

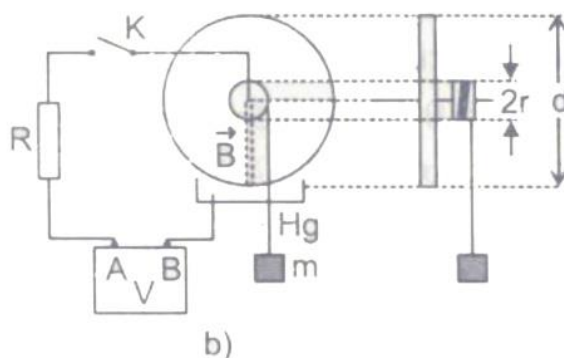
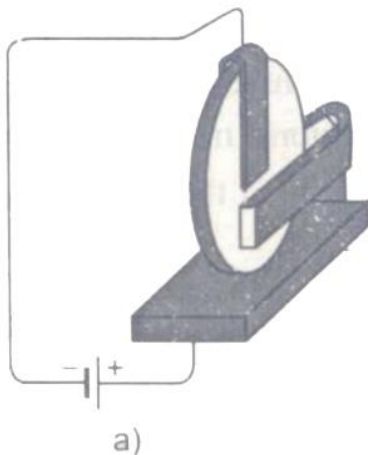
Câu 1 (4 điểm) Một vật dẫn A hình cầu bán kính $R_1 = 3cm$, tích điện đến điện thế $V_1 = 4V$, được đặt đồng tâm với một vỏ cầu mỏng B bằng kim loại có bán kính trong $R_2 = 12cm$, bán kính ngoài $R_3 = 12,1cm$, vỏ cầu gồm hai bán cầu đối xứng úp khít vào nhau và được tích điện đến điện thế V_2 . Hỏi điện thế V_2 có giá trị nhỏ nhất bằng bao nhiêu để hai bán cầu tự tách khỏi nhau.

Cho biết: một phần ds từ bất kì của mặt ngoài vật dẫn tích điện sẽ chịu tác dụng của lực điện

$$\vec{dF} = \frac{1}{2\epsilon_0} \sigma^2 \cdot \vec{ds} \cdot \vec{n},$$
 do phần tử còn lại gây ra, σ là mật độ điện tích mặt tại ds và $\vec{n}$ là véc tơ đơn vị pháp tuyến ngoài của ds . Điện dung của vỏ cầu kim loại cô lập có bán kính R là $4\pi\epsilon_0 R$. Bỏ qua tác dụng trọng lực của 2 bán cầu.

Câu 2 (5 điểm)

Một đĩa tròn bằng đồng có thể quay quanh một trục nằm ngang được đặt vào giữa hai cực của một nam châm, mép dưới của đĩa nhúng vào một chậu thủy ngân và trục của bánh xe được mắc vào một nguồn điện một chiều (Như hình vẽ). Điện trở tổng cộng của dây dẫn ở mạch ngoài là $R = 0,8\Omega$ đường kính của đĩa là $d = 0,5m$. Cảm ứng từ B của từ trường gây ra bởi nam châm có độ lớn $B = 1\text{ T}$ và chỉ tồn tại trong vùng không gian giữa trục và mặt thủy ngân.



a) Mô tả hiện tượng xảy ra khi đóng khóa K

b) Bây giờ gắn vào trục của bánh xe một ròng rọc có khối lượng không đáng kể, bán kính của ròng rọc $r = 2\text{ cm}$. Quấn vào ròng rọc một sợi dây dài, không dẫn, mảnh đầu sợi dây treo một vật có khối lượng $m = 200g$. Tính suất điện động tối thiểu của nguồn điện để vật m được nâng lên cao.

c) Biết rằng khi suất điện động của nguồn điện có độ lớn 1,5 V thì vật m được nâng lên với vận tốc không đổi. Tính vận tốc góc của đĩa lúc này.

