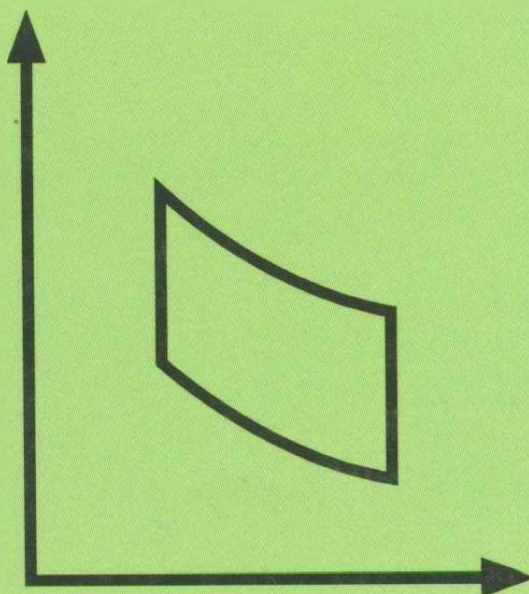
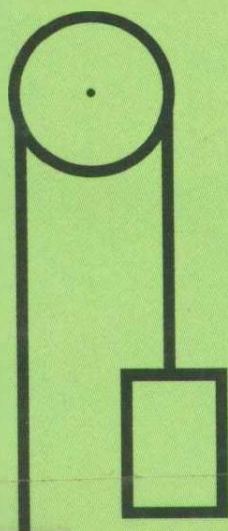


LƯƠNG DUYÊN BÌNH (Chủ biên) - NGUYỄN HỮU HỒ
LÊ VĂN NGHĨA - NGUYỄN TỤNG

BÀI TẬP

VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG

Tập một : CƠ - NHIỆT



T TT-TV * ĐHQGHN

530.076

LU-B(1)

2014

V-G1



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

LƯƠNG DUYÊN BÌNH (Chủ biên) – NGUYỄN HỮU HỒ
LÊ VĂN NGHĨA – NGUYỄN TỤNG

Bài tập VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG

Tập một : CƠ – NHIỆT

BIÊN SOẠN THEO CHƯƠNG TRÌNH CỦA BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
BAN HÀNH NĂM 1990

DÙNG CHO CÁC TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÁC KHỐI CÔNG NGHIỆP,
CÔNG TRÌNH, THỦY LỢI, GIAO THÔNG VẬN TẢI

(Tái bản lần thứ hai mươi)

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

LỜI NÓI ĐẦU

Bộ sách "Bài tập vật lý đại cương" là phần bài tập phục vụ cho bộ sách "Vật lý đại cương" dùng cho sinh viên các trường Đại học kỹ thuật các khối công nghiệp, công trình, thủy lợi, giao thông vận tải... nên có nội dung và bố cục phù hợp với bộ sách trên.

Trong lần xuất bản này bộ sách đã được PGS. Lương Duyên Bình sửa chữa, bổ sung và sắp xếp lại theo chương trình vật lý đại cương do Bộ Giáo dục và Đào tạo ban hành năm 1990.

Bộ sách này được chia thành ba tập :

Tập một : Cơ – Nhiệt ;

Tập hai : Điện – Dao động – Sóng ;

Tập ba : Quang – Vật lý vi mô – Vật lý kỹ thuật

Mỗi tập gồm hai phần :

Phần I gồm các chương tương ứng với các chương trong bộ sách "Vật lý đại cương". Mỗi chương gồm các mục :

– Tóm tắt các công thức và định luật ;

– Các bài tập ví dụ ;

– Các đề bài tập tự giải.

Phần II là hướng dẫn giải và đáp số của các bài tập tự giải.

Các đơn vị đo lường dùng trong sách này là các đơn vị SI. Chúng tôi rất mong và hoan nghênh các ý kiến phê bình và góp ý cho bộ sách. Thư từ xin gửi về : Ban Vật lý Công ti cổ phần Dịch vụ xuất bản Giáo dục Hà Nội, 187B Giảng Võ - Hà Nội.

CÁC TÁC GIẢ

HƯỚNG DẪN PHƯƠNG PHÁP GIẢI BÀI TẬP VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG

Bài tập vật lý đại cương cũng là một bộ phận quan trọng của giáo trình Vật lý đại cương. Nó giúp cho sinh viên :

- a) Nắm được phần lý thuyết vững vàng hơn, thấu đáo hơn, sâu sắc hơn.
- b) Rèn luyện phương pháp vận dụng lý thuyết để phân tích, suy luận, tính toán, để khảo sát, nghiên cứu những hiện tượng và những vấn đề vật lý cụ thể và thường gặp ; trên cơ sở đó có thể vận dụng những kiến thức vật lý để giải quyết các bài toán trong kỹ thuật.
- c) Rèn luyện phương pháp suy luận khoa học, tư duy logic, khả năng độc lập suy nghĩ, sáng tạo, kỹ năng tính toán...

Muốn làm tốt các bài tập, người học phải :

1. Trước hết học kỹ phần lý thuyết, nhớ một số điểm cơ bản trong lý thuyết (những khái niệm, hiện tượng, định nghĩa, định luật, công thức... cơ bản). Không nên bắt đầu làm bài tập khi chưa học kỹ lý thuyết, để rồi vừa làm bài tập vừa mở sách lý thuyết "tra" các công thức.

2. Có một trình độ kỹ năng tính toán nhất định về các phép tính vi phân, tích phân, các phép tính vectơ, các phép tính đại số và đặc biệt là các phép tính bằng số. Cụ thể là sinh viên phải biết tính thuần thục các số thập phân, tính gần đúng, sử dụng các bảng số..., chẳng hạn như phải biết tính toán các đại lượng :

$$x = \frac{(2,5 \cdot 10^3)^{1,4} \cdot 2,15 \cdot 9,8 \cdot 10^5}{(4,3 \cdot 10^3)^{1,4}}, \quad y = \frac{(2,4)^2 \cdot \sin 15^\circ \cos 15^\circ}{2,9,8}$$

v.v...

Các bài tập vật lý có thể chia làm hai loại :

1. Các bài tập định lượng, trong đó đòi hỏi phải tính một hay nhiều đại lượng chưa biết.

2. Các bài tập định tính trong đó đòi hỏi phải giải quyết một vấn đề vật lý hay giải thích một hiện tượng vật lý chỉ bằng lý luận mà không dùng tính toán.

Dưới đây trình bày các bước cần tiến hành để giải quyết một bài toán vật lý định lượng.

Bước I : *Đọc đầu bài.*

Trước hết phải đọc kĩ đầu bài toán để hiểu rõ nội dung bài toán, ghi ra những đại lượng đã cho (cả kí hiệu, trị số và đơn vị) những hằng số vật lí cần dùng và những đại lượng cần phải tính.

Cho	$\left\{ \begin{array}{l} - \\ - \\ - \\ - \\ - \end{array} \right.$	Hỏi	$\left\{ \begin{array}{l} - \\ - \\ - \\ - \\ - \end{array} \right.$
-----	--	-----	--

Sau đây tiến hành vẽ hình của bài toán, phải vẽ rõ ràng, chính xác và đầy đủ. Nếu bài toán không có sẵn hình vẽ thì, nếu cần thiết, phải căn cứ vào đầu bài để tự vẽ lấy hình, trên hình vẽ đó có thể tự đặt những kí hiệu cần thiết.

Bước II : *Phân tích hiện tượng của bài toán.*

Đây là bước có tính chất quyết định trong việc giải bài toán. Người học phải tìm hiểu hiện tượng cho trong đầu bài, xem hiện tượng đó thuộc loại nào, hình dung hiện tượng đó diễn biến như thế nào. Liên hệ hiện tượng đó với những hiện tượng đã học trong lí thuyết. Cần chú ý rằng với mỗi loại hiện tượng cơ, nhiệt, điện... cách phân tích có những đặc điểm khác nhau. Chẳng hạn như với một bài toán cơ, điểm căn bản là phải phân tích được vật chuyển động dưới tác dụng của những ngoại lực nào, với một bài toán nhiệt, phải xem hệ biến đổi theo quá trình gì ; với một bài toán tĩnh điện phải xem những vật nào gây ra điện trường ; với một bài toán điện từ phải xem vật nào gây ra từ trường và từ trường tác dụng lên vật nào...

Trong khi phân tích hiện tượng, để dễ hình dung có thể tự vẽ thêm một số hình hoặc sơ đồ mô tả quá trình diễn biến của hiện tượng trong bài toán. Nếu ta phân tích được các hiện tượng của bài toán một cách đúng đắn thì công việc có thể coi như xong một nửa. Ở đây cần chống khuynh hướng không chịu khó phân tích hoặc phân tích không kĩ các hiện tượng của bài toán, cứ lao vào tính toán ngay.

Bước III : *Vận dụng các định nghĩa, định luật,... để tính toán các kết quả bằng chữ.*

Sau khi đã nắm vững hiện tượng của bài toán, người học biết được những quy luật của hiện tượng (đã học trong lí thuyết). Từ đó có thể vận dụng những định nghĩa, định luật, công thức... học trong lí thuyết để thiết lập những phương trình cho phép ta tìm ra những đại lượng hỏi trong đầu bài. Nói chung để cho việc tính toán đỡ nhầm lẫn, trước hết cần viết các phương trình đó với các đại lượng đã được kí hiệu bằng chữ, rồi giải các phương trình ấy ra kết quả bằng chữ. Không nên thay ngay các trị số bằng số vào các phương trình để giải (trừ trường hợp các bài toán động điện vận dụng các định luật Kiêckhốp) – Có những trường hợp cùng một hiện tượng có thể vận dụng nhiều định luật khác nhau để giải. Khi đó nên chọn xem cách giải nào ngắn hơn – Thí dụ : trong một số bài toán cơ, dùng định luật bảo toàn cơ năng sẽ tìm ra kết quả nhanh hơn là dùng định luật Niutơn ; trong một số

bài toán động điện dùng định luật bảo toàn năng lượng thuận tiện hơn là dùng định luật Ôm... Trong những trường hợp đại lượng phải tìm được biểu diễn bằng một công thức khá phức tạp, thì ta nên thử lại xem hai vế có cùng thứ nguyên hay không ; nếu thứ nguyên khác nhau thì chắc chắn có sai lầm khi tính toán.

Bước IV : *Tính các kết quả bằng số.*

Sau khi đã tìm được kết quả cuối cùng bằng chữ, ta thay các đại lượng bằng trị số của chúng để tính ra các kết quả bằng số : Trước khi thay nhớ đổi trị số của *các đại lượng tính sang cùng một hệ đơn vị*, thường là hệ đơn vị SI. Khi tính kết quả cuối cùng có số lẻ thập phân, cần chú ý đến sự *cân đối về sai số tương đối* của các trị số đã cho trong đầu bài. Thí dụ khi tính một đại lượng x , ta tìm được $x = 15,3284$ mà các trị số trong đầu bài chỉ cho với sai số tương đối không quá 1%, thì chỉ cần tính x đến hai số lẻ thập phân, nghĩa là viết $x = 15,33$. Khi lấy trị số các hằng số vật lí, cũng chỉ cần tính ở độ chính xác cao hơn độ chính xác của các trị số cho trong đầu bài một cấp.

Bước V : *Nhận xét kết quả.*

Sau khi tìm được kết quả, nên rút ra một số nhận xét về

- giá trị thực tế của kết quả,
- phương pháp giải,
- khả năng mở rộng bài toán,
- khả năng ứng dụng bài toán...

Có trường hợp ta tìm được những trị số không phù hợp với thực tế, chẳng hạn như vận tốc chuyển động của một vật $v = 350000 \text{ km/s}$ (lớn hơn vận tốc ánh sáng trong chân không), gia tốc của trọng trường quả đất $g = 12,8 \text{ m/s}^2$ v.v... khi đó phải xét lại cách giải xem có chỗ nào không hợp lí.

Trên đây là trình tự thông thường của việc giải một bài toán vật lí. Tuy nhiên có những trường hợp không nhất thiết phải theo đúng trình tự đó. Thí dụ : đối với các bài tập đơn giản, hiện tượng đã rõ ràng, có thể tính ngay kết quả ; với các bài tập động điện vận dụng các định luật Kiếckhốp có thể thay ngay trị số của các đại lượng đã cho vào các phương trình để tìm ra ngay các kết quả bằng số...

Đối với các bài tập định tính thì chủ yếu là tiến hành theo bước I, bước II và bước V. (*)

(*) Tuy nhiên trong một số bài tập có mục đích chủ yếu là luyện tập vận dụng các công thức vật lí thì cách viết giá trị của các đại lượng có thể chêm chước.

Phần I

TÓM TẮT CÔNG THỨC VÀ ĐỀ BÀI TẬP

A – CƠ HỌC

Chương 1

ĐỘNG HỌC CHẤT ĐIỂM

1. Chuyển động cong

– Vectơ vận tốc : $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$, (1-1)

\vec{r} là bán kính vectơ của chất điểm chuyển động.

Vận tốc :

$$v = \frac{ds}{dt} = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2}, \quad (1-2)$$

trong đó s là hoành độ cong ; x, y, z là các toạ độ của chất điểm đang chuyển động trong hệ toạ độ Đề các vuông góc.

– Vectơ gia tốc toàn phần :

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{a}_t + \vec{a}_n; \quad (1-3)$$

Gia tốc tiếp tuyến : $a_t = \frac{dv}{dt}$; (1-4)

Gia tốc pháp tuyến : $a_n = \frac{v^2}{R}$; (1-5)

Gia tốc toàn phần :

$$\begin{aligned} |\vec{a}| &= \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = \sqrt{\left(\frac{dv}{dt}\right)^2 + \left(\frac{v^2}{R}\right)^2} = \\ &= \sqrt{\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2y}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2z}{dt^2}\right)^2}, \end{aligned} \quad (1-6)$$

R là bán kính cong của quỹ đạo.

2. Chuyển động thẳng đều

$$\begin{aligned} v &= \frac{s}{t} = \text{const}, \\ a &= 0, \\ s &= vt, \end{aligned} \quad (1-7)$$

trong đó s là quãng đường đi của chất điểm chuyển động.

3. Chuyển động thẳng thay đổi đều

$$v = at + v_0, \quad (1-8)$$

$$s = \frac{1}{2}at^2 + v_0t, \quad (1-9)$$

$$v^2 - v_0^2 = 2as, \quad (1-10)$$

trong đó v_0 là vận tốc ban đầu của chất điểm chuyển động.

4. Chuyển động tròn

$$\text{Vận tốc góc} \quad \omega = \frac{d\theta}{dt}, \quad (1-11)$$

$$\text{Gia tốc góc} \quad \beta = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}, \quad (1-12)$$

trong đó θ là góc quay.

– Trường hợp chuyển động tròn đều :

$$\omega = \frac{\theta}{t} = \text{const}, \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu, \quad (1-13)$$

T là chu kì, ν là tần số của chuyển động.

– Trường hợp chuyển động tròn thay đổi đều :

$$\omega = \beta t + \omega_0, \quad (1-14)$$

$$\theta = \frac{1}{2} \beta t^2 + \omega_0 t, \quad (1-15)$$

$$\omega^2 - \omega_0^2 = 2\beta\theta, \quad (1-16)$$

trong đó ω_0 là vận tốc ban đầu.

– Liên hệ giữa vận tốc, gia tốc dài với vận tốc, gia tốc góc :

$$v = R\omega, \quad (1-17)$$

$$a_t = R\beta, \quad (1-18)$$

$$a_n = R\omega^2. \quad (1-19)$$

Bài tập thí dụ 1.1

Từ một đỉnh tháp cao $h = 25$ m ta ném một hòn đá theo phương nằm ngang với vận tốc $v_0 = 15$ m/s. Xác định :

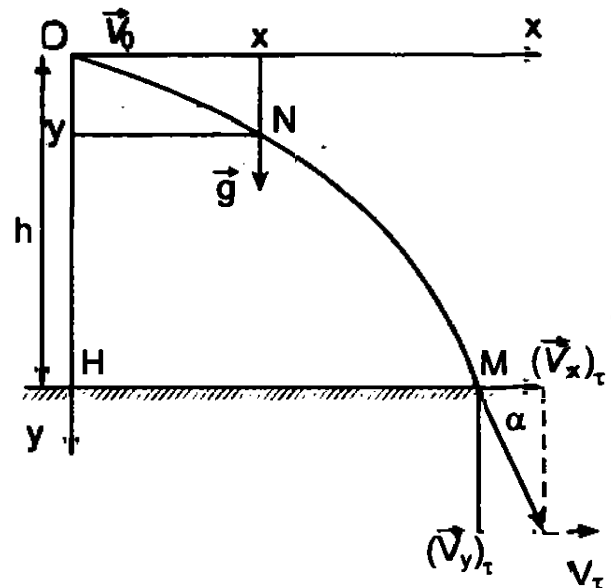
- Quỹ đạo của hòn đá.
- Thời gian chuyển động của hòn đá (từ lúc ném đến lúc chạm đất).
- Khoảng cách từ chân tháp đến điểm hòn đá chạm đất (còn gọi là tầm xa).
- Vận tốc, gia tốc toàn phần, gia tốc tiếp tuyến và gia tốc pháp tuyến của hòn đá tại điểm nó chạm đất.
- Bán kính cong của quỹ đạo tại điểm bắt đầu ném và điểm chạm đất. Bỏ qua sức cản không khí.

Bài giải.

$$\begin{cases} h = 25\text{m}, \\ v_0 = 15\text{m/s}. \end{cases}$$

Hỏi $\begin{cases} \text{Quỹ đạo ?} \\ \tau ? v, a_t, a_n, a ? \\ L ? R ? \end{cases}$

Hòn đá tham gia đồng thời hai chuyển động : chuyển động thẳng đều theo phương nằm ngang với vận tốc v_0 và chuyển động rơi tự do với gia tốc g . Chuyển động tổng hợp của hòn đá sẽ là chuyển động cong trong mặt phẳng thẳng đứng chứa \vec{v}_0 . Để giải bài toán, cần xác định phương trình chuyển động của hòn đá.



Hình 1-1

Chọn hệ trục tọa độ Oxy : gốc O trùng với điểm hòn đá bắt đầu chuyển động, trục Ox nằm ngang, trục Oy thẳng đứng hướng xuống phía dưới (hình 1-1). Chọn gốc thời gian là lúc bắt đầu ném đá.

Gọi x, y là tọa độ của hòn đá tại thời điểm t .

Theo phương nằm ngang Ox, hòn đá chuyển động đều với vận tốc v_0 , do đó theo (1-7) :

$$x = v_0 t. \quad (1)$$

Theo phương thẳng đứng Oy, hòn đá chuyển động rơi tự do với gia tốc g , do đó theo (1-9) :

$$y = \frac{1}{2} g t^2. \quad (2)$$

(1) và (2) chính là các phương trình chuyển động của hòn đá.

a) Khử t trong các phương trình (1) và (2) ta được phương trình quỹ đạo.

Muốn vậy thay $t = \frac{x}{v_0}$ từ (1) vào (2), ta có :

$$y = \frac{g}{2v_0^2} x^2. \quad (3)$$

Vì $x > 0$, $y \leq h$ nên quỹ đạo của hòn đá chỉ là nhánh parabol OM (hình 1-1).

b) Khi hòn đá chạm đất : $y = h$. Gọi τ là thời gian chuyển động của hòn đá. Từ (2) ta suy ra :

$$\tau = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 25}{9,81}} = 2,26s.$$

c) Khoảng cách L từ chân tháp đến điểm hòn đá chạm đất (tầm xa) chính là hoành độ của hòn đá ứng với thời gian chuyển động $t = \tau$. Do đó từ (1) ta suy ra :

$$L = v_0 \cdot \tau = 15 \cdot 2,26 = 33,9 \text{ m}.$$

d) Theo (1-2) vận tốc hòn đá lúc chạm đất (tức là $t = \tau$) là :

$$\begin{aligned} v_\tau &= \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)_{t=\tau}^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)_{t=\tau}^2} = \sqrt{v_0^2 + (g \cdot \tau)^2} = \\ &= \sqrt{15^2 + (9,8 \cdot 2,26)^2} = 26,7 \text{ m/s}. \end{aligned}$$

Góc α hợp bởi \vec{v}_τ (phương tiếp tuyến với quỹ đạo) và $\vec{v}_{x(t=\tau)}$ được xác định bởi :

$$\sin \alpha = \frac{(v_y)_{t=\tau}}{v_\tau} = \frac{g\tau}{v_\tau} = \frac{9,8 \cdot 2,26}{26,7} = 0,827.$$

(α cũng là góc hợp bởi gia tốc pháp tuyến và gia tốc toàn phần).

Theo (1-6), gia tốc toàn phần của hòn đá :

$$a = \sqrt{\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2y}{dt^2}\right)^2} = \sqrt{0 + g^2} = g = 9,8 \text{ m/s}^2.$$

Nó không đổi trong suốt thời gian chuyển động và bằng gia tốc rơi tự do.

Tại điểm hòn đá chạm đất, gia tốc tiếp tuyến và gia tốc pháp tuyến lần lượt bằng :

$$a_t = a \sin \alpha = g \sin \alpha = 8,1 \text{ m/s}^2,$$

$$a_n = a \cos \alpha = g \cos \alpha = 5,6 \text{ m/s}^2.$$

e) Theo (1-5) bán kính cong của quỹ đạo bằng : $R = \frac{v^2}{a_n}.$

Tại điểm bắt đầu ném đá $v = v_0$, $a_n = g$ nên :

$$R_0 = \frac{v_0^2}{g} = \frac{15^2}{9,8} = 23\text{m}.$$

Tại điểm hòn đá chạm đất $v = v_t$, $a_n = 5,6 \text{ m/s}^2$ nên :

$$R = \frac{(26,7)^2}{5,6} = 127\text{m}.$$

Bài tập thí dụ 1.2 :

Một ô tô chuyển động thẳng nhanh dần đều, đi qua hai điểm A, B cách nhau 20m trong thời gian $\tau = 2$ giây. Vận tốc của ô tô khi đi qua điểm B là 12 m/s. Tìm :

a) Gia tốc của chuyển động và vận tốc của ô tô khi đi qua điểm A.

b) Quãng đường mà ô tô đã đi được từ điểm khởi hành đến điểm A.

Bài giải :

$$\text{Cho } \begin{cases} AB = 20\text{m} \\ \tau = 2 \text{ giây} \\ v_B = 12\text{m/s} \end{cases} \quad \text{Hỏi } \begin{cases} a ? \\ v_A ? \\ s_A ? \end{cases}$$

a) Theo (1-8) :

$$a = \frac{v_B - v_A}{\tau} \text{ hay } v_A = v_B - a\tau. \quad (1)$$

Theo (1–9), nếu lấy gốc thời gian là lúc ô tô qua điểm A ta có :

$$\overline{AB} = \frac{1}{2} a \tau^2 + v_A \tau. \quad (2)$$

Từ (1) và (2) ta có :

$$a = \frac{2(v_B \cdot \tau - \overline{AB})}{\tau^2} = \frac{2(12 \cdot 2 - 20)}{2^2} = 2 \text{ m/s}^2.$$

$$v_A = v_B - a \cdot \tau = 12 - 2 \cdot 2 = 8 \text{ m/s}.$$

b) Vì vận tốc ô tô lúc khởi hành $v_0 = 0$ nên ta có :

$$v_A = at_A,$$

$$s_A = \frac{1}{2} at_A^2 = \frac{1}{2} a \left(\frac{v_A}{a} \right)^2 = \frac{1}{2} \frac{v_A^2}{a},$$

$$s_A = \frac{1}{2} \cdot \frac{8^2}{2} = 16 \text{ m}.$$

Bài tập thí dụ 1.3 :

Một vô lăng đang quay với vận tốc 300 vòng/phút thì bị hãm lại. Sau một phút hãm, vận tốc của vô lăng còn là 180 vòng/phút. Tính :

a) Gia tốc góc của vô lăng khi bị hãm ;

b) Số vòng mà vô lăng đã quay được trong thời gian 1 phút hãm đó ;

Coi vô lăng chuyển động chậm dần đều trong suốt thời gian hãm.

Bài giải :

$$\text{Cho } \begin{cases} n_1 = 300 \text{ vòng/phút} = 5 \text{ vòng/s}, \\ n_2 = 180 \text{ vòng/phút} = 3 \text{ vòng/s}, \\ \tau = 1 \text{ phút} = 60 \text{ giây}. \end{cases} \quad \text{Hỏi } \begin{cases} \beta ? \\ N ? \end{cases}$$

a) Theo (1–14) gia tốc góc của vô lăng trong thời gian hãm là :

$$\beta = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\Delta t},$$

với : ω_1 là vận tốc góc của vô lăng trước khi hãm $\omega_1 = 2\pi n_1$,

ω_2 là vận tốc góc của vô lăng sau 1 phút hãm $\omega_2 = 2\pi n_2$,

$$\Delta t = \tau.$$

$$\beta = \frac{2\pi(n_2 - n_1)}{\tau} = \frac{2.3,14(3-5)}{60} = -0,21 \text{ rad/s}^2,$$

β có dấu âm vì vô lăng quay chậm dần.

b) Số vòng mà vô lăng quay được trong 1 phút hãm :

$N = \frac{\theta}{2\pi}$, trong đó θ là góc quay của vô lăng trong 1 phút hãm.

$$\theta = \frac{1}{2}\beta\tau^2 + \omega_1\tau,$$

$$N = \frac{\frac{1}{2}\beta\tau^2 + \omega_1\tau}{2\pi} =$$

$$= \frac{0,5.(-0,21).(60)^2 + 2.3,14.5.60}{2.3,14} = 240 \text{ vòng}.$$

Bài tập tự giải

1-1. Phương trình chuyển động của một chất điểm trong hệ trục tọa độ Đề các :

$$x = a_1 \cos(\omega\tau + \varphi_1), \quad (1)$$

$$y = a_2 \cos(\omega\tau + \varphi_2). \quad (2)$$

Xác định dạng quỹ đạo của chất điểm trong các trường hợp sau :

a) $\varphi_1 - \varphi_2 = 2k\pi$, k là một số nguyên ;

b) $\varphi_1 - \varphi_2 = (2k + 1) \pi$;

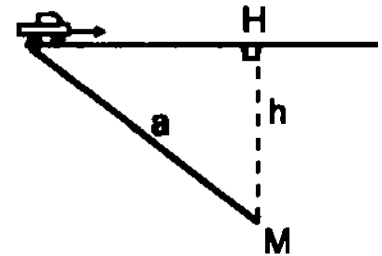
c) $\varphi_1 - \varphi_2 = (2k + 1)\frac{\pi}{2}$;

d) $\varphi_1 - \varphi_2$ có giá trị bất kì.

1-2. Một ô tô chạy từ tỉnh A đến tỉnh B với vận tốc $v_1 = 40 \text{ km/giờ}$ rồi lại chạy từ tỉnh B trở về tỉnh A với vận tốc $v_2 = 30 \text{ km/giờ}$.

Tìm vận tốc trung bình của ô tô trên đoạn đường đi về AB, BA đó ?

1-3. Một người đứng tại M cách một con đường thẳng một khoảng $h = 50 \text{ m}$ để chờ ô tô ; khi thấy ô tô còn cách mình một đoạn $a = 200 \text{ m}$ thì người ấy bắt đầu chạy ra đường để gặp ô tô (hình 1-2). Biết ô tô chạy với vận tốc 36 km/giờ . Hỏi :



Hình 1-2

a) Người ấy phải chạy theo hướng nào để gặp đúng ô tô ? Biết rằng người chạy với vận tốc $v_2 = 10,8 \text{ km/giờ}$;

b) Người phải chạy với vận tốc nhỏ nhất bằng bao nhiêu để có thể gặp được ô tô ?

1-4. Một vật được thả rơi từ một khí cầu đang bay ở độ cao 300 m . Hỏi sau bao lâu vật rơi tới mặt đất, nếu :

a) Khí cầu đang bay lên (theo hướng thẳng đứng) với vận tốc 5 m/s ;

b) Khí cầu đang hạ xuống (theo phương thẳng đứng) với vận tốc 5 m/s .

c) Khí cầu đang đứng yên.

1-5. Một vật được thả rơi từ độ cao $H + h$ theo phương thẳng đứng DD' (D' là chân độ cao $H + h$). Cùng lúc đó một vật thứ hai được ném lên từ D' theo phương thẳng đứng với vận tốc v_0 .

a) Hỏi vận tốc v_0 phải bằng bao nhiêu để hai vật gặp nhau ở độ cao h ?

b) Tính khoảng cách x giữa hai vật trước lúc gặp nhau theo thời gian ?

c) Nếu không có vật thứ nhất thì vật thứ hai đạt độ cao lớn nhất bằng bao nhiêu ?

1-6. Thả rơi tự do một vật từ độ cao $h = 19,6$ mét. Tính :

a) Quãng đường mà vật rơi được trong $0,1$ giây đầu và $0,1$ giây cuối của thời gian rơi.

b) Thời gian cần thiết để vật đi hết 1m đầu và 1m cuối của độ cao h .

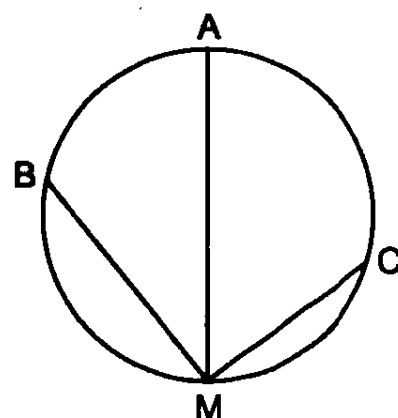
1-7. Từ ba điểm A, B, C trên một vòng tròn người ta đồng thời thả rơi ba vật. Vật thứ nhất theo phương thẳng đứng AM qua tâm vòng tròn (hình 1-3), vật thứ hai theo dây BM, vật thứ ba theo dây CM. Hỏi vật nào tới M trước tiên, nếu bỏ qua ma sát ?

1-8. Phải ném một vật theo phương thẳng đứng từ độ cao $h = 40\text{m}$ với vận tốc v_0 bằng bao nhiêu để nó rơi tới mặt đất :

a) Trước $\tau = 1$ giây so với trường hợp vật rơi tự do ?

b) Sau $\tau = 1$ giây so với trường hợp vật rơi tự do ?

Lấy $g = 10\text{m/s}^2$.



Hình 1-3

1-9. Một vật chuyển động thẳng thay đổi đều đi hết quãng đường AB trong 6 giây. Vận tốc của vật khi qua A bằng 5m/s khi đi qua B bằng 15m/s . Tìm chiều dài của quãng đường AB.

1-10. Một xe lửa chạy giữa hai điểm (nằm trên một đường thẳng) cách nhau $1,5$ km. Trong nửa đoạn đường đầu, xe lửa chuyển động nhanh dần đều, trong nửa đoạn đường sau xe lửa chuyển động chậm dần đều. Vận tốc lớn nhất của xe lửa giữa hai điểm đó bằng 50 km/giờ.

Biết rằng trị số tuyệt đối của các gia tốc trên hai đoạn đường bằng nhau. Tính :

a) Gia tốc của xe lửa.

b) Thời gian để xe lửa đi hết quãng đường giữa hai điểm.

1-11. Một xe lửa bắt đầu chuyển động nhanh dần đều trên một đường thẳng ngang qua trước mặt một người quan sát đang đứng ngang với đầu toa thứ nhất. Biết rằng toa xe thứ nhất đi qua trước mặt người quan sát hết một thời gian $\tau = 6$ giây. Hỏi toa thứ n sẽ đi qua trước mặt người quan sát trong bao lâu ?

Áp dụng cho trường hợp $n = 7$.

1-12. Một hòn đá được ném theo phương nằm ngang với vận tốc $v_0 = 15$ m/s. Tính gia tốc pháp tuyến và gia tốc tiếp tuyến của hòn đá sau lúc ném 1 giây.

1-13. Người ta ném một quả bóng với vận tốc $v_0 = 10$ m/s theo phương hợp với mặt phẳng nằm ngang một góc $\alpha = 40^\circ$. Giả sử quả bóng được ném đi từ mặt đất. Hỏi :

- a) Độ cao lớn nhất mà quả bóng có thể đạt được.
- b) Tầm xa của quả bóng.
- c) Thời gian từ lúc ném bóng tới lúc bóng chạm đất.

1-14. Từ một đỉnh tháp cao $H = 25$ m người ta ném một hòn đá lên phía trên với vận tốc $v_0 = 15$ m/s theo phương hợp với mặt phẳng nằm ngang một góc $\alpha = 30^\circ$. Xác định :

- a) Thời gian chuyển động của hòn đá ;
- b) Khoảng cách từ chân tháp đến chỗ rơi của hòn đá ;
- c) Vận tốc của hòn đá lúc chạm đất.

1-15. Từ một đỉnh tháp cao $H = 30$ m, người ta ném một hòn đá xuống đất với vận tốc $v_0 = 10$ m/s theo phương hợp với mặt phẳng nằm ngang một góc $\alpha = 30^\circ$; Tìm :

- a) Thời gian để hòn đá rơi tới mặt đất kể từ lúc ném ?
- b) Khoảng cách từ chân tháp đến chỗ rơi của hòn đá ?
- c) Dạng quỹ đạo của hòn đá ?

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRUNG TÂM THÔNG TIN THƯ VIỆN

No. V-GK/38683

1-16. Hỏi phải ném một vật theo phương hợp với mặt phẳng nằm ngang một góc α bằng bao nhiêu để với một vận tốc ban đầu cho trước, tầm xa của vật là cực đại.

1-17. Kỉ lục nhảy tạ ở Hà Nội là 12,67 mét. Hỏi nếu tổ chức ở Xanh Pêtecbuga thì trong điều kiện tương tự (cùng vận tốc ban đầu và góc nghiêng), kỉ lục trên sẽ là bao nhiêu ?

Cho biết g (Hà Nội) = $9,727 \text{ m/s}^2$; g (Xanh Pêtecbuga) = $9,810 \text{ m/s}^2$.

1-18. Tìm vận tốc góc :

a) của Trái Đất quay quanh trục của nó (Trái Đất quay một vòng xung quanh trục của nó mất 24 giờ) ;

b) của kim giờ và kim phút đồng hồ ;

c) của Mặt Trăng quay xung quanh Trái Đất (Mặt Trăng quay xung quanh Trái Đất một vòng mất 27 ngày đêm) ;

d) của một vệ tinh nhân tạo của Trái Đất quay trên quỹ đạo tròn với chu kì bằng 88 phút.

1-19. Tìm vận tốc dài của chuyển động quay của một điểm trên mặt đất tại Hà Nội. Biết rằng vĩ độ của Hà Nội là $\alpha = 21^\circ$.

1-20. Một vô lăng sau khi bắt đầu quay được một phút thì thu được vận tốc 700 vòng/phút. Tính gia tốc góc của vô lăng và số vòng mà vô lăng đã quay được trong phút ấy nếu chuyển động của vô lăng là nhanh dần đều.

1-21. Một bánh xe quay chậm dần đều, sau một phút vận tốc của nó giảm từ 300 vòng/phút xuống 180 vòng/phút. Tìm gia tốc góc của bánh xe và số vòng mà bánh xe đã quay được trong phút ấy.

1-22. Một bánh xe có bán kính $R = 10 \text{ cm}$ lúc đầu đứng yên, sau đó quay xung quanh trục của nó với gia tốc góc bằng $3,14 \text{ rad/s}^2$. Hỏi, sau giây thứ nhất :

a) Vận tốc góc và vận tốc dài của một điểm trên vành bánh ?

b) Gia tốc pháp tuyến, gia tốc tiếp tuyến và gia tốc toàn phần của một điểm trên vành bánh ?

c) Góc giữa gia tốc toàn phần và bán kính của bánh xe (ứng với cùng một điểm trên vành bánh) ?

1–23. Chu kì quay của một bánh xe bán kính 50cm là 0,1 giây. Tìm :

- a) Vận tốc dài và vận tốc góc của một điểm vành bánh ;
- b) Gia tốc pháp tuyến của điểm giữa một bán kính.

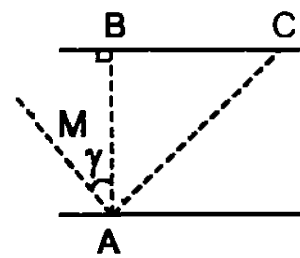
1–24. Một đoàn tàu bắt đầu chạy vào một đoạn đường tròn, bán kính 1 km, dài 600 m, với vận tốc 54 km/giờ. Đoàn tàu chạy hết quãng đường đó trong 30 giây. Tìm vận tốc dài, gia tốc pháp tuyến, gia tốc tiếp tuyến, gia tốc toàn phần và gia tốc góc của đoàn tàu ở cuối quãng đường đó. Coi chuyển động của đoàn tàu là nhanh dần đều.

1–25. Vận tốc của electron trong nguyên tử hydro bằng $v = 2,2 \cdot 10^8$ cm/s. Tính vận tốc góc và gia tốc pháp tuyến của electron nếu xem quỹ đạo của nó là một vòng tròn bán kính $0,5 \cdot 10^{-8}$ cm.

1–26. Một người muốn chèo thuyền qua sông có dòng nước chảy. Nếu người ấy chèo thuyền theo hướng từ vị trí A sang vị trí B ($AB \perp$ với dòng sông, hình 1–4) thì sau thời gian $t_1 = 10$ phút thuyền sẽ tới vị trí C cách B một khoảng $s = 120$ m. Nếu người ấy chèo thuyền về phía ngược dòng thì sau thời gian $t_2 = 12,5$ phút thuyền sẽ tới đúng vị trí B.

Coi vận tốc của thuyền đối với dòng nước là không đổi. Tính :

- a) Bề rộng l của con sông ;
- b) Vận tốc v của thuyền đối với dòng nước ;
- c) Vận tốc u của dòng nước đối với bờ sông ;
- d) Góc γ .



Hình 1-4

1-27. Người ta chèo một con thuyền qua sông theo hướng vuông góc với bờ sông với vận tốc 7,2 km/h. Nước chảy đã mang con thuyền về phía xuôi dòng một khoảng 150m. Tìm :

- Vận tốc của dòng nước đối với bờ sông ;
- Thời gian cần để thuyền qua được sông. Cho biết chiều rộng của sông bằng 0,5 km.

1-28. Một máy bay bay từ vị trí A tới vị trí B. AB nằm theo hướng Tây Đông và cách nhau một khoảng 300 km. Xác định thời gian bay nếu :

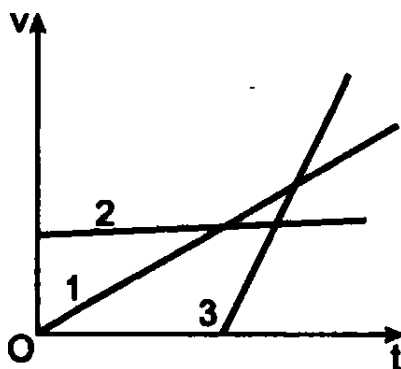
- Không có gió ;
- Có gió thổi theo hướng Nam Bắc ;
- Có gió thổi theo hướng Tây Đông.

Cho biết vận tốc của gió bằng : $v_1 = 20$ m/s, vận tốc của máy bay đối với mặt đất $v_2 = 600$ km/h.

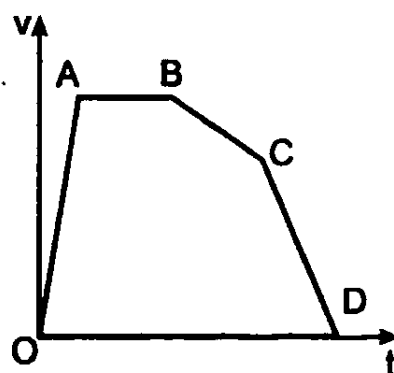
1-29. Hình 1-5 mô tả chuyển động của ba chất điểm.

- Cho biết tính chất của các chuyển động đó.
- Ý nghĩa của các giao điểm giữa các đồ thị và các trục tọa độ.
- So sánh vận tốc của ba chất điểm.

1-30. Hình 1-6 cho đồ thị vận tốc của một chất điểm chuyển động. Hãy cho biết trạng thái chuyển động của chất điểm trên mỗi đoạn OA, AB, BC, CD.



Hình 1-5



Hình 1-6

Chương 2

ĐỘNG LỰC HỌC CHẤT ĐIỂM

1. Phương trình Niuton

$$\frac{d\vec{K}}{dt} = \vec{F}, \quad (2-1)$$

trong đó \vec{F} là lực tổng hợp tác dụng lên chất điểm, $\vec{K} = m\vec{v}$ là vector động lượng của chất điểm có khối lượng m và vận tốc \vec{v} .

Trường hợp khối lượng không đổi :

$$m\vec{a} = \vec{F}, \quad (2-2)$$

\vec{a} là vector gia tốc của chất điểm.

2. Trọng lực tác dụng lên vật có khối lượng m

$$\vec{P} = m\vec{g} \quad (2-3)$$

Lực hướng tâm :

$$F_n = m \frac{v^2}{R}, \quad (2-4)$$

R là bán kính cong của quỹ đạo.

3. Định lí về động lượng

$$\Delta\vec{K} = \vec{K}_2 - \vec{K}_1 = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt. \quad (2-5)$$

Lực va chạm (đàn hồi) của một quả cầu lên tường :

$$F = \frac{2mv \cos \alpha}{\Delta t}, \quad (2-6)$$

α là góc hợp bởi vector vận tốc của quả cầu và pháp tuyến của tường, Δt là thời gian va chạm.

4. Lực ma sát trượt (khô)

$$f_{ms} = kN, \quad (2-7)$$

trong đó k là hệ số ma sát, N là độ lớn của phản lực pháp tuyến.

5. Định lí về mômen động lượng

Đối với một chất điểm

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}. \quad (2-8)$$

Trường hợp chất điểm chuyển động tròn với vận tốc góc $\vec{\omega}$

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d}{dt}(I\vec{\omega}), \quad (2-9)$$

với $I = mr^2$ = mômen quán tính của chất điểm đối với O .

6. Phương trình Niuton trong hệ quy chiếu chuyển động (tịnh tiến)

$$m\vec{a}' = \vec{F} + \vec{F}_{qt}, \quad (2-10)$$

với $\vec{F}_{qt} = -m\vec{A}$, \vec{A} là gia tốc tịnh tiến của hệ quy chiếu chuyển động.

Bài tập thí dụ 2.1

Một vật được đặt trên một mặt phẳng nghiêng hợp với mặt phẳng nằm ngang một góc $\alpha = 4^\circ$. Hỏi :

a) Giới hạn của hệ số ma sát giữa vật và mặt phẳng nghiêng để vật có thể trượt xuống được trên mặt phẳng nghiêng đó ;

b) Nếu hệ số ma sát bằng 0,03 thì gia tốc của vật bằng bao nhiêu ? Khi đó muốn trượt hết quãng đường $s = 100\text{m}$, vật phải mất thời gian bao lâu ?

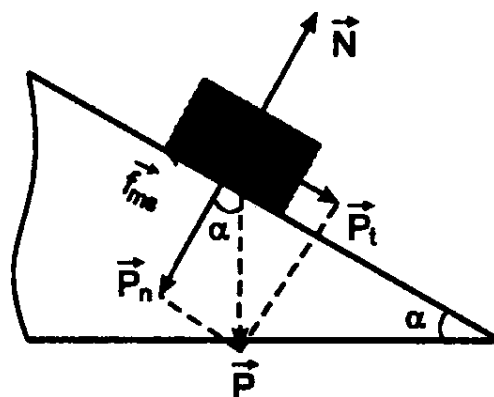
c) Trong điều kiện của câu hỏi (b), vận tốc của vật ở cuối quãng đường 100m bằng bao nhiêu ?

Bài giải :

$$\text{Cho } \begin{cases} \alpha = 4^\circ, \\ k = 0,03, \\ s = 100\text{m}. \end{cases}$$

$$\text{Hỏi : } \begin{cases} k_{gh} ? \\ t ? \\ v ? \end{cases}$$

a) Vật trượt trên mặt phẳng nghiêng dưới tác dụng của ba lực : trọng lực $\vec{P} = m\vec{g}$, phản lực pháp tuyến \vec{N} và lực ma sát \vec{f}_{ms} hướng ngược chiều chuyển động (hình 2-1).



