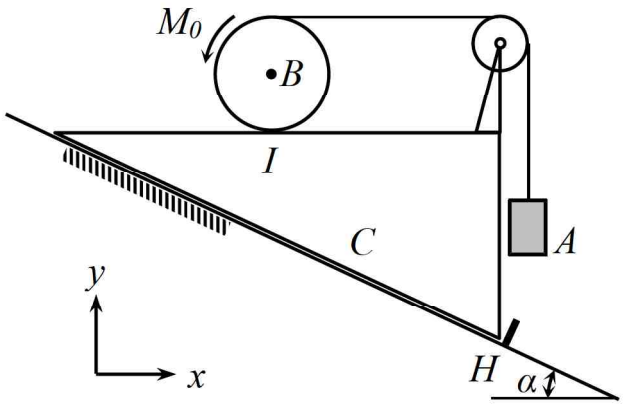
TỔNG HỢP – VD 1(*)

Cơ hệ chịu lực và liên kết như hình vẽ. Con lăn tâm B là trụ đặc đồng chất lăn không trượt, lăn trụ C được giữ đứng yên nhờ chốt H. Tại tiếp điểm I chỉ tồn tại ma sát trượt, mọi tiếp xúc khác đều bỏ qua ma sát. Tính:

1. Động năng của cơ hệ
2. Tổng công suất của nội, ngoại lực tác dụng vào cơ hệ
3. Gia tốc của vật A.
4. Lực tác dụng của chốt tại H lên lăng trụ C
5. Áp lực của lăng trụ C lên mặt nền
6. Lực ma sát trượt $\boldsymbol{F_I} = F_I.\boldsymbol{e_x}$ con lăn tác động vào lăng trụ C
7. Tìm giá trị của $E = M_0/(2R)$ để cơ hệ cân bằng tĩnh



(*) Trích đề thi cuối kỳ môn Cơ lý thuyết, Bộ môn Cơ kỹ thuật – Khoa Khoa học ứng dụng – ĐHBK Tp.HCM.

TỔNG HỢP – VD 1(*)

TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HCM
KHOA KHOA HỌC ỨNG DỤNG
BỘ MÔN CƠ KỸ THUẬT

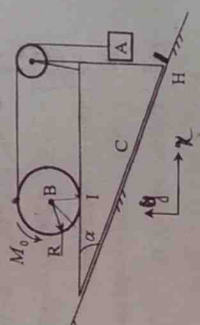
ĐỀ THI HỌC KỲ II/13-14
Môn thi: CƠ LÝ THUYẾT
Ngày thi: 19/ 06 /2014
Giờ thi: 7 giờ 15 Thời lượng: 90 phút

ĐỀ 1

Sinh viên được sử dụng tài liệu và nộp lại đề kẹp vào phiếu trắc nghiệm.

Họ và tên sinh viên ..... MSSV: .....

Trường hợp I. Cơ hệ có các vật rắn liên kết và chịu lực như hình vẽ. Con lăn tâm B là trụ đặc đồng chất lăn không trượt, lăng trụ C được giữ đứng yên nhờ chốt H. Tại tiếp điểm I chỉ tồn tại ma sát trượt, mọi tiếp xúc khác đều bỏ qua ma sát.



Hãy chọn kết quả đúng. Cho các đại lượng:

$m_A = 8m_0, m_B = 16m_0, m_C = 26m_0, \dfrac{M_0}{R} = 20m_0 g$

Câu 1: Động năng của cơ hệ

a. $T = 9m_0\dot{y}^2$ (b.) $T = 7m_0\dot{y}^2$ c. Không có kết quả đúng d. $T = 7{,}5m_0\dot{y}^2$

Câu 2: Tổng công suất của ngoại, nội lực tác động vào cơ hệ N

(a.) $N = 2m_0 g\dot{y}$ b. $N = m_0 g\dot{y}$ c. $N = 3m_0 g\dot{y}$ d. Không có kết quả đúng

Câu 3: Gia tốc $\vec{W}_A = \ddot{y}\vec{e}_y$

a. $\ddot{y} = \dfrac{2g}{15}$ b. $\ddot{y} = \dfrac{g}{18}$ c. Không có kết quả đúng (d.) $\ddot{y} = \dfrac{g}{7}$

Câu 4: Lực tác động của chốt tại H lên lăng trụ C

a. $F = (40m_0 g + 12m_0\ddot{y})\cdot\sin\alpha + 4m_0\ddot{y}\cdot\cos\alpha$

(b.) $F = (50m_0 g + 8m_0\ddot{y})\cdot\sin\alpha + 8m_0\ddot{y}\cdot\cos\alpha$

c. $F = (40m_0 g + 12m_0\ddot{y})\cdot\sin\alpha + 8m_0\ddot{y}\cdot\cos\alpha$ d. Không có kết quả đúng