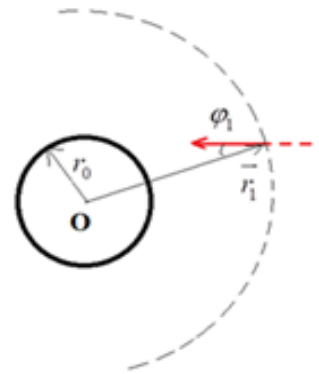
Câu 3 (4 điểm)

Một tia laser đi vào môi trường đối xứng cầu, chiết suất của môi trường thay đổi theo khoảng cách r tới tâm đối xứng O theo quy luật:

$$n(r) = \begin{cases} n_0 \frac{r}{r_0} & \text{khi } r \geq r_0 \\ n_0 & \text{khi } r < r_0 \end{cases}$$

Đường đi của tia laser nằm trong mặt phẳng chứa tâm O . Ở khoảng cách $r_1 > r_0$, tia laser lập góc φ_1 với véc tơ bán kính $\vec{r}_1$ (Hình 5).

- Tìm biểu thức xác định khoảng cách nhỏ nhất từ tâm O đến tia laser.
- Áp dụng tính khoảng cách nhỏ nhất đó với $r_0 = 30 \text{ cm}$, $r_1 = 40 \text{ cm}$, $\varphi_1 = 30^\circ$.



Hình 4

Câu 4 (4 điểm) Con lắc đơn gồm vật nhỏ khối lượng m nối với dây dẫn không dẫn chiều dài l có $m' = 0$ có thể chuyển động phẳng không ma sát trên máng tròn kim loại tâm (O, l) . Tụ có điện dung C một đầu nối với máng, đầu kia nối với thanh kim loại. Hệ thống tạo thành một mạch dẫn điện khép kín đặt trong từ trường đều có cảm ứng từ $\vec{B}$ (xem điện trở của mạch bằng 0). Biết con lắc đơn chỉ dao động nhỏ.

- Chứng minh rằng con lắc dao động điều hòa? tìm chu kỳ dao động.
- Thay tụ C bằng cuộn cảm có độ tự cảm L thì con lắc có còn dao động điều hòa không? nếu có hãy tính chu kỳ dao động.

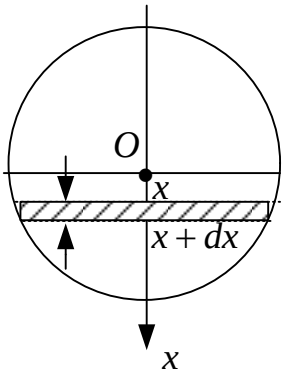
Câu 5 (3 điểm)

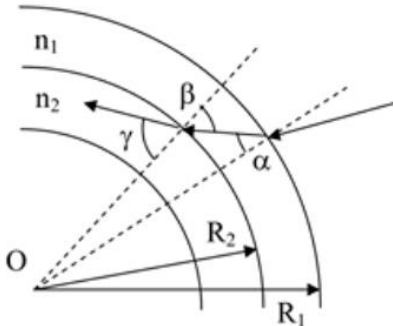
Một cái tô có mặt trong có dạng là một phần của mặt cầu có bán kính khá lớn và chưa biết. Có các viên bi nhỏ có bán kính khác nhau, đồng thời nếu cho các viên bi chuyển động trong tô thì nó sẽ lăn không trượt.

Ngoài ra còn có đồng hồ và thước kẻ. Hãy đề xuất phương án thí nghiệm để xác định bán kính cong mặt trong của cái tô.