Hình 2-1

Tổng hợp lực đặt lên vật :

$$\vec{F} = \vec{P} + \vec{N} + \vec{f}_{ms}. \quad (1)$$

Có thể phân tích P thành hai thành phần \vec{P}_t và \vec{P}_n :

$$\vec{P} = \vec{P}_t + \vec{P}_n;$$

\vec{P}_t nằm dọc theo mặt phẳng nghiêng ; \vec{P}_n nằm vuông góc với mặt phẳng nghiêng. Thành phần \vec{P}_n này triệt tiêu phản lực pháp tuyến \vec{N} . Do đó (1) được viết lại thành :

$$\vec{F} = \vec{P}_t + \vec{f}_{ms}.$$

Vì \vec{P}_t và \vec{f}_{ms} cùng phương nhưng ngược chiều nhau nên về trị số $F = P_t - f_{ms}$, trong đó $P_t = P \sin \alpha = mg \sin \alpha$;

$$f_{ms} = k P_n = k P \cos \alpha = k mg \cos \alpha.$$

Từ đó : $F = mg \sin \alpha - k mg \cos \alpha$

Để vật có thể trượt xuống trên mặt phẳng nghiêng, phải có điều kiện :

$$F = mg \sin \alpha - k mg \cos \alpha \geq 0$$

hay

$$k \leq \tan \alpha.$$

Vậy giới hạn của hệ số ma sát k (giá trị lớn nhất của k) để vật có thể trượt xuống trên mặt phẳng nghiêng là :

$$k_{gh} = \operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} 4^\circ = 0,07.$$

b) Khi vật trượt xuống trên mặt phẳng nghiêng, gia tốc của vật bằng :

$$a = \frac{F}{m} = \frac{mg \sin \alpha - kmg \cos \alpha}{m}$$

$$a = g(\sin \alpha - k \cos \alpha),$$

Với $k = 0,03$; $\sin \alpha \approx 0,07$; $\cos \alpha \approx 1$,

$$a = 9,8 (0,07 - 0,03.1) = 0,39 \text{ m/s}^2.$$

Từ phương trình chuyển động $s = \frac{1}{2}at^2$ (vì $v_0 = 0$), ta tính được thời gian để vật đi hết quãng đường $s = 100\text{m}$:

$$t = \sqrt{\frac{2s}{a}} = \sqrt{\frac{2.100}{0,39}} \approx 22,7 \text{ giây}.$$

c) Vận tốc của vật ở cuối quãng đường 100 m :

$$v = at = 0,39 \cdot 22,7 = 8,85 \text{ m/s}.$$

Bài tập thí dụ 2.2

Người ta gắn vào mép bàn (nằm ngang) một ròng rọc có khối lượng không đáng kể. Hai vật A và B có khối lượng bằng nhau $m_A = m_B = 1\text{kg}$ được nối với nhau bằng một sợi dây vắt qua ròng rọc. Hệ số ma sát giữa vật B và mặt bàn bằng $k = 0,1$. Tìm

a) Gia tốc của hệ ; b) Lực căng của dây.

Coi ma sát ở ròng rọc là không đáng kể.

Bài giải :

$$\text{Cho } \begin{cases} m_A = m_B = 1\text{kg}, \\ k = 0,1. \end{cases}$$

$$\text{Hỏi } \begin{cases} a ? \\ T ? \end{cases}$$

a) Lực tổng hợp đặt lên hệ (hình 2-2a) :

$$\vec{F} = \vec{P}_A + \vec{P}_B + \vec{N} + \vec{f}_{ms}, \quad (1)$$

\vec{P}_A, \vec{P}_B là các trọng lực đặt lên A và B ;

\vec{N} – phản lực pháp tuyến của mặt bàn lên vật B ;

\vec{f}_{ms} là lực ma sát đặt lên vật B.

Chiếu (1) trên phương chuyển động (ứng với các vật) và chọn chiều dương là chiều chuyển động, ta được :

$$F = P_A - f_{ms} = m_A g - k m_B g = (m_A - k m_B) g.$$

Khối lượng của toàn hệ : $m = m_A + m_B$. Theo định luật Niuton thứ hai, gia tốc của hệ bằng

$$a = \frac{F}{m} = \frac{(m_A - k m_B) g}{m_A + m_B} = \frac{(1 - 0,1.1) 9,8}{1 + 1} = 4,4 \text{ m/s}^2.$$

b) Để tính lực căng của dây tại M, ta tưởng tượng cắt dây tại đó. Muốn cho hai vật A, B vẫn chuyển động với gia tốc \vec{a} như cũ; ta phải tác dụng lên hai nhánh của dây ở M những lực căng \vec{T} và \vec{T}' . Xét riêng vật A : lực tác dụng lên nó gồm \vec{P}_A và \vec{T} (hình 2-2b). Áp dụng định luật Niuton thứ hai cho vật A, ta được :

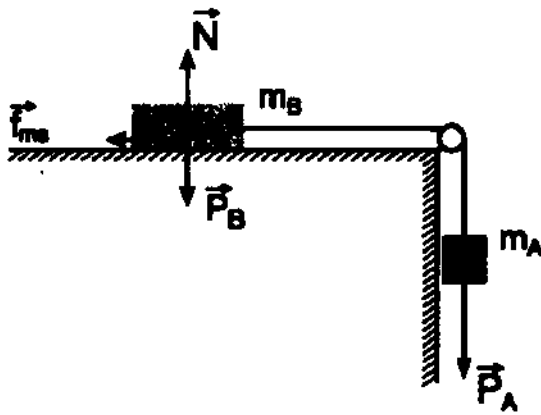
$$m_A \vec{a} = \vec{P}_A + \vec{T},$$

hay về trị số :

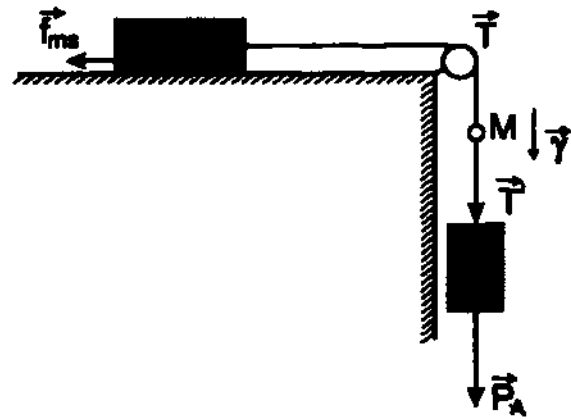
$$m_A a = P_A - T.$$

Từ đó ta suy ra :

$$T = P_A - m_A a = m_A (g - a) = \frac{m_A m_B (1 + k) g}{m_A + m_B}.$$



Hình 2-2a



Hình 2-2b

Tương tự nếu xét riêng vật B ta có :

$$\begin{aligned} T' - f_{ms} &= m_B a, \\ T' &= m_B (kg + a) = m_B \left(kg + \frac{m_A - km_B}{m_A + m_B} g \right) = \\ &= \frac{m_A m_B (1 + k) g}{m_A + m_B} \end{aligned}$$

Vậy : $T' = T = 5,4 \text{ N}$.

Bài tập thí dụ 2.3

Một vật trượt từ đỉnh một mặt phẳng nghiêng hợp với mặt phẳng nằm ngang một góc $\alpha = 30^\circ$. Chiều dài của mặt phẳng nghiêng bằng $l = 167 \text{ cm}$, hệ số ma sát giữa vật và mặt phẳng nghiêng $k = 0,2$, vận tốc ban đầu của vật bằng không.

Hỏi sau bao lâu vật trượt hết mặt phẳng nghiêng ?

Bài giải :

$$\text{Cho } \begin{cases} \alpha = 30^\circ, & l = 167 \text{ cm}, \\ k = 0,2, & v_0 = 0. \end{cases} \quad \text{Hỏi } \{ t ?$$

Gọi \vec{F} là tổng hợp lực đặt lên vật, m là khối lượng của vật, \vec{v} là vận tốc của vật ở cuối mặt phẳng nghiêng. Theo định lí về động lượng (sau khi chiếu trên mặt phẳng nghiêng) :

$$F_t \cdot t = mv - mv_0 = mv ; \quad (1)$$

nhưng theo các bài tập mẫu ở trên

$$F_t = mg (\sin\alpha - k\cos\alpha),$$

mặt khác
$$l = \frac{1}{2}at^2 = \frac{vt}{2} \text{ hay } v = \frac{2l}{t}.$$

Thay giá trị của v và F_t vào (1), ta được

$$t = \sqrt{\frac{2l}{g(\sin\alpha - k\cos\alpha)}} = \sqrt{\frac{2.1,67}{9,8(\sin 30^\circ - 0,2\cos 30^\circ)}}.$$

Chú ý : Bài toán này có thể giải bằng định luật Niu-ơn thứ 2.

Bài tập thí dụ 2.4

Từ đỉnh dốc A (cao OA = h, dốc nghiêng góc α với mặt phẳng ngang) một chất điểm khối lượng m bắt đầu trượt xuống không ma sát. Xác định tại thời điểm t và đối với O (xem hình vẽ)

- 1) Mômen tổng hợp các lực tác dụng lên chất điểm ;
- 2) Mômen động lượng của chất điểm.

Bài giải

Cho $\begin{cases} h, \alpha, \\ \text{không ma sát} \end{cases}$ Hỏi $\begin{cases} M = ? \\ L = ? \end{cases}$

Tại thời điểm t chất điểm ở vị trí m tổng hợp các ngoại lực tác dụng lên chất điểm (xem bài tập thí dụ 1) là

$$\vec{F} = \vec{P} + \vec{N} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{N} = \vec{P}_1$$

$$F = P_1 = mg\sin\alpha \text{ (vì } P_2 - N = 0 \text{)}.$$

Khoảng cách từ O đến phương của \vec{F} là

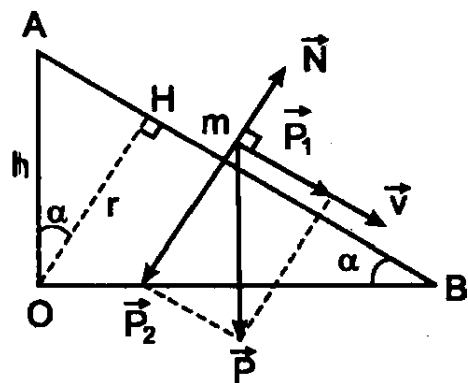
$$r = h\cos\alpha$$

Vậy
$$M = rF = h\cos\alpha \cdot mg\sin\alpha = hmg\cos\alpha\sin\alpha$$

Vận tốc chất điểm tại thời điểm t : $v = at = (g\sin\alpha)t$

Mômen động lượng của chất điểm đối với O :

$$L = rmv = (hmg\cos\alpha\sin\alpha)t$$



Hình 2-3

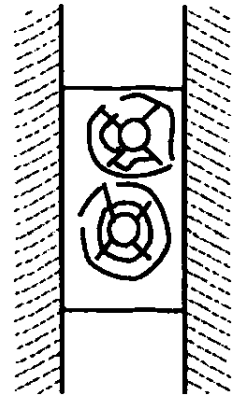
Bài tập tự giải

2-1. Một xe có khối lượng 20000kg, chuyển động chậm dần đều dưới tác dụng của một lực bằng 6000N, vận tốc ban đầu của xe bằng 15m/s. Hỏi :

- a) Gia tốc của xe ;
- b) Sau bao lâu xe dừng lại ;
- c) Đoạn đường xe đã chạy được kể từ lúc hãm cho đến khi xe dừng hẳn.

2-2. Một thanh gỗ nặng 49N bị kẹp giữa hai mặt phẳng thẳng đứng (hình 2-4). Lực ép thẳng góc trên mỗi mặt của thanh là 147N. Hỏi lực nhỏ nhất cần để nâng hoặc hạ thanh gỗ ? Hệ số ma sát giữa thanh gỗ và mặt ép $k = 0,2$.

2-3. Hỏi phải tác dụng một lực bằng bao nhiêu lên một toa tàu đang đứng yên để nó chuyển động nhanh dần đều và sau thời gian 30 giây nó đi được 11m. Cho biết lực ma sát của toa tàu bằng 5% trọng lượng của toa tàu.



Hình 2-4

2-4. Một người di chuyển một chiếc xe với vận tốc không đổi. Lúc đầu người ấy kéo xe về phía trước, sau đó người ấy đẩy xe về phía sau. Trong cả hai trường hợp, càng xe hợp với mặt phẳng nằm ngang một góc α . Hỏi trong trường hợp nào người ấy phải đặt lên xe một lực lớn hơn ? Biết rằng trọng lượng của xe là P , hệ số ma sát giữa bánh xe và mặt đường là k .

2-5. Một vật có khối lượng $m = 5\text{kg}$ được đặt trên một mặt phẳng nghiêng hợp với mặt phẳng nằm ngang một góc $\alpha = 30^\circ$. Hệ số ma sát giữa vật và mặt phẳng nghiêng bằng $k = 0,2$. Tìm gia tốc của vật trên mặt phẳng nghiêng.

2-6. Một vật trượt xuống trên một mặt phẳng nghiêng hợp với mặt phẳng nằm ngang một góc $\alpha = 45^\circ$. Khi trượt được quãng đường $s = 36,4\text{cm}$, vật thu được vận tốc $v = 2\text{m/s}$. Xác định hệ số ma sát giữa vật và mặt phẳng nghiêng.

2-7. Một sợi dây thừng được đặt trên mặt bàn sao cho một phần của nó buông thõng xuống đất. Sợi dây bắt đầu trượt trên mặt bàn khi chiều dài của phần buông thõng bằng 25% chiều dài của dây. Xác định hệ số ma sát k giữa sợi dây và mặt bàn.

2-8. 1) Một ô tô khối lượng một tấn chuyển động trên một đường bằng, hệ số ma sát giữa bánh ô tô và mặt đường là 0,1. Tính lực kéo của động cơ ô tô trong trường hợp :

- a) Ô tô chuyển động đều ;
- b) Ô tô chuyển động nhanh dần đều với gia tốc bằng 2m/s^2 ;
- 2) Cũng câu hỏi trên nhưng cho trường hợp ô tô chuyển động đều và :
 - a) Lên dốc có độ dốc 4% ; b) Xuống dốc đó.

Hệ số ma sát bằng 0,1 trong suốt thời gian chuyển động.

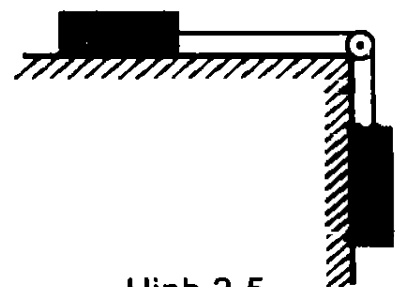
2-9. Một sợi dây được vắt qua một ròng rọc có khối lượng không đáng kể, hai đầu buộc hai vật có khối lượng m_1 và m_2 ($m_1 > m_2$). Xác định gia tốc của hai vật và sức căng của dây. Coi ma sát không đáng kể.

Áp dụng bằng số : $m_1 = 2m_2 = 1\text{kg}$.

2-10. Một tàu điện, sau khi xuất phát, chuyển động với gia tốc không đổi $\gamma = 0,5 \text{ m/s}^2$. 12 giây sau khi bắt đầu chuyển động, người ta tắt động cơ của tàu điện và tàu chuyển động chậm dần đều cho tới khi dừng hẳn. Trên toàn bộ quãng đường, hệ số ma sát bằng $k = 0,01$. Tìm :

- a) Vận tốc lớn nhất của tàu ;
- b) Thời gian toàn bộ kể từ lúc tàu xuất phát cho tới khi tàu dừng hẳn ;
- c) Gia tốc của tàu trong chuyển động chậm dần đều ;
- d) Quãng đường toàn bộ mà tàu đã đi được.

2-11. Một bản gỗ A được đặt trên một mặt phẳng nằm ngang. Bản A được nối với một bản gỗ B khác bằng một sợi dây vắt qua một ròng rọc cố định (như hình vẽ 2-5). Khối lượng của ròng rọc và của dây coi như không đáng kể.

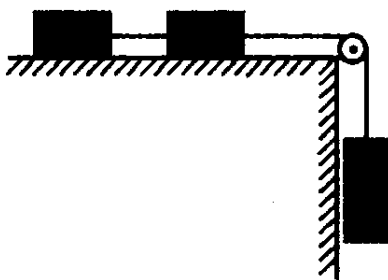


Hình 2-5

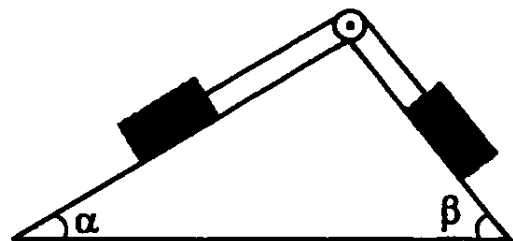
a) Tính lực căng của dây nếu cho $m_A = 200\text{g}$; $m_B = 300\text{g}$, hệ số ma sát giữa bản A và mặt phẳng nằm ngang $k = 0,25$.

b) Nếu thay đổi vị trí của A và B thì lực căng của dây sẽ bằng bao nhiêu ? Xem hệ số ma sát vẫn như cũ.

2-12. Hai vật có khối lượng $m_1 = 1\text{kg}$, $m_2 = 2\text{kg}$ được nối với nhau bằng một sợi dây và được đặt trên mặt bàn nằm ngang. Dùng một sợi dây khác vắt qua một ròng rọc, một đầu dây buộc vào m_2 và đầu kia buộc vào một vật thứ ba có khối lượng $m_3 = 3\text{kg}$ (hình 2-6). Coi ma sát không đáng kể. Tính lực căng của hai sợi dây.



Hình 2-6



Hình 2-7

2-13. Ở đỉnh của hai mặt phẳng nghiêng hợp với mặt phẳng nằm ngang các góc $\alpha = 30^\circ$ và $\beta = 45^\circ$ (hình 2-7), có gắn một ròng rọc khối lượng không đáng kể. Dùng một sợi dây vắt qua ròng rọc, hai đầu dây nối với hai vật A và B đặt trên các mặt phẳng nghiêng. Khối lượng của các vật A và B đều bằng 1kg . Bỏ qua tất cả các lực ma sát. Tìm gia tốc của hệ và lực căng của dây.

2-14. Một đoàn tàu gồm một đầu máy, một toa 10 tấn, và một toa 5 tấn, nối với nhau theo thứ tự trên bằng những lò xo giống nhau. Biết rằng khi chịu tác dụng một lực bằng 500 N thì lò xo giãn 1cm . Bỏ qua ma sát. Tính độ giãn của lò xo trong hai trường hợp :

a) Đoàn tàu bắt đầu chuyển bánh, lực kéo của đầu máy không đổi và sau 10 giây vận tốc của đoàn tàu đạt tới 1m/s ;

b) Đoàn tàu lên dốc có độ nghiêng 5% với vận tốc không đổi.

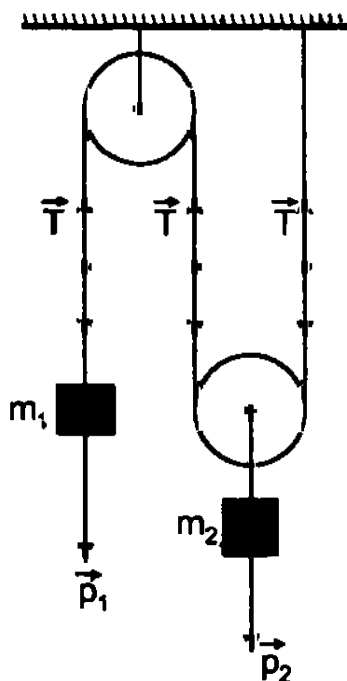
2-15. Một vật có khối lượng $m = 200\text{g}$, được treo ở đầu một sợi dây dài $l = 40\text{cm}$; vật quay trong mặt phẳng nằm ngang với vận tốc không đổi sao cho sợi dây vạch một mặt nón. Giả sử khi đó dây tạo với phương thẳng đứng một góc $\alpha = 36^\circ$.

Tìm vận tốc góc của vật và lực căng của dây.

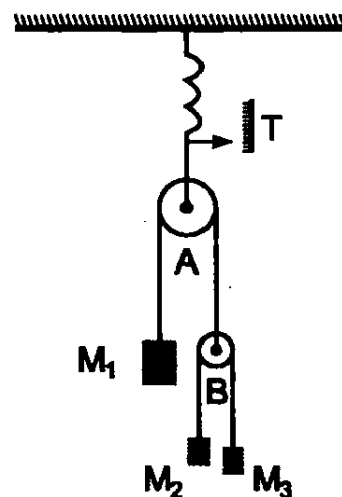
2-16. Xác định gia tốc của vật m_1 trong hình 2-8. Bỏ qua ma sát, khối lượng của ròng rọc và dây. Áp dụng cho trường hợp $m_1 = m_2$.

2-17. Qua một ròng rọc A khối lượng không đáng kể, người ta luồn một sợi dây, một đầu buộc vào quả nặng M_1 , đầu kia buộc vào một ròng rọc B khối lượng không đáng kể. Qua B lại vắt một sợi dây khác. Hai đầu dây nối với hai quả nặng M_2 và M_3 . Ròng rọc A với toàn bộ các trọng vật được treo vào một lực kế lò xo (hình 2-9).

Xác định gia tốc của quả nặng M_3 và số chỉ T trên lực kế, nếu $M_2 \neq M_3$, $M_1 > M_2 + M_3$.



Hình 2-8

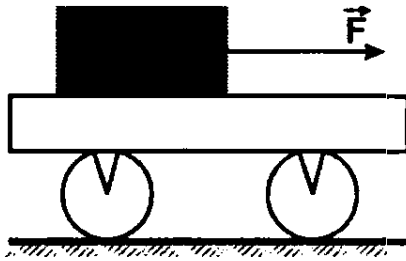


Hình 2-9

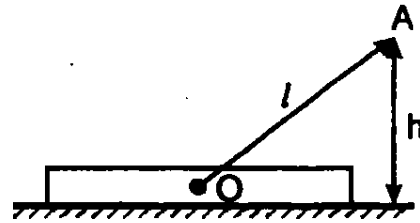
2-18. Một chiếc xe khối lượng 20kg có thể chuyển động không ma sát trên một mặt phẳng nằm ngang. Trên xe có đặt một hòn đá khối

lượng 2kg (hình 2-10), hệ số ma sát giữa hòn đá và xe là 0,25. Lần thứ nhất người ta tác dụng lên hòn đá một lực bằng 2N, lần thứ 2 – bằng 20N. Lực có phương nằm ngang và hướng dọc theo xe. Xác định :

- Lực ma sát giữa hòn đá và xe ;
- Gia tốc của hòn đá và xe trong hai trường hợp trên.



Hình 2-10



Hình 2-11

2-19. Người ta kéo một khúc gỗ trọng lượng P với vận tốc không đổi bằng một sợi dây dài l . Khoảng cách từ đầu dây tới mặt đất bằng h (hình 2-11).

- Tìm hệ số ma sát giữa khúc gỗ và mặt đất (dây được buộc vào trọng tâm của khúc gỗ) ;
- Nếu dây được buộc vào đầu khúc gỗ thì độ lớn của lực ma sát có thay đổi không ?

2-20. Viết phương trình chuyển động của một viên đạn bay ngang trong không khí, nếu kể đến lực cản của không khí. Cho biết lực cản của không khí tỷ lệ với vận tốc của viên đạn, hệ số tỷ lệ là k , khối lượng của viên đạn bằng m .

2-21. Viết phương trình chuyển động của một vật rơi nếu kể đến lực cản của không khí, biết rằng lực cản tỷ lệ với vận tốc của vật rơi.

2-22. Tính lực đẩy trung bình của hơi thuốc súng lên đầu đạn ở trong nòng một súng bộ binh, biết rằng đầu đạn có khối lượng $m = 10g$, thời gian chuyển động của đạn trong nòng là $\Delta t = 0,001$ giây, vận tốc của viên đạn ở đầu nòng là $v = 865m/s$.

2-23. Một toa xe khối lượng 20 tấn chuyển động với vận tốc ban đầu $v = 54 \text{ km/h}$. Xác định lực trung bình tác dụng lên xe, nếu toa xe dừng lại sau thời gian :

- a) 1 phút 40 giây ; b) 10 giây ; c) 1 giây.

2-24. Một viên đạn khối lượng 10g chuyển động với vận tốc $v_0 = 200 \text{ m/s}$ đập vào một tấm gỗ và xuyên sâu vào tấm gỗ một đoạn l . Biết thời gian chuyển động của viên đạn trong tấm gỗ bằng $t = 4 \cdot 10^{-4}$ giây. Xác định lực cản trung bình của tấm gỗ lên viên đạn và độ xuyên l của viên đạn.

2-25. Một phân tử có khối lượng $m = 4,56 \cdot 10^{-23} \text{ g}$ chuyển động với vận tốc $v = 60 \text{ m/s}$ và chạm đàn hồi vào thành bình với góc nghiêng $\alpha = 60^\circ$. Tính xung lượng của lực va chạm của phân tử lên thành bình.

2-26. Một xe khối lượng 15 tấn chuyển động chậm dần đều với gia tốc có độ lớn bằng $0,49 \text{ m/s}^2$. Biết vận tốc ban đầu của xe là $v_0 = 27 \text{ km/h}$. Hỏi. a) Lực hãm tác dụng lên xe ; b) Sau bao lâu xe dừng lại.

2-27. Trong mặt phẳng thẳng đứng chọn hệ trục tọa độ Oxy với Ox nằm ngang, Oy thẳng đứng.

Một chất điểm được ném từ điểm có tọa độ $(2, 0)$ (đơn vị mét) theo phương thẳng đứng lên trên với vận tốc đầu 10 m/s . Tính độ biến thiên mômen động lượng của chất điểm đối với gốc O trong khoảng thời gian từ lúc ném lên đến lúc rơi xuống đúng vị trí ban đầu. Cho khối lượng chất điểm $m = 1 \text{ kg}$.

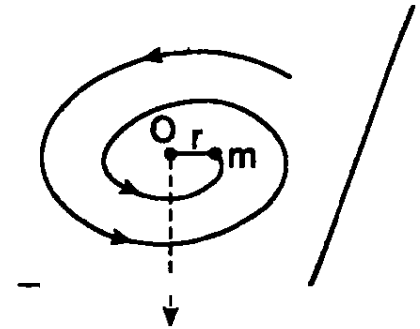
2-28. Chất điểm khối lượng m được ném lên từ một điểm O trên mặt đất, với vận tốc ban đầu v_0 theo hướng nghiêng góc α với mặt phẳng ngang. Xác định mômen động lượng của chất điểm đối với O tại thời điểm vận tốc chuyển động của chất điểm nằm ngang.

2-29. Chất điểm khối lượng m được ném lên từ một điểm O trên mặt đất với vận tốc đầu v_0 theo hướng nghiêng góc α với mặt phẳng ngang. Xác định tại thời điểm t và đối với O

- a) mômen ngoại lực tác dụng lên chất điểm ;
- b) mômen động lượng của chất điểm.

Bỏ qua sức cản không khí.

2-30. Trên một mặt phẳng nằm ngang nhẵn (hình 2-12) có 1 chất điểm khối lượng m chuyển động buộc vào 1 sợi dây không co dãn, đầu kia của dây được kéo qua 1 lỗ nhỏ O với vận tốc không đổi. Tính sức căng của dây theo khoảng cách r giữa chất điểm và O biết rằng khi $r = r_0$, vận tốc của chất điểm là ω_0 .



Hình 2-12

2-31. Một người khối lượng 50kg đứng trong thang máy đang đi xuống nhanh dần đều với gia tốc bằng $4,9\text{m/s}^2$. Hỏi người có cảm giác thế nào và trọng lượng biểu kiến của người đó trong thang máy ?

2-32. Trong một thang máy người ta treo ba chiếc lò xo, ở đầu các lò xo có treo ba vật khối lượng lần lượt bằng 1kg, 2kg và 3kg. Tính lực căng của các lò xo :

- a) Lúc thang máy đứng yên ; b) Lúc thang máy rơi tự do.

2-33. Một thang máy được treo ở đầu một dây cáp đang chuyển động lên phía trên. Lúc đầu thang máy chuyển động nhanh dần đều sau đó chuyển động đều và trước khi dừng lại chuyển động chậm dần đều. Hỏi trong quá trình trên, lực căng của dây cáp thay đổi như thế nào ? Cảm giác của người trên thang máy ra sao ?

2-34. Trên một đĩa nằm ngang đang quay, người ta đặt một vật có khối lượng $m = 1\text{kg}$ cách trục quay $r = 50\text{cm}$. Hệ số ma sát giữa vật và đĩa bằng $k = 0,25$. Hỏi :

- a) Lực ma sát phải có độ lớn bằng bao nhiêu để vật được giữ trên đĩa nếu đĩa quay với vận tốc $n = 12$ vòng/phút ;
- b) Với vận tốc góc nào thì vật bắt đầu trượt khỏi đĩa ?

2–35. Xác định lực nén phi công vào ghế máy bay ở các điểm cao nhất và thấp nhất của vòng nhào lộn nếu khối lượng của phi công bằng 75kg, bán kính của vòng nhào lộn bằng 200m, và vận tốc của máy bay trong vòng nhào lộn luôn luôn không đổi và bằng 360km/h.

2–36. Một máy bay phản lực bay với vận tốc 900km/h. Giả thiết phi công có thể chịu được sự tăng trọng lượng lên 5 lần. Tìm bán kính nhỏ nhất của vòng lượn mà máy bay có thể đạt được.

Chương 3

ĐỘNG LỰC HỌC HỆ CHẤT ĐIỂM ĐỘNG LỰC HỌC VẬT RẮN

1. Khối tâm của một hệ chất điểm

$$\vec{r} = \frac{\sum_i m_i \vec{r}_i}{m}, \quad (3-1)$$

với $m = \sum_i m_i$ = tổng khối lượng của hệ.

2. Phương trình chuyển động của khối tâm

$$m\vec{a} = \sum_i \vec{F}_i, \quad (3-2)$$

với $\vec{a} = \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2}$ = gia tốc chuyển động khối tâm.

3. Động lượng của một hệ

$$\vec{K} = \sum_i m_i \vec{v}_i = m\vec{v}, \quad (3-3)$$

với $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$ = vận tốc chuyển động khối tâm.

4. Định luật bảo toàn động lượng của một hệ cô lập

$$\sum_i \vec{F}_i = 0 \Rightarrow \sum_i m_i \vec{v}_i = \overline{\text{const}},$$

nghĩa là $\vec{v} = \overline{\text{const}}$

5. Định lý về mômen động lượng của một hệ

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \overline{\vec{M}}, \quad (3-4)$$

với
$$L = \sum_i (\vec{r}_i \wedge m_i \vec{v}_i)$$

và $\overline{\vec{M}} = \sum_i (\vec{r}_i \wedge \vec{F}_i)$ (tổng mômen các ngoại lực tác dụng).

6. Định luật bảo toàn mômen động lượng của một hệ

Khi $\overline{\vec{M}} = 0$ ta có

$$\vec{L} = \sum_i (\vec{r}_i \wedge m_i \vec{v}_i) = \overline{\text{const}}, \quad (3-5)$$

dưới dạng khác :

$$\sum_i (I_i \vec{\omega}_i) = \overline{\text{const}}, \quad (3-6)$$

trong đó : $I_i = m_i r_i^2. \quad (3-7)$

7. Phương trình cơ bản của chuyển động quay của vật rắn xung quanh một trục

$$\vec{\beta} = \frac{\overline{\vec{M}}}{I}, \quad (3-8)$$

trong đó $\vec{\beta}$ là vectơ gia tốc góc của vật rắn, $\overline{\vec{M}}$ là tổng hợp mômen các ngoại lực đối với trục quay, I là mômen quán tính của vật rắn đối với trục quay.

8. Mômen quán tính.

a) Của vật rắn đối với trục quay

$$I = \sum_i \Delta m_i r_i^2 = \int_{\text{vật}} r^2 dm, \quad (3-9)$$

r là khoảng cách từ phần tử khối lượng dm của vật rắn tới trục quay ;

b) Của chất điểm khối lượng m đối với trục quay

$$I = mr^2, \quad (3-10)$$

r là khoảng cách từ chất điểm tới trục quay ;

c) Của một thanh mảnh^(*) khối lượng m , chiều dài l , đối với trục thẳng góc với thanh và đi qua tâm của thanh

$$I = \frac{ml^2}{12} ; \quad (3-11)$$

d) Của đĩa tròn hoặc trụ đặc^(*) khối lượng m , bán kính R đối với trục của đĩa :

$$I = \frac{mR^2}{2} ; \quad (3-12)$$

đ) Của vành tròn hoặc trụ rỗng^(*) khối lượng m , bán kính R đối với trục của nó

$$I = mR^2 ; \quad (3-13)$$

e) Của khối cầu (đặc)^(*) khối lượng m , bán kính R , đối với một đường kính của nó

$$I = \frac{2}{5} mR^2 ; \quad (3-14)$$

f) Của vật rắn đối với một trục Δ bất kỳ (định lý Stène – Huyghen)

(*) đồng chất

$$I = I_G + md^2, \quad (3-15)$$

trong đó I_G là mômen quán tính của vật rắn đối với trục $\Delta_G // \Delta$ và đi qua khối tâm G của vật rắn, m là khối lượng của vật rắn, d là khoảng cách giữa hai trục Δ và Δ_G .

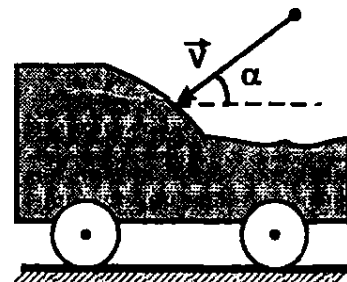
Bài tập thí dụ 3.1

Một xe chở đầy cát, đỗ trên đường ray nằm ngang. Toàn bộ xe có khối lượng $M = 5000\text{kg}$. Một viên đạn khối lượng $m = 5\text{kg}$ bay dọc đường ray với vận tốc $v = 400\text{m/s}$ theo phương hợp với mặt phẳng nằm ngang một góc $\alpha = 36^\circ$ và tới đập vào xe cát (hình 3-1). Sau khi gặp xe, viên đạn nằm ngấp trong cát. Tìm vận tốc của xe nếu bỏ qua ma sát giữa xe và đường ray.

Bài giải

$$\text{Cho} \begin{cases} M = 5000\text{kg} \\ m = 5\text{kg}, \\ v = 400\text{m/s}, \\ \alpha = 36^\circ. \end{cases}$$

Hỏi v_x ?



Hình 3-1

Ngoại lực tác dụng lên hệ xe cát + đạn gồm trọng lực và phản lực pháp tuyến của đường ray. Nếu chiếu lên phương nằm ngang thì ngoại lực tác dụng lên hệ bằng không: Vậy động lượng của hệ theo phương nằm ngang được bảo toàn. Gọi \vec{K} là động lượng của hệ, K_x là hình chiếu của nó trên phương ngang ta có :

$$K_{1x} \text{ (trước khi đạn đập vào xe)} = K_{2x} \text{ (sau khi đạn đập vào xe)}$$

$$\text{hay :} \quad mv \cos \alpha = (M + m)v_x.$$

$$\text{Suy ra :} \quad v_x = \frac{mv \cos \alpha}{M + m}.$$

Thay số vào ta được :

$$v_x = \frac{5 \times 400 \cos 36^\circ}{5000 + 5} = 0,32\text{m/s}.$$

Bài tập thí dụ 3.2

Một vô lăng^(*) hình đĩa tròn có khối lượng $m = 500\text{kg}$, bán kính $r = 20\text{cm}$ đang quay xung quanh trục của nó với vận tốc $n = 480$ vòng/phút. Tác dụng một mômen hãm lên vô lăng. Tìm : mômen hãm đó trong hai trường hợp :

- a) Vô lăng dừng lại sau khi hãm 50 giây ;
- b) Vô lăng dừng lại sau khi đã quay thêm được $N = 200$ vòng.

Bài giải :

$$\text{Cho } \begin{cases} m = 500\text{kg}, \\ r = 0,2\text{m} \\ \omega = 2\pi n = 50,2\text{rad/s}, \\ \Delta t = 50 \text{ giây}, \\ N = 200 \text{ vòng} \rightarrow 0 ; 2\pi N = 400\pi\text{rad}. \end{cases} \quad \text{Hỏi } \{ \mathcal{M} ?$$

a) Ta biết rằng mức độ thay đổi trạng thái chuyển động quay phụ thuộc thời gian tác dụng của mômen ngoại lực, tức phụ thuộc xung lượng của mômen lực. Trong câu hỏi này ta biết thời gian hãm $\Delta t = 50\text{s}$. Vậy có thể dùng định lý về mômen động lượng để giải bài toán. Theo (3.4), nếu giả thiết mômen hãm không đổi trong thời gian hãm, ta có :

$$\mathcal{M} \Delta t = \Delta L = I\omega_2 - I\omega_1.$$

$$\text{Nhưng :} \quad \omega_2 = 0 ; \omega_1 = \omega ; I = \frac{1}{2}mr^2,$$

$$\text{nên} \quad \mathcal{M} = -\frac{I\omega}{\Delta t} = -\frac{mr^2\omega}{2\Delta t}.$$

$$\mathcal{M} = \frac{-500 (0,2)^2 \cdot 50,2}{2 \cdot 50} = -10\text{Nm}.$$

\mathcal{M} có giá trị âm vì đây là mômen hãm.

(*) đồng chất

b) Từ khi bắt đầu hãm cho tới khi dừng lại, vô lăng đã quay thêm được $\theta = 400\pi$ rad.

$$A = \mathcal{M} \theta.$$

Công này làm cho động năng của vô lăng giảm từ $\frac{1}{2}I\omega^2$ tới không.

Áp dụng hệ thức :

$$\omega_2^2 - \omega_1^2 = 2\beta\theta, \text{ với } \omega_2 = 0 ;$$

ta suy ra $\beta = -\frac{\omega_1^2}{2\theta}$. Và mômen hãm cho bởi

$$\mathcal{M} = I\beta = -\frac{mr^2\omega_1^2}{4\theta} \approx -10\text{Nm}.$$

Bài tập thí dụ 3.3

Một người đứng ở giữa ghế Giucốpki sao cho phương của trọng lực tác dụng lên người trùng với trục quay của ghế. Hai tay người đó dang ra và cầm hai quả tạ, mỗi quả có khối lượng 2kg. Khoảng cách giữa hai quả tạ là 1,6m. Cho hệ người + ghế quay với vận tốc góc không đổi 0,5 vòng/s.

Hỏi vận tốc góc của ghế và người nếu người đó co hai tay lại để khoảng cách giữa hai quả tạ chỉ còn là 0,6m. Cho biết mômen quán tính của người + ghế (không kể tạ) là $2,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$.

Bài giải

$$\text{Cho } \begin{cases} m = 2\text{kg}, \\ l_1 = 1,6\text{m}, \\ \omega_1 = 0,5\text{vòng/s} = 3,14\text{rad/s}, \\ l_2 = 0,6\text{m}, \\ I_0 = 2,5\text{kgm}^2. \end{cases} \quad \text{Hỏi } \omega_2 ?$$

Dễ dàng thấy rằng mômen ngoại lực tác dụng lên hệ người + ghế Giucốpki ở đây triệt tiêu. Do đó, theo định luật bảo toàn mômen động lượng, mômen động lượng của hệ đang xét được bảo toàn, nghĩa là :

Mômen động lượng của hệ khi người dang tay = mômen động lượng của hệ khi người co tay :

$$I_1 \omega_1 = I_2 \omega_2, \quad (1)$$

trong đó I_1 là mômen quán tính của hệ khi người dang tay bằng :

$$I_1 = I_0 + 2m \left(\frac{l_1}{2} \right)^2, \quad (2)$$

I_2 là mômen quán tính của hệ khi người co tay bằng :

$$I_2 = I_0 + 2m \left(\frac{l_2}{2} \right)^2 \quad (3)$$

Từ (1), (2) và (3), ta rút ra :

$$\omega_2 = \frac{I_1}{I_2} \omega_1 = \frac{I_0 + 2m \left(\frac{l_1}{2} \right)^2}{I_0 + 2m \left(\frac{l_2}{2} \right)^2} \cdot \omega_1.$$

Thay bằng số, ta có :

$$\omega_2 = \frac{2,5 + 2 \cdot 2 \left(\frac{1,6}{2} \right)^2}{2,5 + 2 \cdot 2 \left(\frac{0,6}{2} \right)^2} \cdot 3,14 = 5,5 \text{ rad/s}.$$

Vậy khi người co tay, hệ quay nhanh lên.

Bài tập thí dụ 3.4

Một thanh mảnh đồng chất có chiều dài $l = 1\text{m}$, trọng lượng $P = 5\text{N}$ quay xung quanh một trục thẳng góc với thanh và đi qua điểm giữa của nó. Tìm gia tốc góc của thanh nếu mômen lực tác dụng lên thanh là $M = 0,1\text{Nm}$.

Bài giải

$$\text{Cho } \begin{cases} l = 1\text{m}, \\ P = 5\text{N}, \\ M = 0,1\text{Nm}. \end{cases}$$

Hỏi β ?

Vì thanh chỉ quay nên áp dụng phương trình cơ bản của chuyển động quay của vật rắn (3-8), ta có :

$$\beta = \frac{\mathcal{M}}{I}.$$

Nhưng theo (3-11), mômen quán tính của thanh đối với trục quay :

$$I = \frac{ml^2}{12}, \text{ với } m = \frac{P}{g}.$$

Ta có :

$$\beta = \frac{12\mathcal{M}g}{Pl^2} = \frac{12 \cdot 0,1 \cdot 9,81}{5,1^2} = 2,25 \text{ rad/s}^2.$$

Bài tập thí dụ 3.5

Một trụ đặc^(*) khối lượng $m = 100\text{kg}$ quay xung quanh một trục nằm ngang trùng với trục của trụ. Trên trụ có cuốn một sợi dây không giãn trọng lượng không đáng kể. Đầu tự do của dây có treo một vật nặng khối lượng $M = 20\text{kg}$ (hình 3.2). Để vật nặng tự nó chuyển động. Tìm gia tốc của vật nặng và sức căng của dây.

Bài giải

$$\text{Cho } \begin{cases} m = 100\text{kg}, \\ M = 20\text{kg}. \end{cases}$$

Hỏi { a ? T ?

Dưới tác dụng của trọng lực $M\vec{g}$ lên vật nặng, hệ trụ + vật nặng chuyển động : trụ quay, vật nặng chuyển động tịnh tiến (hệ vừa có phần quay vừa có phần tịnh tiến). Vì vậy không thể áp dụng định luật Niuton II hay phương trình cơ bản của chuyển động quay cho *toàn hệ*. Gọi β là gia tốc góc của trụ, a là gia tốc dài của vật nặng. Vì chuyển động của vật nặng và chuyển động của một điểm trên mặt trụ có cùng gia tốc nên ta có hệ thức :

(*) đồng chất

$$a = \beta R, \quad (1)$$

R là bán kính của trụ.

Gọi \vec{T}' và \vec{T} là sức căng của dây tại A, ta có :

$$\vec{T} = -\vec{T}' \text{ (tức là } T = T'). \quad (2)$$

\vec{T} tác dụng lên đoạn dây nối với vật nặng, còn \vec{T}' , tác dụng lên đoạn dây nối với trụ.

Áp dụng định luật Niuton II cho riêng vật nặng, ta có :

$$Mg - T = Ma. \quad (3)$$

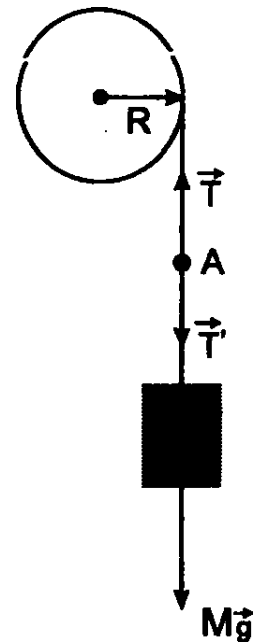
Áp dụng phương trình cơ bản của chuyển động quay cho riêng trụ đặc, ta có :

$$RT' = I\beta, \text{ với } I = \frac{mR^2}{2}. \quad (4)$$

Từ (1), (2), (3) và (4) ta rút ra :

$$a = \frac{2Mg}{2M + m} = \frac{2.20.9,81}{2.20 + 100} = 2,8 \text{ m/s}^2.$$

$$T = M(g - a) = 20 (9,81 - 2,8) = 140,2\text{N}.$$



Bài tập tự giải

Hình 3-2

3-1. Tại ba đỉnh của một tam giác đều cạnh a có đặt ba chất điểm, khối lượng lần lượt bằng m_1, m_2, m_3 . Xác định khối tâm của hệ ba chất điểm đó.

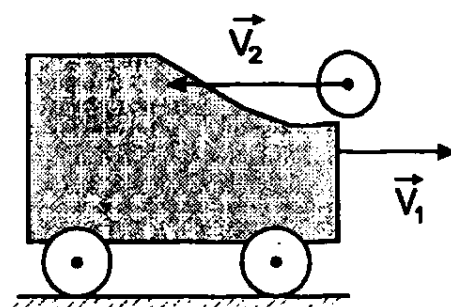
Áp dụng cho trường hợp : $m_2 = m_3 = m$; $m_1 = 2m$.

3-2. Trên một đĩa tròn đồng chất bán kính R có khoét một lỗ tròn nhỏ bán kính r ; tâm của lỗ khoét nằm cách tâm của đĩa một đoạn bằng $R/2$. Xác định vị trí khối tâm của đĩa trên.

3-3. Có một bệ súng khối lượng 10 tấn có thể chuyển động không ma sát trên đường ray. Trên bệ súng có gắn một khẩu đại bác khối lượng 5 tấn. Giả sử khẩu đại bác nhả đạn theo phương đường ray. Viên đạn có khối lượng 100kg và có vận tốc đầu nòng là 500m/s. Xác định vận tốc của bệ súng ngay sau khi bắn, biết rằng :

- Lúc đầu bệ súng đứng yên ;
- Trước khi bắn, bệ súng chuyển động với vận tốc 18 km/h theo chiều bắn ;
- Trước khi bắn, bệ súng chuyển động với vận tốc 18km/h ngược chiều bắn.

3-4. Một xe chở đầy cát chuyển động không ma sát với vận tốc $v_1 = 1\text{m/s}$ trên mặt đường nằm ngang (hình 3-3). Toàn bộ xe cát có khối lượng $M = 10\text{kg}$. Một quả cầu khối lượng $m = 2\text{kg}$ bay theo chiều ngược lại với vận tốc nằm ngang $v_2 = 7\text{m/s}$.



