$	0,25
Câu IV (4,0 điểm)		
1.	Ta có khoảng cách Mặt Trời – Trái Đất là $d = 1,5.10^8$ km nên bán kính mặt trời là $R_s = d.\alpha = 1,5.10^8 \cdot \left(\frac{0,26}{180} \cdot 3,14 \right) = 0,68.10^6 \text{ km}$ Áp dụng định luật 2 niuton cho quỹ đạo mặt trăng với bán kính quỹ đạo quanh trái đất R_0 và tần số góc ω_0 ta có $\omega_0 = \frac{2\pi}{T_0} = \sqrt{\frac{GM_E}{R_0^3}} = \sqrt{\frac{gR_E^2}{R_0^3}} \Rightarrow R_0 = \sqrt[3]{\frac{gT_0^2 R_E^2}{4\pi^2}} = 3,84.10^5 \text{ km}$ 	0,50
	Đường kính mặt trăng là $D_2 = 2\alpha R_0 = 3,48.10^3 \text{ km}$ Đường kính của khoảng tối toàn phần tại vị trí của mặt trăng là D_1. $D_1 = 2R_E - 2R_0 \left(\frac{R_s - R_E}{d} \right) \approx 9,35.10^3 \text{ km}$	0,50
	Khoảng thời gian nguyệt thực toàn phần là $T = \frac{D_1 - D_2}{\omega_0 R_0} = T_0 \frac{D_1 - D_2}{2\pi R_0} = 1,59 \text{ (h)}$ Thời gian nguyệt thực $T_{nt} = T_0 \frac{D_1 + D_2}{2\pi R_0} = 3,49 \text{ (h)}$.	0,25
2.	Xét tia sáng đến bề mặt khí quyển và bị phản xạ tại bề mặt trái đất, do tính chất đối xứng có $\sin\left(\frac{\pi}{2} - \varphi\right) = n \sin\left(\frac{\pi}{2} - \gamma\right)$ 	0,50
	Có $n = 1 + \Delta n$; $\Delta n = 2,8.10^{-4} \ll 1$ Gần đúng góc nhỏ có $\cos x \approx 1 - \frac{x^2}{2} \Rightarrow 1 - \frac{\varphi^2}{2} = (1 + \Delta n) \left(1 - \frac{\gamma^2}{2} \right)$ Bỏ qua số hạng gần đúng bậc cao có $\frac{\gamma^2 - \varphi^2}{2} = \Delta n$ và $\gamma(\gamma - \varphi) = \Delta n \rightarrow \Delta\varphi = \gamma - \varphi = \frac{\Delta n}{\gamma}$	0,50
	Mặt khác $\cos\gamma = \frac{R_E}{R_E + h} \rightarrow \gamma \approx \sin\gamma = \sqrt{1 - \left(\frac{R_E}{R_E + h}\right)^2} \approx \frac{\sqrt{2R_E h}}{R_E + h} \approx \sqrt{\frac{2h}{R_E}}$ Vùng tối toàn phần có điểm xa nhất là (so với tâm trái đất)	0,50

Câu	Nội dung	Điểm
	$\frac{L_2}{\sin\left(\frac{\pi}{2} + \varphi\right)} = \frac{R_E + h}{\sin(\gamma - \varphi)} \Rightarrow L_2 = \frac{(R_E + h) \sin\left(\frac{\pi}{2} + \varphi\right)}{\sin(\gamma - \varphi)} = 1,14.10^6 \text{ km}$ Bán kính vùng tối toàn phần tại vị trí mặt trăng đi qua là $D_{11} = 2(L_2 - R_0) \tan(\gamma - \varphi) \approx 8,47.10^3 \text{ km}$ Khoảng thời gian nguyệt thực toàn phần là $T = \frac{D_{11} - D_2}{\omega_0 R_0} = T_0 \frac{D_{11} - D_2}{2\pi R_0} = 1,36 \text{ (h)}$.	