Câu 5: Áp lực N của lăng trụ C lên mặt nền

(a.) $N = (50m_0 g + 8m_0\ddot{y})\cdot\cos\alpha - 16m_0\ddot{y}\cdot\sin\alpha$

b. $N = (40m_0 g + 12m_0\ddot{y})\cdot\cos\alpha - 8m_0\ddot{y}\cdot\sin\alpha$

c. $N = (40m_0 g + 12m_0\ddot{y})\cdot\cos\alpha - 16m_0\ddot{y}\cdot\sin\alpha$ d. Không có kết quả đúng

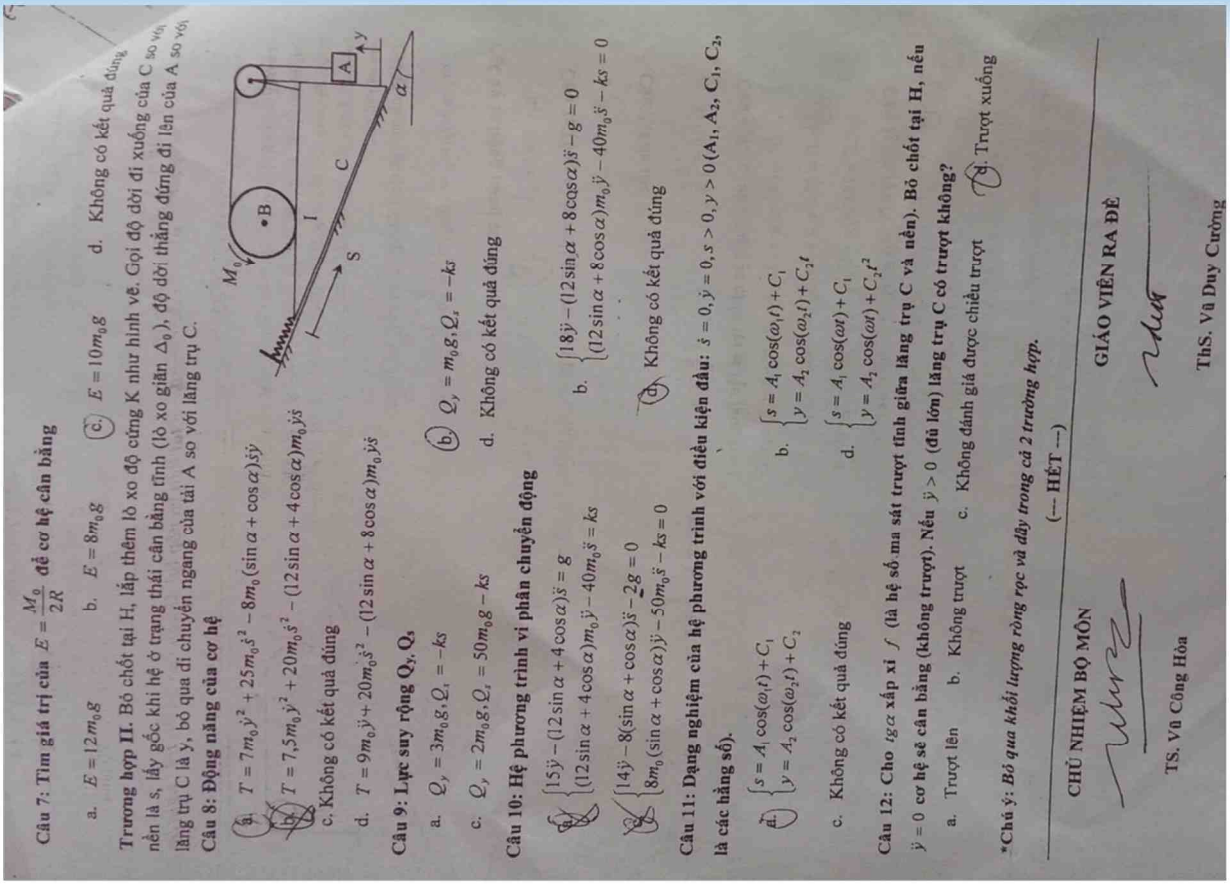
Câu 6: Lực ma sát trượt $\vec{F}_I = F_I\vec{e}_x$ **con lăn tác động vào lăng trụ C**

a. $F_I = 12m_0(g + \ddot{y})$ *hoặc* $F_I = 8m_0 g + 16m_0\ddot{y})$

b. $F_I = 14m_0 g + 16m_0\ddot{y}$ *hoặc* $F_I = 12m_0 g + 20m_0\ddot{y}$

(c.) $F_I = 18m_0 g + 14m_0\ddot{y}$ *hoặc* $F_I = 12m_0 g + 16m_0\ddot{y}$ d. Không có kết quả đúng

