

7. Đề thi cuối kỳ II năm học 2014 – 2015 (đề chung cho khoa ngoài)

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

ĐỀ THI KẾT THÚC HỌC KỲ II
NĂM HỌC 2014 – 2015

Môn thi: Cơ – Nhiệt

Mã môn học: PHY 1100 Số tín chỉ: 03

Dành cho sinh viên: Khoa Sinh học, Hóa học, Toán – Cơ – Tin học, Địa lý, Địa chất, Môi trường, KT – TV – HDH, Y – Dược

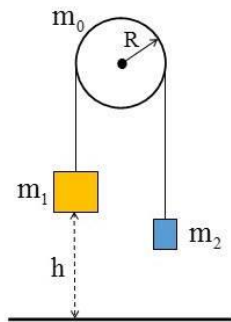
Dạng đề thi: **Không** được sử dụng tài liệu

Thời gian làm bài: 90 phút (không kể thời gian phát đề)

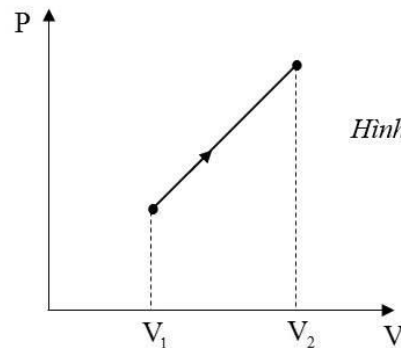
Câu 1. Viết biểu thức động lượng của một chất điểm và biểu thức xung lượng của lực tác dụng lên chất điểm (ghi chú rõ ràng từng ký hiệu trong các công thức). Phát biểu và chứng minh định lý biến thiên và bảo toàn động lượng của một chất điểm.

Câu 2. Biểu diễn một chu trình Carnot trên giản đồ PV. Nêu rõ từng quá trình hoạt động của chu trình Carnot trong một động cơ nhiệt. Viết công thức tính hiệu suất của động cơ nhiệt chạy theo chu trình Carnot (không cần chứng minh).

Câu 3. Hệ gồm hai vật nặng $m_1 = 0,2$ kg và $m_2 = 0,1$ kg được nối với nhau bằng một dây không co giãn mắc qua một ròng rọc có khối lượng $m_0 = 0,05$ kg bán kính R như trên hình 1. Lúc đầu vật m_1 được nâng lên độ cao $h = 1$ m. Khi thả ra, vật m_1 chuyển động nhanh dần đều xuống phía dưới cho tới khi chạm đất. Tính gia tốc của vật m_1 và thời gian từ khi m_1 bắt đầu chuyển động cho đến khi nó chạm đất.



Hình 1



Hình 2

Câu 4. Một hệ khí lý tưởng lưỡng nguyên tử thực hiện một quá trình giãn nở theo quy luật $P = aV$, với a là hằng số, thể tích lúc đầu của hệ là V_1 , lúc cuối là V_2 . Quá trình được biểu diễn trên giản đồ PV như hình 2. Hãy tính công hệ trao đổi với môi trường, biến thiên nội năng của hệ và nhiệt hệ trao đổi với môi trường trong quá trình đó. Nêu rõ hệ sinh công hay nhận công? Nội năng của hệ tăng hay giảm? Hệ nhận nhiệt hay tỏa nhiệt? Áp dụng bằng số với $a = 2 \cdot 10^3$ N/m⁵; $V_1 = 0,1$ m³; $V_2 = 0,2$ m³.

Câu 1: Động lượng và xung lượng:* Biểu thức động lượng của một chất điểm:

$$\vec{P} = m\vec{v}$$

Trong đó: m và \vec{v} lần lượt là khối lượng và vận tốc của chất điểm.

* Biểu thức xung lượng của lực tác dụng lên chất điểm:

Xung lượng của lực tác dụng lên chất điểm trong khoảng thời gian t_1 đến t_2 được định nghĩa bởi:

$$\vec{J} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F}(t) dt \quad (\text{với } \vec{F}(t) \text{ là lực tác dụng tại thời điểm } t \text{ bất kỳ})$$

* Định lý biến thiên và bảo toàn động lượng của một chất điểm:

Xét lực tác dụng vào chất điểm tại thời điểm t bất kỳ. Theo phương trình định luật II Newton:

$$\vec{F}(t) = m\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = \frac{d\vec{P}}{dt} \Leftrightarrow d\vec{P} = \vec{F}(t)dt$$

Tích phân hai vế ta được:

