



Thời gian làm bài: 180 Phút (Không kể thời gian giao đề)

**Bài 1. (2 điểm)**

a) Tính cơ năng của một vệ tinh thông tin khối lượng  $m = 100\text{kg}$ , chuyển động trên một quỹ đạo tròn ổn định chu kì 24h.

Cho biết bán kính Trái Đất là 6400 km, gia tốc rơi tự do ở bề mặt đất là  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

b) “*Carol Danvers*” là nhân vật chính trong bộ phim siêu anh hùng “*Captain Marvel*” được công chiếu gần đây. Trong bộ phim, để có thể chiến đấu với kẻ địch có ý định xâm hại Trái Đất, Cô cùng với đồng đội cần phải đưa phi thuyền của mình lên quỹ đạo tròn bán kính  $R$  theo các bước như sau:

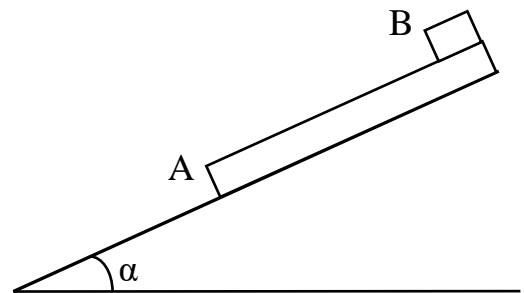
- Phóng thẳng đứng lên trên với việc truyền vận tốc ban đầu  $v_0$ .

- Khi phi thuyền tới vị trí cách tâm Trái Đất một khoảng  $R > R_{\text{tđ}}$  thì dừng lại, sau đó chỉ cần thay đổi hướng (không thay đổi độ lớn vận tốc), phi thuyền sẽ chuyển động quanh Trái Đất với quỹ đạo tròn bán kính  $R$ .

Hỏi vận tốc ban đầu  $v_0$  là bao nhiêu và cần thay đổi hướng như thế nào để thỏa mãn quá trình phóng trên? Giả thiết thời gian thay đổi hướng là không đáng kể.

**Bài 2. (2 điểm)**

Một tấm ván A dài  $l = 80\text{cm}$ , khối lượng  $m_1 = 1\text{kg}$  được đặt trên mặt dốc nghiêng góc  $\alpha$  so với mặt phẳng ngang. Một vật nhỏ B khối lượng  $m_2 = 100\text{g}$  được đặt trên tấm ván tại điểm cao nhất của tấm ván (hình 1). Thả cho hai vật A, B cùng chuyển động. Cho biết hệ số ma sát giữa A và mặt dốc là  $\mu_1 = 0,2$ , giữa vật B và vật A là  $\mu_2 = 0,1$ . Lấy  $g = 10\text{m/s}^2$ .



Hình 1

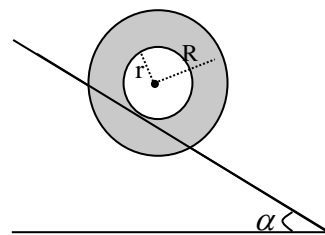
Giả sử dốc đủ dài, cho  $\alpha = 30^\circ$ .

a) Tìm thời gian để vật B rời vật A.

b) Khi vật B vừa rời khỏi vật A thì vật A đã đi được đoạn đường dài bao nhiêu trên mặt dốc?

### Bài 3. (2 điểm)

Một bánh xe không biến dạng khối lượng  $m$ , bán kính  $R$ , có trục hình trụ bán kính  $r$  tựa lên hai đường ray song song nghiêng góc  $\alpha$  so với mặt phẳng nằm ngang như hình vẽ. Cho biết hệ số ma sát của đường ray với trục bánh xe là  $\mu$ , momen quán tính của bánh xe (kể cả trục) đối với trục quay qua tâm là  $I = mR^2$ .



a) Giả sử trục bánh xe lăn không trượt trên đường ray. Tìm lực ma sát giữa trục bánh xe và đường ray.

b) Khi góc nghiêng  $\alpha$  đạt tới giá trị tới hạn  $\alpha_0$  thì trục bánh xe trượt trên đường ray. Tìm  $\alpha_0$ .