TỔNG HỢP – VD 1(*)



Câu 7: Tìm giá trị của $E = \frac{M_0}{2R}$ để cơ hệ cân bằng

a. $E = 12m_0g$ b. $E = 8m_0g$ c. $E = 10m_0g$ d. Không có kết quả đúng

Trường hợp II. Bỏ chốt tại H, lấp thêm lò xo độ cứng K như hình vẽ. Gọi độ dời đi xuống của C so với nên là s, lấy gốc khi hệ ở trạng thái cân bằng tĩnh (lò xo giãn Δ_0), độ dời thẳng đứng đi lên của A so với lăng trụ C là y, bỏ qua đi chuyển ngang của tải A so với lăng trụ C.

Câu 8: Động năng của cơ hệ

a. $T = 7m_0\dot{y}^2 + 25m_0\dot{s}^2 - 8m_0(\sin\alpha + \cos\alpha)\dot{s}\dot{y}$

b. $T = 7{,}5m_0\dot{y}^2 + 20m_0\dot{s}^2 - (12\sin\alpha + 4\cos\alpha)m_0\dot{y}\dot{s}$

c. Không có kết quả đúng

d. $T = 9m_0\dot{y} + 20m_0\dot{s}^2 - (12\sin\alpha + 8\cos\alpha)m_0\dot{y}\dot{s}$

Câu 9: Lực suy rộng Q_y, Q_s

a. $Q_y = 3m_0g, Q_s = -ks$ b. $Q_y = m_0g, Q_s = -ks$

c. $Q_y = 2m_0g, Q_s = 50m_0g - ks$ d. Không có kết quả đúng

Câu 10: Hệ phương trình vi phân chuyển động

a. $\begin{cases} 15\ddot{y} - (12\sin\alpha + 4\cos\alpha)\ddot{s} = g \\ (12\sin\alpha + 4\cos\alpha)m_0\ddot{y} - 40m_0\ddot{s} = ks \end{cases}$

b. $\begin{cases} 18\ddot{y} - (12\sin\alpha + 8\cos\alpha)\ddot{s} - g = 0 \\ (12\sin\alpha + 8\cos\alpha)m_0\ddot{y} - 40m_0\ddot{s} - ks = 0 \end{cases}$

c. $\begin{cases} 14\ddot{y} - 8(\sin\alpha + \cos\alpha)\ddot{s} - 2g = 0 \\ 8m_0(\sin\alpha + \cos\alpha)\ddot{y} - 50m_0\ddot{s} - ks = 0 \end{cases}$

d. Không có kết quả đúng

Câu 11: Dạng nghiệm của hệ phương trình với điều kiện đầu: $s = 0, \dot{s} > 0, y > 0$ (A_1, A_2, C_1, C_2, là các hằng số).

a. $\begin{cases} s = A_1\cos(\omega_1 t) + C_1 \\ y = A_2\cos(\omega_2 t) + C_2 \end{cases}$

b. $\begin{cases} s = A_1\cos(\omega_1 t) + C_1 \\ y = A_2\cos(\omega_2 t) + C_2 t \end{cases}$

c. Không có kết quả đúng

d. $\begin{cases} s = A_1\cos(\omega t) + C_1 \\ y = A_2\cos(\omega t) + C_2 t^2 \end{cases}$

Câu 12: Cho $tg\alpha$ xấp xỉ f (là hệ số ma sát trượt tĩnh giữa lăng trụ C và nền). Bỏ chốt tại H, nếu $\ddot{y} = 0$ cơ hệ sẽ cân bằng (không trượt). Nếu $\ddot{y} > 0$ (đủ lớn) lăng trụ C có trượt không?

a. Trượt lên b. Không trượt c. Không đánh giá được chiều trượt d. Trượt xuống

*Chú ý: *Bỏ qua khối lượng ròng rọc và dây trong cả 2 trường hợp.*

(--- HẾT ---)

CHỦ NHIỆM BỘ MÔN — GIÁO VIÊN RA ĐỀ

TS. Võ Công Hòa — ThS. Võ Duy Cường

TỔNG HỢP – VD 1

Cơ hệ gồm: Vật A, B, C, dây và ròng rọc (bỏ qua khối lượng của dây và ròng rọc)