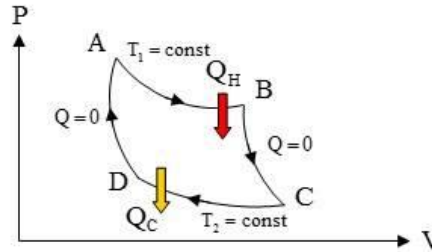
$$\int_{(1)}^{(2)} d\vec{P} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F}(t) dt \Leftrightarrow \vec{P}_2 - \vec{P}_1 = \vec{J}$$

Độ biến thiên động lượng của chất điểm trong một khoảng thời gian bằng xung lượng của ngoại lực tác dụng lên chất điểm trong khoảng thời gian đó. Khi xung lượng của lực bằng không (chất điểm không chịu tác dụng của ngoại lực) thì động lượng của chất điểm được bảo toàn.

Câu 2: Chu trình Carnot:

* Biểu diễn một chu trình Carnot trên giản đồ PV:

Chu trình Carnot là một chu trình thuận nghịch đơn giản nhất mà có khả năng sinh công, bao gồm 2 quá trình đẳng nhiệt và 2 quá trình đoạn nhiệt.



* Từng quá trình hoạt động của chu trình Carnot trong một động cơ nhiệt:

+ Từ A → B: quá trình giãn nở khí đẳng nhiệt, thể tích tăng từ V_A đến V_B , hệ nhận lượng nhiệt Q_H từ môi trường.

+ Từ B → C: quá trình giãn nở khí đoạn nhiệt, hệ không trao đổi nhiệt với môi trường bên ngoài, thể tích tăng chậm từ V_B đến V_C , nhiệt độ giảm từ T_1 đến T_2 .

+ Từ C → D: quá trình nén khí đẳng nhiệt, thể tích giảm từ V_C đến V_D , hệ tỏa ra lượng nhiệt Q_C cho môi trường.

+ Từ D → A: quá trình nén khí đoạn nhiệt, hệ không trao đổi nhiệt với môi trường bên ngoài, thể tích giảm chậm từ V_D đến V_A , nhiệt độ tăng từ T_2 đến T_1 .

Sau đó, hệ trở về trạng thái ban đầu và tiếp tục một chu trình mới.

* Biểu thức hiệu suất của động cơ nhiệt chạy theo chu trình Carnot:

$$\eta = \frac{Q_H - Q_C}{Q_H} = \frac{T_H - T_C}{T_H}$$

Trong đó: Q_H là lượng nhiệt nhận từ nguồn nóng có nhiệt độ T_H

Q_C là lượng nhiệt tỏa ra nguồn lạnh có nhiệt độ T_C

Câu 3:

Gia tốc a của vật m_1 cũng là gia tốc chung của hệ gồm hai vật m_1 và m_2 . Bài toán này thuộc nội dung chương 4 – Chuyển động của vật rắn. Để tìm được gia tốc dài, ta sử dụng mối liên hệ giữa gia tốc dài và gia tốc góc: $a = \beta R$. Chọn chiều dương là chiều chuyển động.

* Gia tốc a của vật m_1 :

Theo phương trình cơ bản của chuyển động quay của ròng rọc:

$$M = I\beta \quad (*)$$

Trong đó: $\begin{cases} M \text{ là mômen của lực gây ra chuyển động quay} \\ I \text{ là mô men quán tính của ròng rọc} \\ \beta \text{ là gia tốc góc của chuyển động quay.} \end{cases}$

Ta có:

$$M = R.F = R(T_1 - T_2) \quad (\text{với } F \text{ là lực tác dụng gây ra chuyển động quay})$$

$$I = \frac{1}{2}m_0R^2 \quad (\text{công thức mômen quán tính của khối trụ quay quanh trục})$$

Viết phương trình định luật II Newton cho hai vật và chiều lên chiều dương:

$$\begin{cases} P_1 - T_1 = m_1a \\ -P_2 + T_2 = m_2a \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} T_1 = P_1 - m_1a \\ T_2 = P_2 + m_2a \end{cases} \quad \text{Do đó (*) trở thành:}$$

$$M = I\beta \Leftrightarrow R(T_1 - T_2) = \frac{1}{2}m_0R^2 \cdot \frac{a}{R}$$