3.	Công suất bức xạ toàn phần của mặt trời $P = \sigma T_s^4 . 4\pi R_s^2$ Nếu bỏ qua ảnh hưởng của thấu kính thì công suất bức xạ đến thấu kính và vào lỗ A tương ứng là $P_k = \frac{\sigma T_s^4 . 4\pi R_s^2}{4\pi d^2} \frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{\sigma T_s^4 . R_s^2}{d^2} \frac{\pi d_1^2}{4}; P_A = \frac{P_k}{\pi R_s'^2} S_A = \frac{\sigma T_s^4 . R_s^2 d_1^2}{4d^2 . R_s'^2} S_A$ Trong đó d là khoảng cách từ mặt trời đến trái đất, R_s, R_s' là bán kính mặt trời và bán kính ảnh của nó qua thấu kính, d_1 là đường kính rìa của thấu kính, S_A là diện tích của lỗ A. Vậy công suất vào một đơn vị diện tích của lỗ A khi tính đến ảnh hưởng của thấu kính là $R_A = 0.64 \frac{\sigma T_s^4 . R_s^2 d_1^2}{4d^2 . R_s'^2}$ Đó cũng là công suất phát xạ toàn phần (độ trung) của hộp khi cân bằng nhiệt. Vậy	0,50
	Chú ý rằng $\frac{R_s}{R_s'} = \frac{d}{f}$ ta có $T_A = T_s \sqrt{\frac{d_1 \sqrt{0.64}}{2f}} = 670,8K$	0,25
Câu V (4,0 điểm)		
1.	Số các sóng dừng đàn hồi có tần số từ f đến f + df lan truyền trong tinh thể thể tích V: $dn(f) = 2 \frac{4\pi V f^2}{v_n^3} df + \frac{4\pi V f^2}{v_d^3} df = \frac{12\pi V f^2}{v^3} df \quad (1)$	0,50
2.	Do trong vật rắn các nguyên tử tương tác rất mạnh với nhau, nên có thể xem vật rắn như môi trường đàn hồi liên tục có một hệ sóng đàn hồi với 3N tần số khác nhau, kể từ tần số thấp nhất f = 0 đến tần số cực đại f = f_M, các sóng có tần số cao quá sẽ có bước sóng nhỏ hơn khoảng cách giữa các nguyên tử và sẽ không thể truyền trong V được: $3N = \int_0^{f_M} dn(f) = \int_0^{f_M} \frac{12\pi V f^2}{v^3} df = \frac{4\pi V f_M^3}{v^3}$ $f_M^3 = \frac{3v^3}{4\pi} \frac{N}{V} \rightarrow f_M = v \left(\frac{3}{4\pi} \frac{N}{V} \right)^{1/3} \quad (2)$	0,50
3.	Biết năng lượng trung bình của một sóng dừng có tần số f bằng $\bar{\epsilon}$ và số sóng dừng từ f đến f + df bằng dn(f), nên năng lượng của hệ sóng dừng đàn hồi trong V được tính bằng tích phân $E = \int_0^{f_M} \bar{\epsilon} dn(\epsilon) = E_0 + \frac{12\pi V h}{v^3} \int_0^{f_M} \frac{f^3}{\exp\left(\frac{hf}{kT}\right) - 1} df \quad (3)$ với: $E_0 = \int_0^{f_M} \frac{6\pi V h f^3}{v^3} df = \frac{3h\pi V . f_M^4}{2v^3} = \frac{9}{8} N h f_M \quad (4)$	0,50

Câu	Nội dung	Điểm