1. Động năng của cơ hệ

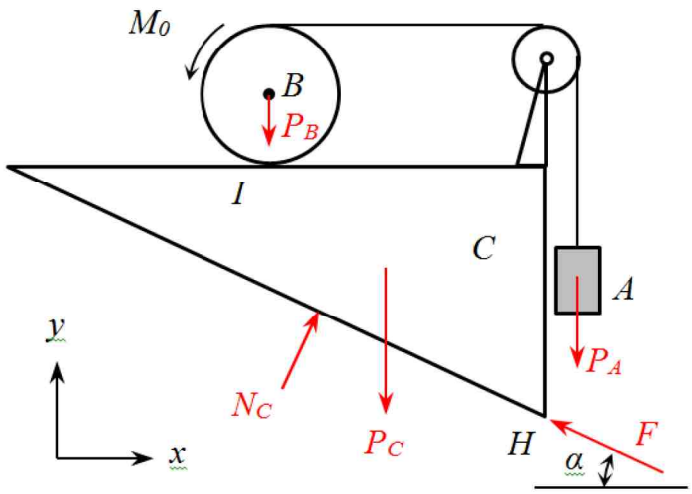
- Động năng của cơ hệ: $T = T_A + T_B + T_C$
  - ✓ Vật A chuyển động tịnh tiến: $T_A = \frac{1}{2}m_A V_A^2$.
  - ✓ Vật B chuyển động song phẳng: $T_B = \frac{1}{2}m_B V_B^2 + \frac{1}{2}J_B\omega_B^2$ (có tâm quay tức thời tại I).
  - ✓ Vật C đứng yên: $T_C = 0$.

TỔNG HỢP – VD 1

- **Quan hệ động học:**
  - ✓ Chọn gốc tọa độ của mỗi vật tại vị trí ban đầu của tương ứng của mỗi vật. Khi đó, nếu A di chuyển lên đến y → Tâm B di chuyển sang trái 1 đoạn $y/2$, con lăn B quay ngược chiều kim đồng hồ 1 góc $\theta = \frac{y}{2R}$.
  - ✓ $V_A = \dot{y}$
  - ✓ $V_B = \frac{\dot{y}}{2}$ → $W_B = \frac{\ddot{y}}{2}$
  - ✓ $\omega_B = \frac{\dot{y}}{2R}$ → $\varepsilon_B = \frac{\ddot{y}}{2R}$

TỔNG HỢP – VD 1

2. Tổng công suất của nội, ngoại lực tác dụng vào cơ hệ



- Tổng công suất của nội lực: $N^i = 0$.

TỔNG HỢP – VD 1

- Tổng công suất của ngoại lực: $N^e = N(P_A) + N(P_B) + N(P_C) + N(M) + N(F) + N(N_C)$
  - ✓ $N(P_C) = 0, N(F) = 0, N(N_C) = 0$ (Vật C đứng yên)
  - ✓ $N(P_A) = \vec{P}_A \vec{V}_A = (m_A \vec{g})\vec{V}_A = -8m_0 g\dot{y}$

    $(\vec{P}_A = m_A \vec{g} = 8m_0 \vec{g} = -8m_0 g\vec{j}, \vec{V}_A = \dot{y}\vec{j})$
  - ✓ $N(P_B) = \vec{P}_B \vec{V}_B = (m_B \vec{g})\vec{V}_B = 0$ (Do P_B vuông với với V_B)
  - ✓ $N(M_0) = M_0 \omega_B = (20m_0 gR)\dfrac{\dot{y}}{2R} = 10m_0 g\dot{y}$

TỔNG HỢP – VD 1

3. Gia tốc của vật A

Áp dụng định lý động năng:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{dA}{dt} = \sum_{k=1}^{N} \frac{dA_k^e}{dt} + \sum_{k=1}^{N} \frac{dA_k^i}{dt} = \sum_{k=1}^{N} N_k^e + \sum_{k=1}^{N} N_k^i = N^e + N^i = N$$

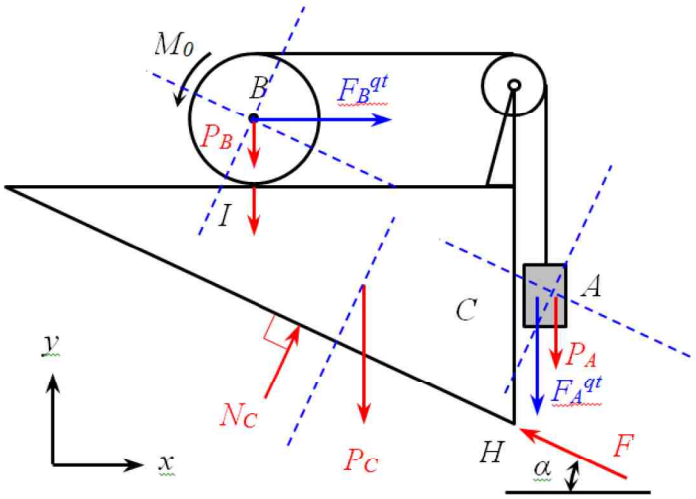
$$\Rightarrow \frac{d}{dt}\left(7m_0 \dot{y}^2\right) = 2m_0 g\dot{y}$$