Hình 3-3

Sau khi gặp xe, quả cầu nằm ngập trong cát. Hỏi sau đó xe chuyển động theo chiều nào, với vận tốc bằng bao nhiêu ?

3-5. Một khẩu đại bác không có bộ phận chống giật, nhả đạn dưới một góc $\alpha = 45^\circ$ so với mặt phẳng nằm ngang. Viên đạn có khối lượng $m = 10\text{kg}$ và có vận tốc ban đầu $v_0 = 200\text{m/s}$. Đại bác có khối lượng $M = 500\text{kg}$. Hỏi vận tốc giật của súng nếu bỏ qua ma sát ?

3-6. Một hoả tiễn lúc đầu đứng yên, sau đó phụt khí đều đặn ra phía sau với vận tốc không đổi $u = 300\text{m/s}$ đối với hoả tiễn. Trong mỗi giây, lượng khí phụt ra bằng $\mu = 90\text{g}$. Khối lượng tổng cộng ban đầu của hoả tiễn bằng $M_0 = 270\text{g}$. Hỏi :

- Sau bao lâu hoả tiễn đạt tới vận tốc $v = 40\text{m/s}$;
- Khi khối lượng tổng cộng của hoả tiễn là 90g thì vận tốc của hoả tiễn là bao nhiêu ?

Bỏ qua sức cản của không khí và lực hút của Trái Đất.

3-7. Tìm mômen động lượng của Trái Đất đối với trục quay riêng của nó. Xem Trái Đất là một hình cầu đặc^(*) có bán kính $R = 6400\text{km}$, có khối lượng riêng trung bình $\rho = 5,5\text{g/cm}^3$.

3-8. Một đĩa tròn^(*) khối lượng $m = 0,3\text{ kg}$, có bán kính $R = 0,4\text{m}$, đang quay với vận tốc góc $\omega = 1500$ vòng/phút. Tác dụng lên đĩa một mômen hãm ; đĩa quay chậm dần và sau thời gian $\Delta t = 20$ giây thì dừng lại. Tìm mômen hãm đó.

3-9. Một trụ đặc^(*) khối lượng $m = 100\text{kg}$, bán kính $R = 0,5\text{m}$ đang quay xung quanh trục của nó. Tác dụng lên trụ một lực hãm $F = 243,4\text{N}$, tiếp tuyến với mặt trụ và vuông góc với trục quay. Sau thời gian $\Delta t = 31,4$ giây, trụ dừng lại. Tính vận tốc góc của trụ lúc bắt đầu tác dụng lực hãm.

3-10. Một trụ rỗng có khối lượng 50kg , đường kính 1m , đang quay với vận tốc 800 vòng/phút. Tác dụng vào trụ một lực hãm tiếp tuyến với mặt trụ và vuông góc với trục quay. Sau 2 phút 37 giây, trụ dừng lại. Tìm :

a) Mômen hãm ; b) Lực hãm tiếp tuyến.

3-11. Một thanh^(*) chiều dài $l = 0,50\text{m}$ có thể quay tự do xung quanh một trục nằm ngang đi qua một đầu của thanh. Một viên đạn khối lượng $m = 0,01\text{ kg}$ bay theo phương nằm ngang với vận tốc $v = 400\text{m/s}$ tới xuyên vào đầu kia của thanh và mắc vào thanh. Tìm vận tốc góc của thanh ngay sau khi viên đạn đập vào thanh. Biết rằng mômen quán tính của thanh đối với trục quay bằng 5kgm^2 .

3-12. Một đĩa tròn^(*) khối lượng $m_1 = 100\text{kg}$ quay với vận tốc góc $\omega_1 = 10$ vòng/phút. Một người khối lượng $m_2 = 60\text{kg}$ đứng ở mép đĩa. Hỏi vận tốc góc của đĩa khi người đi vào đứng ở tâm của đĩa. Coi người như một chất điểm.

(*) đồng chất

3-13. Xác định mômen quán tính của một thanh^(*) dài l khối lượng m đối với các trục sau đây :

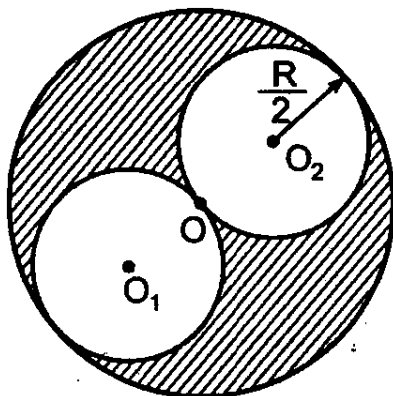
- Trục đi qua điểm giữa của thanh và tạo với thanh một góc α nào đó ;
- Trục song song với thanh và cách thanh một đoạn d ;
- Trục vuông góc với thanh và cách điểm giữa thanh một đoạn d .

3-14. Một đĩa bằng đồng (khối lượng riêng $\rho = 8,9 \times 10^3 \text{kg/m}^3$) có bề dày $b = 4 \cdot 10^{-3} \text{m}$, bán kính $R = 5 \cdot 10^{-2} \text{m}$. Đĩa bị khoét thủng hai lỗ tròn bán kính $R/2$ như hình 3-4. Tìm mômen quán tính của đĩa đã bị khoét đối với trục vuông góc với đĩa và đi qua tâm O của đĩa.

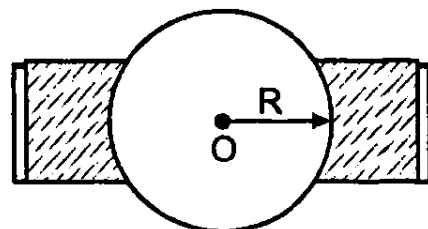
3-15. Tìm mômen quán tính của Trái Đất đối với trục quay của nó nếu lấy bán kính của Trái Đất là $R = 6400 \text{km}$ và khối lượng riêng trung bình của Trái Đất bằng $\rho = 5,5 \cdot 10^3 \text{kg/m}^3$.

3-16. Tác dụng lên một bánh xe bán kính $R = 0,5 \text{m}$ và có mômen quán tính $I = 20 \text{kg.m}^2$, một lực tiếp tuyến với vành bánh $F_t = 100 \text{N}$. Tìm :

- Gia tốc của bánh xe ;
- Vận tốc dài của một điểm trên vành bánh sau khi tác dụng lực 10 giây biết rằng lúc đầu bánh xe đứng yên.



Hình 3-4



Hình 3-5

(*) đồng chất

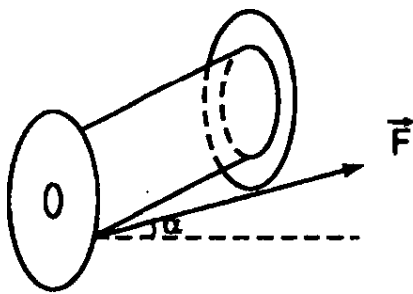
3.17. Một bánh xe bán kính $R = 50\text{cm}$ đang quay dưới tác dụng của mômen lực $M = 980\text{Nm}$. Hỏi phải cho mỗi má phanh tác dụng lên vành bánh một lực bằng bao nhiêu để bánh xe quay chậm dần với gia tốc góc $\beta = -2,5\text{rad/s}^2$. Biết hệ số ma sát $k = 0,25$, mômen quán tính của bánh xe đối với trục quay $I = 50\text{kg.m}^2$ (hình 3.5).

3-18. Một cuộn chỉ có khối lượng m được đặt trên một mặt phẳng nằm ngang (hình 3-6). Mômen quán tính của cuộn chỉ đối với trục của nó bằng I . Người ta kéo cuộn chỉ bằng một lực \vec{F} . Hỏi :

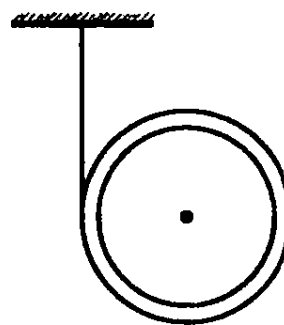
a) Góc α giữa lực \vec{F} và mặt phẳng nằm ngang phải bằng bao nhiêu để cuộn chỉ chuyển động có gia tốc về phía lực kéo ;

b) Lực \vec{F} phải có độ lớn bằng bao nhiêu để cuộn chỉ không trượt ? Cho hệ số ma sát giữa cuộn chỉ và mặt phẳng bằng k .

3-19. Trên một trụ rỗng khối lượng $m = 1\text{kg}$, người ta cuộn một sợi dây không giãn có khối lượng và đường kính nhỏ không đáng kể. Đầu tự do của dây được gắn trên một giá cố định (hình 3-7). Để trụ rơi dưới tác dụng của trọng lực. Tìm gia tốc của trụ và sức căng của dây treo.



Hình 3-6

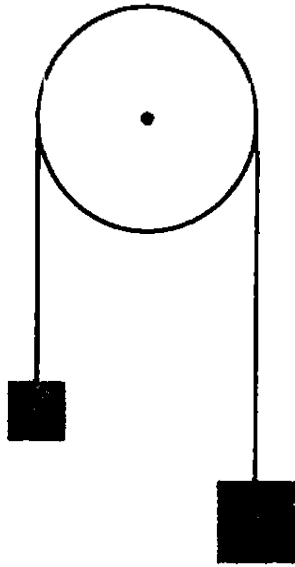


Hình 3-7

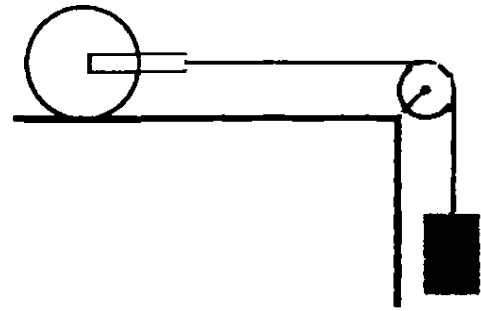
3-20. Hai vật có khối lượng lần lượt bằng m_1 và m_2 ($m_1 > m_2$), được nối với nhau bằng một sợi dây vắt qua một ròng rọc (khối lượng của ròng rọc bằng m) (hình 3-8). Tìm :

a) Gia tốc của các vật ;

b) Sức căng T_1 và T_2 của các dây treo. Coi ròng rọc là một đĩa tròn ; ma sát không đáng kể. Áp dụng bằng số : $m_1 = 2\text{kg}$, $m_2 = 1\text{kg}$, $m = 1\text{kg}$.



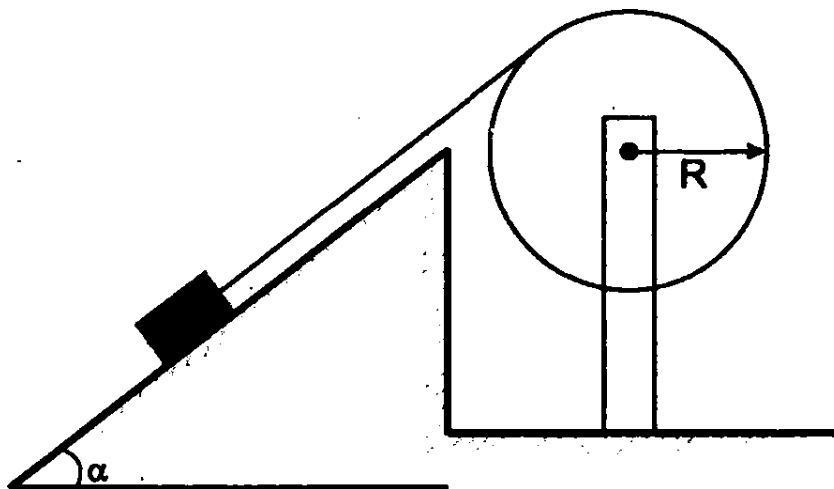
Hình 3-8



Hình 3-9

3-21. Một hệ gồm một trụ đặc^(*) khối lượng $M = 2,54\text{kg}$ và một vật nặng khối lượng $m = 0,5\text{kg}$ được nối với nhau bằng một sợi dây vắt qua ròng rọc (hình 3-9). Bỏ qua khối lượng của dây, của ròng rọc và khung gắn với trụ. Tìm gia tốc của vật nặng và sức căng của dây.

3-22. Một vật A khối lượng m trượt trên mặt phẳng nghiêng và làm quay một bánh xe có bán kính R (hình 3-10). Mômen quán tính của bánh xe đối với trục quay bằng I . Khối lượng của dây không đáng kể. Tìm gia tốc góc của bánh xe ?



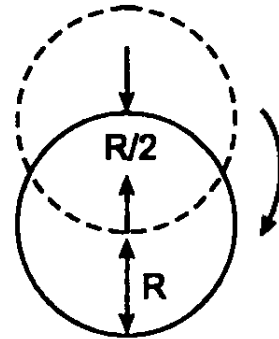
Hình 3-10

(*) đồng chất

3-23. Một thanh có chiều dài $l = 1\text{m}$ quay xung quanh một trục nằm ngang đi qua một đầu của thanh. Lúc đầu, thanh ở vị trí nằm ngang, sau đó được thả ra (hình 3-11). Tìm gia tốc góc của thanh lúc bắt đầu thả rơi và lúc thanh đi qua vị trí thẳng đứng.



Hình 3-11



Hình 3-12

3-24. Một đĩa tròn đồng chất bán kính R , khối lượng m có thể quay xung quanh 1 trục nằm ngang vuông góc với đĩa và cách tâm đĩa một đoạn $\frac{R}{2}$. Đĩa bắt đầu quay từ vị trí tương ứng với vị trí cao nhất của tâm đĩa với vận tốc đầu bằng 0. Xác định mômen động lượng của đĩa đối với trục quay khi đĩa đi qua vị trí thấp nhất.

3-25. Một hệ chất điểm có tổng động lượng bằng \vec{K} và mômen động lượng \vec{L} đối với một điểm O . Xác định mômen động lượng của hệ đối với điểm O' biết $\overrightarrow{OO'} = \vec{r}_0$. Trong trường hợp nào mômen động lượng của hệ không phụ thuộc điểm O ?

3-26. Chứng minh rằng mômen động lượng \vec{L} của 1 hệ chất điểm đối với 1 điểm O gắn liền với 1 hệ qui chiếu K có thể cho bởi

$$\vec{L} = \vec{L}_0 + \vec{r}_0 \wedge \vec{P},$$

trong đó \vec{L}_0 là mômen động lượng đối với khối tâm, \vec{r}_0 là vectơ bán kính của khối tâm đối với điểm O trong hệ K , \vec{P} là tổng động lượng của hệ.

Chương 4

NĂNG LƯỢNG

1. Công của lực \vec{F} trong chuyển dời CD bất kỳ

$$A = \int_{\widehat{CD}} \vec{F} \cdot d\vec{s} = \int_{\widehat{CD}} F_s \cdot ds, \quad (4-1)$$

$d\vec{s}$ là vectơ chuyển dời nguyên tố, F_s là hình chiếu của \vec{F} trên phương của $d\vec{s}$.

Trường hợp lực \vec{F} không đổi, chuyển dời thẳng :

$$A = \vec{F} \cdot \vec{s} = F_s \cdot s = F \cdot s \cdot \cos\alpha, \quad (4-2)$$

α là góc hợp bởi lực \vec{F} và phương chuyển dời \vec{s} .

2. Công suất của lực (hay của máy)

$$P = \frac{dA}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}, \quad (4-3)$$

\vec{v} là vectơ vận tốc của điểm đặt của lực.

3. Động năng của chất điểm

$$W_d = \frac{mv^2}{2} \quad (4-4)$$

Định lý động năng :

$$W_{d2} - W_{d1} = A. \quad (4-5)$$

4. Vận tốc của hai quả cầu sau va chạm

– Trường hợp va chạm đàn hồi :

$$v_1' = \frac{(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2v_2}{m_1 + m_2}, \quad (4-6)$$

$$v_2' = \frac{(m_2 - m_1)v_2 + 2m_1v_1}{m_1 + m_2} \quad (4-7)$$

– Trường hợp va chạm mềm :

$$v = \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{m_1 + m_2} \quad (4-8)$$

5. Thế năng của chất điểm trong trọng trường đều

$$W_t = mgh, \quad (4-9)$$

h là độ cao của chất điểm (so với mặt đất).

Công của lực trọng trường :

$$A_t = (W_t)_1 - (W_t)_2. \quad (4-10)$$

6. Định luật bảo toàn cơ năng trong trọng trường

$$W = \frac{mv^2}{2} + mgh = \text{const} \quad (4-11)$$

7. Công của lực trong chuyển động quay

$$A = \int \overline{M} d\bar{\theta} \quad (4-12)$$

Công suất

$$P = \frac{dA}{dt} = \overline{M} \bar{\omega} \quad (4-13)$$

8. Động năng vật rắn quay

$$W_d = \frac{1}{2} I \omega^2 \quad (4-14)$$

Định lý về động năng trong chuyển động quay của vật rắn xung quanh 1 trục

$$\frac{1}{2}I\omega_2^2 - \frac{1}{2}I\omega_1^2 = A \quad (4-15)$$

9. Động năng toàn phần của vật rắn lăn không trượt

$$W_d = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2, \quad (4-16)$$

với $\omega = \frac{v}{R}.$

Bài tập thí dụ 4.1. Một ô tô có khối lượng $m = 1000\text{kg}$ chạy với vận tốc không đổi $v = 36\text{km/h}$. Tính công suất của động cơ ô tô trong ba trường hợp :

- a) Ô tô chạy trên quãng đường nằm ngang ;
- b) Ô tô chạy lên dốc có độ dốc 5% ;
- c) Ô tô chạy xuống dốc có độ dốc 5%.

Hệ số ma sát giữa ô tô và mặt đường trong cả ba trường hợp là $k = 0,07$.

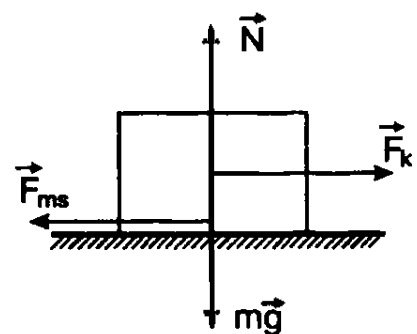
Bài giải

Cho $\begin{cases} m = 1000\text{kg} ; \\ v = 36\text{km/h} = 10\text{m/s} ; \\ \sin \alpha = 0,05 ; k = 0,07 \end{cases}$ Hỏi P ?

a) Gọi \vec{F}_k là lực kéo của động cơ ô tô (hình 4-1). Vì ô tô chuyển động đều trên đường nằm ngang nên tổng hợp lực đặt lên ô tô phải bằng không. Từ đó :

$$\vec{F}_k - \vec{F}_{ms} = 0$$

hay $F_k = F_{ms} = kmg.$

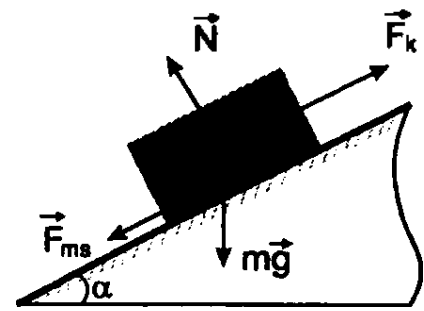


Hình 4-1

Vậy công suất của động cơ ô tô trong trường hợp này là :

$$P = F_k \cdot v = F_{ms} \cdot v = kmgv,$$

$$P = 0,07 \cdot 1000 \cdot 9,8 \cdot 10 = 6860 \text{ W}.$$



Hình 4-2

b) Trường hợp ô tô chạy lên dốc (hình 4-2). Cũng lý luận tương tự như trường hợp a, ta có :

$$F_k - (F_{ms} + mgsin\alpha) = 0,$$

với $F_{ms} = k \cdot mg \cos\alpha.$

Do đó $F_k = mg(k \cos\alpha + \sin\alpha)$

Vậy công suất của động cơ ô tô là :

$$P = F_k \cdot v = mgv (k \cos\alpha + \sin\alpha)$$

Vì α rất nhỏ nên coi $\cos\alpha \approx 1$:

$$P = 1000 \cdot 9,8 \cdot 10 (0,07 + 0,05) = 11760 \text{ W}.$$

c) Trường hợp ô tô chạy xuống dốc (hình 4-3)

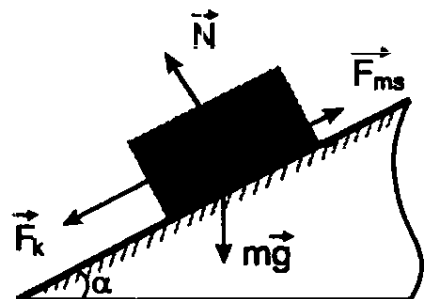
$$F_k + mgsin\alpha - F_{ms} = 0,$$

$$F_k = mg(k \cos\alpha - \sin\alpha).$$

Công suất của động cơ ô tô là :

$$P = mgv (k \cos\alpha - \sin\alpha)$$

$$= 1000 \cdot 9,8 \cdot 10 (0,07 - 0,05) = 1960 \text{ W}.$$



Hình 4-3

Bài tập thí dụ 4.2. Một vật được ném thẳng đứng từ độ cao $h = 240\text{m}$ xuống mặt đất với vận tốc ban đầu $v_0 = 14\text{m/s}$. Vật đi sâu vào mặt đất một đoạn $s \approx 0,2\text{m}$. Cho khối lượng của vật $m = 1\text{kg}$. Bỏ qua ma sát của không khí. Tìm lực cản trung bình của đất lên vật.

Bài giải

Cho $\begin{cases} h = 240\text{m} ; s = 0,2\text{m} ; \\ v_0 = 14\text{m/s} ; m = 1\text{kg}. \end{cases}$ Hỏi $\{ \bar{F} ?$

Vật đi sâu vào mặt đất nhờ cơ năng của nó. Gọi v là vận tốc của vật tại mặt đất. Theo định luật bảo toàn cơ năng trong trọng trường, ta có :

Cơ năng của vật ở mặt đất = cơ năng của vật ở độ cao h ; (1)

Vì thế năng của vật ở mặt đất bằng không nên từ (1) ta có :

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgh \quad (2)$$

Khi đi sâu vào mặt đất bị cản lại, vận tốc của nó giảm dần tới $v_s = 0$. Theo định lý về động năng, công cản bằng :

$$A = \frac{1}{2}mv_s^2 - \frac{1}{2}mv^2 = -\frac{1}{2}mv^2 \quad (3)$$

Gọi lực cản trung bình của đất lên vật là \bar{F} . Từ (2) và (3) ta thu được :

$$A = \bar{F}.s = -\left(\frac{1}{2}mv_0^2 + mgh\right);$$

Do đó : $\bar{F} = -12250\text{N}$. Lực \bar{F} có giá trị âm vì là lực cản.

Bài tập thí dụ 4.3. Một vật có khối lượng $m_1 = 3\text{kg}$ chuyển động với vận tốc $v_1 = 4\text{m/s}$ tới va chạm vào một vật thứ hai đang đứng yên và có khối lượng $m_2 = m_1$. Coi va chạm là xuyên tâm và hoàn toàn không đàn hồi (va chạm mềm). Tìm nhiệt lượng toả ra trong quá trình va chạm.

Bài giải

Cho $\begin{cases} m_1 = 3\text{kg}, m_2 = 3\text{kg}, \\ v_1 = 4\text{m/s}, \text{va chạm mềm} \end{cases}$ Hỏi $Q = ?$

Năng lượng của hệ trước va chạm bằng động năng của vật thứ nhất $W_1 = \frac{1}{2}m_1v_1^2$. Vì là va chạm mềm nên sau va chạm hai vật dính vào nhau và chuyển động với cùng vận tốc. Theo (4-8) :

$$v = \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{m_1 + m_2} = \frac{m_1v_1 + m_2 \cdot 0}{m_1 + m_2} = \frac{m_1v_1}{m_1 + m_2}.$$

Do đó năng lượng (chính là động năng) của hệ sau va chạm là :

$$W \quad (m_1 + m_2)v^2 = \frac{m_1^2v_1^2}{2(m_1 + m_2)}.$$

Theo định luật bảo toàn năng lượng, nhiệt lượng toả ra trong quá trình va chạm là :

$$Q = W_1 - W_2 = \frac{m_1v_1^2}{2} - \frac{m_1^2v_1^2}{2(m_1 + m_2)}$$

$$Q = \frac{m_1v_1^2}{4} = \frac{3 \cdot 4^2}{4} = 12J.$$

Bài tập thí dụ 4.4. Giải bài tập thí dụ 5 chương 3 bằng cách ứng dụng định luật bảo toàn năng lượng.

Bài giải

Gọi x là quãng đường mà vật nặng đã rơi được kể từ lúc hệ bắt đầu chuyển động. Ta có :

Độ tăng động năng của hệ = Độ giảm thế năng của hệ.

Chú ý rằng động năng ban đầu của hệ bằng không, ta có thể viết.

$$\frac{1}{2}Mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 = Mgx. \quad (5)$$

Nhưng : $v^2 = 2ax$; $\omega^2 = \frac{v^2}{R^2} = \frac{2ax}{R^2},$

nên (5) trở thành :

$$\frac{1}{2}M2ax + \frac{1}{2}I\frac{2ax}{R^2} = Mgx. \quad (6)$$

Sau khi đơn giản (6) và chú ý rằng $I = \frac{mR^2}{2}$, ta được :

$$a = \frac{Mg}{M + \frac{I}{R^2}} = \frac{2Mg}{2M + m}.$$

Trong phương pháp này ta không tách hệ, lực căng coi là các nội lực nên không có mặt trong các phương trình. Muốn tính lực căng của dây ta lại dùng các phương pháp thông thường đã nêu trong chương II của giáo trình.

Bài tập tự giải

4-1. Hỏi động cơ máy bay phải có công suất bằng bao nhiêu, biết rằng máy bay có khối lượng $m = 3000\text{kg}$, khi bay lên cao 1km phải mất một phút. Bỏ qua sức cản của không khí.

4-2. Tính công cần thiết để kéo một lò xo giãn ra 20cm , biết rằng lực kéo tỷ lệ với độ giãn của lò xo và muốn lò xo giãn 1cm phải cần một lực 30N .

4-3. Một ô tô khối lượng một tấn, khi tắt máy chuyển động xuống dốc thì có vận tốc không đổi $v = 54\text{km/h}$. Độ nghiêng của dốc là 4% . Hỏi động cơ ô tô phải có công suất bao nhiêu để nó lên được dốc trên cùng với vận tốc 54km/h .

4-4. Một ô tô khối lượng 2 tấn, leo lên dốc có độ nghiêng 4% . Hệ số ma sát là $0,08$. Tìm :

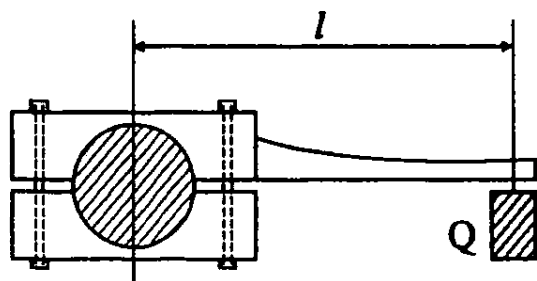
- a) Công thực hiện bởi động cơ ô tô trên quãng đường dài 3km ;
- b) Công suất của động cơ ô tô, biết rằng thời gian đi hết quãng đường trên mất 4 phút.

4-5. Một đoàn tàu khối lượng 50 tấn chuyển động trên đường ray nằm ngang với vận tốc không đổi bằng 36km/h . Công suất của đầu máy là $220,8\text{kW}$. Tìm hệ số ma sát giữa tàu và đường ray.

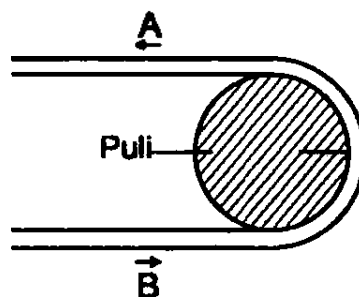
4–6. Người ta thường xác định công suất của động cơ bằng một thiết bị như hình vẽ 4–4.

Thiết bị gồm hai hàm kẹp, kẹp chặt vào trục động cơ. Một hàm kẹp được gắn với tay đòn, cuối tay đòn có treo trọng vật Q . Trọng vật được chọn sao cho nó cân bằng với lực ma sát và giữ tay đòn nằm ngang. Xác định công suất của động cơ nếu số vòng quay của trục là $n = 60$ vòng/phút, chiều dài cánh tay đòn kể từ tâm của trục $l = 1\text{m}$, trọng lượng của vật bằng $Q = 490\text{N}$. Trọng lượng của cánh tay đòn không đáng kể.

4–7. Một động cơ truyền công suất $P = 15\text{kW}$ cho một puli nhờ dây cuaroa AB (hình 4–5). Bán kính puli $r = 25\text{cm}$, vận tốc quay của puli $n = 120$ vòng/phút. Lực căng của nhánh trên A của dây cuaroa lớn gấp đôi lực căng của nhánh dưới B. Tìm lực căng đó biết rằng hai nhánh dây cuaroa song song với nhau.



Hình 4–4



Hình 4–5 .

4–8. Một chiếc xe khối lượng 20000 kg chuyển động chậm dần đều dưới tác dụng của lực ma sát bằng 6000N . Sau một thời gian xe dừng lại. Vận tốc ban đầu của xe là 54km/h . Tính :

- Công của lực ma sát ;
- Quãng đường mà xe đã đi được kể từ lúc có lực ma sát tác dụng cho tới khi xe dừng hẳn.

4–9. Tính công cần thiết để cho một đoàn tàu khối lượng $m = 8.10^5\text{kg}$:

- Tăng tốc từ $v_1 = 36\text{km/h}$ đến $v_2 = 54\text{km/h}$;
- Dừng lại nếu vận tốc ban đầu là 72km/h .

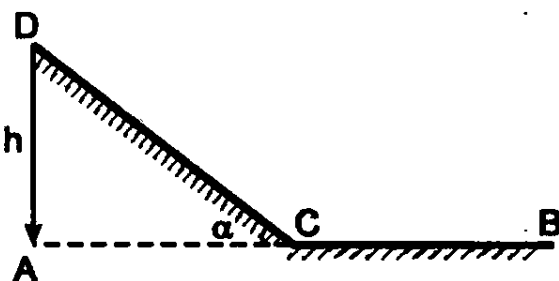
4-10. Một khẩu pháo khối lượng $M = 450\text{kg}$ nhả đạn theo phương nằm ngang. Đạn pháo có khối lượng $m = 5\text{kg}$, vận tốc đầu nòng $v = 450\text{m/s}$. Khi bắn, bệ pháo giật về phía sau một đoạn $s = 45\text{cm}$. Tìm lực hãm trung bình tác dụng lên pháo.

4-11. Một viên đạn khối lượng $m = 10\text{kg}$ đang bay với vận tốc $v = 100\text{m/s}$ thì gặp một bản gỗ dày và cắm sâu vào bản gỗ một đoạn $s = 4\text{cm}$. Tìm :

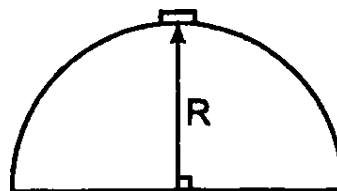
- Lực cản trung bình của bản gỗ lên viên đạn ;
- Vận tốc viên đạn sau khi ra khỏi bản gỗ chỉ dày $d = 2\text{cm}$.

4-12. Một xe chuyển động từ đỉnh một dốc phẳng DC có độ cao h (hình 4-6) và dừng lại sau khi đã đi được đoạn nằm ngang CB. Cho $AB = s$; $AC = l$; hệ số ma sát giữa xe và mặt đường trên các đoạn DC và CB bằng nhau.

Tính hệ số ma sát và gia tốc của xe trên các đoạn đường DC và BC.



Hình 4-6



Hình 4-7

4-13. Một vật khối lượng m trượt không ma sát từ đỉnh một mặt cầu xuống dưới (hình 4-7). Hỏi từ khoảng cách Δh nào (tính từ đỉnh mặt cầu) vật bắt đầu rơi khỏi mặt cầu. Cho bán kính mặt cầu $R = 90\text{cm}$.

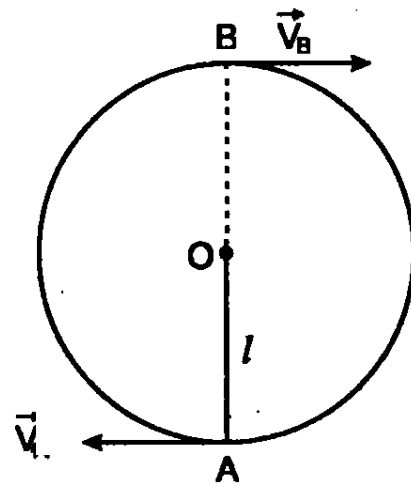
4-14. Một vật khối lượng $m = 1\text{kg}$ trượt trên một mặt phẳng nghiêng hợp với mặt nằm ngang một góc α sao cho $\sin\alpha = 0,1$. Sau khi trượt hết mặt phẳng nghiêng, vật còn tiếp tục chuyển động trên mặt phẳng nằm ngang một đoạn $l = 10\text{m}$ mới dừng lại. Hệ số ma sát trong suốt quá trình chuyển động $k = 0,05$. Tìm vận tốc của vật ở cuối mặt phẳng nghiêng. Lấy gia tốc trọng trường $g = 10\text{m/s}^2$.

4-15. Từ một đỉnh tháp cao $h = 20\text{m}$, người ta ném một hòn đá khối lượng 50g theo phương nghiêng với mặt phẳng nằm ngang, với vận tốc ban đầu $v_0 = 18\text{m/s}$. Khi rơi tới mặt đất hòn đá có vận tốc $v = 24\text{m/s}$. Tính công của lực cản của không khí lên hòn đá.

4-16. Một vật khối lượng $m = 10\text{kg}$ trượt từ đỉnh một mặt phẳng nghiêng cao 20m xuống. Khi tới chân dốc vật có vận tốc 15m/s . Tính công của lực ma sát.

4-17. Ở đầu một sợi dây OA, dài $l = 30\text{cm}$ có treo một vật nặng (hình 4-8). Hỏi tại điểm thấp nhất A phải truyền cho vật một vận tốc bé nhất bằng bao nhiêu để vật có thể quay tròn trong mặt phẳng thẳng đứng.

4-18. Một con lắc đơn trọng lượng P được kéo ra khỏi phương thẳng đứng một góc $\alpha = 90^\circ$, sau đó con lắc được thả rơi. Chứng minh rằng sức căng của dây treo bằng $3P$ khi con lắc đi qua vị trí cân bằng.



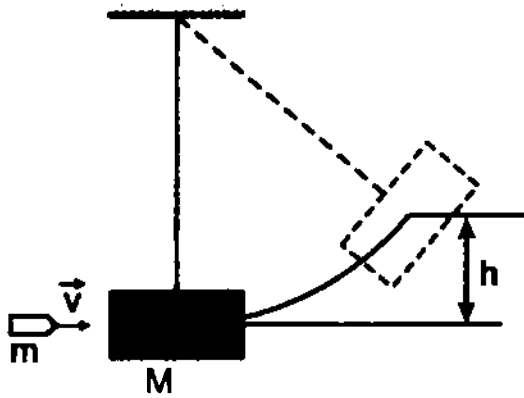
Hình 4-8

4-19. Một quả cầu khối lượng $m = 0,1\text{kg}$ được gắn ở đầu một thanh nhẹ dài $l = 1,27\text{m}$ khối lượng không đáng kể. Hệ quay trong mặt phẳng thẳng đứng xung quanh đầu kia của thanh. Tại điểm cao nhất quả cầu có vận tốc $v_0 = 4,13\text{m/s}$.

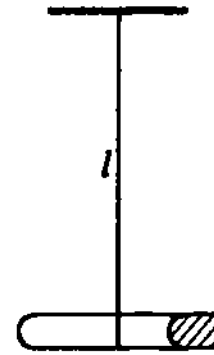
a) Tìm sự phụ thuộc của thế năng và động năng của quả cầu theo góc α hợp bởi thanh và phương thẳng đứng. Chọn gốc tính thế năng tại vị trí thấp nhất của quả cầu.

b) Xác định lực tác dụng T của quả cầu lên thanh theo góc α . Tìm T tại các vị trí thấp nhất và cao nhất của quả cầu.

4-20. Để đo vận tốc của viên đạn người ta dùng con lắc thử đạn. Đó là một bì cát treo ở đầu một sợi dây (hình 4-9). Khi viên đạn xuyên vào bì cát, nó bị mắc tại đó và bì cát được nâng lên một độ cao h nào đó. Tìm vận tốc của đạn lúc nó sắp xuyên vào bì cát. Biết khối lượng của viên đạn là m , khối lượng của bì cát là M .



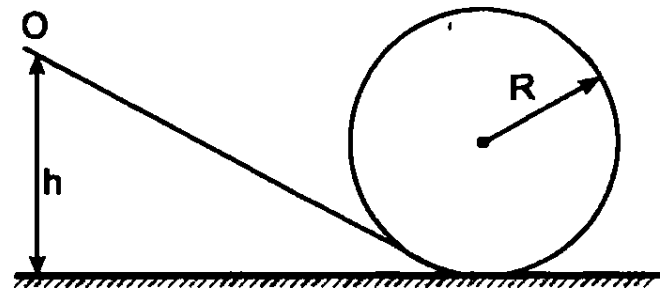
Hình 4-9



Hình 4-10

4-21. Một ống thủy tinh khối lượng M trong có đựng vài giọt ête được đậy bằng một cái nút khối lượng m . Ống thủy tinh được gắn ở đầu một thanh cứng dài l trọng lượng không đáng kể (hình 4-10). Khi hơi nóng ống thủy tinh, ête bốc hơi, nút bị bật ra dưới áp suất của hơi ête. Hỏi vận tốc bật bé nhất của nút phải bằng bao nhiêu để ống thủy tinh có thể quay được cả vòng xung quanh điểm treo O .

4-22. Một hòn bi khối lượng m chuyển động không ma sát trên một đường rãnh có dạng như hình vẽ 4-11. Hòn bi được thả không có vận tốc ban đầu từ độ cao $h = 2R$, kích thước của bi nhỏ không đáng kể. Hỏi :



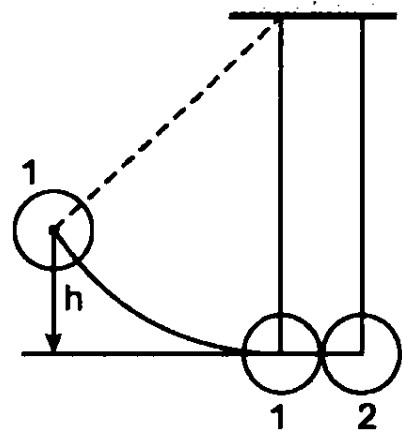
Hình 4-11

- Ở độ cao nào hòn bi rời khỏi đường rãnh ?
- Độ cao lớn nhất mà hòn bi sẽ đạt được sau khi rời khỏi đường rãnh ?

4-23. Một quả cầu khối lượng 2kg , chuyển động với vận tốc 3m/s , va chạm xuyên tâm với một quả cầu thứ hai khối lượng 3kg đang chuyển động cùng chiều với quả cầu thứ nhất với vận tốc 1m/s . Tìm vận tốc của các quả cầu sau va chạm nếu :

- Va chạm là hoàn toàn đàn hồi.
- Va chạm là không đàn hồi (mềm).

4-24. Hai quả cầu được treo ở đầu hai sợi dây song song dài bằng nhau. Hai đầu kia của các sợi dây được buộc vào một cái giá sao cho các quả cầu tiếp xúc với nhau và tâm của chúng cùng nằm trên một đường nằm ngang (Hình 4-12). Khối lượng của các quả cầu lần lượt bằng 200g và 100g. Quả cầu thứ nhất được nâng lên độ cao $h = 4,5\text{cm}$ và thả xuống. Hỏi sau va chạm, các quả cầu được nâng lên độ cao bao nhiêu nếu :



Hình 4-12

a) Va chạm là hoàn toàn đàn hồi ; b) Va chạm là mềm.

4-25. Một vật chuyển động khối lượng m_1 tới va chạm vào vật thứ hai đang đứng yên, khối lượng m_2 . Coi va chạm là xuyên tâm và hoàn toàn đàn hồi. Hỏi số phần trăm động năng ban đầu của vật thứ nhất đã truyền cho vật thứ hai sau va chạm ?

Áp dụng cho các trường hợp a) $m_1 = m_2$; b) $m_1 = 9m_2$.

4-26. Một đĩa đồng chất nặng 20N, lăn không trượt trên một mặt phẳng nằm ngang với vận tốc $v = 4\text{m/s}$. Tìm động năng của đĩa.

4-27. Tính công cần thiết để làm cho một vô lăng hình vành tròn đường kính 1m, khối lượng 500kg, đang đứng yên quay tới vận tốc 120 vòng/phút.

4-28. Một quả cầu đặc^(*) có khối lượng $m = 1\text{kg}$, lăn không trượt với vận tốc $v_1 = 10\text{m/s}$ đến đập vào thành tường rồi bật ra với vận tốc $v_2 = 8\text{m/s}$. Tính nhiệt lượng toả ra trong va chạm đó.

4-29. Một cột đồng chất có chiều cao $h = 5\text{m}$, đang ở vị trí thẳng đứng thì bị đổ xuống. Xác định :

a) Vận tốc dài của đỉnh cột khi nó chạm đất ;

b) Vị trí của điểm M trên cột sao cho khi M chạm đất thì vận tốc của nó đúng bằng vận tốc chạm đất của một vật thả rơi tự do từ vị trí M.

(*) đồng chất

4–30. Từ đỉnh một mặt phẳng nghiêng cao $h = 0,5\text{m}$, người ta cho các vật^(*) có hình dạng khác nhau lăn không trượt trên mặt phẳng nghiêng đó. Tìm vận tốc dài của các vật ở cuối mặt phẳng nghiêng nếu :

- a) Vật có dạng một quả cầu đặc ;
- b) Vật là một đĩa tròn ;
- c) Vật là một vành tròn.

(Giả sử vận tốc ban đầu của các vật đều bằng không).

4–31. Có hai hình trụ : một bằng nhôm (đặc), một bằng chì (rỗng) cùng được thả từ đỉnh một mặt phẳng nghiêng. Chúng có cùng bán kính $R = 6\text{cm}$ và cùng khối lượng $m = 0,5\text{kg}$. Mặt các hình trụ được quét sơn giống nhau. Hỏi : a) Vận tốc tịnh tiến của các hình trụ ở cuối mặt phẳng nghiêng có khác nhau không ?

b) Mômen quán tính của mỗi hình trụ ;

c) Sau bao lâu các trụ lăn không trượt tới chân mặt phẳng nghiêng ? Cho biết độ cao của đỉnh mặt phẳng nghiêng $h = 0,5\text{m}$, góc nghiêng $\alpha = 30^\circ$, khối lượng riêng của nhôm $\rho_1 = 2600\text{kg/m}^3$ và của chì $\rho_2 = 11300\text{kg/m}^3$.

4–32. Một người ngồi trên ghế Giucôpxki và cầm trong tay hai quả tạ, mỗi quả có khối lượng 10kg . Khoảng cách từ mỗi quả tới trục quay là $0,75\text{m}$. Ghế quay với vận tốc $\omega_1 = 1$ vòng/s. Hỏi công do người thực hiện và vận tốc của ghế nếu người đó co tay lại để khoảng cách từ mỗi quả tạ đến trục quay chỉ còn là $0,20\text{m}$, cho biết mômen quán tính của người và ghế đối với trục quay là $I_0 = 2,5\text{kg.m}^2$.

(*) đồng chất

Chương 5

TRƯỜNG HẤP DẪN

1. Định luật hấp dẫn vũ trụ

$$F = F' = G \frac{mm'}{r^2}, \quad (5-1)$$

trong đó G là hằng số hấp dẫn vũ trụ : $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{Nm}^2/\text{kg}^2$.

2. Gia tốc trọng trường ở trên mặt đất

$$g_0 = G \frac{M}{R^2}, \quad (5-2)$$

trong đó M và R lần lượt là khối lượng và bán kính của Trái Đất.

Gia tốc trọng trường ở độ cao h :

$$g = g_0 \left(1 - 2 \frac{h}{R} \right). \quad (5-3)$$

3. Vận tốc vũ trụ cấp I

$$v_I = \sqrt{g_0 R}; \quad (5-4)$$

Vận tốc vũ trụ cấp II

$$v_{II} = \sqrt{2g_0 R}. \quad (5-5)$$

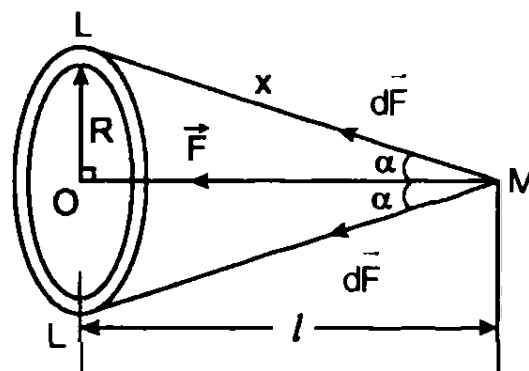
Bài tập thí dụ

Một sợi dây bán kính r được uốn thành một vòng tròn bán kính R . Tìm lực hút của vòng dây lên một chất điểm khối lượng m đặt trên trục của vòng và cách tâm của vòng một đoạn l . Cho biết khối lượng riêng của dây là ρ .