### Bài 4. (2 điểm)

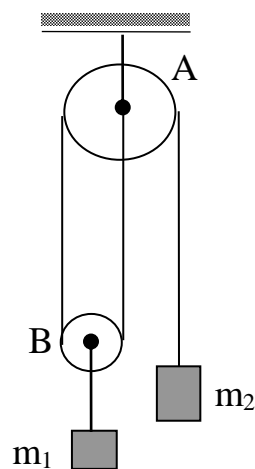
Cho hệ thống như hình vẽ, có một ròng rọc cố định A, một ròng rọc động B và hai vật có khối lượng  $m_1$  và  $m_2$ . Bỏ qua khối lượng của dây và ma sát.

1.) Khối lượng của cả hai ròng rọc không đáng kể. Thả cho hệ thống chuyển động từ trạng thái nghỉ. Tính gia tốc  $a_2$  của vật  $m_2$  và lực  $Q$  tác dụng lên trục của ròng rọc A. So sánh  $Q$  với trọng lực  $Q'$  của hệ.

Áp dụng bằng số:  $m_1 = 0,2 \text{ kg}$ ;  $m_2 = 0,5 \text{ kg}$ ;  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

Tính  $a_2$  và  $Q$  ?

2.) Khối lượng ròng rọc B không đáng kể nhưng ròng rọc A có khối lượng đáng kể; bán kính của A là  $r$ . Thả cho



hệ thống chuyển động từ trạng thái nghỉ, người ta thấy  $m_2$  có gia tốc  $a = g/n$ ,  $g$  là gia tốc rơi tự do,  $n$  là một số dương hoặc âm (lấy chiều dương đi xuống). Tính khối lượng của ròng rọc  $A$  theo  $m_1$ ,  $m_2$  và  $n$ .

Áp dụng số:  $r = 0,1\text{m}$ .

a)  $m_1 = 0,2\text{ kg}$  ;  $m_2 = 0,5\text{kg}$ ;  $g = 10\text{m/s}^2$ ;  $n = 5$ . Tính  $m$ , mômen quán tính và lực  $Q$  tác dụng lên trục của ròng rọc  $A$ ? So sánh  $Q$  và  $Q'$  do trọng lực của hệ tác dụng.

b)  $m_1 = 1\text{kg}$ ;  $m$  có giá trị vừa tìm được ở trên. Tính  $m_2$  để có  $n = -5$  ( $m_2$  đi lên).

### **Bài 5. (2 điểm)**

Một động cơ nhiệt làm việc theo chu trình gồm hai đường đẳng nhiệt và hai đường đẳng tích. Thể tích lớn nhất của chu trình là 20 lít và nhỏ nhất là 10 lít. Áp suất lớn nhất là  $5 \cdot 10^5$  (Pa), áp suất nhỏ nhất là  $10^5$ (Pa). Tác nhân là 1 mol khí lí tưởng đơn nguyên tử.