$$\Rightarrow 14m_0 \dot{y}\ddot{y} = 2m_0 g\dot{y}$$

$$\Rightarrow \ddot{y} = \frac{g}{7}$$

TỔNG HỢP – VD 1

4. Lực tác dụng của chốt tại *H* lên lăng trụ *C*



Lưu ý giả thiết bỏ qua ma sát (ngoại trừ ma sát trượt tại *I*), điều kiện lăn không trượt, dây không giãn, bỏ qua khối lượng của dây và ròng rọc.

TỔNG HỢP – VD 1

Khi đó, áp dụng *nguyên lý D'Alembert* ("*Trong chuyển động của cơ hệ, hệ lực gồm các lực thực tác động vào cơ hệ và lực quán tính của cơ hệ giống như hệ lực cân bằng.*") ta có:

$$\vec{P}_A + \vec{F}_A^{qt} + \vec{P}_B + \vec{F}_B^{qt} + \vec{P}_C + \vec{F}_C^{qt} + \vec{N}_C + \vec{F} = \vec{0} \qquad (1)$$

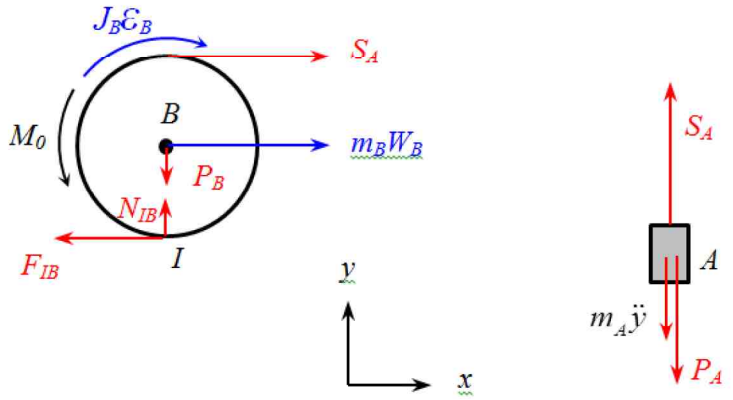
Chiếu (1) lên phương *F*: → *F*

5. Áp lực của lăng trụ *C* lên mặt nền

Chiếu (1) lên phương N_C: → N_C

TỔNG HỢP – VD 1

6. Lực ma sát trượt $F_I = F_I.e_x$ con lăn tác động vào lăng trụ C



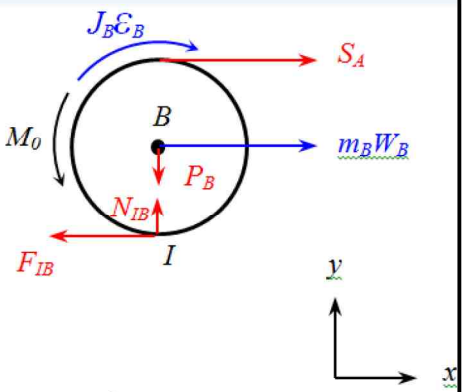
- Xét vật A:

$$\vec{P}_A + \vec{F}_A^{qt} + \vec{S}_A = \vec{0}$$
$$\Rightarrow -m_A g - m_A \ddot{y} + S_A = 0$$
$$\Rightarrow S_A = m_A(g + \ddot{y})$$

TỔNG HỢP – VD 1

- Xét vật B:

$$\sum M_B = 0$$
$$\Rightarrow M_0 - S_A R - F_{IB} R - J_B \varepsilon_B = 0$$
$$\Rightarrow F_{IB} = \frac{M_0}{R} - \frac{m_A(g+\ddot{y})R}{R} - \frac{(\frac{1}{2}m_B R^2)(\frac{\ddot{y}}{2R})}{R}$$
$$\Rightarrow \vec{F}_{IB} = 12m_0(g-\ddot{y})(-\vec{e}_x) = -12m_0(g-\ddot{y})\vec{e}_x$$



Lực ma sát tại I tác dụng lên C có độ lớn như F_{IB}, chiều ngược lại F_{IB}, do đó: $\vec{F}_I = 12m_0(g-\ddot{y})\vec{e}_x$