Bài giải

Cho R, r, m, l, ρ . Hỏi F ?

Muốn vận dụng định luật hấp dẫn vũ trụ để tính lực hút của vòng dây lên chất điểm, ta phải chia nhỏ vòng thành các phần tử L (đài dy) sao cho có thể coi chúng là chất điểm (hình 5-1).



Hình 5-1

Lực hút $d\vec{F}$ của phần tử L lên chất điểm m có phương ML , có chiều từ M tới L và có độ lớn (định luật hấp dẫn vũ trụ) :

$$dF = G \frac{m \cdot \rho \pi r^2 dy}{x^2}, \quad (1)$$

trong đó $\rho \pi r^2 dy$ là khối lượng của phần tử L , x là khoảng cách từ phần tử L tới chất điểm : $x = \sqrt{R^2 + l^2}$.

Lực tác dụng của vòng lên chất điểm là :

$$\vec{F} = \int_{\text{cả vòng}} d\vec{F} \quad (2)$$

Vì OM là trục đối xứng của vòng nên bao giờ ta cũng có thể tìm được một phần tử L' của vòng đối xứng với phần tử L qua trục OM . Dễ dàng thấy rằng tổng hợp các lực hút của L và L' lên chất điểm m nằm trên trục đối xứng OM . Do đó lực tác dụng của cả vòng lên chất điểm cũng có phương nằm trên OM và có chiều hướng về phía vòng dây.

Chiếu đẳng thức (2) lên trục OM ta sẽ có :

$$F = \int_{\text{cả vòng}} dF \cos \alpha \quad (3)$$

$$\text{với } \cos \alpha = \frac{l}{x};$$

Từ (1) và (3) ta có :

$$F = \int_{\text{cả vòng}} G \frac{m \rho \pi r^2 dy}{x^2} \cdot \frac{1}{x} = G \frac{m \rho \pi r^2 l}{x^3} \int_0^{2\pi R} dy$$

$$F = G \frac{2m \cdot \pi^2 \cdot \rho r^2 R l}{(R^2 + l^2)^{3/2}} \quad (4)$$

Biểu thức (4) cho ta sự phụ thuộc của lực hút F của vòng dây lên chất điểm theo khoảng cách l ; đặc biệt khi $l = 0$, ta có $F = 0$. Nghĩa là nếu đặt chất điểm m tại tâm vòng dây thì lực tác dụng của vòng lên chất điểm bằng không. Điều này cũng dễ hiểu vì trong trường hợp này, m bị hút đều về mọi phía.

Khi $l \gg R$ thì $F = \frac{2\pi^2 \cdot G m \rho r^2 R}{l^2}$.

Có thể thu được kết quả này bằng cách coi vòng là chất điểm.

Bài tập tự giải

5-1. Tìm lực hút của Mặt Trời lên một vật có khối lượng $m = 1g$ nằm trên mặt Trái Đất, biết rằng khối lượng của Mặt Trời $M = 1,97 \cdot 10^{30} kg$ và khoảng cách trung bình từ mặt đất đến tâm Mặt Trời là $r = 149 \cdot 10^6 km$.

5-2. Khoảng cách giữa Trái Đất và Mặt Trăng là $384000 km$. Khối lượng của Trái Đất là $5,96 \cdot 10^{27} g$ và của Mặt Trăng là $7,35 \cdot 10^{25} g$. Xác định vị trí của điểm tại đó lực hút của Mặt Trăng và Trái Đất lên một chất điểm cân bằng nhau.

5-3. Một quả cầu khối lượng m_1 đặt cách đầu một thanh đồng chất một đoạn bằng a trên phương kéo dài của thanh. Thanh có chiều dài l , khối lượng m_2 . Tìm lực hút của thanh lên quả cầu.

5-4. Hai quả cầu có cùng bán kính khối lượng riêng lần lượt bằng ρ_1 và ρ_2 được đặt trong một môi trường lỏng có khối lượng riêng bằng ρ_0 . Hỏi trong điều kiện nào :

a) Hai quả cầu hút nhau ;

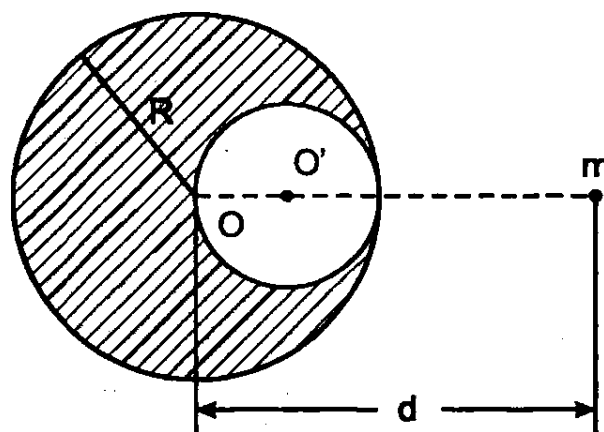
b) Hai quả cầu đẩy nhau.

Cho biết kích thước của môi trường lỏng rất lớn so với kích thước của các quả cầu và $\rho_1 > \rho_2$.

5-5. Trong một quả cầu bằng chì bán kính R người ta khoét một lỗ hình cầu. Mặt của lỗ tiếp xúc với mặt của quả cầu chì và đi qua tâm của nó. Khối lượng quả cầu chì trước khi khoét lỗ bằng M . Trên phương nối các tâm của quả cầu và lỗ, người ta đặt một hòn bi nhỏ khối lượng m cách tâm quả cầu một đoạn d (hình 5-2).

Tìm lực hấp dẫn mà quả cầu chì (đã khoét lỗ) tác dụng lên hòn bi.

5-6. Tìm vận tốc dài của Trái Đất quay quanh Mặt Trời, biết rằng khối lượng của Mặt Trời là $M = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ và khoảng cách trung bình giữa Trái Đất và Mặt Trời $d = 1,5 \cdot 10^8 \text{ km}$.



Hình 5-2

5-7. Tìm vận tốc dài của một vệ tinh nhân tạo của Trái Đất biết rằng quỹ đạo của vệ tinh là tròn. Vệ tinh ở độ cao trung bình $h = 1000 \text{ km}$. Coi vệ tinh chỉ chịu ảnh hưởng lực hút của Trái Đất và ở độ cao trên, lực cản của không khí không đáng kể. Cho bán kính của Trái Đất $R = 6370 \text{ km}$.

5-8. Hai hành tinh quay xung quanh Mặt Trời với các quỹ đạo coi gần đúng là những vòng tròn bán kính lần lượt bằng $R_1 = 150 \cdot 10^6 \text{ km}$ (Trái Đất) và $R_2 = 108 \cdot 10^6 \text{ km}$ (Sao kim). Tìm tỉ số vận tốc dài của các hành tinh đó.

5-9. Khối lượng Mặt Trăng nhỏ hơn khối lượng Trái Đất 81 lần, đường kính Mặt Trăng bằng $3/11$ đường kính Trái Đất.

Hỏi một người trên mặt đất nặng 600 niuton lên Mặt Trăng sẽ nặng bao nhiêu ?

5-10. Để có thể truyền hình bằng vô tuyến điện (vô tuyến truyền hình) đi khắp mọi nơi trên mặt đất người ta phóng lên các vệ tinh "cố định" (đứng trên mặt đất thấy vệ tinh không chuyển động đối với mặt đất). Muốn vậy phải cho các vệ tinh này chuyển động trong mặt phẳng xích đạo từ Tây sang Đông với vận tốc góc bằng vận tốc góc của Trái Đất quay xung quanh trục của nó.

Hãy tính vận tốc dài và độ cao của vệ tinh đó. Biết chu kì của Trái Đất quay xung quanh trục của nó là $T = 23$ giờ 56 phút 4 giây. Bán kính xích đạo Trái Đất là $R = 6378\text{km}$.

5-11. Tìm vận tốc vũ trụ cấp II đối với Mặt Trăng (nghĩa là vận tốc của một tên lửa phóng từ bề mặt Mặt Trăng cần phải có để nó có thể thoát khỏi sức hút của Mặt Trăng).

5-12. Nhờ một tên lửa, vệ tinh nhân tạo đầu tiên của Trái Đất được mang lên độ cao 500km.

a) Tìm gia tốc trọng trường ở độ cao đó ;

b) Phải phóng vệ tinh tới vận tốc bằng bao nhiêu theo phương vuông góc với bán kính của Trái Đất để quỹ đạo của nó quanh Trái Đất là một đường tròn. Khi đó chu kì quay của vệ tinh quanh Trái Đất bằng bao nhiêu ?

Lấy bán kính của Trái Đất bằng 6500km, gia tốc trọng trường trên bề mặt của Trái Đất bằng $9,8\text{m/s}^2$. Bỏ qua sức cản của không khí.

5-13. Mọi vật trên mặt đất đều chịu sức hút của Mặt Trời. Về ban đêm (Mặt Trời ở "dưới chân") lực đó cộng thêm với lực hút của Trái Đất, ban ngày (Mặt Trời ở trên "đỉnh đầu") lực đó trừ bớt đi lực hút của Trái Đất. Vì vậy, ban đêm mọi vật đều phải nặng hơn ban ngày, điều đó có đúng không ? Tại sao ?

Chương 6

CƠ HỌC TƯƠNG ĐỐI TÍNH

1. Chiều dài l (dọc theo phương chuyển động) của một vật trong hệ quy chiếu mà nó chuyển động với vận tốc v liên hệ với chiều dài l_0 của vật đó trong hệ quy chiếu mà vật đứng yên bởi hệ thức :

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}, \quad (6-1)$$

trong đó c là vận tốc ánh sáng trong chân không $c = 3.10^8 \text{ m/s}$.

2. Khoảng thời gian $\Delta t'$ trong hệ quy chiếu chuyển động với vận tốc v đối với người quan sát liên hệ với khoảng thời gian Δt trong hệ quy chiếu đứng yên đối với người quan sát bởi hệ thức :

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (6-2)$$

3. Khối lượng m của một vật chuyển động với vận tốc v

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad (6-3)$$

4. Hệ thức Anhstanh liên hệ giữa khối lượng và năng lượng của một vật

$$W = mc^2 \quad (6-4)$$

5. Động năng của một vật chuyển động với vận tốc v

$$W_d = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right) \quad (6-5)$$

6. Năng lượng ứng với độ biến thiên khối lượng Δm

$$\Delta W = \Delta m \cdot c^2 \quad (6-6)$$

Bài tập thí dụ 6.1

Vật chuyển động phải có vận tốc bao nhiêu để chiều dài của nó giảm đi 25%.

Bài giải :

$$\text{Cho } \left\{ \frac{l_0 - l}{l_0} = 0,25 \right. \quad \text{Hỏi } v ?$$

Chiều dài l của vật chuyển động với vận tốc v được tính theo (6-1) :

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = l_0 \sqrt{1 - \beta^2}, \quad \text{với } \beta = \frac{v}{c}.$$

Theo đầu bài :

$$\frac{l_0 - l}{l_0} = 0,25, \text{ suy ra } \frac{l}{l_0} = 0,75.$$

$$\text{Do đó : } \sqrt{1 - \beta^2} = 0,75,$$

$$\beta = \sqrt{1 - (0,75)^2} = \sqrt{0,4375} = 0,6615$$

$$\text{Vậy : } v = \beta c \approx 0,662 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 198600 \text{ km/s}.$$

Bài tập thí dụ 6.2

Có thể gia tốc cho electron đến động năng nào nếu độ tăng tương đối của khối lượng không được quá 5%.

Bài giải

$$\text{Cho } \left\{ \begin{array}{l} \frac{m - m_0}{m_0} = 0,05; \\ m_0 = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg} \end{array} \right. \quad \text{Hỏi } W_d ?$$

Theo (6-5) động năng của electron bằng :

$$W_d = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right),$$

hay theo (6-3) :

$$W_d = c^2 (m - m_0) = c^2 m_0 \left(\frac{m - m_0}{m_0} \right)$$

Nhưng theo đầu bài

$$\frac{m - m_0}{m_0} = 0,05.$$

Nếu $W_d = (3.10^8)^2 \cdot 9,1.10^{-31} \cdot 0,05J,$

$$W_d \approx 4,1.10^{-15}J \approx 2,56.10^{-2}MeV.$$

Bài tập thí dụ 6.3

Tìm độ biến thiên năng lượng ứng với độ biến thiên khối lượng đúng bằng khối lượng của electron.

Bài giải

Cho : $\Delta m = m_{oe}.$

Hỏi ΔW ?

Theo (6.6) và theo đầu bài :

$$\Delta W = \Delta m \cdot c^2 = m_{oe} \cdot c^2,$$

$$\Delta W = 9,1.10^{-31} (3.10^8)^2 = 8,2.10^{-14}J = 0,51 MeV.$$

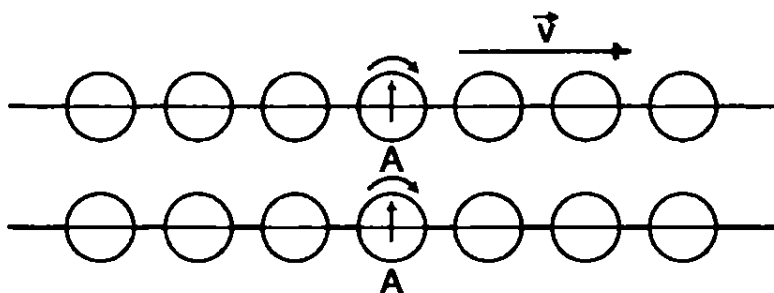
Bài tập tự giải

6-1. Vật chuyển động phải có vận tốc bao nhiêu để kích thước của nó theo phương chuyển động giảm đi 2 lần.

6-2. Một đĩa tròn bán kính R chuyển động thẳng đều với vận tốc v theo phương song song với mặt đĩa. Hỏi trong hệ quy chiếu gắn với Trái Đất, đĩa có hình dạng gì ?

6-3. Có hai nhóm đồng hồ giống nhau (đồng bộ) chuyển động đối với nhau như hình vẽ 6-1. Lấy gốc tính thời gian là lúc đồng hồ

A' đi qua đối diện đồng hồ A. Hỏi đối với người quan sát đứng yên so với nhóm đồng hồ A các kim đồng hồ chỉ tại thời điểm đó như thế nào ? Vẽ vị trí các kim, của tất cả các đồng hồ.



Hình 6-1

6-4. Hạt mêzôn trong các tia vũ trụ chuyển động với vận tốc bằng 0,95 lần vận tốc ánh sáng. Hỏi khoảng thời gian theo đồng hồ người quan sát đứng trên Trái Đất ứng với khoảng "thời gian sống" một giây của hạt mêzôn.

6-5. Khối lượng của hạt α tăng thêm bao nhiêu nếu tăng vận tốc của nó từ 0 đến 0,9 lần vận tốc ánh sáng.

6-6. Khối lượng của electron chuyển động bằng hai lần khối lượng nghỉ của nó. Tìm động năng của electron trên.

6-7. Khi phân chia một hạt nhân uran ${}_{92}\text{U}^{235}$ năng lượng giải phóng ra khoảng 200 MeV. Tìm độ thay đổi khối lượng khi phân chia 1 kmol uran.

6-8. Tìm vận tốc của hạt mêzôn nếu năng lượng toàn phần của hạt mêzôn đó bằng 10 lần năng lượng nghỉ của nó.

6-9. a) Mỗi phút Mặt Trời bức xạ một năng lượng bằng $6,5 \cdot 10^{21}$ kWh. Nếu coi bức xạ của Mặt Trời là không đổi thì thời gian để khối lượng của nó giảm đi một nửa là bao nhiêu ?

b) Giải thích tại sao thực tế khối lượng Mặt Trời lại không đổi.

6-10. Xác định "thời gian sống" τ của hạt mêzôn μ có năng lượng $W = 10^9$ eV (trong hệ quy chiếu phòng thí nghiệm) ; thời gian sống của hạt mêzôn nghỉ là $\tau_0 = 2,2 \cdot 10^{-6}$ s, khối lượng của hạt mêzôn μ là $m = 206,7 m_e$ (m_e là khối lượng của electron).

Chương 7

CƠ HỌC CHẤT LƯU

1. Công thức cơ bản của tĩnh học chất lưu

$$p_A - p_B = \rho gh,$$

trong đó p_A và p_B là áp suất tại các điểm A và B cách nhau một độ cao h ; ρ là khối lượng riêng của chất lưu.

2. Định lí về tính liên tục của chất lưu lí tưởng chảy ở trạng thái dừng trong một ống dòng

$$S.v = \text{const},$$

trong đó : S là diện tích tiết ngang của ống dòng

v là vận tốc của chất lưu chảy qua S .

3. Phương trình Becnuli

$$p + \rho \frac{v^2}{2} + \rho gh = \text{const},$$

trong đó : ρ là khối lượng riêng của chất lưu,

v là vận tốc chất lỏng chảy qua tiết diện S đang xét,

h là độ cao của tiết diện S so với một mức gốc nào đó,

p là áp suất tĩnh trong chất lỏng tại tiết diện S .

Trường hợp ống dòng nằm ngang :

$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{const}.$$

4. Vận tốc chảy của chất lỏng qua một lỗ nhỏ

$$v = \sqrt{2gh},$$

trong đó h là khoảng cách từ lỗ tới mặt chất lỏng.

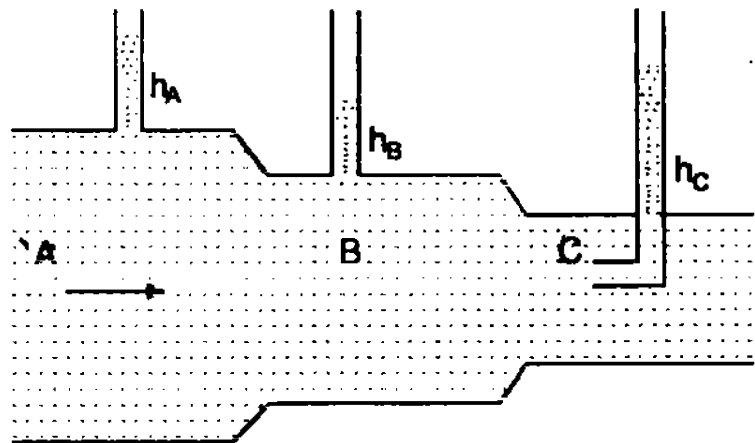
5. Lực tác dụng của thành ống cong tiết diện đều S lên chất lỏng

$$\vec{F} = \rho S v (\vec{v}_2 - \vec{v}_1); \quad |\vec{v}_2| = |\vec{v}_1| = v,$$

trong đó \vec{v}_1 và \vec{v}_2 là vận tốc của chất lỏng tại hai điểm trong đoạn ống cong.

Bài tập thí dụ

Cho một ống hình trụ đặt nằm ngang gồm ba phần A, B, C, có tiết diện S_A , S_B , S_C khác nhau (hình 7-1). Trong ống có nước chảy từ A đến C.



Hình 7-1

1. So sánh áp suất tĩnh, áp suất động, áp suất toàn phần tại các phần A, B, C.

2. Đặt tại B một ống áp kế, tại C một ống Pitô (ống có góc vuông). Thực nghiệm đo được : $h_B = 3\text{cm}$, $h_C = 8\text{cm}$. Tìm vận tốc của nước tại B.

3. Người ta có thể đo vận tốc của nước tại B nhờ một phương pháp khác bằng cách bỏ ống Pitô đi và đặt tại A một ống áp kế. Đo thấy $h_A = 6,75\text{cm}$. Biết $S_A = 20\text{cm}^2$; $S_B = 10\text{cm}^2$, tính vận tốc nước tại B. So sánh với kết quả ở câu 2.

Bài giải

$$\begin{cases} h_B = 3\text{cm}, \\ h_C = 8\text{cm}, \\ h_A = 6,75\text{cm}, \end{cases} \quad \begin{cases} S_A = 20\text{cm}^2, \\ S_B = 10\text{cm}^2 \end{cases} \quad \text{Hỏi } v_B ?$$

Coi chất nước như một chất lưu lí tưởng.

1. Gọi v_A , v_B , v_C lần lượt là vận tốc của nước tại A, B, C. Theo định lí về tính liên tục của chất lưu ta có :

$$S_A v_A = S_B v_B = S_C v_C \quad (1)$$

Từ (1) ta thấy, vì $S_A > S_B > S_C$ nên $v_A < v_B < v_C$.

Do đó : $\frac{\rho v_A^2}{2} < \frac{\rho v_B^2}{2} < \frac{\rho v_C^2}{2}$, với ρ là khối lượng riêng của nước.

Vậy : áp suất động tăng dần từ A đến C.

Gọi p_A, p_B, p_C là các áp suất tĩnh tại A, B, C. Phương trình Bernouli trong trường hợp ống dòng nằm ngang cho :

$$p_A + \frac{\rho v_A^2}{2} = p_B + \frac{\rho v_B^2}{2} = p_C + \frac{\rho v_C^2}{2} \quad (2)$$

Từ (2) suy ra $p_A > p_B > p_C$. Vậy áp suất tĩnh giảm dần từ A đến C.

Phương trình (2) cũng cho thấy : áp suất toàn phần (áp suất tĩnh + áp suất động) tại mọi điểm của ống đều bằng nhau.

2. Tại miệng C của ống Pitô vận tốc của nước bằng không : $v_C = 0$.
Do đó, từ (2) suy ra :

$$p_B + \frac{\rho v_B^2}{2} = p_C \quad (3)$$

trong đó ; $p_B = \rho gh_B + p_0$; $p_C = \rho gh_C + p_0$, với p_0 là áp suất của khí quyển, h_B và h_C là chiều cao các cột nước tại B và C.

Thay vào (3) ta được :

$$v_B = \sqrt{2g(h_C - h_B)} \approx 1 \text{ m/s.}$$

3. Áp dụng các công thức của cơ học chất lưu cho các điểm B và C, ta được các phương trình sau :

$$p_A + \rho \frac{v_A^2}{2} = p_B + \rho \frac{v_B^2}{2},$$

$$p_A = \rho gh_A + p_0$$

$$p_B = \rho gh_B + p_0,$$

$$S_A v_A = S_B v_B.$$

Từ đó rút ra :

$$v_B = S_A \sqrt{\frac{2g(h_A - h_B)}{S_A^2 - S_B^2}} \approx 1 \text{ m/s.}$$

Nhận xét : kết quả tính v_B bằng hai phương pháp nêu ở 3) và 2) giống nhau, song phương pháp dùng ống Pitô đơn giản hơn nhiều.

Bài tập tự giải

7-1. Tìm vận tốc chảy của dòng khí CO_2 trong ống dẫn biết rằng cứ nửa giờ khối lượng khí chảy qua một tiết diện ngang của ống bằng 0,5kg. Khối lượng riêng của khí bằng $7,5 \text{ kg/m}^3$. Đường kính của ống bằng 2cm. Coi khí là chất lỏng lí tưởng.

7-2. Ở đáy một hình trụ có một lỗ thủng đường kính $d = 1 \text{ cm}$. Đường kính của bình $D = 0,5 \text{ m}$. Tìm sự phụ thuộc của vận tốc hạ mực nước ở trong bình vào độ cao h của mực nước. Áp dụng bằng số cho trường hợp $h = 0,2 \text{ m}$.

7-3. Trên bàn có đặt một bình nước, thành bình có một lỗ nhỏ nằm cách đáy bình một đoạn h_1 và cách mực nước một đoạn h_2 . Mực nước trong bình được giữ không đổi. Hỏi tia nước rơi xuống mặt bàn cách lỗ một đoạn L bằng bao nhiêu (theo phương nằm ngang) ? Giải bài toán trong hai trường hợp :

a) $h_1 = 25 \text{ cm}$ và $h_2 = 16 \text{ cm}$;

b) $h_1 = 16 \text{ cm}$ và $h_2 = 25 \text{ cm}$.

7-4. Người ta đặt một bình nước có thành thẳng đứng trên một mặt bàn nằm ngang. Trên thành bình có dùi hai lỗ nhỏ. Các lỗ cùng nằm trên một đường thẳng đứng. Giả sử tiết diện của bình rất rộng so với tiết diện của các lỗ sao cho mức nước trong bình coi như không đổi.

a) Chứng minh rằng vận tốc của các tia nước trên mặt bàn bằng nhau.

b) Chứng minh rằng muốn cho hai tia nước rơi xuống cùng một điểm trên mặt bàn thì khoảng cách từ một lỗ đến mức nước trong bình phải bằng khoảng cách từ lỗ kia đến mặt bàn.

c) Muốn cho tia nước phụt ra xa nhất thì phải đục lỗ tại vị trí nào ?

7-5. Giữa đáy một gầu nước hình trụ bị thủng một lỗ nhỏ. Mức nước ở trong gầu cách đáy gầu $H = 30\text{cm}$. Hỏi nước chảy qua lỗ với vận tốc bằng bao nhiêu trong các trường hợp sau :

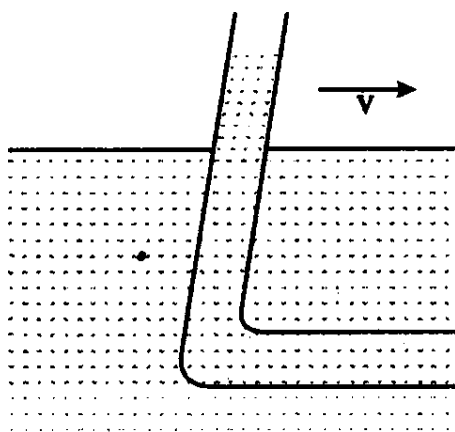
- Gầu nước đứng yên ;
- Gầu được nâng lên đều ;
- Gầu chuyển động với gia tốc $1,2\text{m/s}^2$ lên trên rồi xuống dưới.
- Gầu chuyển động theo phương nằm ngang với gia tốc $1,2\text{m/s}^2$.

7-6. Một bình hình trụ cao h , diện tích đáy S chứa đầy nước. Ở đáy bình có một lỗ diện tích S_1 . Hỏi :

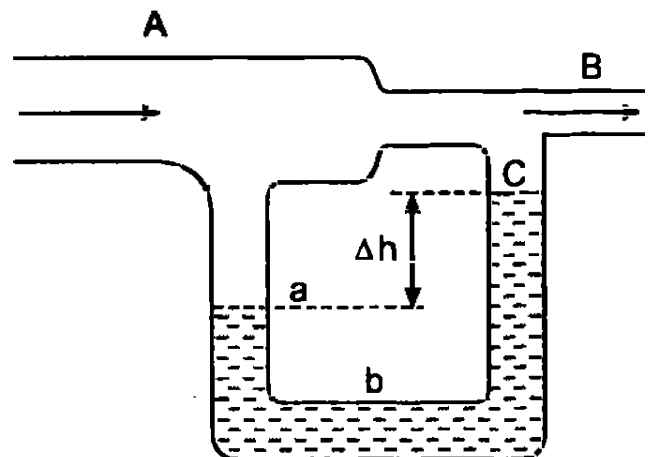
- Sau bao lâu nước ở trong bình chảy ra hết ?
- Độ cao mực nước phụ thuộc thời gian như thế nào khi mở lỗ. Bỏ qua độ nhớt của nước.

7-7. Trong 1 giây người ta rót được 0,2 lít nước vào bình. Hỏi ở đáy bình phải có một lỗ đường kính bằng bao nhiêu để mức nước trong bình không đổi và có độ cao bằng 1m (kể từ lỗ).

7-8. Người ta dịch chuyển một ống cong dọc theo một máng chứa đầy nước với vận tốc $v = 8,33\text{m/s}$ (hình 7-2). Hỏi độ cao mức nước dâng lên trong ống.



Hình 7-2



Hình 7-3

7-9. Người ta thổi không khí qua một ống AB (hình 7-3). Cứ mỗi phút có 15 lít không khí chảy qua ống. Diện tích tiết diện của phần to A bằng 2cm^2 , của phần nhỏ B và của phần ống abc bằng

$0,5\text{cm}^2$. Tìm hiệu mức nước Δh trong ống abc. Biết khối lượng riêng của không khí bằng $1,32\text{kg/m}^3$.

7–10. Trên bề mặt một phiến đá phẳng và nằm ngang người ta đặt một bình có khoét hai lỗ nhỏ ở hai phía đối nhau (hình 7–4). Diện tích các lỗ bằng nhau và bằng $S = 1000\text{mm}^2$. Một lỗ khoét sát đáy bình, lỗ kia khoét ở độ cao $h = 50\text{cm}$. Bình chứa nước tới độ cao $H = 100\text{cm}$. Tìm gia tốc của bình ngay sau khi mở các lỗ. Bỏ qua ma sát giữa đá và bình. Khối lượng của bình nhỏ không đáng kể. Biết diện tích tiết diện ngang của bình $S_1 = 0,5\text{m}^2$.

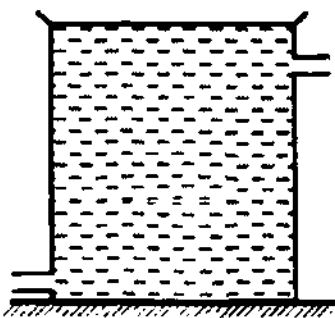
7–11. Một bình hình trụ thành thẳng đứng quay xung quanh trục của nó (trục z) với vận tốc góc ω . Bình chứa đầy chất lỏng.

a) Xác định dạng của mặt chất lỏng trong bình.

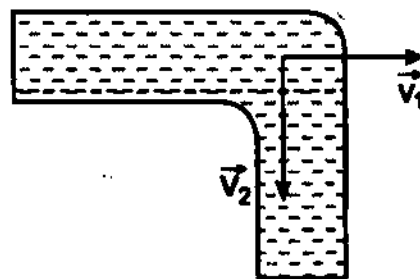
b) Giả sử áp suất tại tâm đáy bình bằng p_0 , tìm áp suất chất lỏng lên các điểm khác của đáy bình. Khối lượng riêng của chất lỏng là ρ_0 ;

c) Giả sử chất lỏng trong bình là nước. Tìm hiệu áp suất Δp của nước lên mặt bên của bình tại điểm sát đáy bình khi bình quay với vận tốc góc $\omega = 12,6\text{ rad/s}$ và khi bình đứng yên. Bán kính của bình là $R = 0,5\text{m}$.

7–12. Một ống dẫn có đoạn cong 90° trong có nước chảy (hình 7–5). Xác định lực tác dụng của thành ống lên nước tại chỗ uốn cong nếu tiết diện của ống là đều và có diện tích bằng $S = 4\text{cm}^2$, lưu lượng nước chảy qua ống là $Q = 24\text{lít/phút}$.



Hình 7– 4



Hình 7– 5

B – NHIỆT HỌC

Chương mở đầu

NHỮNG ĐỊNH LUẬT THỰC NGHIỆM VỀ CHẤT KHÍ

1. Định luật Bôi – Mariốt cho quá trình đẳng nhiệt

$$pV = \text{const},$$

trong đó p và V là áp suất và thể tích của khối khí.

2. Định luật Gay – Luytxắc cho quá trình đẳng áp

$$V = V_0 (1 + \alpha t) = V_0 \alpha T,$$

và cho quá trình đẳng tích :

$$p = p_0 (1 + \alpha t) = p_0 \alpha T,$$

trong đó V_0 và p_0 là thể tích và áp suất của khối khí ở 0°C ; V và p là thể tích và áp suất của khối khí ở $t^\circ\text{C}$ (ứng với TK), $\alpha = \frac{1}{273}$ độ⁻¹ là hệ số giãn nở nhiệt của chất khí.

3. Phương trình trạng thái của khí lí tưởng (phương trình Mendêlêép – Clapêrôn)

$$pV = \frac{M}{\mu} RT,$$

trong đó p , V và T là áp suất, thể tích và nhiệt độ của khối khí có khối lượng M ; μ là khối lượng của 1 kilômol khí đó ; R là hằng số khí lí tưởng.

Trong hệ SI ; $R = 8,31 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kmol.K}} = 8,31 \text{J/mol.K}$.

Nếu p đo bằng átmốtphê ($1\text{at} = 736\text{mm Hg} = 9,81 \cdot 10^4 \text{N/m}^2$) thì :

$$R = 0,0848 \frac{\text{m}^3 \cdot \text{at}}{\text{kmol.K}} = 0,0848 \frac{\text{lít.at}}{\text{mol.K}}$$

4. Khối lượng riêng của khí lí tưởng được tính theo công thức :

$$\rho = \frac{M}{V} = \mu \frac{p}{RT},$$

Bài tập thí dụ 0.1

Có 1g ôxy ở áp suất 3at sau khi hơi nóng đẳng áp nó chiếm một thể tích 1l. Tìm nhiệt độ sau khi hơi nóng. Coi khí ôxy là khí lí tưởng.

Bài giải :

$$\text{Cho } \begin{cases} M = 1\text{g} = 10^{-3} \text{kg} \\ p_1 = 3\text{at} = 3 \cdot 9,81 \cdot 10^4 \text{N/m}^2 \\ V_2 = 1\text{l} = 10^{-3} \text{m}^3 \end{cases} \quad \text{Hỏi } T_2 = ?$$

Áp dụng định luật Gay – Luytxắc cho quá trình đẳng áp ta có :

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

suy ra :
$$T_2 = \frac{V_2}{V_1} \cdot T_1$$

Muốn tìm $\frac{T_1}{V_1}$ ta áp dụng phương trình trạng thái của khí lí tưởng cho trạng thái 1 :

$$p_1 V_1 = \frac{M}{\mu} R T_1$$

Do đó :
$$\frac{T_1}{V_1} = \mu \frac{p_1}{MR}.$$

Vậy :
$$T_2 = \mu p_1 \frac{V_2}{MR}.$$

Đối với ôxy, $\mu = 32 \text{ g/mol} = 32.10^{-3} \text{ kg/kmol}$. Ta được :

$$T_2 = \frac{32.10^{-3} \cdot 9,81.10^4 \cdot 10^{-3}}{10^{-3} \cdot 8,31} = 1133\text{K}$$

Bài tập thí dụ 0.2

Một khối khí nitơ có thể tích 8,3l, áp suất 15at, và nhiệt độ 27°C.

a) Tính khối lượng của khối khí đó ;

b) Hơ nóng đẳng tích khối khí đó đến nhiệt độ 127°C. Hãy tính áp suất của khối khí sau khi hơ nóng.

Bài giải

$$\text{Cho } \begin{cases} V_1 = 8,3\text{l} = 8,3.10^{-3} \text{ m}^3, \\ p_1 = 15\text{at} = 15.9,81.10^4 \text{ N/m}^2, \\ T_1 = 27^\circ\text{C} = 300\text{K}, \\ T_2 = 127^\circ\text{C} = 400\text{K}. \end{cases} \quad \text{Hỏi } \begin{cases} \text{a) } M = ? \\ \text{b) } p_2 = ? \end{cases}$$

a) Áp dụng phương trình trạng thái của khí lí tưởng cho trạng thái 1 :

$$p_1 V_1 = \frac{M}{\mu} R T_1,$$

Suy ra :
$$M = p_1 V_1 \frac{\mu}{R T_1}.$$

Đối với khí nitơ, $\mu = 28\text{kg/kmol}$, ta có :

$$M = \frac{15.9,81.10^4 \cdot 8,3.10^{-3} \cdot 28}{8,31.10^3 \cdot 300} = 0,137\text{kg}.$$

b) Khi hơi nóng đẳng tích, áp suất và nhiệt độ của khối khí liên hệ với nhau bởi công thức :

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}.$$

Do đó :

$$p_2 = \frac{T_2}{T_1} \cdot p_1.$$

Thay số vào ta có :

$$p_2 = \frac{400 \cdot 15,9,81 \cdot 10^4}{300} = 20,9,81 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2,$$

$$p_2 = 20 \text{ at.}$$

Bài tập tự giải

0–1. Có 40g khí ôxy chiếm thể tích 3 lít áp suất 10at.

a) Tính nhiệt độ của khối khí.

b) Cho khối khí giãn nở đẳng áp đến thể tích 4 lít. Hỏi nhiệt độ của khối khí sau khi giãn nở.

0–2. Có 10g khí hydro ở áp suất 8,2at đựng trong một bình có thể tích 20 lít.

a) Tính nhiệt độ của khối khí ;

b) Hơi nóng đẳng tích khối khí này đến khi áp suất của nó bằng 9at. Tính nhiệt độ của khối khí sau khi hơi nóng.

0–3. Có 10kg khí đựng trong một bình, áp suất 10^7 N/m^2 . Người ta lấy ở bình ra một lượng khí cho tới khi áp suất của khí còn lại trong bình bằng $2,5 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$. Coi nhiệt độ của khối khí không đổi. Tìm lượng khí đã lấy ra.

0–4. Có 12g khí chiếm thể tích 4 lít ở nhiệt độ 7°C . Sau khi hơi nóng đẳng áp, khối lượng riêng của nó bằng $6 \cdot 10^{-4} \text{ g/cm}^3$. Tìm nhiệt độ của khối khí sau khi hơi nóng.

0-5. Có 10g khí ôxy ở nhiệt độ 10°C , áp suất 3at. Sau khi hơi nóng đẳng áp, khối khí chiếm thể tích 10l. Tìm :

- a) Thể tích khối khí trước khi giãn nở ?
- b) Nhiệt độ khối khí sau khi giãn nở ?
- c) Khối lượng riêng của khối khí trước khi giãn nở ?
- d) Khối lượng riêng của khối khí sau khi giãn nở ?

0-6. Một bình chứa một chất khí nén ở nhiệt độ 27°C và áp suất 40at. Tìm áp suất của khí khi đã có một nửa khối lượng khí thoát ra khỏi bình và nhiệt độ hạ xuống tới 12°C .

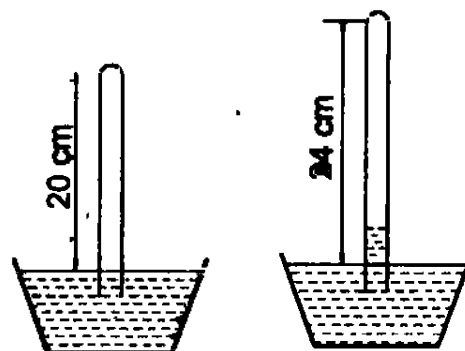
0-7. Một khí cầu có thể tích 300m^3 . Người ta bơm vào khí cầu khí hydro ở 20°C dưới áp suất 750mm Hg. Nếu mỗi giây bơm được 25g thì sau bao lâu bơm xong ?

0-8. Cho tác dụng axit sunfuric lên đá vôi (CaCO_3) ta thu được 1320 cm^3 khí cacbonic (CO_2) ở nhiệt độ 22°C và áp suất 1000mmHg. Hỏi lượng đá vôi đã tham gia phản ứng.

0-9. Có hai bình cầu được nối với nhau bằng một ống có khoá, đựng cùng một chất khí. Áp suất ở bình thứ nhất là $2 \cdot 10^5 \text{N/m}^2$, ở bình thứ hai là 10^6N/m^2 . Mở khoá nhẹ nhàng để hai bình thông với nhau sao cho nhiệt độ khí vẫn không đổi. Khi đã cân bằng, áp suất ở hai bình là $4 \cdot 10^5 \text{N/m}^2$. Tìm thể tích của bình cầu thứ hai, nếu biết thể tích của bình cầu thứ nhất là 15dm^3 .

0-10. Có 2 bình chứa hai thứ khí khác nhau thông với nhau bằng một ống thủy tinh có khoá. Thể tích của bình thứ nhất là 2 lít, của bình thứ hai là 3 lít. Lúc đầu ta đóng khoá, áp suất ở hai bình lần lượt là 1at và 3at. Sau đó mở khoá nhẹ nhàng để hai bình thông nhau sao cho nhiệt độ vẫn không thay đổi. Tính áp suất của chất khí trong hai bình khí khi thông nhau ?

0-11. Một ống thủy tinh tiết diện đều, một đầu kín một đầu hở. Lúc đầu người ta nhúng đầu hở vào một chậu nước sao cho mức nước trong và ngoài ống bằng nhau, chiều cao còn lại của ống bằng 20cm. Sau đó người ta rút ống lên một đoạn 4cm (hình 0-1). Hỏi mức nước ở trong ống dâng lên bao nhiêu, biết rằng nhiệt độ xung quanh không đổi và áp suất khí quyển là 760mmHg.



Hình 0-1

0-12. Trong ống phong vũ biểu có một ít không khí, do đó ở điều kiện bình thường nó lại chỉ áp suất là 750mmHg. Tìm khối lượng riêng của không khí ở trong ống ?

0-13. Có 8g khí ôxy hỗn hợp với 22g khí cacbonic (CO_2). Xác định khối lượng của 1 kilômol hỗn hợp đó ?

0-14. Một hỗn hợp khí có 2,8kg nitơ và 3,2kg ôxy ở nhiệt độ 17°C và áp suất $4 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. Tìm thể tích của hỗn hợp.

0-15. Khí nổ là một hỗn hợp gồm một phần khối lượng hydro và tám phần khối lượng ôxy. Hãy xác định khối lượng riêng của khí nổ đó ở điều kiện bình thường ?

Chương 8

NGUYÊN LÝ THỨ NHẤT CỦA NHIỆT ĐỘNG HỌC

1. Nguyên lý thứ nhất của nhiệt động học

$$\Delta U = A + Q. \quad (8-1)$$

Nó có thể viết dưới dạng

$$dU = \delta A + \delta Q, \quad (8-2)$$

trong đó : dU là độ biến thiên nội năng của hệ,

$\delta A = -pdV$ là công mà hệ nhận được khi thể tích của nó thay đổi.

δQ là nhiệt lượng mà hệ nhận được trong quá trình biến đổi.

2. Độ biến thiên nội năng của khí lí tưởng :

$$dU = \frac{M}{\mu} \frac{i}{2} R dT = \frac{M}{\mu} C_v dT \quad (8-3)$$

3. Công mà khối khí nhận được trong quá trình biến đổi đẳng nhiệt :

$$A = \frac{M}{\mu} RT \ln \frac{V_1}{V_2} = \frac{M}{\mu} RT \ln \frac{p_2}{p_1} \quad (8-4)$$

4. Nhiệt dung riêng của một chất :

$$c = \frac{\delta Q}{M dT}, \quad (8-5)$$

trong đó M là khối lượng của hệ.

– Nhiệt dung phân tử của chất :

$$C = \mu c \quad (8-6)$$

với μ là khối lượng của 1 mol chất đó.

Nhiệt dung phân tử đẳng tích và nhiệt dung phân tử đẳng áp của một chất khí.

$$C_v = \frac{iR}{2} \quad (8-7)$$

$$C_p = \frac{i+2}{2} R = C_v + R \quad (8-8)$$

– Hệ số Poátxông :

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{i+2}{i} \quad (8-9)$$

5. Phương trình của quá trình đoạn nhiệt :

$$pV^\gamma = \text{const}$$

$$\text{hoặc :} \quad TV^{\gamma-1} = \text{const} \quad (8-10)$$

$$\text{hoặc :} \quad Tp^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = \text{const}$$

6. Công mà khối khí nhận được trong quá trình đoạn nhiệt :

$$A = \frac{p_1 V_1}{\gamma - 1} \left[\left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{1-\gamma} - 1 \right],$$

$$\text{hoặc :} \quad A = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{\gamma - 1} \quad (8-11)$$

$$\text{hoặc :} \quad A = \frac{M}{\mu} \frac{RT_1}{\gamma - 1} \left[\frac{T_2}{T_1} - 1 \right],$$

trong đó p_1 và V_1 là áp suất và thể tích của khối khí ở nhiệt độ T_1 ;
 p_2 và V_2 là áp suất và thể tích của khối khí ở nhiệt độ T_2 .

Bài tập thí dụ :

Một khối khí nitơ ($\mu = 28\text{kg/kmol}$) đựng trong một xilanh. Người ta cho khối khí đó giãn đoạn nhiệt từ thể tích $V_1 = 1$ lít tới thể tích $V_2 = 3$ lít rồi giãn đẳng áp từ V_2 tới $V_3 = 5$ lít. Sau đó giãn đẳng nhiệt từ V_3 tới $V_4 = 7$ lít.

Nhiệt độ và áp suất ban đầu của khí là $T_1 = 290\text{K}$, $p_1 = 6,58 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$.

a) Hãy tính công mà khối khí sinh ra, độ biến thiên nội năng và nhiệt lượng nhận được trong mỗi quá trình biến đổi.

b) Tìm nhiệt độ T_4 và áp suất p_4 ở trạng thái khí sau cùng. Cho nhiệt dung riêng đẳng tích của nitơ là $c_v = 740\text{J/kg.độ}$.

Bài giải :

$$\text{Cho } \begin{cases} V_1 = 10^{-3} \text{ m}^3, \\ V_2 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3, \\ V_3 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3, \\ V_4 = 7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3, \end{cases} \quad \begin{cases} p_1 = 6,58 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 \\ T_1 = 290 \text{ K}, \\ c_v = 740 \text{ J/kg độ}, \\ \mu = 28 \text{ kg/kmol} \end{cases}$$

$$\text{Hỏi } \begin{cases} \text{a) } A'_1, A'_2, A'_3? \\ \Delta U_1, \Delta U_2, \Delta U_3? \\ A_1, Q_2, Q_3? \\ \text{b) } p_4? T_4? \end{cases}$$

1. Quá trình giãn đoạn nhiệt :

– Công do khối khí nitơ sinh ra :

$$A'_1 = -A_1 = \frac{p_1 V_1}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{1-\gamma} \right],$$

với $\gamma = \frac{i+2}{i}$; vì phân tử khí N, có 2 nguyên tử nên $i = 5$, $\gamma = 1,4$.