1. Tính các thông số trạng thái của khí.

2. Biểu diễn chu trình trong hệ  $pV$  và  $VT$ .

3. Tính công của khí trong chu trình

4. Tính hiệu suất thực của động cơ và hiệu suất lí tưởng theo định lí Cano.

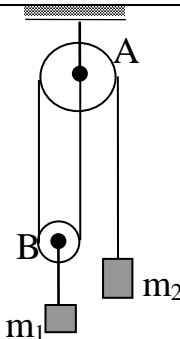
## HƯỚNG DẪN CHẤM

<b>Bài 1</b>		<b>2,0 đ</b>
<b>a</b>	$-47,6 \cdot 10^5 \text{ J}$	
<b>b</b>	<p>* Vận tốc <math>v</math> của phi thuyền tại khoảng cách <math>R</math> cần đạt ứng với vận tốc của một vệ tinh quay quanh Trái Đất với quỹ đạo tròn bán kính <math>R</math>, do đó:</p> $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$	<b>0,25</b>
	<p>* Áp dụng định luật bảo toàn cơ năng, ta suy ra được vận tốc ban đầu <math>v_0</math>: (với <math>m</math> là khối lượng của phi thuyền)</p> $-\frac{GMm}{R_{tđ}} + \frac{1}{2}mv_0^2 = -\frac{GMm}{R} + \frac{1}{2}mv^2$ $\rightarrow v_0^2 = v^2 + 2GM\left(\frac{1}{R_{tđ}} - \frac{1}{R}\right)$	<b>0,25</b>
	$\rightarrow v_0^2 = GM\left(\frac{2}{R_{tđ}} - \frac{1}{R}\right)$ $\rightarrow v_0 = \sqrt{GM\left(\frac{2}{R_{tđ}} - \frac{1}{R}\right)}$	<b>0,25</b>
	<p>* Mặt khác, để có thể chuyển động tròn thì hướng của vận tốc cần vuông góc với bán kính nối từ tâm đến vị trí phi thuyền, do đó Carol và đồng đội cần quay phi thuyền một góc <math>90^\circ</math>.</p>	<b>0,25</b>

	Nội dung	Điểm
<b>Bài 2</b>	<p>1. Vẽ hình, phân tích lực</p>	<b>0,5</b>
	<p>a) - Gọi <math>a_1</math> là gia tốc của vật A đối với mặt dốc, <math>a_2</math> là gia tốc của B đối với dốc.</p>	

	<p>- Xét chuyển động của vật B trong hệ quy chiếu gắn với dốc Theo định luật II Newton:</p> $\vec{P}_2 + \vec{N}_2 + \vec{F}_{ms2} = m_2 \vec{a}_2 \quad (1)$ <p>Chiều (1) lên phương vuông góc với phương chuyển động ta có:</p> $N_2 = m_2 g \cos \alpha; \quad F_{ms2} = \mu_2 N_2$ <p>Chiều (1) lên chiều chuyển động ta có:</p> $m_2 g \sin \alpha - \mu_2 m_2 g \cos \alpha = m_2 a_2 \quad (2)$ <p>suy ra: <math>a_2 \approx 4,13 \text{ m/s}^2</math>.</p>	<b>0,5</b>
	<p>- Xét chuyển động của vật A trong hệ quy chiếu gắn với mặt dốc. - Theo định luật II Newton:</p> $\vec{P}_1 + \vec{N}_1 + \vec{F}'_{ms2} + \vec{F}_{ms1} + \vec{N}'_2 = m_1 \vec{a}_1 \quad (3)$ <p>- Chiều (3) lên phương vuông góc với phương chuyển động:</p> $N_1 = m_1 g \cos \alpha + N'_2; \quad N'_2 = N_2 \text{ (theo định luật 3 Niu-ton)}$ $F_{ms2}' = F_{ms2}; \quad F_{ms1} = \mu_1 N_1.$ <p>- Chiều (3) lên chiều chuyển động:</p> $m_1 g \sin \alpha + \mu_2 m_2 g \cos \alpha - \mu_1 (m_1 + m_2) g \cos \alpha = m_1 a_1 \quad (4)$	<b>0,5</b>
	Thay số tìm được $a_1 \approx 3,18 \text{ m/s}^2$	<b>0,25</b>
	<p>Theo công thức <math>\vec{a}_{13} = \vec{a}_{12} + \vec{a}_{23} \rightarrow \vec{a}_2 = \vec{a}_{BA} + \vec{a}_1</math>          Gia tốc của vật B so với vật A là: <math>\vec{a}_{BA} = \vec{a}_2 - \vec{a}_1</math>          Thay vào ta tìm được <math>a_{BA} = a_2 - a_1 = 0,95 \text{ m/s}^2</math></p>	<b>0,5</b>
	- Thời gian vật B rời A: $t = \sqrt{\frac{2l}{a_{BA}}} = 1,3 \text{ s}$	<b>0,25</b>
	b) Quãng đường vật A đi được trên mặt dốc:	<b>0,5</b>
	$s_A = \frac{1}{2} a_1 t^2 = 2,69 \text{ m}$	