7. Tìm giá trị của $E = M_0/(2R)$ để cơ hệ cân bằng tĩnh

- Xét vật A:

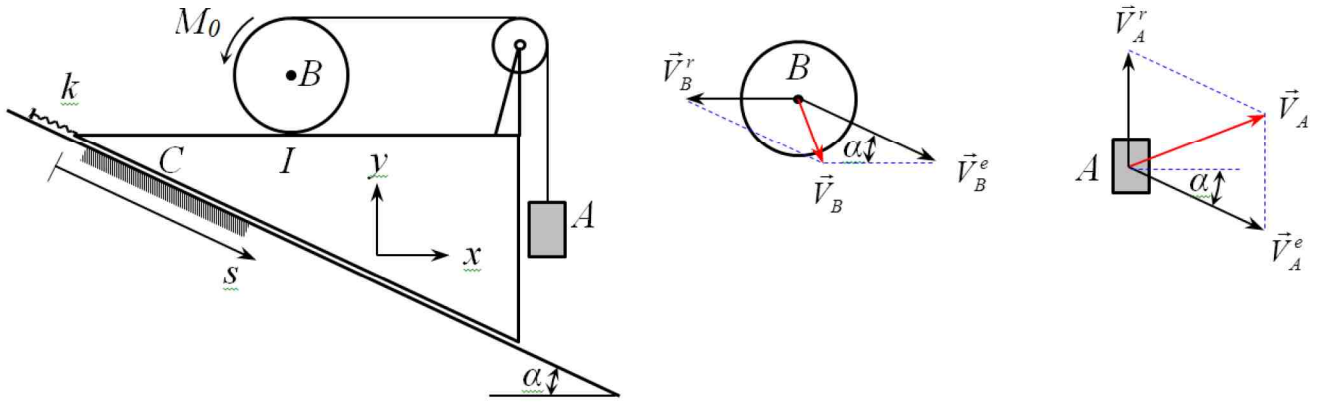
$$\vec{P}_A + \vec{S}_A = \vec{0}$$
$$\Rightarrow -m_A g + S_A = 0$$
$$\Rightarrow S_A = m_A g = 8m_0 g$$

- Xét vật B:

$$\sum M_I = 0$$
$$\Rightarrow M_0 - S_A 2R = 0$$
$$\Rightarrow M_0 = (8m_0 g)(2R) = 16m_0 gR$$
$$\Rightarrow E = \frac{M_0}{2R} = 8m_0 g$$

TỔNG HỢP – VD 1

Trường hợp II:



$$\Pi = -m_C g s\sin\alpha - m_B g s\sin\alpha + m_A g(y - s\sin\alpha) + \frac{1}{2}k[(s+\Delta_0)^2 - \Delta_0^2] + const$$

$$Q_y^C = -\frac{\partial \Pi}{\partial y} = -m_A g = -8m_0 g$$

$$Q_s^C = -\frac{\partial \Pi}{\partial s} = (m_C + m_B + m_A)g\sin\alpha - k(s+\Delta_0) = (26+16+8)m_0 g\sin\alpha - k(s+\Delta_0)$$

$$Q_y^C = -8m_0 g$$

$$Q_s^C = 50m_0 g\sin\alpha - k(s+\Delta_0)$$

TỔNG HỢP – VD 1

8. Động năng của cơ hệ

- Cơ hệ có 2 bậc tự do, chọn tọa độ suy rộng đủ của cơ hệ là $q_1 = y$, $q_2 = s$ như hình vẽ.
- Động năng của cơ hệ: $T = T_A + T_B + T_C$.
  - ✓ Vật A chuyển động tịnh tiến: $T_A = \frac{1}{2}m_A V_A^2$. Khối tâm của A chuyển động tương đối đối với C với vận tốc $V_A^r = \dot{y}$, đồng thời chuyển động theo cùng với C với vận tốc $V_A^e = \dot{s}$.

TỔNG HỢP – VD 1

✓ Vật B chuyển động song phẳng: $T_B = \frac{1}{2}m_B V_B^2 + \frac{1}{2}J_B\omega_B^2$. Trong đó, khối tâm của B chuyển động tương đối đối với C với vận tốc $V_B^r = \frac{\dot{y}}{2}$, đồng thời khối tâm của B chuyển động theo cùng với C với vận tốc $V_A^e = \dot{s}$. Thêm vào đó, B quay quanh khối tâm B với vận tốc góc $\omega_B = \frac{\dot{y}}{2R}$.

✓ Vật C chuyển động tinh tiến: $T_C = \frac{1}{2}m_C V_C^2 = \frac{1}{2}m_C \dot{s}^2$.