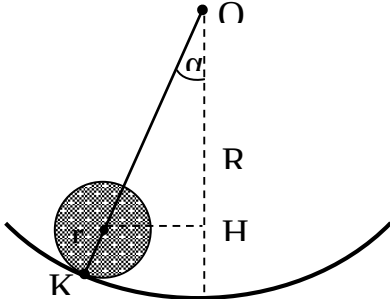
----- HẾT -----

	$F \geq 0 \text{ khi } \frac{V_1}{V_2} \geq \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow V_2 \geq V_1 \frac{R_1}{R_2} = 1(V)$ $\Rightarrow V_{2\min} = 1(V)$	
Câu 2	ĐÁP ÁN – HƯỚNG DẪN CHẤM	ĐIỂM
a)	Khi khóa K đóng thì có dòng điện chạy qua đĩa. Một nửa đĩa lại đặt trong từ trường gây bởi nam châm nên phần đĩa đó sẽ chịu tác dụng của lực từ làm đĩa quay.	1 điểm
b)	Để có thể nâng vật lên thì mô-men lực từ tác dụng vào vành phải lớn hơn mô-men cản do vật treo gây ra (Xét tại thời điểm ban đầu vật bắt đầu được nâng lên, do vậy khi đó không xuất hiện suất điện động cảm ứng trong đĩa) $M \geq mgr \text{ (M là tổng mô-men lực từ tác dụng vào đĩa)}$ Để tính mô-men lực từ ta chia nửa đĩa tròn thành các phần nhỏ như hình vẽ Mỗi phần nhỏ đó có dòng điện I chạy qua, đặt cách trục quay một đoạn x, và có chiều dài dx. Mô-men lực từ tác dụng lên phần nhỏ đĩa đó là: $dM = B.I.dx.(x)$	1,5 điểm
		
	Vậy mô-men lực từ tổng hợp tác dụng lên đĩa là: $M = \int dM = \int_0^{d/2} B I x dx = \frac{B I d^2}{8}; \text{ với } I = \frac{\mathcal{E}}{R}$ Vậy điều kiện để vật được nâng lên là: $\frac{B \mathcal{E} d^2}{8R} \geq mgr \Leftrightarrow \mathcal{E} \geq \frac{8mgrR}{Bd^2} \approx 1,26V$	1 điểm
c)	Muốn nâng vật đi lên đều thì suất điện động bằng $1,5V > 1,26 V$ là vì khi đĩa quay đều thì trong đĩa sẽ xuất hiện một suất điện động cảm ứng ngược chiều với suất điện động của nguồn. Do vậy suất điện động của nguồn phải lớn hơn giá trị tối thiểu khi vật bắt đầu đi lên	0,5 điểm
	Để đĩa chuyển động đều đi lên thì ta phải có:	

	$\frac{Bld^2}{8} = mgr \Leftrightarrow I = \frac{8mgr}{Bd^2} \quad (1)$ Dòng điện này mặt khác được tính theo ĐL Ôm cho toàn mạch $I = \frac{E - E_c}{R}$ (2) Từ (1) và (2) suy ra: $E_c = E - \frac{8mgrR}{Bd^2} = 0,476V$ Suất điện động cảm ứng $E_c = \frac{B\omega d^2}{8} \rightarrow \omega = 15,23 \text{ rad/s}$	1 điểm
Câu 3	ĐÁP ÁN – HƯỚNG DẪN CHẤM	ĐIỂM
	 Chia môi trường thành các lớp cầu đồng tâm, có độ dày rất nhỏ để có thể xem môi trường trong từng lớp là đồng nhất có cùng chiết suất. Xét hai lớp kề nhau bất kỳ có chiết suất n_1 và n_2 như trên hình vẽ. Theo định luật Snell ta có $n_1 \sin \beta = n_2 \sin \gamma \quad (1)$ Mặt khác ta cũng có $\frac{R_1}{\sin \beta} = \frac{R_2}{\sin \alpha}$ (2) Từ (1) và (2) suy ra $n_1 R_1 \sin \alpha = n_2 R_2 \sin \gamma$ (3) Tổng quát, dọc theo đường đi của tia laser ta có $rn(r) \sin \varphi(r) = \text{const} = \dots = r_1 n_1 \sin \varphi_1 \quad (4)$ Trong đó $\varphi(r)$ là góc giữa tia laser và phương bán kính tại điểm tới trên mặt cầu bán kính r. $n(r) = \begin{cases} n_0 \frac{r}{r_0} & \text{khi } r \geq r_0 \\ n_0 & \text{khi } r < r_0 \end{cases} \quad (5)$ Mặt khác giả thiết cho Thay (5) vào (4) ta được	0,25 0,25 0,25 0,25 0,5 0,25