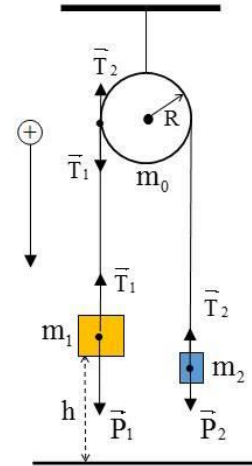
$$\Leftrightarrow R(P_1 - m_1a - P_2 - m_2a) = \frac{1}{2}m_0aR \Leftrightarrow \frac{1}{2}m_0aR + (m_1 + m_2)aR = (m_1 - m_2)gR$$

$$\Leftrightarrow a = \frac{(m_1 - m_2)g}{\frac{m_0}{2} + m_1 + m_2} = \frac{(0,2 - 0,1) \cdot 10}{\frac{0,05}{2} + 0,1 + 0,2} = \frac{40}{13} = 3,077 \quad (\text{m/s}^2)$$

* Khoảng thời gian từ lúc vật m_1 bắt đầu chuyển động cho đến khi nó chạm đất:

Vì chuyển động là biến đổi đều nên ta có:

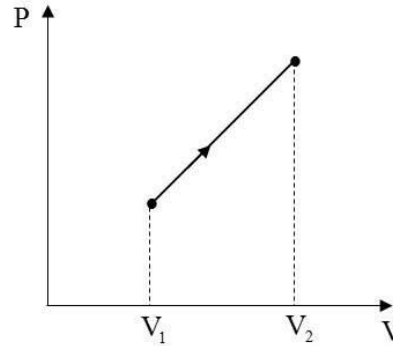
$$h = \frac{at^2}{2} \Leftrightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{40/13}} = \sqrt{\frac{26}{40}} \approx 0,8 \quad (\text{s})$$



Câu 4:

Đầu tiên, tính công hệ trao đổi bằng tích phân của áp suất theo thể tích. Tiếp theo, tính nội năng của hệ ở trạng thái đầu và cuối theo công thức: $U = RT \cdot i/2$ với T là nhiệt độ của hệ được tính dựa vào phương trình trạng thái của khí lý tưởng: $PV = nRT$ (lấy $n = 1\text{mol}$).

Cuối cùng, tính nhiệt lượng trao đổi dựa vào phương trình nguyên lý 1 nhiệt động lực học: $Q = A + \Delta U$



* Công mà hệ trao đổi với môi trường:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} P(V)dV = \int_{V_1}^{V_2} aVdV = a \frac{V^2}{2} \Big|_{V_1}^{V_2} = \frac{a}{2} (V_2^2 - V_1^2)$$

Do $V_2 > V_1$ nên $A > 0$ và hệ thực hiện công ra môi trường (giả sử $a > 0$)

* Độ biến thiên nội năng của hệ:

Nội năng tại thời điểm đầu:

$$U_1 = \frac{i}{2} RT_1 = \frac{5}{2} R \frac{P_1 V_1}{R} = \frac{5a}{2} V_1^2 \quad (i = 5 \text{ vì khí lưỡng nguyên tử})$$

Nội năng tại thời điểm cuối:

$$U_2 = \frac{i}{2} RT_2 = \frac{5}{2} R \frac{P_2 V_2}{R} = \frac{5a}{2} V_2^2$$

$$\Rightarrow \text{Biến thiên nội năng của hệ: } \Delta U = U_2 - U_1 = \frac{5a}{2} (V_2^2 - V_1^2)$$

Do $V_2 > V_1$ nên $\Delta U > 0$ và nội năng của hệ tăng.

* Nhiệt lượng hệ trao đổi với môi trường:

Theo nguyên lý 1 nhiệt động lực học:

$$Q = A + \Delta U = \frac{a}{2} (V_2^2 - V_1^2) + \frac{5a}{2} (V_2^2 - V_1^2) = 3a (V_2^2 - V_1^2)$$

Do đó: $Q > 0$ và hệ nhận nhiệt từ môi trường ngoài.

* Áp dụng bằng số với $a = 2 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2$; $V_1 = 0,1\text{m}^3$; $V_2 = 0,2\text{m}^3$:

+ Công mà hệ trao đổi với môi trường:

$$A = \frac{a}{2} (V_2^2 - V_1^2) = \frac{2 \cdot 10^3}{2} (0,2^2 - 0,1^2) = 30 \quad (\text{J})$$

+ Độ biến thiên nội năng của hệ:

$$\Delta U = \frac{5a}{2} (V_2^2 - V_1^2) = 5 \cdot 10^3 (0,2^2 - 0,1^2) = 150 \quad (\text{J})$$

+ Nhiệt lượng hệ trao đổi với môi trường:

$$Q = A + \Delta U = 30 + 150 = 180 \quad (\text{J})$$

Nguồn:

<https://www.facebook.com/hus.vnu.edu.vn/photos/a.422738931132366/864474486958806>