<b>Bài 3</b>	<b>Đáp án</b>	<b>Điểm</b>
	<p>1) Khối lượng của hai ròng rọc không đáng kể thì lực căng dây có giá trị T suốt dọc dây. Ta có các phương trình chuyển động của <math>m_1</math> và <math>m_2</math> (chiều dương đi xuống).</p> $\begin{cases} -T + m_2 g = m_2 \cdot a_2 \\ -2T + m_1 g = m_1 a_1 = -m_1 \frac{1}{2} a_2 \end{cases} \dots\dots\dots$	<b>0,5đ</b>

<b>Câu 1</b> <b>(5đ)</b>	Giải ra ta được: $a_2 = -2a_1 = g \frac{4m_2 - 2m_1}{4m_2 + m_1}$ .....		0,25đ
	Và $T = m_2(g - a_2) = g \frac{3m_2m_1}{4m_2 + m_1}$ .....		0,25đ
	$Q = 3T = g \frac{9m_2m_1}{4m_2 + m_1}$ ; $Q' = (m_1 + m_2)g$ .....		0,5đ
	$Q' - Q = g \frac{(m_1 - 2m_2)^2}{4m_2 + m_1} > 0$ . Vậy $Q' > Q$		
	Áp dụng số: $a_2 = 7,27\text{m/s}^2$ , $Q = 4,1\text{N} < Q' = 7\text{N}$ .....		0,5đ
	2) Ròng rọc A có khối lượng đáng kể thì các lực căng T bên $m_2$ và T' bên $m_1$ khác nhau. Ta có phương trình:		
	- $T + m_2 g = m_2 \cdot a_2$		
	- $2T' + m_1 g = m_1 a_1 = -m_1 \frac{1}{2} a_2$		0,5đ
	$(T - T')r = I\gamma = \frac{1}{2} mra_2$ .....		
	Giải hệ phương trình trên ta được:		
$a_2 = g \frac{4m_2 - 2m_1}{4m_2 + m_1 + 2m}$ (1)		0,25đ	
$T = m_2(g - a_2)$ .....		0,25đ	
$T' = \frac{1}{2} m_1 (g + \frac{1}{2} a_2)$ .....			
Theo đầu bài $a_2 = g/n$ , ta tìm được:		0,5đ	
$m = 2m_2(n - 1) - m_1(n + \frac{1}{2})$ .....			
Áp dụng số:			
a) $m = 2,9\text{kg}$ ; $I = 0,0145\text{ kgm}^2$ ;		0,75đ	
$Q = 35,2\text{ N}$ ; $Q' = 36\text{ N}$ .....			
b) $a_2 = -2\text{m/s}^2$ ; $m_2 = 0,133\text{ kg}$ ; $T = 1,6\text{N}$ , $T' = 4,5\text{N}$ ;		0,75đ	

	$Q = mg + T + 2T' = 39,6\text{N} < Q' = (m_1 + m_2 + m)g = 40,3\text{N} \dots\dots$	
--	---	--

<b>Bài 4</b>	a) Biểu diễn các lực tác dụng lên vật Khi bánh xe lăn không trượt, ta có các phương trình chuyển động + tịnh tiến: $mgsin\alpha - F_{ms} = ma$ + quay: $F_{ms} \cdot r = I \cdot \gamma$ với $\gamma = \frac{a}{r}$ và $I = m \cdot R^2$  Từ các phương trình này rút ra: $a = \frac{gsin\alpha}{1 + \left(\frac{R}{r}\right)^2}$  suy ra: $F_{ms} = \frac{R^2}{R^2 + r^2} mgsin\alpha$	0,25  0,25  0,5  0,5  0,5
	b) Để bánh xe chỉ trượt trên đường ray, lực ma sát đạt giá trị cực đại $F_{ms} = F_{msmax} = \mu \cdot N = \mu \cdot mgcos\alpha_0$  Theo kết quả câu a/ thì $F_{ms} = \frac{R^2}{R^2 + r^2} mgsin\alpha_0$ (do $\alpha = \alpha_0$ ) $\Rightarrow tan\alpha_0 = \frac{R^2 + r^2}{R^2} \mu$	0,5  0,5  0,5