	$n_0 \frac{r^2}{r_0} \sin \varphi(r) = n_0 \frac{r_1^2}{r_0} \sin \varphi_1 \quad \text{khi } r \geq r_0 \quad (6)$ $n_0 r \sin \varphi(r) = n_0 \frac{r_1^2}{r_0} \sin \varphi_1 \quad \text{khi } r < r_0$ và Tại khoảng cách cực tiểu $r=r_{\min}$ $\text{ta có } d(r^2) = d(\vec{r})^2 = 0 \rightarrow \vec{r} d\vec{r} = 0 \quad (8)$ Điều này có nghĩa hướng truyền của tia laser tại đó vuông góc với phương bán kính r, tức là $\varphi(r_{\min}) = 90^\circ$ Do đó (6) và (7) viết lại $n_0 \frac{r_{\min}^2}{r_0} = n_0 \frac{r_1^2}{r_0} \sin \varphi_1 \quad \text{khi } r_{\min} \geq r_0 \quad (6')$ $\text{Và } n_0 r_{\min} = n_0 \frac{r_1^2}{r_0} \sin \varphi_1 \quad \text{khi } r_{\min} < r_0 \quad (7')$ Suy ra $\rightarrow \begin{cases} r_{\min} = r_1 \sqrt{\sin \varphi_1} & \text{khi } r_1 \sqrt{\sin \varphi_1} \geq r_0 \\ r_{\min} = \frac{r_1^2}{r_0} \sin \varphi_1 & \text{khi } \frac{r_1^2}{r_0} \sin \varphi_1 < r_0 \end{cases}$ $\rightarrow \begin{cases} r_{\min} = r_1 \sqrt{\sin \varphi_1} & \text{khi } \sin \varphi_1 \geq \left(\frac{r_0}{r_1}\right)^2 \quad (8) \\ r_{\min} = \frac{r_1^2}{r_0} \sin \varphi_1 & \text{khi } \sin \varphi_1 < \left(\frac{r_0}{r_1}\right)^2 \quad (9) \end{cases}$ Từ (9), nếu $r_1 \sqrt{\sin \varphi_1} < r_0$, tức là $\sin \varphi_1 < \left(\frac{r_0}{r_1}\right)^2$ thì góc $\varphi(r_0)$ giữa hướng truyền của tia laser với phương bán kính bán kính tại khoảng cách r_0 nhỏ hơn 90°. Tia laser sẽ đi thẳng trong miền $r < r_0$.	0,25 0,25 0,25 0,25 0,25 0,25
b	Áp dụng tính khoảng cách nhỏ nhất đó với $r_0=30\text{cm}$, $r_1=40\text{cm}$, $\varphi_1 = 30^\circ$ $\sin \varphi_1 = \frac{1}{2} < \left(\frac{r_0}{r_1}\right)^2 = \frac{9}{16}$ Khi đó (10) Do đó $r_{\min}$ được xác định bằng biểu thức (9):	0,25