TỔNG HỢP – VD 1

- **Ta có:**

✓ Động năng $T_A = \frac{1}{2}m_A V_A^2$:

$$\vec{V}_A = \vec{V}_A^e + \vec{V}_A^r \Rightarrow V_A^2 = (V_A^e)^2 + 2V_A^e.V_A^r\cos(\vec{V}_A^e, \vec{V}_A^r) + (V_A^r)^2$$
$$\Rightarrow V_A^2 = \dot{s}^2 - 2\dot{s}\dot{y}\sin\alpha + \dot{y}^2$$

✓ Động năng $T_B = \frac{1}{2}m_B V_B^2 + \frac{1}{2}J_B\omega_B^2$:

$$\vec{V}_B = \vec{V}_B^e + \vec{V}_B^r \Rightarrow V_B^2 = (V_B^e)^2 + 2V_B^e.V_B^r\cos(\vec{V}_B^e, \vec{V}_B^r) + (V_B^r)^2$$
$$\Rightarrow V_B^2 = (V_B^e)^2 + 2V_B^e.V_B^r\cos(\pi - \alpha) + (V_B^r)^2$$

$$\Rightarrow V_B^2 = \dot{s}^2 - \dot{s}\dot{y}\cos\alpha + \frac{\dot{y}^2}{4}$$

✓ Động năng $T_C = \frac{1}{2}m_C V_C^2 = \frac{1}{2}m_C \dot{s}^2$:

TỔNG HỢP – VD 1

9. Lực suy rộng Q_y, Q_s

- **Tìm Q_y:**

Cho cơ hệ một di chuyển khả dĩ: $\delta s = 0$ và $\delta y > 0$, khi đó B sang trái 1 đoạn $\delta y/2$ đồng thời quay quanh B một góc $\delta\theta = \dfrac{\delta y}{2R}$, còn C thì đứng yên. Khi đó,

$$\sum \delta A_k = -m_A g\delta y + M_0\delta\theta = -8m_0 g\delta y + 20m_0 gR\frac{\delta y}{2R}$$

$$\Rightarrow \sum \delta A_k = 2m_0 g\delta y \Rightarrow Q_y = 2m_0 g$$

$$Q_y = 2m_0 g$$

- **Tìm Q_s:**

✓ Cho cơ hệ một di chuyển khả dĩ: $\delta s > 0$ và $\delta y = 0$, khi đó A, B và C cùng đi xuống 1 đoạn $\delta s \sin\alpha$ đồng thời $\delta\theta = 0$ (B không quay). Khi đó,

TỔNG HỢP – VD 1

$$\sum \delta A_k = m_A g\delta s\sin\alpha + m_B g\delta s\sin\alpha + m_C g\delta s\sin\alpha - k(s+\Delta_0)\delta s$$

$$\Rightarrow \sum \delta A_k = [(8m_0 g + 16m_0 g + 26m_0 g)\sin\alpha - k(s+\Delta_0)]\delta s$$

$$\Rightarrow \sum \delta A_k = [50m_0 g\sin\alpha - k(s+\Delta_0)]\delta s$$

$$\Rightarrow Q_s = 50m_0 g\sin\alpha - k(s+\Delta_0)$$

✓ Xác định độ biến dạng tĩnh Δ_0:

$$\sum F_s = 0$$

$$\Rightarrow m_A g\sin\alpha + m_B g\sin\alpha + m_C g\sin\alpha - k\Delta_0 = 0$$

$$\Rightarrow (8m_0 g + 16m_0 g + 26m_0 g)\sin\alpha - k\Delta_0 = 0$$

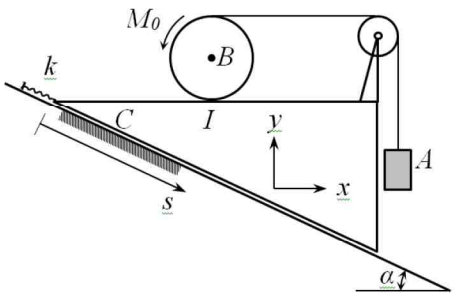
$$\Rightarrow \Delta_0 = \frac{50m_0 g}{k}\sin\alpha$$

Do đó: $Q_s = -ks$

TỔNG HỢP – VD 1

Câu 9 (Cách 2):