### Bài 5

1. Tính thông số các trạng thái:

- Giả sử (1) là trạng thái có áp suất lớn nhất  $p_1 = 5 \cdot 10^5 \text{Pa}$  thì thể tích của nó nhỏ nhất  $V_1 = 10 \text{lít} = 0,01 \text{m}^3$

Có  $T_1 = \frac{p_1 V_1}{R} = 602 \text{K}$

- Từ trạng thái (1) sang trạng thái (2) là đẳng nhiệt nên  $T_2 = T_1 = 602 \text{K}$

Áp suất giảm, thể tích tăng. Vậy  $V_2$  là thể tích lớn nhất:  $V_2 = 0,02 \text{m}^3 \rightarrow p_2 = \frac{RT_2}{V_2} \approx$

$2,5 \cdot 10^5 \text{Pa}$

- Từ trạng thái (2) sang trạng thái (3) là đẳng tích nên

$$V_2 = V_3 = 0,02\text{m}^3.$$

$V_3$  lớn nhất nên áp suất nhỏ nhất:

$$p_3 = 10^5\text{Pa (giả thiết)}$$

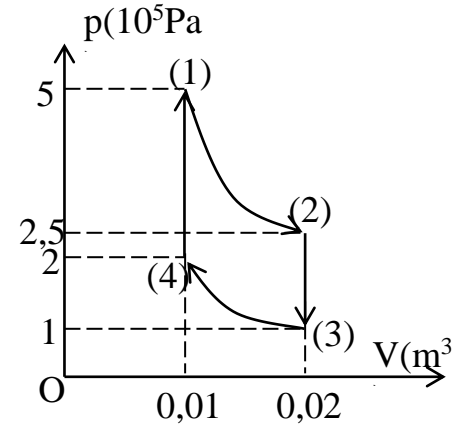
$$T_3 = \frac{p_3 V_3}{R} = \frac{10^5 \cdot 0,02}{8,31} \approx 241\text{K}$$

- Từ (3) sang (4) là đẳng nhiệt:  $T_4 = T_3 = 241\text{K}$

Vì (4) – (1) đẳng tích nên

$$V_4 = V_1 = 0,01\text{m}^3 \rightarrow p_4 = \frac{RT_4}{V_4} = 2 \cdot 10^5\text{Pa}$$

- Biểu diễn chu trình trong hệ tọa độ  $p - V$ :



## 2. Vẽ giản đồ

3. Tính công: Đoạn 2 – 3 và 4 – 1 đẳng tích nên  $A_{23} = A_{41} = 0$

$$\text{Có } A = A_{12} + A_{34}$$

$$A_{12} = RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} \approx 3468\text{J}$$

$$A_{34} = RT_3 \ln \frac{V_4}{V_3} \approx -1388\text{J} \rightarrow A \approx 2080\text{J}$$

Tổng công  $A \approx 2080\text{J}$

4.\* Nhiệt lượng mà khí nhận:  $Q = Q_{12} + Q_{41}$  với  $Q_{12} = A_{12} \approx 3468\text{J}$ ;  $Q_{41} = C_V(T_1 - T_4) \approx 4500\text{J}$

Vậy  $Q \approx 7968\text{J}$

$$* \text{ Hiệu suất thực: } H = \frac{A}{Q_1} = \frac{2080}{7968} \approx 26\%$$



\* Hiệu suất lý tưởng:  $H_{\max} = \frac{T_1 - T_3}{T_1} \approx 60\%$