Do đó

$$A'_1 = \frac{6,58 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3}}{(1,4 - 1)} [1 - 3^{-0,4}] = 584 \text{ J}.$$

– Nhiệt trao đổi :

$$Q_1 = 0.$$

– Độ biến thiên nội năng của khối khí :

$$\Delta U_1 = A_1 = -584 \text{ J}.$$

2. Quá trình giãn đẳng áp ($p_2 = p_3$) :

Có thể tính áp suất p_2 và nhiệt độ T_2 qua các thông số ban đầu p_1 , T_1 và các thể tích V_1 , V_2 nếu dùng các công thức của quá trình đoạn nhiệt :

$$p_2 = p_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma = 6,58 \cdot 10^5 \left(\frac{1}{3} \right)^{1,4} \text{ N/m}^2 = 1,42 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2,$$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = 290 \cdot \left(\frac{1}{3} \right)^{0,4} = 187\text{K}.$$

– Công do khối khí sinh ra :

$$A'_2 = p_2 (V_3 - V_2) = 1,42 \cdot 10^5 (5 - 3) \cdot 10^{-3} \text{J} = 284\text{J}$$

– Độ biến thiên nội năng của khối khí.

$$\Delta U_2 = \frac{M}{\mu} C_v (T_3 - T_2),$$

trong đó : T_2 là nhiệt độ ở cuối quá trình giãn đoạn nhiệt.

T_3 là nhiệt độ ở đầu quá trình giãn đẳng áp,

M là khối lượng của khối khí trong xilanh.

Dùng phương trình Clapêyrôn – Mendêlêép đối với trạng thái đầu, ta có thể tìm được khối lượng M của khối khí :

$$M = \frac{p_1 \cdot V_1 \mu}{RT_1}$$

Do đó :

$$\Delta U_2 = \frac{p_1 V_1 \mu c_v}{RT_1} (T_3 - T_2)$$

Ta tìm được nhiệt độ T_3 từ phương trình của quá trình đẳng áp :

$$T_3 = T_2 \frac{V_3}{V_2} = 187 \cdot \frac{5}{3} = 312\text{K}$$

Vậy :

$$\Delta U_2 = \frac{6,58 \cdot 10^5 \cdot 10^{-3} \cdot 28 \cdot 740}{8,31 \cdot 10^3 \cdot 290} (312 - 187) = 707\text{J}$$

– Nhiệt lượng Q_2 mà khí nhận được trong quá trình đẳng áp :

$$\begin{aligned} Q_2 &= M c_p (T_3 - T_2) = M \gamma \cdot c_v (T_3 - T_2) = \gamma \cdot \Delta U_2 = \\ &= 1,4 \cdot 707 = 990\text{J} = 237,6\text{cal}. \end{aligned}$$

3. Quá trình giãn đẳng nhiệt ($\Delta T = 0$) :

– Độ biến thiên nội năng của khối khí :

$$\Delta U_2 = 0$$

– Công do khối khí sinh ra trong quá trình này :

$$\begin{aligned} A'_3 &= p_3 V_3 \ln \frac{V_4}{V_3} = p_2 V_3 \ln \frac{V_4}{V_3} = 1,42 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \ln \frac{7}{5} \\ &= 238 \text{ J.} \end{aligned}$$

– Nhiệt lượng Q_3 mà khí nhận được trong quá trình :

$$Q_3 = \Delta U_3 + A'_3 = A'_3 = 238 \text{ J} = 57 \text{ cal.}$$

Nhiệt độ : $T_4 = T_3 = 312 \text{ K}$

Áp suất sau cùng của khối khí được tính theo định luật Bôi – Mariốt cho quá trình đẳng nhiệt.

$$\begin{aligned} p_4 &= p_3 \frac{V_3}{V_4} = p_2 \frac{V_3}{V_4} = 1,42 \cdot 10^5 \frac{5}{7} \text{ N/m}^2 = \\ &= 1,01 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

Bài tập tự giải

8–1. 160 gam khí ôxy được nung nóng từ nhiệt độ 50°C đến 60°C . Tìm nhiệt lượng mà khí nhận được và độ biến thiên nội năng của khối khí trong hai quá trình :

a) Đẳng tích ; b) Đẳng áp.

8–2. Tìm nhiệt dung riêng đẳng tích của một chất khí đa nguyên tử, biết rằng khối lượng riêng của khí đó ở điều kiện tiêu chuẩn là $\rho = 7,95 \cdot 10^{-4} / \text{cm}^3$.

8–3. Tìm nhiệt dung riêng đẳng áp của một chất khí nếu biết khối lượng của một kilômol khí đó là 30 kg/kmol và hệ số Poátxông $\gamma = 1,4$.

8–4. Một bình kín chứa 14g khí nitơ ở áp suất 1 at và nhiệt độ 27°C . Sau khi hơ nóng, áp suất trong bình lên tới 5at. Hỏi :

a) Nhiệt độ của khí sau khi hơ nóng ?

b) Thể tích của bình ?

c) Độ tăng nội năng của khí ?

8-5. Nén đẳng nhiệt 3 lít không khí ở áp suất 1at. Tìm nhiệt lượng toả ra, biết rằng thể tích cuối cùng chỉ còn bằng $\frac{1}{10}$ thể tích lúc đầu.

8-6. Một bình kín có thể tích 2 lít, đựng 12g khí nitơ ở nhiệt độ 10°C . Sau khi hơi nóng, áp suất trung bình lên tới 10^4 mmHg. Tìm nhiệt lượng mà khối khí nhận được, biết rằng bình giãn nở kém.

8-7. Hơi nóng 16 gam khí ôxy trong một bình khí giãn nở kém ở nhiệt độ 37°C , từ áp suất 10^5N/m^2 lên tới 3.10^5N/m^2 . Tìm :

a) Nhiệt độ của khối khí sau khi hơi nóng ;

b) Nhiệt lượng đã cung cấp cho khối khí.

8-8. Sau khi nhận được nhiệt lượng 150cal, nhiệt độ của 40 gam khí ôxy tăng từ 16°C đến 40°C . Hỏi quá trình hơi nóng đó được tiến hành trong điều kiện nào ?

8-9. 6,5 gam hydrô ở nhiệt độ 27°C , nhận được nhiệt nên thể tích giãn nở gấp đôi, trong điều kiện áp suất không đổi. Tính :

a) Công mà khí sinh ra ;

b) Độ biến thiên nội năng của khối khí ;

c) Nhiệt lượng đã cung cấp cho khối khí.

8-10. 10 gam khí ôxy ở nhiệt độ 10°C , áp suất 3.10^5N/m^2 . Sau khi hơi nóng đẳng áp, thể tích khí tăng đến 10 lít. Tìm :

a) Nhiệt lượng mà khối khí nhận được ;

b) Nội năng của khối khí trước và sau khi hơi nóng.

8-11. Một thuỷ lôi chuyển động trong nước nhờ không khí nén trong bình chứa của thuỷ lôi phụt ra phía sau. Tính công do khí sinh ra. Biết rằng thể tích của bình chứa là 5 lít, áp suất của không khí nén từ 100 at giảm xuống 1 at.

8–12. 2 kilômol khí cacbôníc được hơ nóng đẳng áp cho tới khi nhiệt độ tăng thêm 50° . Tìm :

- a) Độ biến thiên nội năng của khối khí ;
- b) Công do khí giãn nở sinh ra ;
- c) Nhiệt lượng truyền cho khối khí.

8–13. 7 gam khí cacbôníc được hơ nóng cho tới khi nhiệt độ tăng thêm 10°C trong điều kiện giãn nở tự do. Tìm công do khí sinh ra và độ biến thiên nội năng của nó.

8–14. 10 gam khí ôxy ở áp suất 3at và nhiệt độ 10°C được hơ nóng đẳng áp và giãn nở đến thể tích 10 lít. Tìm :

- a) Nhiệt lượng cung cấp cho khối khí ;
- b) Độ biến thiên nội năng của khối khí ;
- c) Công do khí sinh ra khi giãn nở.

8–15. Một chất khí đựng trong một xilanh đặt thẳng đứng có pittông di động được. Hỏi cần phải thực hiện một công bằng bao nhiêu để nâng pittông lên cao thêm một khoảng $h_1 = 10\text{cm}$, nếu chiều cao ban đầu của cột khí là $h_0 = 15\text{cm}$, áp suất khí quyển $p_0 = 1\text{at}$, diện tích mặt pittông $S = 10\text{cm}^2$. Bỏ qua trọng lượng của pittông. Nhiệt độ là không đổi trong suốt quá trình.

8–16. 2m^3 khí giãn nở đẳng nhiệt từ áp suất $p = 5\text{at}$ đến áp suất 4at. Tính công do khí sinh ra và nhiệt lượng cung cấp cho khí trong quá trình giãn nở.

8–17. Một khối khí nitơ ở áp suất $p_1 = 1\text{at}$ có thể tích $V_1 = 10$ lít được giãn nở tới thể tích gấp đôi. Tìm áp suất cuối cùng và công do khí sinh ra nếu quá trình giãn nở đó là :

- a) Đẳng áp ; b) Đẳng nhiệt ; c) Đoạn nhiệt.

8–18. Nén 10g khí ôxy từ điều kiện tiêu chuẩn đến thể tích 4 lít. Tìm :

a) Áp suất và nhiệt độ của khối khí sau mỗi quá trình nén đẳng nhiệt và đoạn nhiệt.

b) Công cần thiết để nén khí trong mỗi trường hợp. Từ đó, suy ra nên nén theo cách nào thì lợi hơn.

8-19. Người ta muốn nén 10 lít không khí đến thể tích 2 lít. Hỏi nên nén đẳng nhiệt hay nén đoạn nhiệt ?

8-20. Giãn đoạn nhiệt một khối không khí sao cho thể tích của nó tăng gấp đôi. Hãy tính nhiệt độ của khối khí đó ở cuối quá trình, biết rằng lúc đó nó có nhiệt độ 0°C .

8-21. 7,2 lít khí ôxy được nén đoạn nhiệt đến thể tích 1 lít, lúc đó áp suất của khí nén là 16at. Hỏi áp suất ban đầu ?

8-22. 1kg không khí ở nhiệt độ 30°C và áp suất 1,5 at được giãn đoạn nhiệt đến áp suất 1at. Hỏi :

- a) Thể tích không khí tăng lên bao nhiêu lần ?
- b) Nhiệt độ của không khí sau khi giãn ?
- c) Công do không khí sinh ra khi giãn nở ?

8-23. Chứng minh rằng đối với một khối khí lý tưởng xác định, có phương trình :

$$pV = \frac{2}{i} U,$$

với U là nội năng của khối khí ấy ; i là số bậc tự do.

8-24. Một kilômol khí nitơ ($\mu = 28\text{kg/kmol}$) ở điều kiện tiêu chuẩn giãn đoạn nhiệt sao cho thể tích của nó tăng lên 5 lần. Tìm :

- a) Công do khí thực hiện ;
- b) Độ biến thiên nội năng của khối khí.

8-25. Không khí trong xilanh của một động cơ đốt trong được nén đoạn nhiệt từ áp suất 1at đến áp suất 35at. Tính nhiệt độ của nó ở cuối quá trình nén biết rằng nhiệt độ ban đầu của nó là 40°C .

8-26. Một khối khí giãn nở đoạn nhiệt, thể tích của nó tăng gấp đôi nhưng nhiệt độ tuyệt đối của nó giảm xuống 1,32 lần. Tìm số bậc tự do của phân tử khí đó.

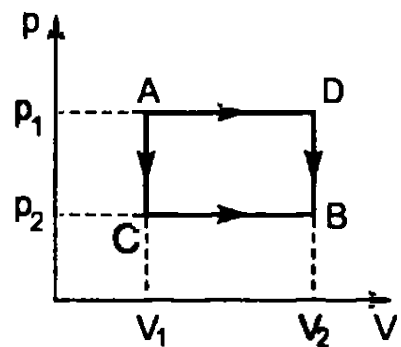
8-27. Một chất khí lưỡng nguyên tử có thể tích $V_1 = 0,5$ lít, ở áp suất $p_1 = 0,5 \text{at}$. Nó bị nén đoạn nhiệt tới thể tích V_2 và áp suất p_2 . Sau đó, người ta giữ nguyên thể tích V_2 và làm lạnh nó đến nhiệt độ ban đầu. Khi đó áp suất của khí là $p_0 = 1 \text{at}$.

a) Vẽ đồ thị của quá trình đó ;

b) Tìm thể tích V_2 và áp suất p_2 .

8-28. Khi nén đoạn nhiệt 1 kilômol khí lưỡng nguyên tử, người ta đã tốn công 146kJ . Hỏi nhiệt độ của khí tăng lên bao nhiêu ?

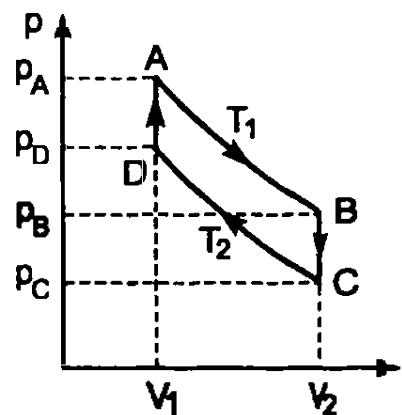
8-29. Một lượng khí ôxy chiếm thể tích $V_1 = 3$ lít, ở nhiệt độ 27°C và áp suất $p_1 = 8,2 \cdot 10^5 \text{N/m}^2$. Ở trạng thái thứ hai, khí có các thông số $V_2 = 4,5$ lít và $p_2 = 6 \cdot 10^5 \text{N/m}^2$ (hình 8-1). Tìm nhiệt lượng mà khí sinh ra khi giãn nở, và độ biến thiên nội năng của khối khí. Giải bài toán trong trường hợp biến đổi chất khí từ trạng thái thứ nhất sang trạng thái thứ hai theo hai con đường.



Hình 8-1

a) ACB ; b) ADB.

8-30. Một kilômol khí thực hiện một chu trình như trên hình 8-2, trong đó AB và CD là hai quá trình đẳng nhiệt, ứng với nhiệt độ T_1 và T_2 . BC và DA là hai quá trình đẳng tích ứng với thể tích V_2 và V_1 , biết khối lượng của một kilômol khí đó là μ .



Hình 8-2

a) Chứng minh rằng :

$$\frac{p_A}{p_B} = \frac{p_D}{p_C}.$$

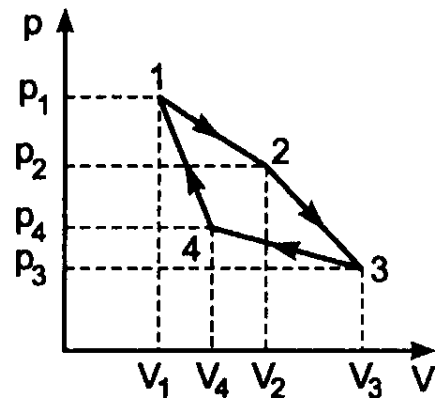
b) Tính công và nhiệt của chu trình.

8-31. Một khối khí thực hiện một chu trình như trên hình 8-3, trong đó 1-2 và 3-4 là hai quá trình đẳng nhiệt ứng với nhiệt độ T_1 và T_2 , 2-3 và 4-1 là hai quá trình đoạn nhiệt. Cho biết :

$$V_1 = 2 \text{ lít},$$

$$T_1 = 400\text{K}, V_2 = 5 \text{ lít},$$

$$p_1 = 7\text{at}, V_3 = 8 \text{ lít}.$$



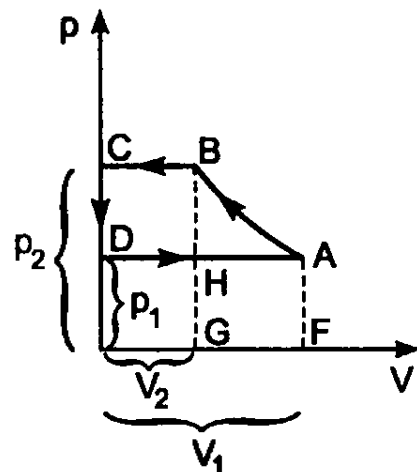
Hình 8-3

Tìm : a) p_2, p_3, p_4, V_4 và T_2 ;

b) Công do khối khí thực hiện trong từng quá trình và trong cả chu trình ; c) Nhiệt mà khối khí nhận được hay toả ra trong từng quá trình đẳng nhiệt.

8-32. Trong một bình kín có 20g nitơ và 32g ôxy. Tìm độ biến thiên nội năng của hỗn hợp khí đó khi làm lạnh nó xuống 28°C .

8-33. Giản đồ công tác theo lý thuyết của một máy nén được vẽ trên hình 8-4. (Giản đồ thực nghiệm có các góc tròn hơn). Đoạn AB ứng với quá trình nén đẳng nhiệt không khí, BC quá trình đẩy không khí vào bình chứa (áp suất không đổi) ; CD – giảm đột ngột áp suất trong xilanh của máy nén khi đóng van thoát và mở van nạp ; DA – cho không khí vào ở áp suất 1at. Hãy chứng minh rằng công của máy nén sau một chu trình bằng công đối với quá trình đẳng nhiệt và được biểu diễn bằng diện tích ABGF.



Hình 8-4

8-34. Vẽ các đồ thị của những quá trình đẳng tích, đẳng áp, đẳng nhiệt và đoạn nhiệt của giản đồ :

a) T, p ; b) T, V ; c) T, U ; d) V, U .

Chương 9

NGUYÊN LÝ THỨ HAI CỦA NHIỆT ĐỘNG HỌC

1. Hiệu suất của một động cơ nhiệt :

$$\eta = \frac{A'}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q'_2}{Q_1}, \quad (9-1)$$

trong đó Q_1 là nhiệt mà tác nhân nhận được của nguồn nóng và Q'_2 là nhiệt mà tác nhân nhả cho nguồn lạnh.

2. Hiệu suất của chu trình Cárnot :

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}. \quad (9-2)$$

3. Hệ số làm lạnh của máy làm lạnh :

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{A} = \frac{Q_2}{Q'_1 - Q_2}. \quad (9-3)$$

trong đó A là công tiêu tốn trong một chu trình làm lạnh, Q_2 là nhiệt mà tác nhân nhận được của nguồn lạnh trong chu trình đó, Q'_1 là nhiệt mà tác nhân nhả cho nguồn nóng trong 1 chu trình.

Đối với máy làm lạnh hoạt động theo chu trình Cárnot ngược :

$$\varepsilon = \frac{T_2}{T_1 - T_2}. \quad (9-4)$$

4. Độ biến thiên entropi giữa hai trạng thái 1 và 2 theo một quá trình thuận nghịch

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_{(1)}^{(2)} \frac{\delta Q}{T}. \quad (9-5)$$

Đối với khí lý tưởng.

$$\begin{aligned}\Delta S &= \frac{M}{\mu} \left[C_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1} \right] = \\ &= \frac{M}{\mu} \left[C_v \ln \frac{p_2}{p_1} + C_p \ln \frac{V_2}{V_1} \right].\end{aligned}$$

5. Nguyên lý tăng entropi

Với các quá trình nhiệt động thực tế xảy ra trong một hệ cô lập, entropi của hệ luôn luôn tăng :

$$\Delta S \geq 0.$$

Bài tập thí dụ 9.1

Một động cơ nhiệt làm việc theo chu trình Cárnot, có công suất $P = 73600\text{W}$. Nhiệt độ của nguồn nóng là 100°C , nhiệt độ của nguồn lạnh là 0°C . Tính : a) Hiệu suất của động cơ.

b) Nhiệt lượng mà tác nhân nhận được của nguồn nóng trong 1 phút.

c) Nhiệt lượng mà tác nhân nhả cho nguồn lạnh trong 1 phút.

Bài giải :

$$\text{Cho } \begin{cases} P = 73600\text{W}, \\ T_1 = 100^\circ\text{C} = 373\text{K}, \\ T_2 = 0^\circ\text{C} = 273\text{K}. \end{cases} \quad \text{Hỏi } \begin{cases} \text{a) } \eta? \\ \text{b) } Q_1? \\ \text{c) } Q_2? \end{cases}$$

a) Hiệu suất của động cơ nhiệt làm việc theo chu trình Cárnot :

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{373 - 273}{373} = 27\%.$$

b) Trong 1 giây, động cơ sinh công $A' = 73600\text{J}$ và nó nhận ở nguồn nóng một nhiệt lượng :

$$Q_1 = \frac{A'}{\eta}.$$

Trong 1 phút động cơ nhận được nhiệt lượng :

$$Q_{1p} = 60Q_1 = 60 \frac{A'}{\eta} = 60 \frac{73600}{0,27} \approx 16470\text{kJ} \approx 3950\text{kcal}.$$

c) Trong một giây, tác nhân nhả cho nguồn lạnh nhiệt lượng :

$$Q'_2 = Q_1 - A'.$$

Nếu thời gian là 1 phút thì

$$Q'_2 = 60 (Q_1 - A') = Q_{1p} - 60A' = 12054\text{kJ} = 2890\text{kcal}.$$

Bài tập thí dụ 9.2

Một cục nước đá có khối lượng 0,1kg ở nhiệt độ 240K, được biến thành hơi nước ở 373K. Tính độ biến thiên entropi trong quá trình biến đổi trên nếu cho rằng nhiệt dung của nước đá và nước không phụ thuộc nhiệt độ. Áp suất trong quá trình biến đổi là áp suất khí quyển. Nhiệt dung riêng của nước đá là $1,8 \cdot 10^3 \text{J/kg độ}$, của nước là $4,18 \cdot 10^3 \text{J/kg độ}$; nhiệt nóng chảy riêng của nước đá là $3,35 \cdot 10^5 \text{J/kg}$; nhiệt hoá hơi riêng của nước là $2,26 \cdot 10^6 \text{J/kg}$.

Bài giải :

$$\text{Cho } \begin{cases} M = 0,1\text{kg}, & C_d = 1,8 \cdot 10^3 \text{J/kg độ}, \\ T_1 = 240\text{K}, & C_n = 4,18 \cdot 10^3 \text{J/kg độ}, \\ T_2 = 373\text{K}, & \lambda = 3,35 \cdot 10^5 \text{J/kg}, \\ L = 2,26 \cdot 10^6 \text{J/kg}. \end{cases} \text{Hỏi } \{ \Delta S ?$$

Biểu thức tổng quát của độ biến thiên entropi của một hệ :

$$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} \frac{\delta Q}{T}.$$

Quá trình biến đổi của nước đá gồm 4 quá trình

1. Nước đá ở $T_1 = 240\text{K} \rightarrow$ nước đá ở $T_0 = 273\text{K}$;
2. Nước đá ở $T_0 = 273\text{K} \rightarrow$ nước ở $T_0 = 273\text{K}$, trong quá trình này nước đá thu nhiệt để nóng chảy ;
3. Nước ở $T_0 = 273\text{K} \rightarrow$ nước ở $T_2 = 373\text{K}$;

4. Nước ở $T_2 = 373\text{K} \rightarrow$ hơi nước ở $T_2 = 373\text{K}$, trong quá trình này nước thu nhiệt để hoá hơi.

Ta tính ΔS trong từng quá trình này :

$$\Delta S_1 = MC_d \int_{T_1}^{T_0} \frac{dT}{T} = MC_d (\ln T_0 - \ln T_1),$$

$$\Delta S_2 = \frac{M\lambda}{T_0},$$

$$\Delta S_3 = MC_n \int_{T_0}^{T_2} \frac{dT}{T} = MC_n (\ln T_2 - \ln T_0),$$

$$\Delta S_4 = \frac{ML}{T_2}.$$

Độ biến thiên entropi tổng cộng của quá trình biến đổi 0,1kg nước đá ở 240K thành hơi nước ở 373K.

$$\begin{aligned} \Delta S &= \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4 = \\ &= MC_d (\ln T_0 - \ln T_1) + \frac{M\lambda}{T_0} + \\ &\quad + MC_n (\ln T_2 - \ln T_0) + \frac{ML}{T_2} = 883 \text{ J/độ}. \end{aligned}$$

Bài tập tự giải

9-1. Một máy hơi nước có công suất 14,7 kW, tiêu thụ 8,1 kg than trong 1 giờ. Năng suất toả nhiệt của than là 7800 cal/kg. Nhiệt độ của nguồn nóng là 200°C , nhiệt độ của nguồn lạnh là 58°C . Tìm hiệu suất thực tế của máy. So sánh hiệu suất đó với hiệu suất lý tưởng của máy nhiệt làm việc theo chu trình Cárnot với những nguồn nhiệt kể trên.

9-2. Các ngoại lực trong máy làm lạnh lý tưởng thực hiện một công bằng bao nhiêu để lấy đi nhiệt lượng 10^5J từ buồng làm lạnh, nếu nhiệt độ trong buồng là 263K, còn nhiệt độ của nước làm lạnh là 285K.

9-3. Một động cơ nhiệt lý tưởng chạy theo chu trình Cárnot, nhả cho nguồn lạnh 80% nhiệt lượng mà nó thu được của nguồn nóng. Nhiệt lượng thu được trong một chu trình là 1,5kcal. Tìm :

- a) Hiệu suất của chu trình Cárnot nói trên ?
- b) Công mà động cơ sinh ra trong một chu trình.

9-4. Một động cơ nhiệt làm việc theo chu trình Cárnot, sau mỗi chu trình sinh một công $A = 7,35 \cdot 10^4 \text{ J}$. Nhiệt độ của nguồn nóng là 100°C , nhiệt độ của nguồn lạnh là 0°C . Tìm :

- a) Hiệu suất của động cơ ;
- b) Nhiệt lượng nhận được của nguồn nóng sau một chu trình ;
- c) Nhiệt lượng nhả cho nguồn lạnh sau một chu trình.

9-5. Nhiệt độ của hơi nước từ lò hơi vào máy hơi nước là $t_1 = 227^\circ\text{C}$: nhiệt độ của bình ngưng là $t_2 = 27^\circ\text{C}$.

Hỏi khi tốn một nhiệt lượng $Q = 1 \text{ kcal}$ thì ta thu được một công cực đại theo lý thuyết là bao nhiêu ?

9-6. Một chu trình Cárnot, thực hiện giữa hai máy điều nhiệt có nhiệt độ $t_1 = 400^\circ\text{C}$, $t_2 = 20^\circ\text{C}$. Thời gian để thực hiện chu trình đó là $\tau = 1$ giây. Tìm công suất của động cơ làm việc theo chu trình ấy, nếu biết rằng tác nhân là 2kg không khí ; áp suất ở cuối quá trình giãn đẳng nhiệt bằng áp suất ở đầu quá trình nén đoạn nhiệt. Cho μ của không khí là 29kg/kmol.

9-7. Một máy làm lạnh làm việc theo chu trình Cárnot nghịch, tiêu thụ công suất 36800W. Nhiệt độ của nguồn lạnh là -10°C , nhiệt độ của nguồn nóng là 17°C . Tính :

- a) Hệ số làm lạnh của máy ;
- b) Nhiệt lượng lấy được của nguồn lạnh trong 1 giây ;
- c) Nhiệt lượng nhả cho nguồn nóng trong 1 giây.

9-8. Khi thực hiện chu trình Cárnot, khí sinh công 8600J và nhả nhiệt 2,5kcal cho nguồn lạnh. Tính hiệu suất của chu trình.

9-9. Khi thực hiện chu trình Căcnô, khí nhận được nhiệt lượng 10kcal từ nguồn nóng và thực hiện công 15kJ. Nhiệt độ của nguồn nóng là 100°C . Tính nhiệt độ của nguồn lạnh.

9-10. Một máy nhiệt lý tưởng, chạy theo chu trình Căcnô, có nguồn nóng ở nhiệt độ 117°C và nguồn lạnh ở 27°C . Máy nhận của nguồn nóng là 63000cal/s. Tính :

- Hiệu suất của máy ;
- Nhiệt lượng nhả cho nguồn lạnh trong 1 giây ;
- Công suất của máy.

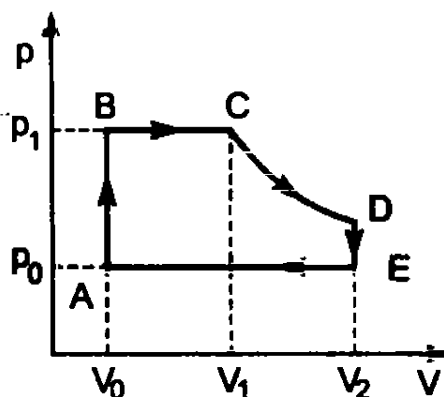
9-11. Một máy làm lạnh lý tưởng, chạy theo chu trình Căcnô ngược, lấy nhiệt từ nguồn lạnh ở nhiệt độ 0°C nhả cho bình nước sôi ở nhiệt độ 100°C . Tính lượng nước cần làm đông ở nguồn lạnh để có thể biến 1kg nước thành hơi ở bình sôi. Cho biết nhiệt nóng chảy riêng của nước đá là $\lambda = 3,35 \cdot 10^5 \text{J/kg}$ và nhiệt hoá hơi riêng của nước là $L = 2,26 \cdot 10^6 \text{J/kg}$.

9-12. Một kilômol khí lý tưởng, thực hiện một chu trình gồm 2 quá trình đẳng tích và 2 quá trình đẳng áp. Khi đó, thể tích của khí thay đổi từ $V_1 = 25\text{m}^3$ đến $V_2 = 50\text{m}^3$ và áp suất từ $p_1 = 1\text{at}$ đến $p_2 = 2\text{at}$. Hỏi công thực hiện bởi chu trình này nhỏ hơn bao nhiêu lần công thực hiện bởi chu trình Căcnô, có các đường đẳng nhiệt ứng với nhiệt độ lớn nhất và nhỏ nhất của chu trình trên, nếu khi giãn đẳng nhiệt, thể tích tăng lên 2 lần ?

9-13. Một máy hơi nước làm việc theo chu trình như hình vẽ 9-1.

a) Thoát tiên hơi nước từ nồi hơi vào xilanh, áp suất hơi tăng từ p_0 đến p_1 , thể tích không đổi và bằng V_0 (nhánh AB).

b) Hơi nước tiếp tục đi vào, pittông chuyển động từ trái sang phải (nhánh BC) với áp suất hơi không đổi là p_1 và thể tích tăng lên V_1 .



Hình 9-1

c) Xilanh được đóng lại, pittông chuyển động tiếp tục sang phải, khi đó xảy ra quá trình giãn đoạn nhiệt (nhánh CD) ;

d) Khi đến vị trí cuối cùng bên phải, thì hơi nước trong xilanh đi vào nguồn lạnh, khi đó áp suất hơi giảm xuống p_0 , còn thể tích không đổi bằng V_2 (nhánh DE) ;

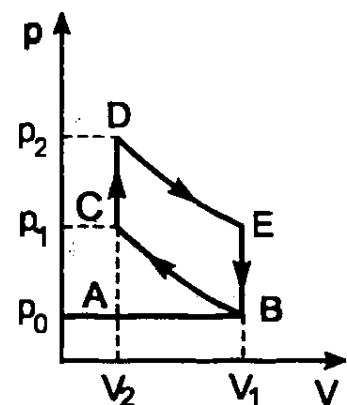
e) Pittông chuyển động ngược lại, đẩy hơi nước còn lại trong xilanh ra ngoài, khi đó áp suất không đổi và bằng p_0 , thể tích giảm từ V_2 đến V_0 (nhánh EA).

Hãy tính công mà máy sinh ra mỗi chu trình, nếu $V_0 = 0,5l$; $V_1 = 1,5l$; $V_2 = 3l$; $p_0 = 1at$; $p_1 = 12at$ và hệ số đoạn nhiệt $\gamma = 1,33$.

9–14. Hình 9–2 trình bày giản đồ lý thuyết của động cơ đốt trong bốn kỳ.

a) Trong quá trình đầu tiên, hỗn hợp cháy được nạp vào xilanh, khi đó $p_0 = \text{const}$ và thể tích tăng từ $V_2 \rightarrow V_1$ (nhánh AB) ;

b) Trong quá trình thứ hai (nhánh BC), hỗn hợp cháy được nén đoạn nhiệt từ $V_1 \rightarrow V_2$. Khi đó nhiệt độ tăng từ T_0 đến T_1 và áp suất từ p_0 đến p_1 ;



Hình 9–2

c) Tiếp theo là quá trình đốt cháy nhanh hỗn hợp cháy bằng tia lửa điện ; khi đó áp suất tăng từ p_1 đến p_2 , thể tích không đổi và bằng V_2 (nhánh CD), nhiệt độ tăng đến T_2 ;

d) Tiếp theo là quá trình giãn đoạn nhiệt từ V_2 đến V_1 (nhánh DE), nhiệt độ giảm xuống T_3 ;

e) Ở vị trí cuối cùng của pittông (điểm E), van mở, khí thoát ra ngoài, áp suất giảm nhanh đến p_0 , thể tích không đổi và bằng V_1 (nhánh EB) ;

g) Cuối cùng là quá trình nén đẳng áp ở áp suất p_0 (nhánh BA).

Hãy tính hiệu suất của chu trình nếu hệ số nén $\frac{V_1}{V_2} = 5$ và hệ số đoạn nhiệt là 1,33.

9-15. Tìm hiệu suất của động cơ đốt trong, cho biết hệ số đoạn nhiệt là 1,33 và hệ số nén bằng :

a) $\frac{V_1}{V_2} = 4$; b) $\frac{V_1}{V_2} = 6$; c) $\frac{V_1}{V_2} = 8$.

9-16. Chu trình của động cơ điêzen bốn kỳ được trình bày trên hình 9-3.

a) Nhánh AB ứng với quá trình nạp không khí, áp suất $p_0 = 1 \text{ at}$;

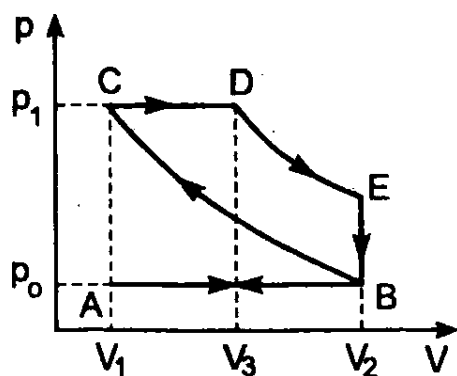
b) Nhánh BC – không khí được nén đoạn nhiệt tới áp suất p_1 ;

c) Ở cuối kì nén, nhiên liệu được phun vào xilanh, nhiên liệu cháy trong không khí nóng, khi đó pittông chuyển động sang phải, đầu tiên là đẳng áp (nhánh CD), sau đó là đoạn nhiệt (nhánh DE) ;

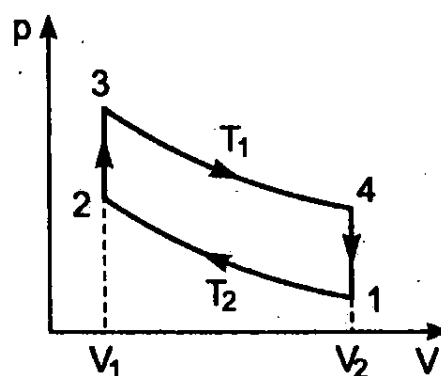
d) Ở cuối quá trình đoạn nhiệt, van thoát mở, áp suất giảm xuống p_0 (nhánh EB) ;

e) Nhánh BA ứng với quá trình đẩy khí ra khỏi xilanh.

Tính hiệu suất của động cơ điêzen.



Hình 9-3



Hình 9-4

9-17. Một máy hơi nước chạy theo chu trình Stilin gồm 2 quá trình đẳng nhiệt và 2 quá trình đẳng tích như hình 9-4.

Tính hiệu suất của chu trình đó.

So sánh với hiệu suất của chu trình Cárnot có cùng nhiệt độ của nguồn nóng và nguồn lạnh.

9-18. Tính độ biến thiên entropi khi hơi nóng đẳng áp 6,5 gam hiđrô, thể tích khí tăng lên gấp đôi.

9-19. Tính độ tăng entropi khi biến đổi 1g nước ở 0°C thành hơi ở 100°C .

9-20. Tính độ biến thiên entropi khi giãn đẳng nhiệt 10,5g khí nitơ từ thể tích 2 lít đến thể tích 5 lít.

9-21. 10g ôxy được hơi nóng từ $t_1 = 50^{\circ}\text{C}$ tới $t_2 = 150^{\circ}\text{C}$. Tính độ biến thiên entropi nếu quá trình hơi nóng là : a) Đẳng tích ; b) Đẳng áp.

9-22. Tính độ biến thiên entropi khi biến đổi 6g khí hiđrô từ thể tích 20 lít, áp suất 1,5at đến thể tích 60 lít, áp suất 1at.

9-23. 1 kilômol khí lưỡng nguyên tử được hơi nóng, nhiệt độ tuyệt đối của nó được tăng lên 1,5 lần.

Tính độ biến thiên entropi nếu quá trình hơi nóng là :

a) Đẳng tích ; b) Đẳng áp.

9-24. 22g khí nitơ được hơi nóng, nhiệt độ tuyệt đối của nó tăng gấp 2,1 lần và entropi tăng lên 4,19J/độ. Xét xem quá trình hơi nóng là đẳng tích hay đẳng áp ?

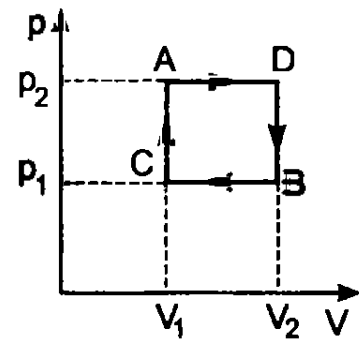
9-25. Độ biến thiên entropi trên đoạn giữa hai quá trình đoạn nhiệt trong chu trình Cárnot bằng 1kcal/độ. Hiệu số nhiệt độ giữa hai đường đẳng nhiệt là 100° . Hỏi nhiệt lượng đã chuyển hoá thành công trong chu trình này ?

9-26. Bỏ 100g nước đá ở 0°C vào 400g nước ở 30°C trong một bình có vỏ cách nhiệt lý tưởng. Tính độ biến thiên entropi của hệ trong quá trình trao đổi nhiệt. Từ đó suy ra rằng nhiệt chỉ truyền từ vật nóng sang vật lạnh. Cho biết nhiệt nóng chảy riêng của nước đá ở 0°C là $\lambda = 80\text{kcal/kg}$; nhiệt dung riêng của nước là 1kcal/kg độ.

9-27. Tính độ biến thiên của entropi của một chất khí lý tưởng khi trạng thái của nó thay đổi từ A đến B (hình 9-5) theo :

a) Đường ACB ; b) Đường ADB.

Cho biết : $V_1 = 3\text{l}$, $p_1 = 8,31 \cdot 10^5 \text{N/m}^2$,
 $t_1 = 27^\circ\text{C}$, $V_2 = 4,5\text{l}$, $p_2 = 6 \cdot 10^5 \text{N/m}^2$.



Hình 9-5

9-28. Có hai bình khí. Bình thứ nhất có thể tích $V_1 = 2\text{l}$ chứa khí nitơ ở áp suất $p_1 = 1\text{at}$, bình thứ hai có thể tích V_2 chứa khí CO ở áp suất $p_2 = 5\text{at}$. Cho hai bình thông với nhau và đặt chúng trong một vỏ cách nhiệt lý tưởng. Tính độ biến thiên entropi của hệ khi hai khí trộn lẫn vào nhau, cho biết nhiệt độ ban đầu trong hai bình là như nhau và bằng 27°C .

9-29. 200g sắt ở 100°C được bỏ vào một nhiệt lượng kế chứa 300g nước ở 12°C . Entropi của hệ thay đổi như thế nào khi cân bằng nhiệt ?

Chương 10

CHẤT KHÍ

1. Phương trình trạng thái Van đéc Van

Đối với 1 mol chất khí thực :

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT, \quad (10-1)$$

Đối với một khối khí thực bất kỳ khối lượng M :

$$\left(p + \frac{M^2}{\mu^2} \frac{a}{V^2}\right) \left(V - \frac{M}{\mu} b\right) = \frac{M}{\mu} RT, \quad (10-2)$$

a là hằng số hiệu chỉnh về áp suất, b là hằng số hiệu chỉnh về thể tích.

Nội áp p_i của khí thực được xác định bởi biểu thức :

$$p_i = \frac{M^2}{\mu^2} \frac{a}{V^2}.$$

Cộng tích V_i của khí thực được xác định bởi biểu thức :

$$V_i = \frac{M}{\mu} b.$$

Lý thuyết tính được $b = 4N_0 \cdot \left(\frac{1}{6} \pi d^3\right)$,

trong đó N_0 là số Avôgađrô, d là đường kính hiệu dụng của phân tử.

Giá trị các hằng số a , b đối với các loại khí khác ghi ở bảng XI cuối sách.

2. Trạng thái tới hạn của các chất khí được xác định bởi các thông số trạng thái

$$V_{ok} = 3b; \quad p_k = \frac{a}{27b^2}; \quad T_k = \frac{8a}{27bR}.$$

Các hằng số a , b được xác định qua các thông số trạng thái bằng các biểu thức sau :

$$a = \frac{27RT_k^2}{64p_k}, \quad b = \frac{RT_k}{8p_k}.$$

Giá trị của p_k và T_k đối với các loại khí khác nhau ghi ở bảng XII cuối sách.

Bài tập thí dụ

Một bình kín có thể tích $V = 0,5\text{m}^3$ chứa trong 0,6 kilômol khí CO_2 ở áp suất $3 \cdot 10^6 \text{N/m}^2$. Hỏi khi áp suất của khối khí tăng lên gấp 2 lần thì nhiệt độ khối khí tăng lên bao nhiêu lần nếu :

a) Xem CO_2 là khí thực ; b) Xem CO_2 là khí lý tưởng.

Bài giải :

$$\text{Cho } \begin{cases} V = 0,5 \text{ m}^3, \\ N = 0,6 \text{ kilomol}, \\ p_1 = 3.10^6 \text{ N/m}^2, \\ \frac{p_2}{p_1} = 2. \end{cases} \text{ Hỏi } \begin{cases} \text{Tỷ số } \frac{T_2}{T_1} ? \\ \text{nếu xem CO}_2 \text{ là :} \\ \text{a) Khí thực ;} \\ \text{b) Khí lí tưởng.} \end{cases}$$

a) Khi xem CO_2 là khí thực ta áp dụng phương trình Vandecevan đối với trạng thái 1 :

$$\left(p_1 + N^2 \frac{a}{V_1^2} \right) (V_1 - Nb) = NRT_1, \quad (1)$$

và đối với trạng thái 2 :

$$\left(p_2 + N^2 \frac{a}{V_2^2} \right) (V_2 - Nb) = NRT_2. \quad (2)$$

Vì đây là quá trình đẳng tích nên $V_1 = V_2 = V$. Chia (2) cho (1) ta có :

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2 + N^2 \frac{a}{V^2}}{p_1 + N^2 \frac{a}{V^2}} = \frac{2p_1 + N^2 \frac{a}{V^2}}{p_1 + N^2 \frac{a}{V^2}}.$$

Đối với khí CO_2 : $a = 3,64.10^5 \text{ Jm}^3/\text{kmol}^2$ (xem bảng XI). Thay số vào ta có :

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{2.3.10^6 + (0,6)^2 \cdot \frac{3,64.10^5}{(0,5)^2}}{3.10^6 + (0,6)^2 \cdot \frac{3,64.10^5}{(0,5)^2}} = 1,85.$$

b) Khi xem CO_2 là khí lý tưởng, ta áp dụng phương trình trạng thái của khí lý tưởng đối với trạng thái 1 :

$$p_1 V_1 = NRT_1, \quad (3)$$

$$\text{và đối với trạng thái 2 : } p_2 V_2 = NRT_2. \quad (4)$$

Vì là quá trình đẳng tích nên $V_1 = V_2 = V$.

Chia (4) cho (3) ta có :

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2}{p_1} = \frac{2p_1}{p_1} = 2.$$

Bài tập tự giải

10-1. Có 10g khí hêli chiếm thể tích 100cm^3 ở áp suất 10^8N/m^2 .
Tìm nhiệt độ của khí đó trong hai trường hợp :

a) Coi hêli là khí lý tưởng ; b) Coi hêli là khí thực.

10-2. Trong một bình thể tích 10 lít chứa 0,25kg khí nitơ ở nhiệt độ 27°C . a) Tìm tỷ số giữa nội áp và áp suất do khí tác dụng lên thành bình ?

b) Tìm tỷ số giữa cộng tích và thể tích của bình ?

10-3. Tìm áp suất của khí cacbôníc ở nhiệt độ 3°C nếu biết khối lượng riêng của nó ở nhiệt độ ấy là 550kg/m^3 .

10-4. Thể tích của 4g khí ôxy tăng từ 1 đến 5dm^3 . Xem khí ôxy là khí thực. Tìm công của nội lực trong quá trình giãn nở đó ?

10-5. Tính nội áp của khí cacbôníc lúc khối lượng riêng của khí đó là 550kg/m^3 . Cho biết, đối với khí cacbôníc có :

$$T_k = 304\text{K} \text{ và } p_k = 7,4 \cdot 10^6\text{N/m}^2.$$

10-6. Tính lượng nước cần cho vào trong một cái bình thể tích 30cm^3 để khi đun nóng tới trạng thái tới hạn, nó chiếm toàn bộ thể tích bình.