	$\rightarrow r_{\min} = \frac{r_1^2}{r_0} \sin \varphi_1 = \frac{40^2}{30} \cdot \frac{1}{2} \approx 26,67cm$	(11)	0,5
Lưu ý: Thí sinh làm theo cách khác, nếu đúng ý nào cho trọn điểm ý đó!			
Câu 4			
a. Với tụ C: Với góc α bất kỳ áp dụng định luật bảo toàn năng lượng: $\frac{1}{2}mv^2 + mgl(1 - \cos\alpha) + C \frac{u^2}{2} = HS$ $u = \frac{d\Phi}{dt} = B \frac{dS}{dt} = \frac{1}{2}B \frac{l^2\alpha}{dt} = \frac{1}{2}Bl^2\alpha$ $v = \omega l, \qquad 1 - \cos\alpha = \frac{\alpha^2}{2}$			0,5
$\Rightarrow \frac{\omega^2}{2} (ml^2 + \frac{CB^2l^3}{4}) + \frac{1}{2}mgl\alpha^2 = HS$ (1)			0,25
Đạo hàm 2 vế của (1): $\alpha'' + \frac{mgl}{ml^2 + \frac{CB^2l^3}{4}} \alpha = 0$ (2)			0,5
(2) chứng tỏ con lắc dao động điều hòa với chu kỳ: $T = 2\pi\sqrt{\frac{ml + \frac{CB^2l^2}{4}}{mg}}$			0,25
b. Với cuộn cảm L: Với góc α bất kỳ áp dụng định luật bảo toàn năng lượng: $\frac{1}{2}mv^2 + mgl(1 - \cos\alpha) + L \frac{i^2}{2} = HS$ $\Rightarrow \frac{\omega^2}{2} ml^2 + \frac{1}{2}mgl\alpha^2 + L \frac{i^2}{2} = HS$ (3)			0,5
$L \frac{di}{dt} = B \frac{l^2 d\alpha}{2dt} \Rightarrow i = \frac{Bl^2\alpha}{2L}$ (4)			0,25
Thay (4) vào (3) ta có: $\Rightarrow \frac{\omega^2}{2} ml^2 + \frac{1}{2}mgl\alpha^2 + B^2l^4 \frac{\alpha^2}{8L} = HS$ Vi phân 2 vế của phương trình:			0,25

$\Rightarrow ml^2\omega\omega'+\alpha\omega(mgl+\frac{B^2l^4}{4L})=0$ $\Leftrightarrow \alpha''+\frac{mgl+\frac{B^2l^4}{4L}}{ml^2}\alpha=0$	0,25																					
Phương trình trên chứng tỏ con lắc cũng dao động điều hòa với chu kỳ $T=2\pi\sqrt{\frac{ml}{mg+\frac{B^2l^3}{4L}}}=0$	0,25																					
Câu 5:																						
Xét chuyển động của viên bi trong mặt phẳng thẳng đứng đi qua tâm mặt cầu và điểm thấp nhất của cái tô khi tô nằm ngang. Tại một thời điểm quả cầu lăn không trượt nên K là tâm quay tức thời. Phương trình động lực học vật rắn đối với tâm K. $-mgr\sin\alpha=I_K\gamma$ Với $I_K=\frac{2}{5}mR^2+mR^2=\frac{7}{5}mR^2;\gamma=\frac{R-r}{r}\alpha''$ Kết quả thu được phương trình: $\alpha''+\frac{5g}{7(R-r)}\alpha=0.$ Điều này chứng tỏ rằng chuyển động của viên bi trong Mặt phẳng trên là một dao động điều hòa với chu kỳ $T=2\pi\sqrt{\frac{7(R-r)}{5g}}$	 0,5																					
$T^2=(\frac{28\pi^2}{5g})(R-r)\rightarrow r=R-(\frac{5g}{28\pi^2})T^2$ - Đặt $x=T^2$; $a=-(\frac{5g}{28\pi^2})$; $b=R$; $y=r\rightarrow y=ax+b$ (*)	1,0																					
- Lần lượt cho các viên bi nhỏ lệch góc $\alpha<10^0$ rồi thả nhẹ - Sử dụng thước kẹp để đo bán kính $r=y$ của các viên bi, sử dụng đồng hồ bấm giây để đo chu kì dao động T (lưu ý tính chu kỳ thông qua thời gian viên bi thực hiện nhiều dao động) rồi suy ra x = số liệu sau: <table><tr><td>Lần đo</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr><tr><td>x</td><td>x_1</td><td>x_2</td><td>x_3</td><td>x_4</td><td>x_5</td><td>x_6</td></tr><tr><td>y</td><td>y_1</td><td>y_2</td><td>y_3</td><td>y_4</td><td>y_5</td><td>y_6</td></tr></table>	Lần đo	1	2	3	4	5	6	x	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	y	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	0,5 của các viên bi T2; ta có bảng
Lần đo	1	2	3	4	5	6																
x	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6																
y	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6																

Vẽ đồ thị hàm bậc nhất của (*), ngoại suy đồ thị này thì nó cắt trục tung tại $y = R$, đây chính là kết quả cần tìm

0,5