	là năng lượng “nền” của vật rắn, không phụ thuộc T. Gọi $T_D = \frac{hf_M}{k}$ là nhiệt độ Debye, đặt trong (3) biến $z = \frac{hf}{kT}$, ta viết lại dạng của năng lượng E cho bởi (3) dưới dạng $E = E_0 + \frac{12\pi Vh}{v^3} \int_0^{f_M} \frac{f^3}{\exp\left(\frac{hf}{kT}\right) - 1} df = E_0 + 3Nk \frac{3T^4}{T_D^3} \int_0^{f_D/T} \frac{z^3}{e^z - 1} dz$ và cuối cùng qua hàm Debye $F(x) = \frac{3}{x^3} \int_0^x \frac{z^3 dz}{e^z - 1}$ thì: $E = E_0 + 3NkT F\left(\frac{T_D}{T}\right) \quad (4)$ Nhiệt dung vật rắn: $C_v = \frac{\partial E}{\partial T} = 3Nk \left\{ F\left(\frac{T_D}{T}\right) - \frac{T_D}{T} F'\left(\frac{T_D}{T}\right) \right\} \quad (5)$	0,50
4.	Nhiệt dung của vật rắn trong miền nhiệt độ thấp ($T \rightarrow 0$): Thay cận trên của tích phân $\frac{T_D}{T} \rightarrow \infty$ và $\int_0^\infty \frac{x^3 dx}{e^x - 1} = \frac{\pi^4}{15}$, $E = E_0 + 3NkT F\left(\frac{T_D}{T}\right) = E_0 + 9NkT \left(\frac{T}{T_D}\right)^3 \int_0^\infty \frac{z^3 dz}{e^z - 1} = E_0 + \frac{3}{5} \pi^4 kN \frac{T^4}{T_D^3} \quad (6)$ Do đó năng lượng của vật rắn ở nhiệt độ rất thấp tỉ lệ với lũy thừa bậc bốn của nhiệt độ và nhiệt dung của vật rắn ở nhiệt độ rất thấp: $C_v = \frac{\partial E}{\partial T} = \frac{12\pi^4 kN}{5T_D^3} T^3 \quad (7). \text{ Phù hợp với thực nghiệm!}$	0,50
5.	Nhiệt dung của vật rắn trong miền nhiệt độ cao ($T \gg T_D$) E được tính bởi (3). Ta làm gần đúng đến bậc 1 của $\frac{1}{kT}: e^{\frac{hf}{kT}} - 1 \approx \frac{hf}{kT}$ $E = E_0 + \frac{12\pi Vh}{v^3} \int_0^{f_M} \frac{f^3}{\exp\left(\frac{hf}{kT}\right) - 1} df \approx E_0 + \frac{12\pi Vh}{v^3} \int_0^{f_M} f^2 df = E_0 + \frac{4\pi Vh}{v^3} f_M^3 = E_0 + 3kNT$ Nhiệt dung mol vật rắn: $c_v = \frac{\partial E}{\partial T} = 3R \quad (8). \text{ Phù hợp với thực nghiệm!}$	0,50
6.	Tính T_D: a là hằng số mạng tinh thể nên $a^3 N = V$. Mối liên hệ f_D vào a rút ra từ (2): $f_M = \frac{v}{a} \left(\frac{3}{4\pi} \right)^{1/3}$ và tính được bước sóng cực tiểu tương ứng với tần số cực đại f_D truyền trong mạng tinh thể $\lambda_m = \frac{v}{f_M} = a \left(\frac{4\pi}{3} \right)^{1/3} \approx 1,62a \quad (9)$ vào cỡ a, nghĩa là có thể coi các sóng truyền trong mạng tinh thể là các sóng âm dừng.	0,50
7.	Như vậy: $T_D = \frac{hf_M}{k} = \left(\frac{3}{4\pi} \right)^{1/3} \frac{hv}{ka} = \left(\frac{3}{4\pi} \right)^{1/3} \frac{h}{ka} \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (10)$ và để tính được nhiệt độ Debye của một tinh thể cần phải tính qua suất Young, khối lượng riêng và hằng số mạng của vật rắn. Tính số	0,50

Câu	Nội dung	Điểm
	$T_D = \left(\frac{3}{4.3,14} \right)^{1/3} \frac{6,626.10^{-34}}{1,38.10^{-23}.0,3615.10^{-9}} \sqrt{\frac{130.10^9}{8,9.10^3}} \approx 315K$	
Tổng điểm toàn bài		20,00

----- HẾT -----