10-7. Xác định khối lượng riêng của hơi nước ở điểm tới hạn theo giá trị của cộng tích $b = 0,03\text{m}^3/\text{kmol}$.

10–8. Đối với khí cacbôníc : $a = 3,64 \cdot 10^5 \text{ Jm}^3/\text{kmol}^2$, $b = 0,043 \text{ m}^3/\text{kmol}$.

Hỏi a) 1g cacbôníc lỏng có thể tích lớn nhất là bao nhiêu ?

b) Áp suất hơi bão hoà lớn nhất là bao nhiêu ?

c) CO_2 lỏng có thể có nhiệt độ cao nhất là bao nhiêu ?

d) Cần phải nén khí CO_2 với áp suất bằng bao nhiêu để thành CO_2 lỏng ở nhiệt độ 31°C và 50°C .

10–9. Để nghiên cứu trạng thái tới hạn, nhà vật lý học Nga A. Vênariuyt dùng một cái hộp trong đó có đựng một ống chứa ête. Ống chứa ête được hàn kín. Hơ nóng hộp để quan sát tới hạn.

a) Ở 20°C , ête nước phải chiếm một thể tích bằng bao nhiêu phần trăm thể tích của ống để khi đến nhiệt độ tới hạn, ống chứa đầy ête ở trạng thái tới hạn ? Biết rằng khối lượng 1 kilômol ête là 74 kg/kmol , khối lượng riêng của ête ở 20°C bằng 714 kg/m^3 ; đối với ête thì $T_k = 193^\circ\text{C}$, $p_k = 35,9 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$;

b) Nếu thể tích ống lớn hay nhỏ hơn thể tích ête tới hạn thì sẽ xảy ra hiện tượng gì khi nhiệt độ nâng lên ?

Chương 11

CHẤT LỎNG

1. Năng lượng mặt ngoài của chất lỏng

$$\Delta E = \sigma \Delta S, \quad (11-1)$$

trong đó ΔS là diện tích mặt, σ là suất căng mặt ngoài.

$$\sigma = \frac{\Delta F}{\Delta l}, \quad (11-2)$$

trong đó ΔF là lực căng tác dụng lên một đoạn chu vi Δl của màng chất lỏng.

2. Áp suất phụ Δp trên mặt khum được xác định bởi công thức Laplace :

$$\Delta p = \sigma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right), \quad (11-3)$$

trong đó R_1 và R_2 là bán kính cong của hai tiếp tuyến vuông góc với nhau tại điểm ta xét (tiếp tuyến của mặt cong tại một điểm là giao tuyến của mặt cong với mặt phẳng chứa pháp tuyến tại điểm đó).

Nếu mặt chất lỏng là mặt cầu bán kính R , thì :

$$\Delta p = \frac{2\sigma}{R}. \quad (11-4)$$

3. Chiều cao h của cột chất lỏng dâng lên trong ống mao dẫn được xác định bởi công thức Juyranh :

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{r \rho g}, \quad (11-5)$$

trong đó θ là góc giữa thành ống và tiếp tuyến của mặt chất lỏng (góc mép), r là bán kính ống mao dẫn, ρ là khối lượng riêng của chất lỏng.

Bài tập thí dụ 11.1

Khi các giọt nước có đường kính $d_1 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$ tụ lại thành một giọt nước lớn có đường kính $d_2 = 2 \text{ mm}$ thì :

a) Năng lượng toả ra bao nhiêu ? b) Nước nóng lên mấy độ ?

Cho biết suất căng mặt ngoài của nước là $\sigma = 0,073 \text{ N/m}$.

Bài giải :

$$\text{Cho } \begin{cases} d_1 = 2.10^{-6} \text{ m}, \\ d_2 = 2.10^{-3} \text{ m}, \\ \sigma = 0,073 \text{ N/m}. \end{cases} \quad \text{Hỏi } \begin{cases} \text{a) } \Delta E? \\ \text{b) } \Delta T? \end{cases}$$

a) Gọi n là số giọt nước tụ lại để thành một giọt nước lớn. n giọt nước nhỏ có diện tích mặt ngoài là :

$$S_1 = n4\pi r_1^2,$$

và có năng lượng mặt ngoài là :

$$E_1 = \sigma S_1 = 4n\sigma.\pi r_1^2.$$

Giọt nước lớn có diện tích mặt ngoài là :

$$S_2 = 4\pi r_2^2,$$

và có năng lượng mặt ngoài là :

$$E_2 = \sigma S_2 = \sigma 4\pi r_2^2.$$

Khi n giọt nước nhỏ tụ lại thành giọt nước lớn thì năng lượng mặt ngoài đã thay đổi một lượng là :

$$\Delta E = E_1 - E_2 = \sigma(S_1 - S_2) = 4\pi\sigma(nr_1^2 - r_2^2). \quad (1)$$

Vì tổng thể tích của n giọt nước nhỏ bằng thể tích của giọt nước lớn nên :

$$n\frac{4}{3}\pi r_1^3 = \frac{4}{3}\pi r_2^3, \text{ do đó } n = \left(\frac{r_2}{r_1}\right)^3.$$

Thay n vào (1) ta có :

$$\Delta E = 4\pi\sigma r_2^2 \left(\frac{r_2}{r_1} - 1\right) = \pi\sigma d_2^2 \left(\frac{d_2}{d_1} - 1\right).$$

Vì $\frac{d_2}{d_1} > 1$ nên $\Delta E > 0$, điều đó chứng tỏ quá trình trên giải phóng năng lượng.

Thay số vào ta có :

$$\Delta E = 3,14 \cdot 0,073 (2 \cdot 10^{-3})^2 \cdot \left(\frac{2 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-6}} - 1 \right) = 9 \cdot 10^{-4} \text{ J.}$$

b) Phần năng lượng được giải phóng do sự giảm diện tích mặt ngoài sẽ làm nóng giọt nước lên ΔT độ.

$$\Delta E = Q = mc\Delta T,$$

trong đó m là khối lượng giọt nước lớn, c là nhiệt dung riêng của nước :

$$m = \frac{4}{3} \pi r_2^3 \rho \quad (\rho \text{ là khối lượng riêng của nước}).$$

Vậy :

$$\Delta T = \frac{3\Delta E}{4\pi r_2^3 \rho}.$$

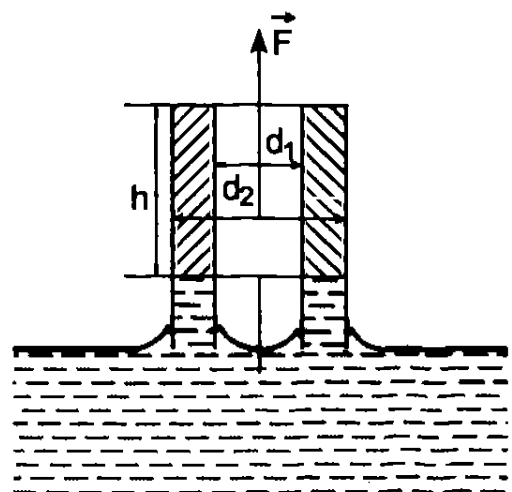
Đối với nước, $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$.

$$c = 1 \text{ kcal/kg độ} = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J/kg độ},$$

$$\Delta T = \frac{3 \cdot 9 \cdot 10^{-4}}{4 \cdot 3,14 (10^{-3})^3 \cdot 10^3 \cdot 4,18 \cdot 10^3} = 0,05^\circ.$$

Bài tập thí dụ 11.2

Cần phải dùng một lực bằng bao nhiêu để nâng một vòng nhôm đặt nằm ngang trong nước (hình 11-1) có đường kính trong $d_1 = 50 \text{ mm}$, đường kính ngoài $d_2 = 52 \text{ mm}$, chiều cao $h = 100 \text{ mm}$, ra khỏi mặt nước ? Biết rằng khối lượng riêng của nhôm là $\rho = 2,8 \text{ g/cm}^3$, suất căng mặt ngoài của nước $\sigma = 0,073 \text{ N/m}$. Có bao nhiêu phần trăm lực cần tìm ở trên đã dùng để thắng lực căng mặt ngoài của nước ?



Hình 11-1

Bài giải :

$$\text{Cho } \begin{cases} d_1 = 50\text{mm} = 5.10^{-2}\text{ m}, \\ d_2 = 52\text{mm} = 5,2.10^{-2}\text{ m}, \\ h = 100\text{mm} = 0,1\text{m}, \\ \rho = 2,8\text{g/cm}^3 = 2,8.10^3\text{ kg/m}^3, \\ \sigma = 0,073\text{N/m} \end{cases} \quad \text{Hỏi } \begin{cases} \text{a) } F ? \\ \text{b) } \frac{F_2}{F} ? \end{cases}$$

Lực \vec{F} cần để nâng vòng nhôm ra khỏi nước gồm hai phần :

1. Lực để thắng trọng lượng vòng nhôm : \vec{F}_1 ;

2. Lực để thắng lực căng mặt ngoài : \vec{F}_2

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2.$$

Vì \vec{F}_1 và \vec{F}_2 cùng phương chiều nên về giá trị $F = F_1 + F_2$,

$$F_1 = V\rho g = \pi(r_2^2 - r_1^2)h\rho g = \frac{\pi}{4}(d_2^2 - d_1^2)h\rho g,$$

$$F_1 = \frac{3,14}{4} [(5,2.10^{-2})^2 - (5.10^{-2})^2] 0,1.2,8.10^3.9,81 = 5,4.10^{-2}\text{N}.$$

Tính lực F_2 để thắng lực căng mặt ngoài tác dụng lên hai đường chu vi của màng chất lỏng ở đáy vòng nhôm :

$$F_2 = \sigma\pi d_1 + \sigma\pi d_2 = \pi\sigma (d_1 + d_2),$$

$$F_2 = 3,14.0,073 (5.10^{-2} + 5,2.10^{-2}) = 1,2.10^{-2}\text{N}.$$

Vậy :

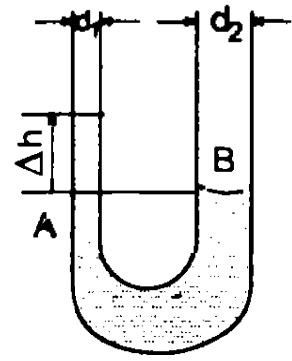
$$\begin{aligned} F &= F_1 + F_2 = (5,4 + 1,2) 10^{-2} = \\ &= 6,6.10^{-2}\text{N}. \end{aligned}$$

Lực để thắng lực căng mặt ngoài chiếm tỷ lệ

$$\frac{F_2}{F} = \frac{1,2}{6,6} = 0,18 = 18\%.$$

Bài tập thí dụ 11.3

Hiệu mức nước trong 2 nhánh của ống mao dẫn hình chữ U có đường kính trong lần lượt là $d_1 = 1\text{mm}$ và $d_2 = 2\text{mm}$ bằng $\Delta h = 1,4\text{cm}$ (hình 11-2). Xác định suất căng mặt ngoài của nước. Xem nước làm dính ướt hoàn toàn thành ống.



Hình 11-2

Bài giải :

$$\text{Cho } \begin{cases} d_1 = 1\text{mm} = 10^{-3}\text{m}, \\ d_2 = 2\text{mm} = 2 \cdot 10^{-3}\text{m}, \\ \Delta h = 1,4\text{cm} = 1,4 \cdot 10^{-2}\text{m} \end{cases}$$

Hỏi $\sigma = ?$

Vì nước làm dính ướt thành ống nên mức nước trong nhánh nhỏ của ống mao dẫn hình chữ U cao hơn mức nước trong nhánh lớn là Δh , và các mặt khum của nước ở các nhánh này là các mặt lõm.

Lấy điểm B sát dưới mặt khum ở nhánh lớn và một điểm A ở nhánh nhỏ của ống mao dẫn sao cho A và B cùng nằm trong một mặt phẳng nằm ngang.

Khi cột nước trong ống đã thẳng bằng thì áp suất ở A bằng áp suất ở B.

$$p_A = p_B,$$

$p_A =$ áp suất khí quyển + áp suất phụ gây bởi mặt khum + áp suất gây bởi cột nước Δh ,

$p_A = p_o - \Delta p_1 + \rho g \Delta h$ (vì mặt khum lõm nên áp suất phụ gây bởi mặt khum mang dấu âm).

Còn $p_B =$ áp suất khí quyển + áp suất phụ gây bởi mặt khum $= p_o - \Delta p_2$

$$p_B = p_A \rightarrow p_o - \Delta p_2 = p_o - \Delta p_1 + \rho g \Delta h,$$

$$\rho g \Delta h = \Delta p_1 - \Delta p_2 = \frac{2\sigma}{r_1} - \frac{2\sigma}{r_2} = 2\sigma \left(\frac{r_2 - r_1}{r_1 r_2} \right)$$

$$\text{Rút ra } \sigma = \frac{\rho g \Delta h d_1 d_2}{4(d_2 - d_1)},$$

$$\sigma = \frac{10^3 \cdot 9,81 \cdot 1,4 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{4(2 \cdot 10^{-3} - 10^{-3})} = 0,073 \text{ N/m}.$$

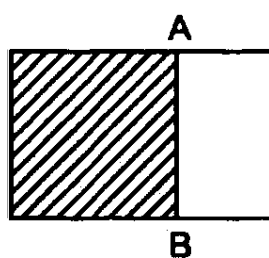
Bài tập tự giải

11-1. Xác định công cần thiết để biến 1 giọt nước lg thành sương mù, nghĩa là để tách giọt nước thành những giọt nhỏ hơn có đường kính $0,2\mu\text{m}$. Diện tích bề mặt của giọt nước lúc đầu coi như không đáng kể so với tổng diện tích bề mặt của các hạt sương mù.

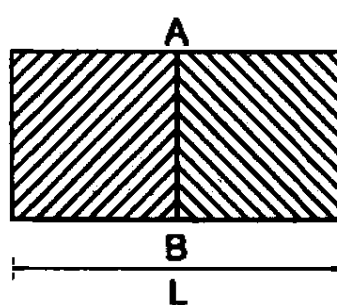
11-2. Hai giọt thủy ngân với bán kính mỗi giọt là 1mm nhập lại thành một giọt lớn. Hỏi nhiệt độ của thủy ngân tăng lên bao nhiêu? Cho biết thủy ngân có suất căng mặt ngoài $\sigma = 0,5 \text{ N/m}$, khối lượng riêng $\rho = 13,6 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, nhiệt dung riêng $c = 138 \text{ J/kg độ}$.

11-3. Tính công cần thực hiện để thổi một bong bóng xà phòng đạt đến bán kính $r = 7 \text{ cm}$. Suất căng mặt ngoài của nước xà phòng là $\sigma = 4 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}$. Áp suất khí quyển $p_0 = 1,01 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$.

11-4. một cái khung làm bằng những đoạn dây kim loại cứng. Đoạn dây AB linh động, dài $l = 15 \text{ cm}$. Khung được phủ một màng xà phòng có suất căng mặt ngoài $\sigma = 0,045 \text{ N/m}$ (hình 11-3). Tính công cần thực hiện để kéo AB ra một đoạn $\Delta x = 4 \text{ cm}$?



Hình 11-3



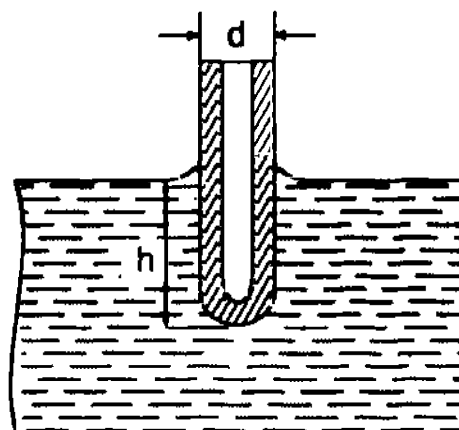
Hình 11-4

11-5. Có một khung hình chữ nhật chiều dài $L = 10 \text{ cm}$. Đoạn dây AB linh động chia khung đó thành hai khung nhỏ hình vuông (hình 11-4). Hỏi đoạn AB sẽ dịch chuyển về phía nào và dịch chuyển một đoạn bao nhiêu nếu hai khung hình vuông đó được phủ bằng hai màng chất lỏng khác nhau có suất căng mặt ngoài tương ứng là $\sigma_1 = 0,06 \text{ N/m}$ và $\sigma_2 = 0,04 \text{ N/m}$.

11-6. Để xác định lực căng mặt ngoài của rượu, người ta làm như sau : cho rượu trong một cái bình chảy nhỏ giọt ra ngoài theo một ống nhỏ thẳng đứng có đường kính 2mm. Thời gian giọt này rơi sau giọt kia là 2 giây. Người ta thấy rằng sau thời gian 780 giây thì có 10 gam rượu chảy ra. Tính suất căng mặt ngoài của rượu. Coi chỗ thắt của giọt rượu khi nó bắt đầu rơi có đường kính bằng đường kính của ống nhỏ giọt.

11-7. Một sợi dây bạc đường kính $d = 1\text{mm}$, được treo thẳng đứng. Khi làm nóng chảy được 12 giọt bạc thì sợi dây bạc ngắn đi một đoạn $h = 20,5\text{cm}$. Xác định suất căng của mặt ngoài bạc ở thể lỏng ? Cho biết khối lượng riêng của bạc ở thể lỏng là $\rho = 9300\text{kg/m}^3$ và xem rằng chỗ thắt của giọt bạc khi nó bắt đầu rơi có đường kính bằng đường kính của sợi dây bạc.

11-8. Có một ống mao dẫn đường kính ngoài $d = 3\text{mm}$, một đầu được bịt kín. Đầu bịt kín đó đựng một ít thủy ngân (hình 11-5). Khối lượng của ống mao dẫn và thủy ngân là 0,2g. Đầu bịt kín của ống mao dẫn được nhúng vào một bình nước. Xác định độ ngập sâu h của ống mao dẫn trong nước. Xem nước làm ướt hoàn toàn ống mao dẫn và nước có suất căng mặt ngoài $\sigma = 0,073\text{N/m}$, có khối lượng riêng $\rho = 10^3\text{kg/m}^3$.



Hình 11-5

11-9. Để chứng minh lực căng mặt ngoài, người ta đổ nước vào một cái rây bằng lưới sắt mà các sợi lưới đã được phủ một lớp paraffin. Các lỗ của lưới sắt có dạng hình tròn đường kính 0,2mm. Hỏi chiều cao lớn nhất của mức nước đổ vào rây mà nước chảy ra theo các lỗ đó ?

11-10. Trong một ống mao dẫn hở đặt thẳng đứng, đường kính trong 1mm có một giọt nước. Hỏi khối lượng của giọt nước phải như thế nào để mặt khum ở bên dưới của giọt nước là mặt lõm, mặt phẳng, mặt lồi ?

11-11. Hai ống mao dẫn có đường kính trong lần lượt là 0,5mm và 1mm nhúng trong một bình đựng chất lỏng. Tính hiệu các mức chất lỏng trong hai ống mao dẫn nếu :

a) Chất lỏng đó là nước ; b) Chất lỏng đó là thủy ngân

Suất căng mặt ngoài và khối lượng riêng của nước và thủy ngân cho ở bảng XIV (cuối sách).

11–12. Một ống mao dẫn được nhúng thẳng đứng trong một bình đựng chất lỏng. Hỏi chiều cao của cột nước trong ống thay đổi như thế nào nếu ống mao dẫn và bình được nâng lên nhanh dần đều với gia tốc $\gamma = g$ và hạ xuống nhanh dần đều với gia tốc $\gamma = \frac{g}{2}$?

11–13. Có hai ống mao dẫn lồng vào nhau, đồng trục, nhúng thẳng đứng vào một bình nước. Đường kính trong của ống mao dẫn nhỏ, bằng bề rộng của khe tạo nên giữa hai ống mao dẫn. Bỏ qua bề dày của ống mao dẫn trong. Hỏi mức nước trong ống mao dẫn nào cao hơn và cao hơn bao nhiêu lần ?

11–14. Có hai tấm thủy tinh phẳng đặt song song cách nhau một khoảng $d = 0,2\text{mm}$, nhúng thẳng đứng vào trong một chất lỏng. Xác định khối lượng riêng của chất lỏng đó nếu biết rằng chiều cao của khối chất lỏng giữa hai tấm thủy tinh dâng lên một đoạn $h = 3,2\text{cm}$.

Suất căng mặt ngoài của chất lỏng là $\sigma = 0,027\text{N/m}$. Xem chất lỏng làm ướt hoàn toàn thủy tinh.

11–15. Hiệu mức thủy ngân trong hai nhánh của ống mao dẫn hình chữ U có đường kính trong $d_1 = 1\text{mm}$ và $d_2 = 2\text{mm}$ là $\Delta h = 1\text{cm}$. Xác định suất căng mặt ngoài của thủy ngân. Cho biết khối lượng riêng của thủy ngân là $13,6 \cdot 10^3 \text{kg/m}^3$.

11–16. Khối lượng riêng của không khí trong một cái bong bóng ở dưới đáy của một hồ nước sâu 6m, lớn gấp 5 lần khối lượng riêng của không khí ở khí quyển (có nhiệt độ bằng nhiệt độ ở đáy hồ). Xác định bán kính của bong bóng ?

11–17. Trên mặt nước người ta để một cái kim có bôi một lớp mỡ mỏng (để cho khỏi bị nước làm ướt). Kim có đường kính lớn nhất là bao nhiêu để nó có thể được giữ ở trên mặt nước mà không bị chìm xuống dưới ?

Cho biết khối lượng riêng của thép để làm kim là $\rho = 7,7 \cdot 10^3 \text{kg/m}^3$.

Phần II

ĐÁP SỐ VÀ HƯỚNG DẪN

A – CƠ HỌC

Chương 1

ĐỘNG HỌC CHẤT ĐIỂM

1-1. Đáp số :

a) Đoạn thẳng biểu diễn bởi :

$$y = \frac{a_2}{a_1} x ; -a_1 \leq x \leq a_1.$$

b) Đoạn thẳng biểu diễn bởi :

$$y = -\frac{a_2}{a_1} x ; -a_1 \leq x \leq a_1.$$

c) Êlíp vuông : $\frac{x^2}{a_1^2} + \frac{y^2}{a_2^2} = 1.$

d) Êlíp : $\frac{x^2}{a_1^2} + \frac{y^2}{a_2^2} - \frac{2xy}{a_1 a_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1).$

Hướng dẫn :

a) Thay $\varphi_1 = \varphi_2 + 2k\pi$ vào (1) ta có

$$x = a_1 \cos(\omega t + \varphi_2),$$

$$y = a_2 \cos(\omega t + \varphi_2).$$

Từ đó : $\frac{x}{a_1} = \frac{y}{a_2}$ hay $y = \frac{a_2}{a_1}x$.

Vì $-1 \leq \cos(\omega t + \varphi_1) \leq 1$ nên $-a_1 \leq x \leq a_1$.

b), c) Cách giải tương tự như a).

d) Phải khử t trong hệ phương trình (1) và (2). Muốn thế khai triển các hàm số cos trong (1) và (2) :

$$\frac{x}{a_1} = \cos\omega t \cdot \cos\varphi_1 - \sin\omega t \cdot \sin\varphi_1. \quad (3)$$

$$\frac{y}{a_2} = \cos\omega t \cdot \cos\varphi_2 - \sin\omega t \cdot \sin\varphi_2. \quad (4)$$

Nhân (3) với $\cos\varphi_2$ và (4) với $-\cos\varphi_1$ rồi cộng vế với vế :

$$\frac{x}{a_1} \cos\varphi_2 - \frac{y}{a_2} \cos\varphi_1 = \sin\omega t \sin(\varphi_2 - \varphi_1). \quad (5)$$

Lại nhân (3) với $\sin\varphi_2$ và (4) với $-\sin\varphi_1$ rồi cộng vế với vế :

$$\frac{x}{a_1} \sin\varphi_2 - \frac{y}{a_2} \sin\varphi_1 = \cos\omega t \cdot \sin(\varphi_2 - \varphi_1). \quad (6)$$

Bình phương (5) và (6) rồi cộng vế với vế :

$$\frac{x^2}{a_1^2} + \frac{y^2}{a_2^2} - \frac{2xy}{a_1 a_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1). \quad (7)$$

(7) biểu diễn một êlíp. Có thể thu được các kết quả a), b), c) bằng cách thay $\varphi_2 - \varphi_1$ bằng các giá trị tương ứng vào (7).

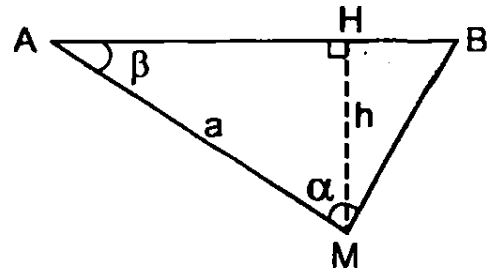
1-2. Đáp số :

$$\bar{v} = \frac{2v_1 v_2}{v_1 + v_2} = 9,53 \text{ m/s.}$$

1-3. Đáp số :

a) Người phải chạy theo hướng MB sao cho $\alpha = 56^{\circ}30'$ hay $\alpha = 123^{\circ}30'$ (H.1-1').

b) $v_{2\min} = \frac{hv_1}{a} = 2,5\text{m/s}.$



Hình 1-1'

Hướng dẫn :

a) Muốn gặp đúng ô tô tại B thì thời gian người chạy từ M tới B phải bằng thời gian ô tô chạy từ A tới B :

$$\frac{MB}{v_2} = \frac{AB}{v_1}. \quad (1)$$

Trong tam giác ABM ta có :

$$\frac{MB}{\sin \beta} = \frac{AB}{\sin \alpha}, \quad (2)$$

với $\sin \beta = \frac{h}{a}$. Từ (1) và (2) ta rút ra :

$$\sin \alpha = \frac{h}{a} \cdot \frac{v_1}{v_2} = 0,833 ; \alpha = 56^{\circ}30' \text{ hoặc } \alpha = 123^{\circ}30'.$$

b) Để có thể gặp được ô tô phải có $\frac{MB}{v_2} \geq \frac{AB}{v_1}$.

Suy ra $v_{2\min} = \frac{hv_1}{a} = 2,5\text{m/s}.$

1-4. Đáp số : a) 8,4s ; b) 7,3s ; c) 7,8s.

1-5. Đáp số : a) $v_0 = \frac{H+h}{2H} \sqrt{2gH}$;

b) $x = \frac{H+h}{2H} (2H - \sqrt{2gH} \cdot t)$;

c) $h_{\max} = \frac{(H+h)^2}{4H}.$

Hướng dẫn :

a) Phương trình chuyển động của vật rơi tự do :

$$s = \frac{1}{2}gt^2.$$

Phương trình chuyển động của vật ném từ dưới lên $s' = v_0t' - \frac{1}{2}gt'^2$.

Nếu hai vật gặp nhau tại độ cao h thì $s = H$; $s' = h$; $t = t'$. Từ đó suy ra v_0 .

b) Khoảng cách giữa hai vật được tính từ công thức

$$x = (H + h) - (s + s').$$

c) Vật ném lên chuyển động chậm dần. Khi $v = 0$, vật đạt độ cao cực đại.

1-6. Đáp số : a) 0,049m ; 1,9m ; b) 0,45s ; 0,05s.

1-7. Đáp số : Ba vật cùng tới M một lúc.

Hướng dẫn :

Quãng đường đi và gia tốc của vật thứ nhất : $s_1 = 2R$, $a_1 = g$,
của vật thứ hai : $s_2 = 2R \cos \widehat{AMB}$, $a_2 = g \cos \widehat{AMB}$, của vật thứ ba :
 $s_3 = 2R \cos \widehat{AMB}$, $a_3 = g \cos \widehat{AMC}$.

Áp dụng phương trình chuyển động thẳng thay đổi đều sẽ suy ra thời gian rơi của mỗi vật đều bằng $t = \sqrt{\frac{4R}{g}}$.

1-8. Đáp số : a) $v_0 = 12,7\text{m/s}$ ném từ trên xuống ;

b) $v_0 = 8,7\text{m/s}$ ném từ dưới lên.

1-9. Đáp số : $AB = 60\text{m}$.

Hướng dẫn : Viết phương trình chuyển động với A là gốc tọa độ ta có : $\overline{AB} = v_A t + \frac{1}{2}at^2$, $v_B = v_A + at$, từ đó tính được AB.

1-10. Đáp số : a) $0,13\text{m/s}^2$; b) 216s.

1-11. Đáp số : $\Delta t_n = \tau(\sqrt{n} - \sqrt{n-1})$; với $n = 7$; $\Delta t = 1,18s$.

Hướng dẫn : gọi l là chiều dài của mỗi toa, t_n là thời gian để n toa đầu đi qua trước mặt người quan sát. Áp dụng phương trình chuyển động thẳng thay đổi đều, ta có :

$$\text{Chiều dài của toa thứ nhất : } l = \frac{1}{2}at_1^2 = \frac{1}{2}a\tau^2;$$

$$\text{Chiều dài của } (n - 1) \text{ toa đầu : } (n - 1)l = \frac{1}{2}at_{n-1}^2 ;$$

Chiều dài của n toa đầu : $n l = \frac{1}{2}at_n^2$. Từ đó suy ra thời gian để toa thứ n đi qua trước mặt người quan sát :

$$\Delta t_n = t_n - t_{n-1} = \tau(\sqrt{n} - \sqrt{n-1}).$$

1-12. Đáp số : $a_t = 8,2m/s^2$; $a_n = 5,4m/s^2$.

1-13. Đáp số :

$$a) y_{\max} = \frac{v_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g} = 2,1m ;$$

$$b) L = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} = 10m ;$$

$$c) t = 1,3s.$$

1-14. Đáp số : a) 3,16s ; b) 41,1m ; c) 26,7m/s.

1-15. Đáp số : a) 19,5s ; b) 169m ;

c) $y = 0,58x + 0,066x^2$; $0 \leq x \leq 169m$ quỹ đạo là một đoạn parabol.

1-16. Đáp số : $\alpha = 45^\circ$.

1-17. Đáp số : $L = 12,63m$.

1-18. Đáp số : a) $\omega = 7,26 \cdot 10^{-5} \text{rad/s}$;

b) $14,5 \cdot 10^{-5} \text{rad/s}$; $1,74 \cdot 10^{-3} \text{rad/s}$;

c) $2,7 \cdot 10^{-6} \text{rad/s}$; d) $1,19 \cdot 10^{-3} \text{rad/s}$.

1-19. Đáp số : $v = R \cdot \omega \cos \alpha = 430m/s$.

1-20. **Đáp số :** $\beta = 1,26 \text{ rad/s}^2$; $n = 360$ vòng.

1-21. **Đáp số :** $\beta = -0,21 \text{ rad/s}^2$; $n = 240$ vòng.

1-22. **Đáp số :** a) $\omega = 3,14 \text{ rad/s}$; $v = 0,314 \text{ m/s}$;

b) $a_n = 0,985 \text{ m/s}^2$; $a_t = 0,314 \text{ m/s}^2$; $a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = 1,03 \text{ m/s}^2$;

c) $\alpha = 17^\circ 46'$.

1-23. **Đáp số :** a) $v = 31,4 \text{ m/s}$; $\omega = 62,8 \text{ rad/s}$;

b) $a_n = 1972 \text{ m/s}^2$.

1-24. **Đáp số :** $v = 25 \text{ m/s}$; $a_n = 0,625 \text{ rad/s}^2$;

$a_t = 0,33 \text{ m/s}^2$; $a = 0,708 \text{ m/s}^2$; $\beta = 3 \cdot 10^{-4} \text{ rad/s}^2$.

Hướng dẫn : Dùng phương trình chuyển động tròn thay đổi đều :

$s = \frac{1}{2} a_t \cdot t^2 + v_0 \cdot t$; $v = a_t \cdot t + v_0$, ta tính được a_t và v . Từ đó suy ra các đại lượng khác.

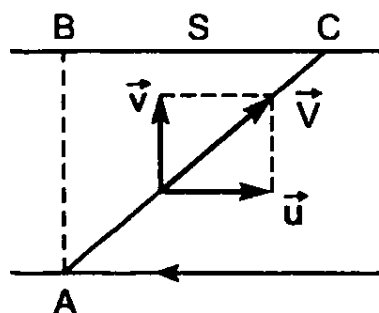
1-25. **Đáp số :** $\omega = 4,4 \cdot 10^{16} \text{ rad/s}$; $a_n = 9,68 \cdot 10^{22} \text{ m/s}^2$

1-26. **Đáp số :** a) $l = 200 \text{ m}$; b) $v = 0,33 \text{ m/s}$;

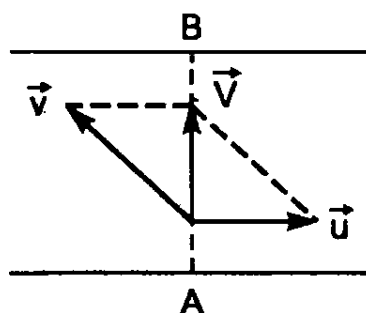
c) $u = 0,2 \text{ m/s}$; d) $\alpha = 36^\circ 52'$.

Hướng dẫn : Đây là bài toán tổng hợp vận tốc. Thuyền tham gia đồng thời hai chuyển động cùng với dòng nước với vận tốc \vec{u} và chuyển động so với dòng nước (do người chèo) với vận tốc \vec{v} . Chuyển động tổng hợp chính là chuyển động của thuyền đối với bờ sông với vận tốc $\vec{V} = \vec{v} + \vec{u}$.

Trường hợp thứ nhất của bài toán ứng với hình 1-2'a, trường hợp thứ hai ứng với hình 1-2'b.



Hình 1-2'a



Hình 1-2'b

Theo các hình vẽ, ta có các phương trình sau :

$$s = u.t_1 ; l = v.t_1 ; u = v \sin \alpha ; l = (v \cdot \cos \alpha).t_2.$$

Từ 4 phương trình trên ta tính được u, v, l, α .

1–27. Đáp số : a) $u = 0,60\text{m/s}$; b) $t = 250\text{s}$.

1–28. Đáp số : a) 30 phút ; b) 30,2 phút ; c) 26,8 phút.

Hướng dẫn : Trong trường hợp b), máy bay muốn tới vị trí B, nó phải bay chệch về phía tây một góc α so với phương AB (xem trường hợp hai của bài tập 1–26).

1–29. Đáp số : a) Nhanh dần đều ; b) Xuất phát khác nhau ; c) $v_1 > v_2$.

1–30. Đáp số : Nhanh dần đều ; đều ; chậm dần đều ; chậm dần đều.

Chương 2

ĐỘNG LỰC HỌC CHẤT ĐIỂM

2–1. Đáp số : a) $\gamma = -0,3\text{m/s}^2$; b) $t = 50\text{s}$; c) $s = 375\text{m}$.

2–2. Đáp số : Lực nâng = 107,8N ; lực hạ = 9,8N.

Hướng dẫn : Phải tính lực ma sát ở cả hai mặt của thanh gỗ.

2–3. Đáp số : $F \approx 8200 \text{ N}$.

Hướng dẫn : Gọi F là lực tác dụng lên toa tàu. Lực gây ra gia tốc của toa tàu, theo định luật Niuton 2, bằng :

$$F - f_{ms} = ma, \text{ m là khối lượng của toa tàu,}$$

trong đó :

$$a = \frac{2s}{t^2}.$$

Từ đó suy ra F .

2-4. Đáp số : Trường hợp đẩy xe về phía sau, phải dùng một lực lớn hơn.

Hướng dẫn : Trường hợp kéo xe về phía trước (hình 2-1'a) : lực nén vuông góc của xe lên mặt đường là :

$$N = P - F_n = P - F \sin \alpha.$$

Lực ma sát tác dụng lên xe :

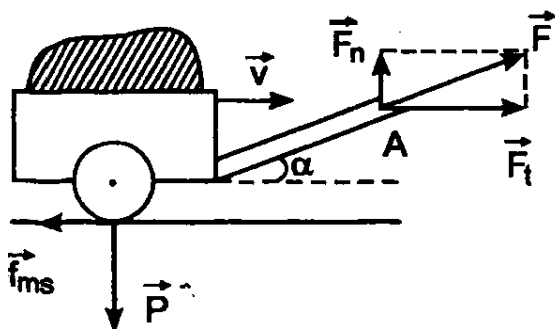
$$f_{ms} = kN = k(P - F \sin \alpha).$$

Trường hợp đẩy xe về phía sau (hình 2-1'b) :

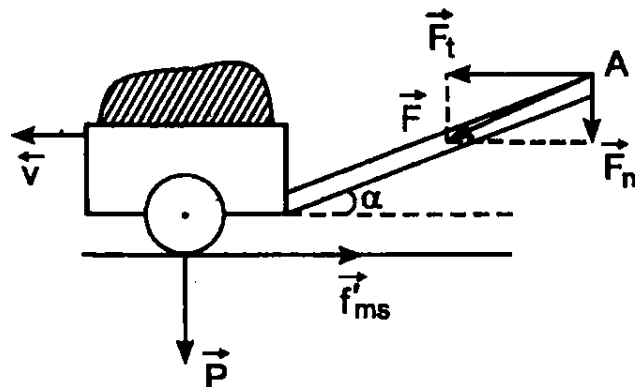
Bằng cách phân tích tương tự, ta tính được lực ma sát đặt lên xe trong trường hợp này là :

$$f'_{ms} = kN' = k(P + F \sin \alpha).$$

Rõ ràng $f'_{ms} > f_{ms}$. Như vậy trong trường hợp đẩy xe về phía sau người phải thắng lực ma sát lớn hơn.



Hình 2-1'a



Hình 2-1'b

2-5. Đáp số : $a = g(\sin \alpha - k \cos \alpha) = 3,24 \text{ m/s}^2$.

2-6. Đáp số : $k = \tan \alpha - \frac{v^2}{2g \cos \alpha} = 0,2$.

2-7. Đáp số : $k = 0,33$.

Hướng dẫn 1 : Gọi P là trọng lượng của dây, P_1 là trọng lượng của phần buồng thông. Muốn dây bắt đầu trượt phải có $P_1 = f_{ms}$. Theo đầu bài $P_1 = 25\%P$, vậy $f_{ms} = k \cdot 75\%P$. Từ đó tính được k .

2-8. Đáp số : 1 – a) $F = 980\text{N}$, b) 2980N ;

2 – a) 1372N ; b) 588N .

Hướng dẫn 2 : Tổng hợp lực tác dụng lên ô tô gồm : lực kéo của động cơ ô tô, trọng lực \vec{P} , phản lực pháp tuyến của mặt đường và lực ma sát của mặt đường \vec{f}_{ms} .

Muốn ô tô chuyển động đều, tổng hợp lực trên phải bằng không : $\vec{F} + \vec{P} + \vec{N} + \vec{f}_{ms} = 0$. Chiếu phương trình này lên phương chuyển động và chọn chiều dương là chiều chuyển động ta sẽ tính được lực kéo \vec{F} của động cơ ô tô.

a) Ô tô lên dốc : $F = P(\sin\alpha + k\cos\alpha)$;

b) Ô tô xuống dốc : $F = P(k\cos\alpha - \sin\alpha)$.

Trong đó : $\sin\alpha = 0,04$. Chú ý rằng lực ma sát luôn luôn hướng ngược chiều chuyển động.

2-9. Đáp số : $a = 3,27\text{m/s}^2$; $T = 6,55\text{N}$.

Hướng dẫn : Lực tổng hợp đặt lên hệ (hình 2-2')

$$\vec{F} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2.$$

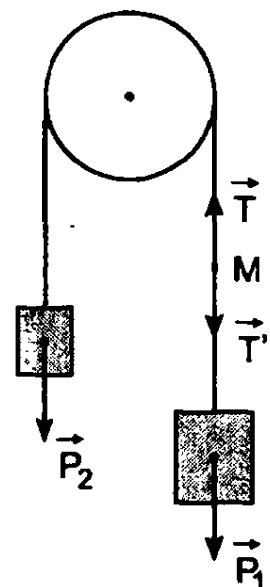
Chiếu đẳng thức này lên phương chuyển động ứng với từng vật và chọn chiều dương là chiều chuyển động rồi áp dụng định luật Niuton thứ hai ta có :

$$a = \frac{F}{m} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} g = 3,27\text{m/s}^2.$$

Muốn tính lực căng của dây tại M, ta tưởng tượng cắt dây tại đó và thay bằng các lực căng tương ứng :

Xét riêng vật P_1 ta có

$$P_1 - T = m_1 a.$$



Hình 2-2'

Từ đó tính được

$$T = \frac{2m_1 m_2}{m_1 + m_2} g = 6,55 \text{ N}.$$

Ta thu được kết quả tương tự cho nhánh còn lại.

2-10. Đáp số :

a) $v_{\max} = 21,6 \text{ km/h}$;

b) $t = 73,2 \text{ s}$;

c) $a = -0,098 \text{ m/s}^2$;

d) $s = 219,7 \text{ m}$.

2-11. Đáp số : a) $T = 1,47 \text{ N}$. b) T vẫn không thay đổi.

2-12. Đáp số : $T_1 = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2 + m_3} g = 4,9 \text{ N}$;

$$T_2 = \frac{(m_1 + m_2) m_3}{m_1 + m_2 + m_3} g = 14,7 \text{ N}.$$

2-13. Đáp số : $a = \frac{(m_B \sin \beta - m_A \sin \alpha) g}{m_B + m_A} = 1,02 \text{ m/s}^2$;

$$T = \frac{m_A \cdot m_B \cdot g (\sin \alpha + \sin \beta)}{m_A + m_B} = 5,9 \text{ N}.$$

2-14. Đáp số : a) $x_1 = 3 \text{ cm}$; $x_2 = 1 \text{ cm}$;

b) $x_1 = 14,7 \text{ cm}$; $x_2 = 4,9 \text{ cm}$.

Hướng dẫn : Độ giãn x của lò xo tuân theo định luật Húc : $F = kx$.

Từ đó xác định được hệ số đàn hồi :

$$k = \frac{F}{x} = 5 \cdot 10^4 \text{ N/m}.$$

a) Lực căng của lò xo thứ nhất : $T_1 = (m_1 + m_2)a$, với $a = \frac{v}{t}$; suy ra độ giãn của lò xo thứ nhất.

$$x_1 = \frac{T_1}{k} = \frac{(m_1 + m_2)v}{k.t}$$

Lực căng của lò xo thứ hai : $T_2 = m_2 a$; tương tự ta tính được x_2 .

b) Cách tính tương tự, song cần chú ý rằng trong trường hợp này $a = 0$ và phải kể thêm thành phần của trọng lực kéo xuống.

2-15. Đáp số : $\omega = 5,6 \text{ rad/s}$;

$$T = 2,45 \text{ N.}$$

Hướng dẫn : Lực tác dụng lên vật gồm : trọng lực \vec{P} và lực căng \vec{T} (hình 2-3'). Tổng hợp các lực này chính là lực hướng tâm gây ra chuyển động tròn đều của vật :

$$\vec{f}_n = \vec{P} + \vec{T}. \quad (1)$$

Chiếu (1) lên phương thẳng đứng, ta được :

$$0 = P - T \cos \alpha ;$$

$$T = \frac{P}{\cos \alpha} = \frac{mg}{\cos \alpha} = 2,45 \text{ N.}$$

Từ hình vẽ dễ dàng tính được :

$$f_n = T \sin \alpha = m R \omega^2, \text{ với } R = l \sin \alpha ;$$

do đó :
$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l \cos \alpha}} = 5,6 \text{ rad/s.}$$

2-16. Đáp số : $a_1 = 3,92 \text{ m/s}^2$.

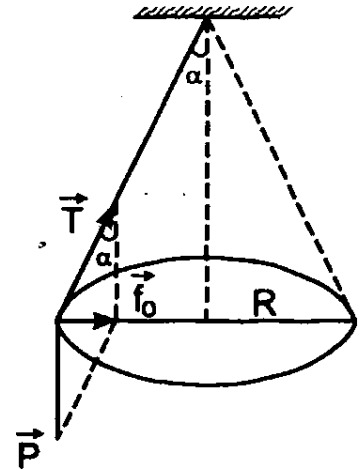
Hướng dẫn : Chú ý rằng sức căng của dây tại mọi điểm đều bằng nhau. Từ hình vẽ 2-8, nếu xét riêng vật m_1 , ta có :

$$P_1 - T = m_1 a_1. \quad (1)$$

Nếu xét riêng vật m_2 , ta có :

$$2T - P_2 = m_2 a_2, \quad (2)$$

với $a_1 = 2a_2. \quad (3)$



Hình 2-3'

Từ (1), (2) và (3), suy ra :

$$a_1 = \frac{2(2m_1 - m_2)g}{4m_1 + m_2}.$$

2-17. Đáp số :

$$a = \frac{M_1 M_2 + M_1 M_3 - 4M_2 M_3}{M_1 M_2 + M_1 M_3 + 4M_2 M_3} g;$$

$$T = \frac{16M_1 M_2 M_3}{M_1 M_2 + M_1 M_3 + 4M_2 M_3} g.$$

2-18. Đáp số :

– Trường hợp thứ nhất :

a) $f_{ms} = 1,8N$; b) $a = 0,09m/s^2$.

– Trường hợp thứ hai :

a) $f_{ms} = 4,9N$;

b) $a_1 = 7,5m/s^2$; $a_2 = 0,25m/s^2$.