- **Lực suy rộng do lực có thế (do P_A, P_B, P_C và lò xo)**



$$\Pi = -m_C g s\sin\alpha - m_B g s\sin\alpha + m_A g(y - s\sin\alpha) + \frac{1}{2}k[(s+\Delta_0)^2 - \Delta_0^2] + const$$

$$Q_y^C = -\frac{\partial \Pi}{\partial y} = -m_A g = -8m_0 g$$

$$Q_s^C = -\frac{\partial \Pi}{\partial s} = (m_C + m_B + m_A)g\sin\alpha - k(s+\Delta_0)$$

$$= (26+16+8)m_0 g\sin\alpha - k(s+\Delta_0)$$

$$Q_y^C = -8m_0 g$$

$$Q_s^C = 50m_0 g\sin\alpha - k(s+\Delta_0)$$

- **Lực suy rộng do lực không thế (do M_0)**

$$\left.\begin{matrix}\delta y > 0 \\ \delta s = 0\end{matrix}\right\} \Rightarrow \Sigma\delta A_k(F_k^N) = \delta A(M_0) = M_O\delta\theta = 20m_0 gR\frac{\delta y}{2R} = 10m_0 g\delta y \Rightarrow Q_y^N = 10m_0 g$$

$$\left.\begin{matrix}\delta y = 0 \\ \delta s > 0\end{matrix}\right\} \Rightarrow \Sigma\delta A_k(F_k^N) = \delta A(M_0) = 0 \Rightarrow Q_s^N = 0$$

- **Lực suy rộng**

$$Q_y = Q_y^C + Q_y^N = 2m_0 g, \qquad Q_s = Q_s^C + Q_s^N = 50m_0 g\sin\alpha - k(s+\Delta_0)$$

TỔNG HỢP – VD 1

10. Hệ phương trình vi phân chuyển động

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i}\right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} = Q_i$$

- Các đạo hàm:

  - $$\frac{\partial T}{\partial \dot{y}} = \frac{\partial T}{\partial \dot{y}}[7m_0\dot{y}^2 - 8m_0(\sin\alpha + \cos\alpha)\dot{s}\dot{y} + 25m_0\dot{s}^2]$$

    $$\Rightarrow \frac{\partial T}{\partial \dot{y}} = 14m_0\dot{y} - 8m_0(\sin\alpha + \cos\alpha)\dot{s}$$

    $$\Rightarrow \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{y}}\right) = 14m_0\ddot{y} - 8m_0(\sin\alpha + \cos\alpha)\ddot{s}$$

  - $$\frac{\partial T}{\partial y} = 0$$

TỔNG HỢP – VD 1

10. Hệ phương trình vi phân chuyển động

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i}\right)-\frac{\partial T}{\partial q_i}=Q_i$$

- Các đạo hàm:
  - $\dfrac{\partial T}{\partial \dot{y}}=\dfrac{\partial T}{\partial \dot{y}}[7m_0\dot{y}^2-8m_0(\sin\alpha+\cos\alpha)\dot{s}\dot{y}+25m_0\dot{s}^2]$

    $\Rightarrow \dfrac{\partial T}{\partial \dot{y}}=14m_0\dot{y}-8m_0(\sin\alpha+\cos\alpha)\dot{s}$

    $\Rightarrow \dfrac{d}{dt}\left(\dfrac{\partial T}{\partial \dot{y}}\right)=14m_0\ddot{y}-8m_0(\sin\alpha+\cos\alpha)\ddot{s}$
  - $\dfrac{\partial T}{\partial y}=0$

TỔNG HỢP – VD 1

- $\dfrac{\partial T}{\partial \dot{s}}=\dfrac{\partial T}{\partial \dot{s}}[7m_0\dot{y}^2-8m_0(\sin\alpha+\cos\alpha)\dot{s}\dot{y}+25m_0\dot{s}^2]$

  $\Rightarrow \dfrac{\partial T}{\partial \dot{s}}=-8m_0(\sin\alpha+\cos\alpha)\dot{y}+50m_0\dot{s}$

  $\Rightarrow \dfrac{d}{dt}\left(\dfrac{\partial T}{\partial \dot{s}}\right)=50m_0\ddot{s}-8m_0(\sin\alpha+\cos\alpha)\ddot{y}$
- $\dfrac{\partial T}{\partial s}=0$

- Hệ phương trình vi phân chuyển động:

$$\begin{cases}14m_0\ddot{y}-8m_0(\sin\alpha+\cos\alpha)\ddot{s}=2m_0g\\ 50m_0\ddot{s}-8m_0(\sin\alpha+\cos\alpha)\ddot{y}=-ks\end{cases}\text{ hay }\begin{cases}14\ddot{y}-8(\sin\alpha+\cos\alpha)\ddot{s}-2g=0\\ 8m_0(\sin\alpha+\cos\alpha)\ddot{y}-50m_0\ddot{s}-ks=0\end{cases}$$