Hướng dẫn :

– *Trường hợp thứ nhất* : $F = 2N$. Lực ma sát nghỉ cực đại giữ hòn đá và xe $f_{ms} = kmg = 0,25.2.9,8 = 4,9N$. Do đó : $F < f_{ms}$, hòn đá không thể trượt trên xe. Trong trường hợp này hòn đá và xe hợp thành một vật duy nhất chuyển động với cùng gia tốc γ . Gọi f_{ms} là lực ma sát giữa xe và hòn đá (hình 2-4'). Xét riêng hòn đá, ta có :

$$F - f_{ms} = ma. \quad (1)$$

Xét riêng xe ta có :

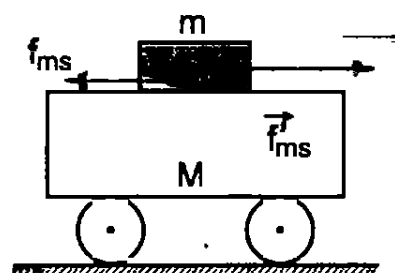
$$f_{ms} = Ma. \quad (2)$$

Từ (1) và (2) suy ra :

$$a = \frac{F}{M + m} = 0,09m/s^2,$$

và

$$f_{ms} = \frac{MF}{M + m} = 1,8N.$$



Hình 2-4'

Trường hợp thứ hai : $F' = 20\text{N}$.

Trong trường hợp này $F' > f_{ms}$. Hòn đá trượt trên xe, lực ma sát giữa xe và hòn đá đúng bằng $f_{ms} = kmg = 4,9\text{N}$.

Gọi a_1 là gia tốc của hòn đá, a_2 là gia tốc của xe.

Nếu xét riêng hòn đá, ta có :

$$F' - f_{ms} = ma_1 \quad (3)$$

Nếu xét riêng xe, ta có :

$$f_{ms} = Ma_2. \quad (4)$$

Từ (3) và (4) suy ra $a_1 = \frac{F' - f_{ms}}{m} = 7,5\text{m/s}^2$,

$$a_2 = \frac{f_{ms}}{M} = 0,25\text{m/s}^2.$$

2-19. Đáp số : a) $k = \frac{F\sqrt{l^2 - h^2}}{Pl - Fh}$; b) Không thay đổi.

Hướng dẫn : a) Gọi \vec{F} là lực kéo gỗ, α là góc hợp bởi dây kéo và mặt đất. Vì khúc gỗ chuyển động đều nên :

$$F\cos\alpha - f_{ms} = 0. \quad (1)$$

Từ (1) suy ra :

$$f_{ms} = F \cdot \frac{\sqrt{l^2 - h^2}}{l}.$$

Lực nén vuông góc lên mặt đường :

$$N = P - F\sin\alpha = P - F \frac{h}{l}.$$

Do đó hệ số ma sát : $k = \frac{f_{ms}}{N} = \frac{F\sqrt{l^2 - h^2}}{Pl - Fh}$.

b) Sự thay đổi điểm đặt của lực \vec{F} không làm thay đổi độ lớn của lực nén vuông góc N . Do đó lực ma sát vẫn giữ giá trị cũ.

2-20. Đáp số :
$$x = \frac{mv_0}{k} \left(1 - e^{-\frac{k}{m}t} \right).$$

Hướng dẫn :

Lực cản của không khí lên viên đạn : $f_c = -kv$, k là hệ số tỉ lệ.
Theo định luật Niuton thứ hai :

$$-kv = m \frac{dv}{dt},$$

hay :
$$\frac{dv}{v} = -\frac{k}{m} dt. \quad (1)$$

Tích phân hai vế của (1) ta được :

$$v = Ce^{-\frac{k}{m}t}, \quad (2)$$

C là hằng số tích phân. Lúc $t = 0 : v = v_0$, từ (2) suy ra $C = v_0$.

Phương trình (2) trở thành :
$$v = v_0 e^{-\frac{k}{m}t} \quad (3)$$

Gọi x là quãng đường mà viên đạn đi được theo phương ngang ta có :

$$v = \frac{dx}{dt} = v_0 e^{-\frac{k}{m}t}. \quad (4)$$

Suy ra :
$$x = -\frac{mv_0}{k} e^{-\frac{k}{m}t} + B, \quad (5)$$

B là hằng số tích phân. Từ điều kiện $t = 0, x = 0$, suy ra :

$$B = \frac{mv_0}{k}.$$

Thay B vào (5), ta được
$$x = \frac{mv_0}{k} \left(1 - e^{-\frac{k}{m}t} \right).$$

2-21. Đáp số :
$$x = \frac{mg}{k} t + \frac{m^2 g}{k^2} \left(e^{-\frac{k}{m}t} - 1 \right).$$

Hướng dẫn :

Lực tổng hợp đặt lên vật rơi : $F = mg - kv$.

Theo định luật Nơtơn thứ hai : $mg - kv = m \frac{dv}{dt}$. Cách giải tương tự như bài 2 – 20, với các điều kiện ban đầu $t = 0, v = 0 ; k = 0, x = 0$.

2–22. Đáp số : a) $\bar{F} = \frac{mv}{\Delta t} = 8650\text{N}$.

2–23. Đáp số : a) 3000N ; b) 30000N ; c) 300000N.

2–24. Đáp số : $\bar{F} = -5000\text{N} ; l = 4\text{cm}$.

2–25. Đáp số : $\bar{F} \cdot \Delta t = 2,79 \cdot 10^{-24} \text{N.s}$.

2–26. Đáp số : a) -7350N , b) 15,3s.

2–27. Đáp số : $M\Delta t = 40 \text{ kgm}^2/\text{s}$.

2–28. Đáp số : $mv^3 \cdot \sin^2 \alpha \cos \alpha / 2g$.

2–29. Đáp số : $T = m\omega_0^2 r_0^4 / r^3$.

2–30. Đáp số : a) $mg(v_0 \cos \alpha)t$.

b) $(1/2)mg(v_0 \cos \alpha)t^2$.

2–31. Đáp số : Người có cảm giác "mất" một phần trọng lượng.
Trọng lượng biểu kiến bằng 245N.

2–32. Đáp số : a) $T_1 = 9,8\text{N}, T_2 = 19,6\text{N}, T_3 = 29,4\text{N}$.

b) $T_1 = T_2 = T_3 = 0$.

2–33. Đáp số : $T_1 > T_2 > T_3$.

Trường hợp thứ nhất người cảm thấy "nặng" hơn ;

Trường hợp thứ hai – bình thường ;

Trường hợp thứ ba – "nhẹ" hơn.

2-34. Đáp số : a) $f_{ms} = 4\pi^2 R m n^2 = 0,784N$;

$$b) \omega = \sqrt{\frac{kg}{R}} = 2,2 \text{ rad/s.}$$

2-35. Đáp số : Ở điểm cao nhất $F_1 = 3008N \approx 4P$;

Ở điểm thấp nhất : $F_2 = 4568N \approx 6P$.

2-36. Đáp số : $R = \frac{v^2}{4g} \approx 1600m$.

Chương 3

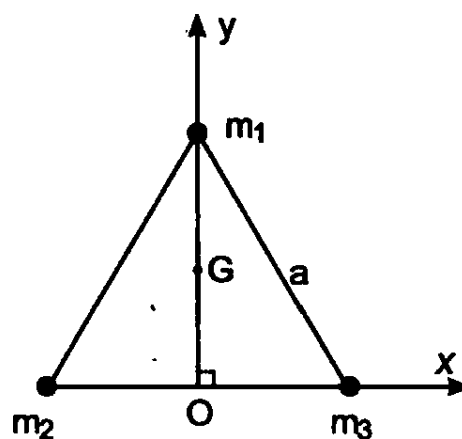
ĐỘNG LỰC HỌC HỆ CHẤT ĐIỂM ĐỘNG LỰC HỌC VẬT RẮN

3-1. Đáp số : $x_G = \frac{a(m_3 - m_2)}{2(m_1 + m_2 + m_3)}$,

$$y_G = \frac{am_1\sqrt{3}}{2(m_1 + m_2 + m_3)}.$$

Áp dụng : G nằm tại điểm giữa của phân giác của góc ứng với đỉnh đặt chất điểm khối lượng $2m$.

Hướng dẫn : Chọn hệ trục Oxy như hình 3-1'.

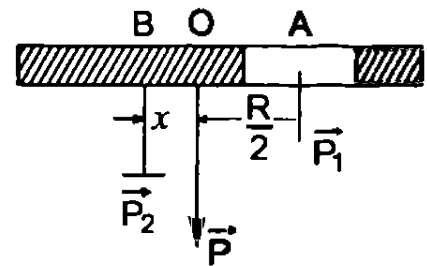


Hình 3-1'

3-2. Đáp số : Khối tâm G của đĩa nằm cách tâm O về phía đối diện với lỗ khoét một đoạn :

$$x = \frac{Rr^2}{2(R^2 - r^2)}.$$

Hướng dẫn : Muốn giải bài toán, ta có nhận xét : trọng lượng $|\vec{P}|$ của đĩa (chưa khoét lỗ) đặt tại O có thể coi như tổng hợp của trọng lượng $|\vec{P}_1|$ của phần khoét đặt tại A



Hình 3-2'

cách O một đoạn $\frac{R}{2}$ và trọng lượng $|\vec{P}_2|$ của phần đĩa còn lại đặt tại điểm B cách tâm O một đoạn x nào đó (hình 3-2'). Theo đầu bài, ta phải xác định x.

Theo nguyên tắc cộng lực song song, các khoảng cách $OB = x$ và $OA = \frac{R}{2}$ của điểm đặt các lực \vec{P}_1 và \vec{P}_2 phải thoả mãn hệ thức :

$$\frac{x}{\frac{R}{2}} = \frac{P_1}{P_2}. \quad (1)$$

Nhưng trọng lượng đĩa tròn tỷ lệ với bình phương bán kính của đĩa nên ta có :

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{P_1}{P - P_1} = \frac{r^2}{R^2 - r^2}. \quad (2)$$

Thay (2) vào (1) ta được :

$$\frac{2x}{R} = \frac{r^2}{R^2 - r^2},$$

hay :

$$x = \frac{Rr^2}{2(R^2 - r^2)}.$$

3-3. Đáp số :

- a) $v = 0,047\text{m/s}$ ngược chiều bắn ;
- b) $v = 4,95\text{m/s}$ cùng chiều bắn ;
- c) $v = 5,05\text{m/s}$ ngược chiều bắn.

3-4. Đáp số :

$$v = 0,33\text{m/s theo chiều cũ.}$$

3-5. Đáp số :

$$v = \frac{mv_o \cos \alpha}{M} \approx 3,5\text{m/s.}$$

3-6. Đáp số :

a) $t = 0,375\text{s}$; b) $v = 330\text{m/s.}$

3-7. Đáp số : $L \approx 7.10^{33}\text{kgm}^2/\text{s.}$

3-8. Đáp số : $M = -0,2\text{Nm.}$

3-9. Đáp số : $\omega = -\frac{2F\Delta t}{mR} = 3000 \text{ vòng/phút.}$

3-10. Đáp số : a) $\mathcal{M} = -6,66\text{Nm}$; b) $F_t = -13,32\text{N.}$

3-11. Đáp số : $\omega = \frac{mvl}{I_o + MI^2} 0,4\text{rad/s.}$

Hướng dẫn : Áp dụng định luật bảo toàn mômen động lượng.

3-12. Đáp số : $\omega_2 = \frac{2m_2 + m_1}{m_1} \omega_1 = 22 \text{ vòng/phút.}$

3-13. Đáp số : a) $\frac{ml^2}{12} \sin^2 \alpha$; b) md^2 ; c) $\frac{ml^2}{12} + md^2$.

3-14. Đáp số : $I_k = 2,2.10^{-4} \text{kgm}^2$.

Hướng dẫn : Gọi I là mômen quán tính của đĩa khi chưa bị khoét đối với trục Δ vuông góc với đĩa và đi qua tâm O ; I_1 và I_2 lần lượt là các mômen quán tính của mỗi phần khoét đối với trục vuông góc với đĩa và đi qua O_1, O_2 . Ta có :

$$I = \frac{\pi \rho b R^4}{2} ; I_1 = I_2 = \frac{\pi \rho b R^4}{16}.$$

Mômen quán tính I_k của đĩa đã bị khoét đối với trục Δ (tính theo định lý Stêne – Huyghen).

$$I'_1 = I'_2 = \frac{\pi \rho b R^4}{32} + \frac{\pi \rho b R^4}{16}.$$

Mômen quán tính I_k của đĩa đã bị khoét đối với trục Δ .

$$I_k = I - (I'_1 + I'_2) = I - 2I'_1.$$

hay :
$$I_k = \frac{5\rho\pi b R^4}{16} = 2,2 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2.$$

3-15. Đáp số : $I = \frac{8}{15} \rho \pi R^5 = 9,8 \cdot 10^{37} \text{ kg.m}^2.$

3-16. Đáp số : a) $\beta = 2,5 \text{ rad/s}^2$, b) $v = 12,5 \text{ m/s}.$

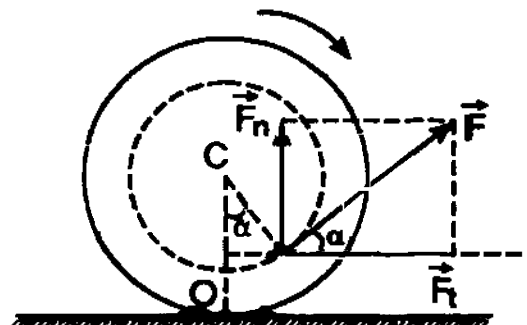
3-17. Đáp số : $F = \frac{\mathcal{M} - I\beta}{2Rk} = 4120 \text{ N}.$

3-18. Đáp số : a) $\cos \alpha > \frac{r}{R}$;

b)
$$F \leq \frac{kmg(1 + mR^2)}{I(\cos \alpha + k \sin \alpha) + mR^2 \left(\frac{r}{R} + k \sin \alpha \right)}$$

Hướng dẫn :

a) Gọi CC' là trục của cuộn chỉ, OO' là đường thẳng nối các điểm tiếp xúc giữa cuộn chỉ và mặt nằm ngang. (Trên hình 3.3' các điểm $C'O'$ bị khoét). OO' có thể coi là trục quay tức thời của cuộn chỉ. Muốn cuộn chỉ chuyển động có gia tốc về phía lực kéo (nghĩa là cuộn chỉ quay theo chiều mũi tên) cần có điều kiện : mômen của lực \vec{F} đối



Hình 3-3'

với OO' phải làm cho cuộn chỉ quay theo chiều mũi tên, nghĩa là phải có :

$$F \cos \alpha (R - r \cos \alpha) = F \sin \alpha \cdot r \sin \alpha > 0,$$

hay : $\cos \alpha > \frac{r}{R}.$

b) Đối với trục quay tức thời OO' ta có phương trình :

$$(I + mR^2)\beta = FR \cos \alpha - Fr = F(R \cos \alpha - r), \quad (1)$$

β và $(I + mR^2)$ là gia tốc góc và mômen quán tính của cuộn chỉ đối với trục OO' .

Mặt khác theo định luật Niuton II, gia tốc γ_0 của điểm O được xác định bởi phương trình :

$$F \cos \alpha - F_{ms} = m\gamma_0, \quad (2)$$

trong đó F_{ms} là lực ma sát tác dụng lên cuộn chỉ và $\gamma_0 = R\beta$. Do đó (2) trở thành :

$$F \cos \alpha - F_{ms} = mR\beta = mR \frac{F(R \cos \alpha - r)}{I + mR^2}. \quad (3)$$

Từ (3) ta có :

$$F_{ms} = \frac{F[(I + mR^2) \cos \alpha + mR(r - R \cos \alpha)]}{I + mR^2} \quad (4)$$

Muốn cuộn chỉ không trượt phải có điều kiện :

$$F_{ms} \leq k(mg - F \sin \alpha). \quad (5)$$

Từ (4) và (5) suy ra

$$F \leq \frac{kmg(I + mR^2)}{I(\cos \alpha + k \sin \alpha) + mR^2 \left(\frac{r}{R} + k \sin \alpha \right)}.$$

3-19. Đáp số : $\gamma = 4,9 \text{ m/s}^2$, $T = 4,9 \text{ N}$.

Hướng dẫn : Trụ vừa rơi vừa quay. Gọi T là sức căng của dây.
 Bằng phương pháp tương tự như bài mẫu 2, ta có các phương trình :

$$mg - T = m\gamma(1) ; RT = mR^2\beta(2) ; \gamma = R\beta. \quad (3)$$

Từ (1) (2) và (3) suy ra : $\gamma = \frac{g}{2}, T = \frac{mg}{2}.$

3-20. Đáp số : a) $\gamma = 2,8\text{m/s}^2$; b) $T_1 = 14\text{N}$; $T_2 = 12,6\text{N}.$

Hướng dẫn : Ta có các phương trình sau :

$$m_1\gamma = m_1g - T_1,$$

$$m_2\gamma = T_2 - m_2g,$$

$$(T_1 - T_2)R = I\beta = I\frac{\gamma}{R}, \quad R \text{ là bán kính của ròng rọc,}$$

$$I = \frac{mR^2}{2}.$$

Từ đó suy ra :

$$\gamma = \frac{(m_1 - m_2)g}{m_1 + m_2 + \frac{m}{2}} ;$$

$$T_1 = \frac{m_1 \left(2m_2 + \frac{m}{2} \right) g}{m_1 + m_2 + \frac{m}{2}} ;$$

$$T_2 = \frac{m_2 \left(2m_1 + \frac{m}{2} \right) g}{m_1 + m_2 + \frac{m}{2}}.$$

3-21. Đáp số : $\gamma = \frac{mg}{m + \frac{3}{2}M} = 0,114\text{m/s}^2 ;$

$$T = \frac{3}{2}M\gamma = 4,34\text{N}.$$

3-22. Đáp số : $\beta = \frac{m(\sin \alpha - k \cos \alpha)g}{I + mR^2}.$

3-23. Đáp số : a) $\beta = \frac{5g}{3l} = 14,7 \text{ rad/s}^2$. b) $\beta = 0$.

3-24. Đáp số : $L = mR\sqrt{\frac{3}{2}gR}$.

3-25. Đáp số : $\vec{L}' = \vec{L} - \vec{r}_0 \wedge \vec{K}$, với \vec{K} là tổng động lượng của hệ.

Nếu $\vec{K} = 0$ thì $\vec{L}' = \vec{L}$.

Chương 4

NĂNG LƯỢNG

4-1. Đáp số : $P = 490 \text{ kW}$.

Hướng dẫn : Muốn bay lên cao, máy bay phải tốn công để thắng công cản của trọng lực $A = mg\Delta h$. Từ đó suy ra công suất của máy bay

$$P = \frac{A}{\Delta t} = \frac{mg\Delta h}{\Delta t}.$$

4-2. Đáp số : $A = 60 \text{ J}$.

Hướng dẫn : Công của lực kéo $A = \int_0^{\Delta x} kx dx = \frac{k(\Delta x)^2}{2}$, trong đó k

được tính từ điều kiện cho trong đầu bài.

4-3. Đáp số : $P = 11,8 \text{ kW}$.

Hướng dẫn : Gọi F_k là lực kéo của động cơ ô tô. Công suất của động cơ ô tô khi lên dốc với vận tốc v được tính theo công thức :

$$P = F_k \cdot v = mgv (k \cos \alpha + \sin \alpha). \quad (1)$$

Vì khi tắt máy xuống dốc, ô tô có vận tốc không đổi nên phải có điều kiện $mg\sin\alpha = f_{ms} = kmg\cos\alpha$.

Từ đó $k = \tan\alpha$. Thay giá trị của k vào (1) ta có :

$$P = 2mgv\sin\alpha = 11,8\text{kW}.$$

4-4. Đáp số : a) $A = 7 \cdot 10^6 \text{J}$; b) $P = 29,4\text{kW}$.

4-5. Đáp số : $k = 0,045$.

4-6. Đáp số : $P = 3,09\text{kW}$.

Hướng dẫn : Gọi f_{ms} là lực ma sát giữa các hàm kẹp và trục của động cơ. Ta có điều kiện cân bằng :

$$f_{ms} \cdot r = Ql.$$

Do đó
$$f_{ms} = \frac{Ql}{r}.$$

Công suất của động cơ $P = f_{ms} \cdot v = 3\pi Qnl$, n là số vòng quay trong 1 giây.

4-7. Đáp số : $T_A = 9556\text{N}$; $T_B = 4778\text{N}$.

Hướng dẫn : Công suất truyền cho puli :

$$P = \mathcal{M} \cdot \omega = (T_A - T_B)2\pi n.$$

Từ điều kiện $T_A = 2T_B$ suy ra $T_A = \frac{P}{\pi n}$.

4-8. Đáp số : a) $2,25 \cdot 10^6 \text{J}$; b) 375m .

4-9. Đáp số : a) $5 \cdot 10^7 \text{J}$; b) $16 \cdot 10^7 \text{J}$.

4-10. Đáp số : $\vec{F} = \frac{-m^2 v^2}{25M} = -12500\text{N}$.

4.11. Đáp số : a) $\vec{F}_c = -1250\text{N}$; b) $v' \approx 70\text{m/s}$.

Hướng dẫn : b) Viên đạn có khả năng xuyên sâu vào bản gỗ 4cm mới dừng lại. Nếu bản gỗ chỉ dày 2cm thì sau khi xuyên qua bản gỗ,

viên đạn vẫn còn tiếp tục chuyển động với vận tốc $v' < v$. Theo định lý về động năng :

$$A' = \frac{mv'^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \bar{F}_{cs'},$$

suy ra :
$$v' = \sqrt{\frac{2F_{cs'}}{m} + v_0^2} = 70 \text{ m/s.}$$

4-12. Đáp số : $k = \frac{h}{s}$; $\gamma_{DC} = \frac{gh}{\sqrt{h^2 + l^2}} \left(1 - \frac{l}{s} \right)$;

$$\gamma_{CB} = -kg.$$

Hướng dẫn : – Tại đỉnh mặt phẳng nghiêng xe có thế năng $W_t = mgh$. Chính thế năng này đã dùng để thắng công A_1 và A_2 của lực ma sát trên các đoạn đường DC và CB. Do đó $W_t = A_1 + A_2$, trong đó $A_1 = kmg \cos \alpha \cdot DC = klmg$; $A_2 = kmg(s - l)$.

Từ đó ta suy ra : $k = \frac{h}{s}$.

– Phân tích lực và áp dụng định luật Niuton thứ hai, ta được các phương trình :

$$mg \sin \alpha - (f_{ms})_{DC} = m\gamma_{DC}, \quad (1)$$

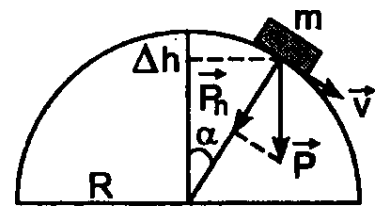
$$-kmg = m\gamma_{CB}. \quad (2)$$

Từ (1) và (2) suy ra : $\gamma_{CD} = \frac{gh}{\sqrt{l^2 + h^2}} \left(1 - \frac{l}{s} \right) > 0,$

$$\gamma_{CB} = -kg < 0.$$

4-13. Đáp số : $\Delta h = 30 \text{ cm}$.

Hướng dẫn : Vật bắt đầu rời khỏi mặt cầu khi lực nén vật lên mặt cầu (hay phản lực mà mặt cầu tác dụng lên vật) bằng không (hình 4-1')



Hình 4-1'

$$R_N = P_n - f_{ht} = 0 ;$$

$$mg\cos\alpha - \frac{mv^2}{R} = 0,$$

hay : $Rg\cos\alpha = v^2.$

Mặt khác, theo định luật bảo toàn cơ năng : độ giảm thế năng của vật bằng độ tăng động năng của vật.

$$mg\Delta h = \frac{1}{2}mv^2. \quad (2)$$

Từ (1) và (2) suy ra

$$\Delta h = \frac{R\cos\alpha}{2} = \frac{R(R - \Delta h)}{2R} \rightarrow \Delta h = \frac{R}{3} = 30\text{cm}.$$

4-14. Đáp số : $v = \sqrt{2gl(\sin\alpha - k\cos\alpha)} = 3,16\text{m/s}.$

4-15. Đáp số : $A_C = -3,5\text{J}.$

Hướng dẫn : Áp dụng định luật bảo toàn cơ năng

$$A_C = \frac{m}{2}(v^2 - v_0^2) - mgh.$$

4-16. Đáp số : $A_C = -835\text{J}.$

4-17. Đáp số : $v_{Amin} = 3,8\text{m/s}.$

Hướng dẫn : Tại A vật được truyền một động năng $\frac{1}{2}mv_A^2$. Sau đó vật bắt đầu chuyển động tròn lên phía trên. Thế năng của vật tăng dần, động năng (do đó vận tốc) của vật giảm dần (hình 3-8).

Muốn vật chuyển động tròn trong mặt phẳng thẳng đứng, vận tốc v_B của vật tại điểm cao nhất B phải khác không.

Vì tại B vật chịu tác dụng của trọng lực $\vec{P} = \overrightarrow{mg}$ và lực căng \vec{T} (đều hướng theo phương thẳng đứng) nên :

$$\frac{mv_B^2}{l} = mg + T.$$

Vậy vận tốc nhỏ nhất tại B để vật có thể quay tròn :

$$v_{B\min} = \sqrt{gl}. \quad (1)$$

Mặt khác, theo định luật bảo toàn cơ năng :

$$(\Delta W_d)_{AB} = -(\Delta W_l)_{AB},$$

suy ra :
$$v_A^2 = v_B^2 + 4gl.$$

Vậy vận tốc nhỏ nhất cần truyền cho vật tại A để nó quay tròn trong mặt phẳng thẳng đứng :

$$(v_A)_{\min}^2 = (v_B)_{\min}^2 + 4gl,$$

$$v_{A\min} = \sqrt{5gl} = 3,8\text{m/s}.$$

4-18. Đáp số : $T = 3P.$

Hướng dẫn : Khi qua vị trí cân bằng, sức căng của dây cân bằng với lực ly tâm và trọng lượng của con lắc. Áp dụng định luật bảo toàn cơ năng, sẽ suy ra sức căng T .

4-19. Đáp số : a) $W_l = mgl \cdot (1 - \cos\alpha) ;$

$$W_{dd} = \frac{1}{2}mv_o^2 + mgl(1 + \cos\alpha).$$

b) $T = m\left(\frac{v_o^2}{l} + 3g\cos\alpha + 2g\right).$

Tại điểm cao nhất $T = 0,36\text{N}$, tại điểm thấp nhất $T = 6,2\text{N}$.

4-20. Đáp số : $v = \frac{m+M}{m}\sqrt{2gh}.$

Hướng dẫn : Đây là bài toán va chạm mềm. Muốn giải nó, ta áp dụng định luật bảo toàn động lượng và định luật bảo toàn cơ năng. Gọi v và V lần lượt là vận tốc của đạn trước khi xuyên vào bì cát và vận tốc của bì cát sau khi có đạn xuyên vào.

Định luật bảo toàn động lượng cho :

$$mv = (M + m)V. \quad (1)$$

Định luật bảo toàn cơ năng cho :

$$(m + M)\frac{V^2}{2} = (m + M)gh. \quad (2)$$

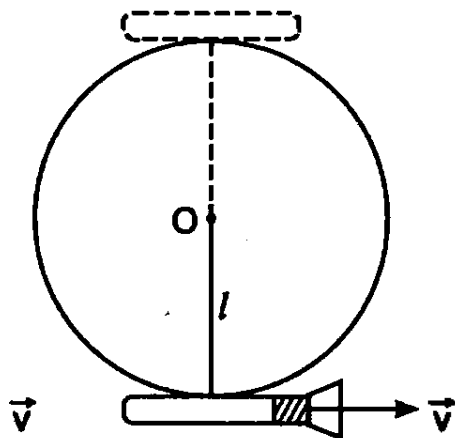
Từ (1) và (2) ta suy ra

$$v = \frac{m + M}{m} \sqrt{2gh}.$$

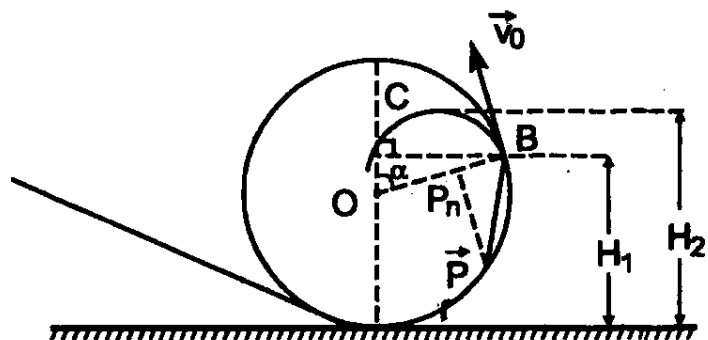
Do m, M, h sẽ tính được vận tốc v của viên đạn.

4-21. Đáp số : $v = \frac{M\sqrt{5gl}}{m}.$

Hướng dẫn : xem các bài tập 4-17 và 4-20 (Hình 4-2').



Hình 4-2'



Hình 4-3'

4-22. Đáp số : a) $H_1 = \frac{5}{3}R$; b) $H_2 = \frac{50}{27}R.$

Hướng dẫn : a) Xem bài tập 4-13 : hòn bi rời khỏi đường rãnh khi lực nén hòn bi lên rãnh bằng không. Từ điều kiện trên suy ra :

$$mg \cdot \cos \alpha = \frac{mv_o^2}{R}. \quad (1)$$

Áp dụng định luật bảo toàn cơ năng cho quá trình AB (B là điểm hòn bi rời đường rãnh) ta có : $H_1 = \frac{5}{3}R$ (Hình 4-3').

b) Vận tốc của hòn bi tại B được suy ra từ (1) :

$$v_o = \sqrt{\frac{2Rg}{3}}. \text{ Sau khi rời đường rãnh, bi chuyển động theo một}$$

parabol đỉnh C. Vận tốc nằm ngang ở C : $(v_x)_c = v_o \cos \alpha$, vận tốc thẳng đứng $(v_y)_c = v_o \sin \alpha - gt$. Áp dụng định luật bảo toàn cơ năng cho quá trình AC, ta suy ra :

$$H_2 = \frac{50}{27}R.$$

4-23. Đáp số : a) $v'_1 = 0,6\text{m/s}$; $v'_2 = 2,6\text{m/s}$;

b) $v'_1 = v'_2 = 1,8\text{m/s}$.

4-24. Đáp số : a) $h_1 = 0,5\text{cm}$; $h_2 = 8\text{cm}$,

b) $h_1 = h_2 = 2\text{cm}$.

Hướng dẫn : Áp dụng định luật bảo toàn cơ năng và các công thức va chạm xuyên tâm (4-6), (4-7), (4-8).

$$\text{4-25. Đáp số : } \frac{W_{d_2}}{W_{d_1}} = \frac{4m_1m_2}{(m_1 + m_2)^2}.$$

a) 100% ; b) 36%.

Hướng dẫn : Áp dụng các công thức va chạm ta tính được vận tốc của các quả cầu sau va chạm. Từ đó suy ra tỉ số các động năng.

4-26. Đáp số : $W_d = 24\text{J}$.

4-27. Đáp số : $A = 10\text{kJ}$.

4-28. Đáp số : $Q = 25,2\text{J}$.

Hướng dẫn : Sau va chạm động năng của vật giảm. Độ giảm động năng này toả ra dưới dạng nhiệt $Q = -\Delta W_d$. Khi tính toán cần chú ý rằng quả cầu vừa có động năng tịnh tiến vừa có động năng quay.

$$\text{Do đó : } w_d = w_{d_q} + w_{d_{tt}} = \frac{1}{5}mv^2 + \frac{mv^2}{2} = \frac{7}{10}mv^2.$$

4-29. Đáp số : a) $v = \sqrt{3gh} = 12,2\text{m/s}$; b) $x_M = \frac{2}{3}h \approx 3,33\text{m}$.

Hướng dẫn : a) Ở vị trí thẳng đứng, cột có thế năng $w_t = \frac{mgh}{3}$. Khi đổ tới mặt đất thì thế năng này biến thành động năng quay của cột ở vị trí chạm đất $\omega_d = \frac{1}{2}I\omega^2$, trong đó I là mômen quán tính của cột đối với trục qua gốc của cột : $I = \frac{mh^2}{3}$, ω là vận tốc góc của cột lúc chạm đất.

Áp dụng định luật bảo toàn cơ năng sẽ tính được ω , từ đó suy ra vận tốc dài của đỉnh cột lúc chạm đất $v = h\omega = \sqrt{3gh}$.

b) Gọi x là độ cao của điểm M khi cột ở vị trí thẳng đứng. Áp dụng công thức tính vận tốc của vật rơi tự do, ta có :

(v_M) lúc chạm đất $= \sqrt{2gx}$. Theo điều kiện của đầu bài :

$$x\omega = \sqrt{2gx}. \text{ Từ đó suy ra : } x = \frac{2}{3}h.$$

4-30. Đáp số : $v = \sqrt{\frac{2mgh}{m + I/R^2}}$.

a) $2,65\text{m/s}$; b) $2,56\text{m/s}$; c) $2,21\text{m/s}$.

4-31. Đáp số : a) Vận tốc của trụ nhôm lớn hơn.

b) $I_1 = 9 \cdot 10^{-4} \text{ kgm}^2$, $I_2 = 15,9 \cdot 10^{-4} \text{ kgm}^2$.

c) $t_1 = 0,78\text{s}$, $t_2 = 0,88\text{s}$.

Hướng dẫn :

b) $I_1 = \frac{mR^2}{2}$, $I_2 = m \frac{R^2 + R_1^2}{3}$, trong đó R_1 là bán kính trong của trụ

chì. Vì khối lượng của các trụ bằng nhau nên : $\rho_1 L \pi R^2 = \rho_2 L \pi (R^2 - R_1^2)$, trong đó L là chiều dài của các hình trụ, ρ_1 và ρ_2 là khối lượng riêng của nhôm và của chì.

Từ đó tính được : $I_2 = \frac{mR^2}{2} \cdot \frac{2\rho_2 - \rho_1}{\rho_1}$.

c) Dùng các định luật chuyển động ta có :

$$t = \frac{l}{\sin \alpha} \frac{2h \left(m + \frac{I}{R^2} \right)}{mg},$$

với I là mômen quán tính của vật đối với trục.

4-32. Đáp số : $\omega_2 = 4,2$ vòng/s, $A \approx 880J$.

Hướng dẫn : Áp dụng định luật bảo toàn mômen động lượng và định lý về động năng.

Chương 5

TRƯỜNG HẤP DẪN

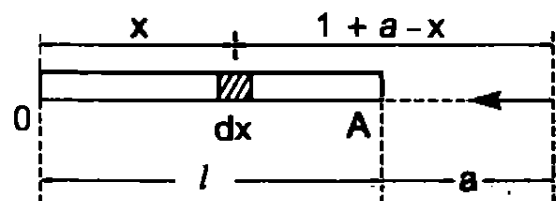
5-1. Đáp số : $5,9 \cdot 10^{-6}N$.

5-2. Đáp số : Điểm đó cách tâm Trái Đất 345600km.

5-3. Đáp số : $F = \varepsilon \cdot \frac{m_1 m_2}{a(a+l)}$.

Hướng dẫn : Phương pháp giải tương tự như bài mẫu. Chia thanh thành các phần nhỏ dx (hình 5-1').

Lực hút của phần tử dx lên chất điểm m_1 :



Hình 5-1'

$$dF = \varepsilon \frac{m_1 \rho dx}{(l + a - x)^2}, \quad \rho \text{ là khối lượng riêng của thanh ;}$$

$$F = \int_0^l \epsilon \frac{m_1 \rho dx}{(l+a-x)^2} = \epsilon \frac{m_1 \rho l}{a(a+l)} = \epsilon \frac{m_1 m_2}{a(a+l)}.$$

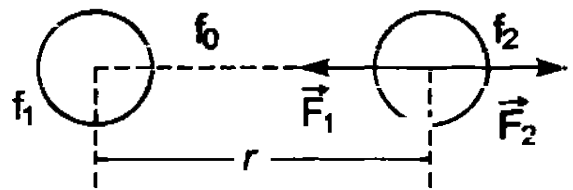
5-4. **Đáp số :** a) $\rho_1 > \rho_2 > \rho_0$, hoặc $\rho_2 < \rho_0 < \rho_1$ và $\rho_0 < \rho \frac{2\rho_1\rho_2}{\rho_1 + \rho_2}$;

b) $\rho_2 < \rho_1 < \rho_0$, hoặc $\rho_2 < \rho_0 < \rho_1$ và $\rho_0 > \frac{2\rho_1\rho_2}{\rho_1 + \rho_2}$.

Hướng dẫn : Xét lực tác dụng lên quả cầu 2 (hình 5-2').

Theo định luật hấp dẫn vũ trụ, nó bị quả cầu 1 hút bằng một lực :

$$F_1 = k \cdot \frac{\rho_1 \rho_2}{r^2},$$



k là một hệ số tỷ lệ.

Hình 5-2'

Mặt khác nó bị môi trường đẩy bằng một lực :

$$F_0 = k \cdot \frac{\rho_0 \rho_2}{r^2}.$$

Do đó tổng hợp lực tác dụng lên quả cầu 2 bằng (nếu chọn chiều của \vec{F}_1 là chiều dương) :

$$F = \frac{k\rho_2}{r^2}(\rho_2 - \rho_0) \quad (1)$$

Tương tự tổng hợp lực tác dụng lên quả cầu 1 bằng (nếu chọn chiều của \vec{F}_2 là chiều dương) :

$$F' = \frac{k\rho_1}{r^2}(\rho_2 - \rho_0) \quad (2)$$

Từ (1) và (2) suy ra :

a) Hai quả cầu hút nhau khi : $F > 0$, $F' > 0$ hay $\rho_2 > \rho_0$, $\rho_1 > \rho_0$ nghĩa là : $\rho_1 > \rho_2 > \rho_0$ hoặc $\rho_2 < \rho_0 < \rho_1$ và $\rho_0 < \frac{2\rho_1\rho_2}{\rho_1 + \rho_2}$.

b) Hai quả cầu đẩy nhau khi : $F < 0$, $F' < 0$ hay $\rho_1 < \rho_0$, $\rho_2 < \rho_0$
nghĩa là : $\rho_2 < \rho_1 < \rho_0$ hoặc $\rho_0 > \frac{2\rho_1\rho_2}{\rho_1 + \rho_2}$.

5-5. Đáp số :

$$F' = \epsilon M m \left[\frac{7d^2 - 8dR + 2R^2}{8d^2 \left(d - \frac{R}{2} \right)^2} \right]$$

Hướng dẫn : Lực hồi trong bài sẽ bằng hiệu của lực hút giữa quả cầu chì khi chưa khoét lỗ và lực của một quả cầu chì nhỏ đúng bằng lỗ hổng và nằm ở vị trí lỗ hổng lên chất điểm m.

5-6. Đáp số : $v = 30\text{km/s}$.

Hướng dẫn : Lực hướng tâm ở đây chính là lực hấp dẫn của Mặt Trời lên Trái Đất.

5-7. Đáp số : $v = \sqrt{\frac{\epsilon M_d}{R+h}} = 7,34\text{km/s}$.

5-8. Đáp số : $\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{R_2}{R_1}} = 0,85$.

5-9. Đáp số : $P' \approx 100\text{N}$.

5-10. Đáp số : $v \approx 3,1\text{km/s}$, $h = 35800\text{km}$.

5-11. Đáp số : $v_{2t} = v_{2d} \sqrt{\frac{R_d \cdot M_t}{R_t \cdot M_d}} = 2,38\text{km/s}$.

Hướng dẫn : Vận tốc vũ trụ cấp II đối với Trái Đất là $v_{2d} = \sqrt{2g_0 R_d}$. Bằng phương pháp tương tự, ta tính được vận tốc vũ trụ cấp II đối với Mặt Trăng :

$$v_{2t} = \sqrt{2g_{0t} R_t},$$

ở đây g_0 , g_{01} lần lượt là gia tốc trọng trường trên mặt đất và trên bề mặt Mặt Trăng, R_d , R_l lần lượt là bán kính của Trái Đất và Mặt Trăng. Từ đó tính được v_{21} ; các số liệu – xem ở bài tập 5–9.

5–12. Đáp số : a) $8,45\text{m/s}^2$, b) $7,7\text{km/s}$, cỡ 1 giờ 30 phút.

5–13. Đáp số : Không đúng, vì Mặt Trời hút cả Trái Đất lẫn vật nằm trên bề mặt của Trái Đất.

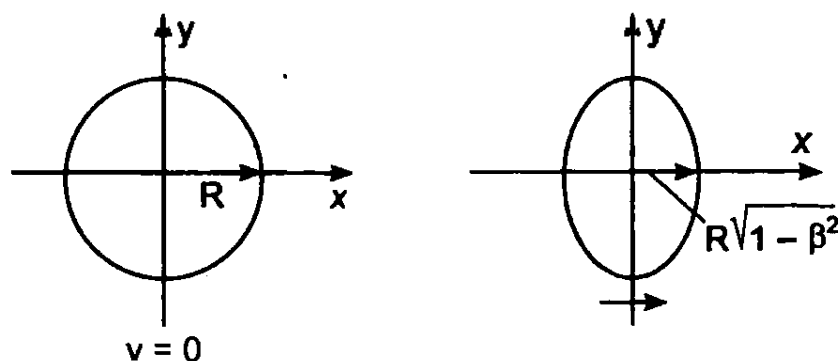
Chương 6

CƠ HỌC TƯƠNG ĐỐI TÍNH

6–1. Đáp số : $v = 2,59 \cdot 10^8 \text{m/s}$.

6–2. Đáp số : Đĩa có dạng ellip (hình 6–1').

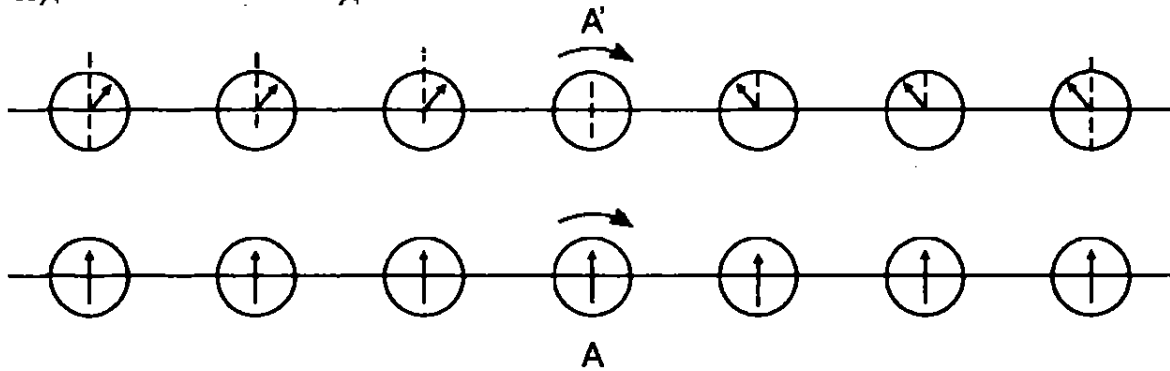
Hướng dẫn : Kích thước dọc theo phương chuyển động của đĩa co lại. Áp dụng phép biến đổi Loren, viết phương trình của đường chu vi của đĩa, ta có :



Hình 6–1'

$$\frac{x^2}{R^2 \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)} + \frac{y^2}{R^2} = 1.$$

6-3. Đáp số : Vị trí các kim đồng hồ như hình 6-2', do tính tương đối của sự đồng thời.



Hình 6-2'

6-4. Đáp số : $\Delta t' = 3,2 \text{ sec}$.

6-5. Đáp số : $\Delta m = 8,6 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

6-6. Đáp số : $W_d = 8,2 \cdot 10^{-14} \text{ J}$.

6-7. Đáp số : $\Delta m = 0,217 \text{ kg/kmol}$.

6-8. Đáp số : $v = 2,985 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Hướng dẫn : Năng lượng toàn phần gồm động năng và năng lượng nghỉ.

$$W = W_d + W_o = \frac{m_o c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

Nhưng $\frac{W}{W_o} = 10$, từ đó suy ra v .

6-9. Đáp số : a) $7 \cdot 10^{12}$ năm.

b) Khối lượng của Mặt Trời không giảm vì Mặt Trời ở trạng thái cân bằng nhiệt (năng lượng bức xạ nhiệt bằng năng lượng hấp thụ nhiệt).

6-10. Đáp số : $\tau = 2,1 \cdot 10^{-5} \text{ s}$

Hướng dẫn : $\tau = \frac{\tau_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{W \tau_o}{m_o c^2} \approx 9,5 \tau = 2,1 \cdot 10^{-5} \text{ s}$.

Chương 7

CƠ HỌC CHẤT LƯU

7-1. Đáp số : $v = 0,12\text{m/s}$.

7-2. Đáp số : $v_1 = \frac{d^2}{D^2} \sqrt{2gh} = 8.10^{-4}\text{m/s}$.

Hướng dẫn : Gọi S_1 là diện tích tiết diện ngang của bình, v_1 là vận tốc chảy của nước tại đó (cũng chính bằng vận tốc giảm mực nước), S_2 – diện tích tiết diện ngang của lỗ thùng, v_2 – vận tốc chảy của nước qua lỗ. Từ phương trình Becnuli suy ra :

$$v_1^2 + 2gh = v_2^2. \quad (1)$$

Mặt khác do tính liên tục của dòng chảy :

$$v_2 = \frac{v_1 S_1}{S_2}. \quad (2)$$

Chú ý rằng : $S_1 = \frac{\pi D^2}{4}$; $S_2 = \frac{\pi d^2}{4}$ và $d^4 \ll D^4$, từ (1) và (2) rút ra :

$$v_1 = \frac{d^2}{D^2} \sqrt{2gh}.$$

Nhận xét : nếu $d = D$ thì $v_1 = \sqrt{2gh}$ – đó chính là vận tốc của vật rơi tự do.

7-3. Đáp số : a) $L = 0,4\text{m}$; b) $L = 0,4\text{m}$.

Hướng dẫn : Vận tốc của tia nước khi qua lỗ : $v_o = \sqrt{2gh_2}$. Sau khi ra khỏi lỗ các phần tử nước chuyển động như một vật ném ngang với vận tốc ban đầu bằng v_o . Cách tính L tương tự như tính tầm xa của vật ném ngang. Kết quả : $L = 2\sqrt{h_1.h_2}$.

7-4. Đáp số : a) $v = \sqrt{2gH}$, H là độ cao mực nước.

b) Xem bài tập 7-3.

c) Lỗ phải nằm ở độ cao bằng $\frac{H}{2}$.

Hướng dẫn : a) Cách tính vận tốc của tia nước trên mặt bàn giống như tính vận tốc của một vật ném ngang lúc chạm đất.

c) Có $L = 2\sqrt{h_1 \cdot h_2}$. Muốn L cực đại, tức h_1, h_2 cực đại phải có điều kiện $h_1 = h_2 = \frac{H}{2}$.

7-5. Đáp số : a) và b) $v = 0,24\text{m/s}$.

c) Khi lên $v = \sqrt{2(g + \gamma)H} = 2,57\text{m/s}$ khi xuống

$$v = \sqrt{2(g - \gamma)H} = 2,27\text{m/s}.$$

d) $v = 0,24\text{m/s}$.

Hướng dẫn : Trong trường hợp áp lực lên đáy gầu là trọng lượng $\vec{P} = \vec{mg}$ của nước trong gầu thì vận tốc nước chảy qua lỗ ở đáy gầu là $v = \sqrt{2gH}$. Nếu gầu chuyển động có gia tốc theo phương thẳng đứng thì ngoài trọng lượng nước trong gầu phải kể thêm lực quán tính do chuyển động có gia tốc của gầu gây ra. Do đó vận tốc nước chảy qua lỗ ở đáy gầu cũng thay đổi.

7-6. Đáp số : a) $\tau = \frac{S}{S_1} \sqrt{\frac{2h_0}{g}}$;

$$\text{b) } h = \frac{1}{2} \left(2h_0 - \frac{S_1^2}{S^2} g t^2 \right).$$

7-7. Đáp số : $d = 1,4 \cdot 10^{-2}\text{m}$.

7-8. Đáp số : $h = \frac{v^2}{2g} = 3,5\text{m}.$

7-9. Đáp số : $\Delta h = 1,6\text{mm}.$

7-10. Đáp số : $\gamma = \frac{2Sgh}{S_1H} = 2 \cdot 10^{-2} \text{m/s}^2.$

Hướng dẫn : Trước hết tính vận tốc của nước chảy qua các lỗ. Dùng định lý biến thiên động lượng và định luật Niuton thứ ba sẽ tìm được lực tác dụng F lên bình. Gọi M là khối lượng nước trong bình, ta có : $\gamma = \frac{F}{M} = \frac{2Sgh}{S_1H}.$

7-11. Đáp số : a) Dạng parabolôit ;

b) $p = p_o + \frac{\rho_o \omega^2 r^2}{2} ;$

c) $\Delta p = \frac{\rho_o \omega^2 R^2}{4} = 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}.$

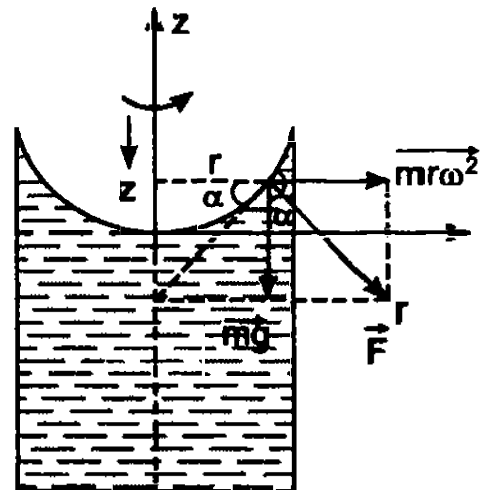
Hướng dẫn : a) Khi bình quay, mỗi phần tử bề mặt chất lỏng khối lượng m cách trục một đoạn r chịu tác dụng tổng hợp của hai lực :

– Lực quán tính ly tâm $m\omega^2 r$
(hình 7-1') ;

– Trọng lực $\overrightarrow{mg}.$

Mặt chất lỏng bị nghiêng đi và nằm cân bằng khi nó thẳng góc với tổng hợp lực. Độ nghiêng được xác định bởi góc α :

$$\text{tg} \alpha = \frac{\omega^2 r}{g}.$$



Hình 7-1'

Từ đó suy ra phương trình của mặt chất lỏng :

$$z = \frac{\omega^2}{2g} \cdot r^2,$$

z được tính từ mức chất lỏng tại trục của bình. Vậy dạng của mặt chất lỏng là một parabolôit tròn xoay trục z.

b) Áp suất p tại một điểm trên đáy bình ứng với bán kính r cho bởi công thức :

$$p = p_0 + \rho_0 g z = p_0 + \frac{\rho_0 \omega^2 r^2}{2}.$$

c) Cần tính áp suất tại một điểm trên đáy bình ứng với bán kính r khi bình đứng yên. Từ đó suy ra Δp .

7-12. Đáp số : Lực \vec{F} có :

– Độ lớn $F = \sqrt{2} \frac{\rho Q^2}{S} = 0,564 \text{ N} :$

– Phương hợp với phương nằm ngang một góc $45^\circ ;$

– Chiều hướng về phía lõm của ống cong.

Hướng dẫn : Áp dụng công thức : $\vec{F} = \rho S v (\vec{v}_2 - \vec{v}_1) ;$

$$|\vec{v}_1| = |\vec{v}_2| = v \text{ và } Q = Sv.$$

B – NHIỆT HỌC

Chương mở đầu

NHỮNG ĐỊNH LUẬT THỰC NGHIỆM VỀ CHẤT KHÍ

0–1. Đáp số : a) $T_1 = \frac{\mu p_1 V_1}{MR} = 292,5K$;

b) $T_2 = \frac{V_2}{V_1} T_1 = 390K$.

0–2. Đáp số : a) $T_1 = \frac{\mu p_1 V_1}{MR} = 388K$;

b) $T_2 = \frac{p_2}{p_1} T_1 = 425K$.

0–3. Đáp số : $\Delta M = 7,5kg$.

Hướng dẫn : Từ phương trình trạng thái của khí lý tưởng :

$$pV = \frac{M}{\mu} RT.$$

Ta có : $\Delta p \cdot V = \frac{\Delta M}{\mu} RT$ suy ra : $\Delta M = \frac{\Delta p \cdot V \mu}{RT}$.

Tìm $\frac{V\mu}{RT}$ rồi thay vào, ta có : $\Delta M = \frac{M_1 \Delta p}{p_1} = 7,5kg$.

0–4. Đáp số : $T_2 = \frac{MT_1}{\rho V} = 1400K$.

0–5. Đáp số : a) $V_1 = 2,4 \cdot 10^{-3} m^3$; b) $T_2 = 1170K$;

c) $\rho_1 = 4,14kg/m^3$; d) $\rho_2 = 1kg/m^3$.

Hướng dẫn : Phương trình trạng thái của khí trước khi hơi nóng

$$p_1 V_1 = \frac{M}{\mu} R T_1. \quad (1)$$

$$\text{Và sau khi hơi nóng : } p_2 V_2 = \frac{M}{\mu} R T_2. \quad (2)$$

Do điều kiện $p_1 = p_2 = p$ nên từ hai phương trình (1) và (2) ta tìm được :

$$\text{a) } V_1 = \frac{M R T_1}{\mu p} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 ;$$

$$\text{b) } T_2 = \frac{\mu p V_2}{M R} = 1170 \text{ K} ;$$

$$\text{c) } \rho_1 = \frac{\mu p}{R T_1} = 4,14 \text{ kg/m}^3 ;$$

$$\text{d) } \rho_2 = \frac{\mu p}{R T_2} = 1 \text{ kg/m}^3 .$$

0-6. Đáp số : $p_2 = 19 \text{ at.}$

Hướng dẫn : Phương trình trạng thái của khối khí ở trạng thái đầu :

$$p_1 V = \frac{M}{\mu} R T_1. \quad (1)$$

Bỏ qua sự thay đổi thể tích của bình khi nhiệt độ hạ xuống ta có phương trình trạng thái của khí khi một nửa khối lượng khí đã thoát ra khỏi bình :

$$p_2 V = \frac{\frac{M}{2}}{\mu} R T_2. \quad (2)$$

Từ hai phương trình (1) và (2) rút ra :

$$p_2 = \frac{p_1 T_2}{2 T_1} = 19 \text{ at.}$$

0-7. Đáp số : $t = \frac{\mu p V}{M_1 R T} = 9900 \text{ s} = 2 \text{ giờ } 45 \text{ phút.}$

0–8. Đáp số : $x = 7,18.10^{-3}\text{kg}$.

Hướng dẫn : Phản ứng của H_2SO_4 tác dụng lên đá vôi :



Muốn tìm lượng đá vôi đã tham gia phản ứng, ta phải tìm khối lượng M của khí CO_2 đã thu được. Áp dụng phương trình trạng thái :

$$pV = \frac{M}{\mu}RT.$$

Ta tìm được :
$$M = \frac{pV\mu}{Rt} = 3,16.10^{-3}\text{kg}.$$

Ta biết rằng muốn thu được 44kg CO_2 thì phải dùng 100g CaCO_3 tác dụng với H_2SO_4 . Ở đây ta thu được $M = 3,16.10^{-3}\text{kg}$ CO_2 , thì lượng đá vôi phải dùng là :

$$x = \frac{100.3,16.10^{-3}}{44} = 7,18.10^{-3}\text{kg}.$$

0–9. Đáp số : $V_2 = 5.10^{-3}\text{m}^3$.

Hướng dẫn : Khi mở khoá cho hai bình thông nhau ta có phương trình trạng thái :

$$p(V_1 + V_2) = \frac{M_1 + M_2}{\mu}RT. \quad (1)$$

Muốn tìm V_2 , ta phải tìm M_1 và M_2 .

Từ phương trình trạng thái của khí ở bình 1 :

$$p_1V_1 = \frac{M_1}{\mu}RT, \text{ ta có : } M_1 = \frac{\mu p_1 V_1}{RT},$$

và ở bình 2 :
$$p_2V_2 = \frac{M_2}{\mu}RT, \text{ ta có : } M_2 = \frac{\mu p_2 V_2}{RT}.$$

Thay M_1 và M_2 vào (1) ta có :

$$V_2 = \frac{(p_1 - p)V_1}{p - p_2} = 5.10^{-3} \text{ m}^3.$$

0-10. Đáp số : $p = 1,6 \text{ at.}$

Hướng dẫn : gọi p'_1 và p'_2 là áp suất riêng phần của chất khí thứ nhất và thứ hai khi hai bình đã thông nhau, ta có :

$$p = p'_1 + p'_2$$

Áp dụng định luật Bôi-Mariốt ta có :

$$p_1 V_1 = p'_1 (V_1 + V_2), \quad (1)$$

$$p_2 V_2 = p'_2 (V_1 + V_2). \quad (2)$$

Cộng (1) và (2) ta có :

$$p_1 V_1 + p_2 V_2 = (V_1 + V_2) (p'_1 + p'_2) = (V_1 + V_2)p.$$

Do đó :

$$p = \frac{p_1 V_1 + p_2 V_2}{V_1 + V_2} = 1,6 \text{ at.}$$

0-11. Đáp số : $x = 3,95 \text{ cm.}$

Hướng dẫn : Gọi áp suất và thể tích của khối khí trong ống lúc đầu là p_1 và V_1 lúc sau là p_2 và V_2 . Vì nhiệt độ không đổi nên theo định luật Bôi-Mariốt, ta có :

$$p_1 V_1 = p_2 V_2, \quad (1)$$

ở đây : $p_1 = 760 \text{ mmHg} = 1033 \text{ cm cột nước,}$

$$V_1 = 20S \text{ (S là tiết diện ống),}$$

$$p_2 = (1033 - x) \text{ cm cột nước,}$$

$$V_2 = (24 - x) S, \text{ (x là chiều cao cột nước dâng lên trong ống).}$$

Thay vào (1) ta có phương trình :

$$1033.20S = (1033 - x) (24 - x)S.$$

Giải ra ta có : $x = 3,95\text{cm}$.

0-12. Đáp số : $\rho = \frac{\mu(p_0 - p)}{RT} = 1,7 \cdot 10^{-2} \text{kg/m}^3$.

0-13. Đáp số : $\mu = 40 \text{kg/kmol}$.

Hướng dẫn : Gọi V là thể tích của khối khí, p_1 và p_2 là áp suất riêng phần của khí O_2 và khí CO_2 ta có :

$$p_1 V = \frac{M_1}{\mu_1} RT,$$

$$p_2 V = \frac{M_2}{\mu_2} RT,$$

do đó : $(p_1 + p_2)V = \left(\frac{M_1}{\mu_1} + \frac{M_2}{\mu_2} \right) RT.$ (1)

Gọi p và μ là áp suất và khối lượng của 1 kilômol hỗn hợp, ta có :

$$p = p_1 + p_2,$$

và : $pV = \frac{M_1 + M_2}{\mu} RT.$ (2)

So sánh (1) và (2) ta có :

$$\frac{M_1 + M_2}{\mu} = \frac{M_1}{\mu_1} + \frac{M_2}{\mu_2}.$$

Do đó : $\mu = \frac{M_1 + M_2}{\frac{M_1}{\mu_1} + \frac{M_2}{\mu_2}} = 40 \text{kg/kmol}.$

0-14. Đáp số : $V = 1,2 \text{m}^3$.

0-15. Đáp số : $\rho = 0,534 \text{kg/m}^3$.

Hướng dẫn : Ta có : $\rho = \frac{\mu p}{RT}$, trong đó μ là khối lượng của 1 kilômol hỗn hợp khí nổ :

$$\mu = \frac{M_1 + M_2}{\frac{M_1}{\mu_1} + \frac{M_2}{\mu_2}}. \text{ Kí hiệu } M_1 = M \text{ thì } M_2 = 8M.$$

Do đó : $\mu = 12\text{kg/kmol}$

$$\text{và : } \rho = \frac{\mu p}{RT} = 0,534\text{kg/m}^3.$$

Chương 8

NGUYÊN LÝ THỨ NHẤT CỦA NHIỆT ĐỘNG HỌC

8-1. Đáp số :

a) Trong quá trình đẳng tích $A = 0$;

$$Q_1 = \Delta U_1 = \frac{M}{\mu} C_v \Delta T = 250\text{cal} ;$$

b) Trong quá trình đẳng áp :

$$\Delta U_2 = \frac{M}{\mu} C_v \Delta T = 250\text{cal} ;$$

$$Q_2 = \frac{M}{\mu} C_p \Delta T = 350\text{cal}.$$

8-2. Đáp số : $c_v = 1400\text{J/kg độ}.$

Hướng dẫn : Biết nhiệt dung phân tử đẳng tích của chất khí là :

$$C_v = \frac{i}{2} R.$$

Nhiệt dung riêng đẳng tích :

$$c_v = \frac{C_v}{\mu} = \frac{iR}{2\mu}.$$

Có thể tính được khối lượng μ của một kilômol khí từ phương trình trạng thái :

$$pV = \frac{M}{\mu} RT$$

$$\mu = \frac{M}{V} \cdot \frac{RT}{p} = \rho \frac{RT}{p}.$$

Từ đó ta tính được

$$c_v = \frac{i p}{2 \rho T} = 1400 \text{ J/kg độ}.$$

8-3. Đáp số : $c_p = 969 \text{ J/kg độ}.$

Hướng dẫn : Biết nhiệt dung phân tử đẳng áp của chất khí bằng :

$$C_p = \frac{i+2}{2} R.$$

Tìm số bậc tự do i của chất khí từ biểu thức của hệ thức Poátxông :

$$\gamma = \frac{i+2}{i} = 1,4.$$

Rút ra : $i = 5.$

Nhiệt dung riêng đẳng áp :

$$c_p = \frac{C_p}{\mu} = \frac{i+2}{2\mu} R = 969 \text{ J/kg độ}.$$

8-4. Hướng dẫn và đáp số :

a) Vì bình là kín và nếu ta coi sự giãn nở của nó không đáng kể thì quá trình hơ nóng khối khí là quá trình đẳng tích.

Do đó :

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2},$$

và

$$T_2 = \frac{p_2}{p_1} \cdot T_1 = 1500 \text{ K} ;$$

b) Thể tích của bình : $V = \frac{M}{\mu} \frac{RT}{p} = 12,72 \text{ lít ;}$

c) Độ biến thiên nội năng :

$$\Delta U = \frac{M}{\mu} \cdot \frac{i}{2} R(T_2 - T_1) = 12,46 \cdot 10^3 \text{ J.}$$

8-5. Đáp số : $Q' = 676 \text{ J.}$

Hướng dẫn : Trong quá trình đẳng nhiệt, nội năng của không khí không đổi : $\Delta U = 0$; do đó nhiệt toả ra bằng công mà khối khí nhận được :

$$Q' = A = \frac{M}{\mu} RT \cdot \ln \frac{V_1}{V_2} = p_1 V_1 \cdot \ln V_1 V_2 = 676 \text{ J.}$$

8-6. Đáp số : $Q = 4,1 \cdot 10^3 \text{ J.}$

Hướng dẫn : Vì khối khí đựng trong bình kín giãn nở kém nên quá trình nung nóng coi là quá trình đẳng tích. Nhiệt mà khối khí nhận được :

$$Q = \frac{M}{\mu} \cdot \frac{iR}{2} (T_2 - T_1).$$

Tìm nhiệt độ T_2 từ phương trình trạng thái viết cho trạng thái sau :

$$p_2 V = \frac{M}{\mu} RT_2.$$

Suy ra : $T_2 = \frac{\mu}{M} \cdot \frac{p_2 V}{R}.$

Ta có : $p_2 = 10^4 \text{ mmHg} = 1,33 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2.$

Cuối cùng : $Q = 4,1 \cdot 10^3 \text{ J.}$

8-7. Đáp số và hướng dẫn : Quá trình là đẳng tích, do đó :

$$T_2 = \frac{p_2}{p_1} \cdot T_1 = 930 \text{ K,}$$

và :
$$Q = \frac{M}{\mu} \cdot \frac{iR}{2} \Delta T = 6,4 \cdot 10^3 \text{ J}.$$

8–8. Đáp số : Đẳng tích.

Hướng dẫn : Nhiệt lượng mà khối khí nhận được là :

$$Q = \frac{M}{\mu} C_x \Delta T,$$

với C_x là nhiệt dung phân tử của khối khí trong quá trình mà ta đang tìm. Tính được :

$$C_x = \frac{\mu Q}{M \Delta T}.$$

Biết rằng ôxy là khí lưỡng nguyên tử nên $i = 5$;

Suy ra :
$$C_x = C_v = \frac{i}{2} R.$$

Vậy quá trình hơ nóng xảy ra trong điều kiện đẳng tích.

8–9. Đáp số : a) $A' = 8,1 \cdot 10^3 \text{ J}$; b) $\Delta U = 20,2 \cdot 10^3 \text{ J}$;

c) $Q = 28,3 \cdot 10^3 \text{ J}.$

Hướng dẫn : Quá trình giãn nở là đẳng áp nên :

$$A' = p \cdot \Delta V = \frac{M}{\mu} R T_1 = 8,1 \cdot 10^3 \text{ J} ;$$

$$\Delta U = \frac{M}{\mu} \cdot \frac{i}{2} R (T_2 - T_1).$$

Tìm T_2 từ phương trình của quá trình đẳng áp :

$$T_2 = T_1 \frac{V_2}{V_1} = 2T_1.$$

Do đó :
$$\Delta U = \frac{M}{\mu} \frac{i}{2} R T = 20,2 \cdot 10^3 \text{ J}.$$

Theo nguyên lý thứ nhất của nhiệt động học.

$$Q = \Delta U - A = \Delta U + A' = 28,3.10^3 \text{ J}.$$

8-10. Đáp số : a) $Q = 7,9.10^3 \text{ J}$; b) $U_1 = 1,8.10^3 \text{ J}$;

$$\text{c) } U_2 = 7,6.10^3 \text{ J}.$$

Hướng dẫn : Vì quá trình hơi nóng là đẳng áp, nên :

$$Q = \frac{M}{\mu} C_p \Delta T = \frac{M}{\mu} \cdot \frac{i+2}{2} R(T_2 - T_1).$$

Tìm được T_2 từ phương trình của quá trình đẳng áp :

$$T_2 = T_1 \frac{V_2}{V_1},$$

trong đó :
$$V_1 = \frac{M}{\mu} \cdot \frac{RT_1}{p_1}.$$

Kết quả là : $Q = 7,9.10^3 \text{ J}.$

Nội năng của khối khí trước khi hơi nóng :

$$U_1 = \frac{M}{\mu} \cdot \frac{i}{2} RT_1 = 1,8.10^3 \text{ J}.$$

Nội năng của khối khí sau khi hơi nóng :

$$U_2 = \frac{M}{\mu} \cdot \frac{i}{2} RT_2 = 7,6.10^3 \text{ J}.$$

8-11. Hướng dẫn và đáp số : Nước ở đây là một môi trường lớn có nhiệt độ coi như không đổi, do đó có thể coi quá trình giãn khí của thủy lôi trong nước là đẳng nhiệt.

Công do không khí nén sinh ra :

$$A' = p_1 V_1 \ln \frac{p_1}{p_2} = 2,26.10^3 \text{ J}.$$

8-12. Đáp số :

Phân tử khí CO_2 có bậc tự do $i = 6$.

$$\Delta U = \frac{M}{\mu} \cdot \frac{i}{2} R \Delta T = 2500 \text{ kJ} ;$$

$$A' = \frac{M}{\mu} \cdot R \cdot \Delta T = 830 \text{ kJ} ;$$

$$Q = \Delta U + A' = 3330 \text{ kJ}.$$

8-13. Đáp số :

Đây là quá trình đẳng áp :

$$A' = \frac{M}{\mu} R \Delta T = 13,3 \text{ J} ;$$

$$\Delta U = \frac{M}{\mu} \cdot \frac{i}{2} \cdot R \cdot \Delta T = \frac{i}{2} A' = 39,9 \text{ J}.$$

8-14. Hướng dẫn và đáp số :

$$Q = \frac{M}{\mu} C_p \Delta T.$$

Tìm T_2 từ phương trình trạng thái viết cho trạng thái cuối, rồi thay vào công thức trên, ta được : $Q = 7,8 \cdot 10^3 \text{ J}.$

$$\Delta U = \frac{M}{\mu} \cdot \frac{i}{2} \cdot R \cdot \Delta T = 5,5 \cdot 10^3 \text{ J} ;$$

$$A' = -A = Q - \Delta U = 2,3 \cdot 10^3 \text{ J}.$$

8-15. Đáp số : $A = 2,5 \text{ J}.$

Hướng dẫn : Để cho pittông có thể nâng lên cần thực hiện công chống lại áp suất của khí quyển bên ngoài, áp suất này coi như không đổi, ngoài ra bản thân khí trong xilanh cũng sinh công, quá trình này là đẳng nhiệt.

Vậy công cần thực hiện là tổng hai công đó :

$$A = p_o S h_1 - p_o V_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = p_o S \left(h_1 - h_o \ln \frac{h_o + h_1}{h_o} \right) \approx 2,5 \text{ J}.$$

8-16. Đáp số :

$$Q = A' = -A = p_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = p_1 V_1 \ln \frac{p_1}{p_2} \approx 2,2 \cdot 10^5 \text{ J}.$$

8-17. Đáp số :

a) Quá trình đẳng áp :

$$A'_1 = p_1 (V_2 - V_1) = 9,8 \cdot 10^2 \text{ J} ;$$

b) Quá trình đẳng nhiệt :

$$p_2 = \frac{p_1 V_1}{V_2} = 0,5 \text{ at} ;$$

$$A'_2 = p_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = 686 \text{ J} ;$$

c) Quá trình đoạn nhiệt :

$$p'_2 = p_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma = 0,38 \text{ at} ;$$

$$A'_3 = -\Delta U_3 = \frac{p_1 \cdot V_1 - p'_2 \cdot V_2}{\gamma - 1} = 588 \text{ J}.$$

8-18. Đáp số :

a) Nén đẳng nhiệt :

$$T_2 = T_1 = 273 \text{ K} ;$$

$$p_2 = p_1 \frac{V_1}{V_2} = 5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2.$$

Nén đoạn nhiệt :

$$T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = 520 \text{ K} ;$$

$$p_2 = p_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma = 9,5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 ;$$

b) Công nén khí trong quá trình đẳng nhiệt :

$$A = \frac{M}{\mu} \cdot RT \cdot \ln \left(\frac{p_2}{p_1} \right) = 1115J ;$$

Công trong quá trình đoạn nhiệt :

$$A = \frac{p_2 V_2 - p_1 V_1}{\gamma - 1} = 1500J$$

Vậy nén đẳng nhiệt lợi hơn.

8-19. Đáp số : Nén đẳng nhiệt.

Hướng dẫn : Nén theo quá trình nào mà ít tốn công thì lợi hơn.

Nếu nén đẳng nhiệt :

$$A_I = \frac{M}{\mu} \cdot RT_1 \cdot \ln \frac{V_1}{V_2}.$$

Nếu nén đoạn nhiệt :

$$A_{II} = \frac{M}{\mu} \cdot \frac{RT_1}{\gamma - 1} \cdot \left[\left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{1-\gamma} - 1 \right].$$

Ta thấy :

$$\frac{A_{II}}{A_I} = 1,4.$$

Vậy nén đẳng nhiệt lợi hơn.

8-20. Đáp số :

$$T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = 207K.$$

8-21. Đáp số :

$$p_1 = p_2 \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\gamma} = 1at.$$

8-22. Đáp số :

$$a) \frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1}{\gamma}} = 1,33;$$

$$b) T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = 270K ;$$

$$c) A' = -A = -\Delta U = -\frac{M}{\mu} \frac{i}{2} R \Delta T = 2,3.10^4 J.$$

Không khí có $\mu = 29 \text{ kg/kmol}$ độ.

Và nó là loại khí lưỡng nguyên tử : $i = 5$.

8-23. Đáp số : $pV = \frac{2}{i} u.$

Hướng dẫn : Từ phương trình trạng thái của khí lý tưởng

$$pV = \frac{M}{\mu} R T \text{ và biểu thức nội năng của khí lý tưởng } u = \frac{M}{\mu} \frac{i}{2} R T \text{ suy}$$

$$\text{ra } pV = \frac{2}{i} u.$$

8-24. Đáp số :

$$A' = -A = -\Delta U = \frac{M}{\mu} \frac{R T_1}{(\gamma-1)} \times \left[1 - \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{1-\gamma} \right] = 2,7.10^6 J ;$$

$$\Delta U = -2,7.10^6 J.$$

8-25. Đáp số : $T_2 = T_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = 865K = 592^\circ C.$

8-26. Đáp số : $i = 5.$

Hướng dẫn : Dựa vào phương trình $TV^{\gamma-1} = \text{const}$, ta được :

$$\gamma = 1 + \frac{\lg\left(\frac{T_1}{T_2}\right)}{\lg\left(\frac{V_2}{V_1}\right)} = 1,4.$$

Suy ra : $i = 5$.

8-27. Đáp số :

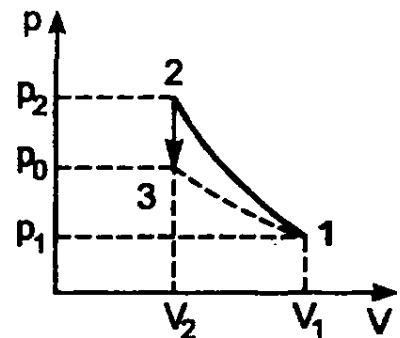
a) $V_2 = 0,25\text{ l} ;$

b) $p_2 = 1,32\text{at}.$

Hướng dẫn : Xét trạng thái 1 và 3 (hình 8-1') ta tìm được

$$V_2 = \frac{p_1}{p_0} \cdot V_1 = 0,25\text{ l} ;$$

$$p_2 = p_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma = 1,32\text{at}.$$



Hình 8-1'

8-28. Đáp số : $\Delta T = 7^\circ$.

8-29. Đáp số :

a) $Q = 1,55\text{kJ} ; A' = 0,92\text{kJ} ; \Delta U = 0,63\text{kJ}.$

b) $Q = 1,88\text{kJ} ; A' = 1,25\text{kJ} ; \Delta U = 0,63\text{kJ}.$

Hướng dẫn : Vì nhiệt lượng trao đổi phụ thuộc vào độ biến thiên nhiệt độ nên phải tìm nhiệt độ của những trạng thái C, B, D.

$$T_C = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right) \approx 220\text{K} ;$$

$$T_2 = T_2 = T_C \left(\frac{V_2}{V_1} \right) = 330\text{K} ;$$

$$T_D = T_1 \left(\frac{V_2}{V_1} \right) = 450\text{K} ; \Delta U = \Delta U_v + \Delta U_p ;$$

$$Q = Q_v + Q_p : A' = p\Delta V.$$

$$Q_{ABC} = 1,55 \text{ kJ} ; Q_{ADB} = 1,88 \text{ kJ}.$$

$$A'_{ACB} = 0,92 \text{ kJ} ; A'_{ADB} = 1,25 \text{ kJ}.$$

$$\Delta U_{ACB} = 0,63 \text{ kJ} ; \Delta U_{ADB} = 0,63 \text{ kJ}.$$

8-30. Hướng dẫn và đáp số :

a) Đối với các quá trình đẳng nhiệt AB và CD.

$$\frac{p_A}{p_B} = \frac{V_2}{V_1} \text{ và } \frac{p_D}{p_C} = \frac{V_2}{V_1}, \text{ do đó } \frac{p_A}{p_B} = \frac{p_D}{p_C} ;$$

$$b) A = -A' = -Q.$$

Công trong chu trình bằng tổng các công trong 4 quá trình, nhưng trong quá trình đẳng tích, hệ không sinh công, không nhận công, do đó :

$$A' = A'_{AB} + A'_{CD} = \frac{M}{\mu} R T_1 \ln \frac{V_2}{V_1} + \frac{M}{\mu} R T_2 \ln \frac{V_1}{V_2}.$$

$$Q = A' = \frac{M}{\mu} R (T_1 - T_2) \ln \frac{V_2}{V_1}.$$

8.31. Đáp số :

$$a) p_2 = p_1 \frac{V_1}{V_2} = 2,8 \text{ at} ;$$

$$p_3 = p_2 \left(\frac{V_2}{V_3} \right)^\gamma = 1,45 \text{ at}.$$

(coi không khí là khí lưỡng nguyên tử $i = 5$).

$$T_2 = T_1 \left(\frac{V_2}{V_3} \right)^{1-\gamma} = 331 \text{ K}$$

$$p_4 = p_1 \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = 3,6 \text{ at} ;$$

$$V_4 = V_3 \left(\frac{p_3}{p_4} \right) = 3,21 ;$$

$$b) A'_{12} = p_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = 1300J ;$$

$$A'_{23} = \frac{p_1 \cdot V_1}{\gamma - 1} \left[1 - \frac{T_2}{T_1} \right] = 620J ;$$

$$A'_{34} = p_2 V_2 \ln \frac{V_4}{V_3} = -1070J ;$$

$$A'_{4-1} = \frac{p_2 V_2}{\gamma - 1} \cdot \left[1 - \frac{T_1}{T_2} \right] = -620J.$$

Công do khối khí sinh ra trong cả chu trình :

$$A' = 230J.$$

$$c) Q = Q_{1-2} = A'_{1-2} = 1300J = 312 \text{ calo},$$

$$Q' = Q'_{3-4} = A_{2-4} = -A'_{3-4} = 1070J = 257 \text{ calo}.$$

8-32. Đáp số : $\Delta U \approx 1000J$.

Hướng dẫn : Độ biến thiên nội năng của hỗn hợp khí bằng tổng các độ biến thiên nội năng của từng chất khí hợp thành hỗn hợp.

$$\text{Dùng biểu thức : } \Delta U = \frac{M}{\mu} \frac{i}{2} R \Delta T ;$$

Ta tính ra được : $\Delta U \approx 1000J$.

8-33. Hướng dẫn và đáp số : Công của máy nén sau một chu kỳ được xác định bằng tổng các diện tích ABGF và BCOG trừ đi diện tích ADOF. Vì AB là quá trình đẳng nhiệt nên :

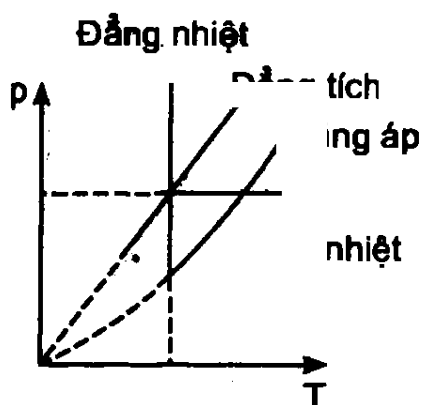
$$p_1 V_1 = p_2 V_2 ;$$

$$\text{hay : } \square ADOF = \square BCOG.$$

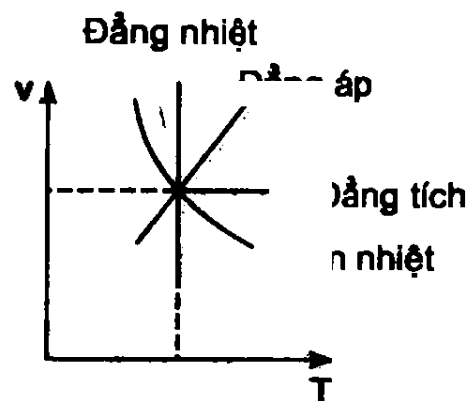
Do đó công của máy sau 1 chu kỳ là :

$$\square ABGF + \square BCOG - \square ADOF = \square ABGF.$$

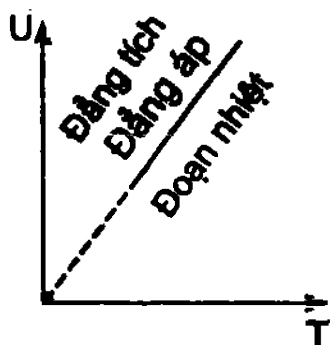
8-34. Đáp số : hình 8-2'a, b, c, d.



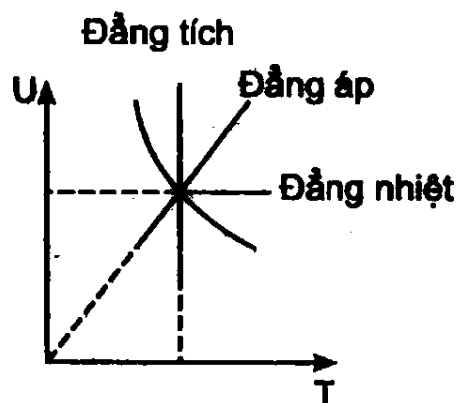
Hình 8-2'a



Hình 8-2'b



Hình 8-2'c



Hình 8-2'd

Chương 9

NGUYÊN LÝ THỨ HAI CỦA NHIỆT ĐỘNG HỌC

9-1. Đáp số : $\eta_1 = \frac{2}{3} \eta_2$.

Hướng dẫn : Hiệu suất thực tế của động cơ nhiệt :

$$\eta_1 = A'/Q_1 = 20\%.$$

Hiệu suất lý tưởng của động cơ nhiệt chạy theo chu trình Căcnô với cùng hai nguồn nhiệt :

$$\eta_2 = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 30\%.$$

Vậy : $\eta_1 = \frac{2}{3} \eta_2.$

9-2. Đáp số : $8,35 \cdot 10^5 \text{J}.$

Hướng dẫn : $\varepsilon = \frac{Q_2}{A} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} ;$

$$A = Q_2 \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_2} = 8,35 \cdot 10^5 \text{J}.$$

9-3. Đáp số : a) $\eta = \frac{A'}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}.$

Thay $Q_2 = 80\% Q_1$ ta được : $\eta = 20\%.$

b) $A' = \eta Q_1 = 0,3 \text{kcal} = 12,54 \text{kJ}.$

9-4. Đáp số : a) $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 26,8\% ;$

b) $Q_1 = A'/\eta = 27,4 \cdot 10^4 \text{J} ;$

c) $Q'_2 = Q_1 - A' = 20 \cdot 10^4 \text{J}.$

9-5. Đáp số : $A' = 1,7 \text{kJ}.$

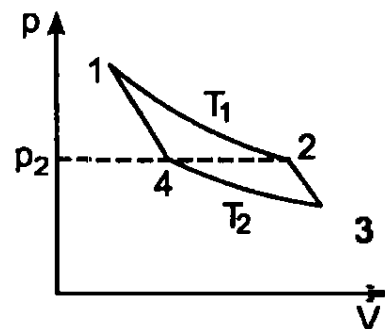
Hướng dẫn : Muốn cho công của một máy nhiệt là cực đại thì chu trình vận chuyển của máy phải là thuận nghịch và khi chỉ có 2 nguồn nhiệt thì chu trình đó phải là chu trình Căcnô. Hiệu suất của chu trình này là :

$$\eta = \frac{A'}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

Từ đó ta có : $A' = Q_1 \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1,7 \text{kJ}.$

9-6. Đáp số : $P = 620\text{kW}$.

Hướng dẫn : Muốn cho quá trình là thuận nghịch thì thời gian tiến hành phải vô cùng chậm. Chu trình mà ta xét chỉ xảy ra trong thời gian 1 giây, do đó các quá trình của chu trình (hình 9-1') là không thuận nghịch. Ta chỉ có thể tính gần đúng theo công thức :



Hình 9-1'

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}. \quad (1)$$

Công suất chính là công mà chu trình thực hiện được sau một giây.

$$P = A' = \eta Q_1; \quad (2)$$

$$Q_1 = \frac{M}{\mu} R T_1 \ln \frac{p_1}{p_2}. \quad (3)$$

Theo đầu bài $p_2 = p_4$.

Trong quá trình 4-1 :

$$\frac{p_1}{p_4} = \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}; \quad (4)$$

Thay (4), (3) vào (1) vào (2) ta được :

$$P = (T_1 - T_2) \frac{M}{\mu} R \frac{\gamma}{(\gamma-1)} \ln \frac{T_1}{T_2} = 620\text{kW}.$$

9-7. Đáp số : a) $\varepsilon = \frac{Q_2}{A} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = 9,74$;

b) $Q_2 = \varepsilon A = \varepsilon P t = 86000 \text{ calo}$;

c) $Q_1 = Q_2 + A = 94800 \text{ calo}$.

9-8. Đáp số : $\eta = \frac{A'}{Q_1} = \frac{A'}{Q_2' + A'} = 0,45 = 45\%$.

9-9. Đáp số : $T_2 = 239\text{K}$.

Hướng dẫn : Hiệu suất của chu trình : $\eta = A'/Q_1 = 0,36$;

Đối với chu trình Cárnot : $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$; Từ đó tìm được :

$$T_2 = T_1 (1 - \eta) = 293^\circ\text{K} = -34^\circ\text{C}.$$

9-10. Đáp số : a) $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 25\%$;

$$\text{b) } Q = Q_1 (1 - \eta) = 47250 \text{ cal/s} ;$$

$$\text{c) } p = \frac{A'}{\tau} = \frac{Q_1 - Q_2}{1s} = 65,835 \text{ kW}.$$

9-11. Đáp số : 4,93kg.

Hướng dẫn : Đối với máy làm lạnh, chạy theo chu trình Cárnot ngược ta có :

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1} = 0,73.$$

Theo đầu bài $Q_1 = 2,26 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$;

Do đó : $Q_2 = 0,73 \cdot Q_1 = 1,65 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$.

Lượng nước cần làm đông ở nguồn lạnh :

$$Q_2/\lambda = 4,93 \text{ kg}.$$

9-12. Đáp số : 2,1 lần.

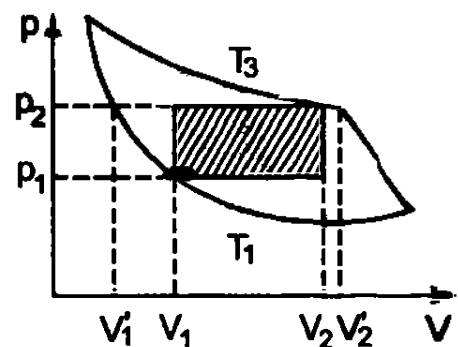
Hướng dẫn : Công thực hiện bởi chu trình thực gồm 2 quá trình đẳng tích và 2 quá trình đẳng áp (phần gạch chéo trên hình 9-2').

$$A' = (p_2 - p_1) (V_2 - V_1).$$

Công thực hiện bởi chu trình Cárnot :

$$A = \eta_c Q_1.$$

$$\eta_c = 1 - \frac{T_1}{T_3},$$



Hình 9-2'

trong đó $T_1 = \frac{p_1 V_1}{R}$ là nhiệt độ nhỏ nhất của chu trình thực.

$T_3 = \frac{p_2 V_2}{R}$ – nhiệt độ lớn nhất của chu trình thực và

$Q_1 = RT_3 \ln \frac{V'_2}{V'_1}$ là nhiệt mà hệ nhận được từ nguồn nóng trong

chu trình Cárnot, trong đó $V'_2/V'_1 = 2$.

Cuối cùng ta được : $A'_c/A' = 2,1$.

9-13. Đáp số :

$$A' = p_1(V_1 - V_0) + \frac{p_1 V_1}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1} \right] - p_0(V_2 - V_0) = 1920 \text{ J.}$$

9-11. Đáp số : $\eta = 41,2\%$.

Hướng dẫn : Hiệu suất của động cơ $\eta = A'/Q_1$, với A' là công toàn phần mà hệ thực hiện trong một chu trình, Q_1 là nhiệt lượng sinh ra khi nhiên liệu được đốt cháy :

Vì $A_{AB} = -A_{BA}$ và $A_{CD} = A_{EB} = 0$,

$$\text{nên } A' = A'_{BC} + A'_{DE} = \frac{M}{\mu} \frac{R(T_0 - T_3)}{(\gamma - 1)} - \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1} \right].$$

$$\text{Nhưng : } \frac{R}{\gamma - 1} = C_v \text{ và } \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1} = \frac{T_1}{T_0}.$$

$$\text{Vì thế : } A' = \frac{M}{\mu} C_v (T_0 - T_3) \left(1 - \frac{T_2}{T_3} \right).$$

$$\text{Ngoài ra : } Q_1 = \frac{M}{\mu} C_v (T_2 - T_1).$$

$$\begin{aligned}\text{Do đó : } \eta &= \frac{A}{Q_1} = \frac{(T_0 - T_3) \left(1 - \frac{T_2}{T_3}\right)}{T_2 - T_1} = \frac{T_2 - T_3}{T_2} = \\ &= 1 - \frac{T_3}{T_2} = 1 - \frac{1}{(V_1/V_2)^{\gamma-1}} = 0,412 = 41,2\%.\end{aligned}$$

9-15. Đáp số :

a) 36,7% ; b) 44,6% ; c) 49,6%.

9-16. Đáp số : $\eta = 1 - \frac{\beta\gamma - 1}{\gamma\epsilon^{\gamma-1}(\beta - 1)}.$

Hướng dẫn : Hiệu suất của động cơ nhiệt $\eta = A'/Q_1$, trong đó A' là công mà động cơ thực hiện trong toàn chu trình : $A' = Q_1 - Q'_2$, trong đó Q_1 là nhiệt lượng toả ra khi đốt nhiên liệu (nhánh CD) và Q'_2 – nhiệt lượng nhả cho môi trường (đoạn EB).

Vì CD ứng với quá trình đẳng áp nên :

$$Q_1 = \frac{M}{\mu} C_p (T_2 - T_1),$$

với T_1 và T_2 là nhiệt độ ở đầu và cuối quá trình giãn đẳng áp.

Vì EB ứng với quá trình đẳng tích nên.

$$Q'_2 = \frac{M}{\mu} C_v (T_3 - T_0),$$

với T_3 và T_0 là nhiệt độ ở đầu và cuối quá trình đẳng tích.

Do trên ta tính được công :

$$A' = \frac{M}{\mu} C_v [\gamma(T_2 - T_1) - (T_3 - T_0)],$$

và hiệu suất : $\eta = \frac{A'}{Q_1} = 1 - \frac{1}{\gamma} \left(\frac{T_3 - T_0}{T_2 - T_1} \right).$

Có thể viết phương trình này dưới dạng khác.

Biểu diễn T_o , T_1 , T_3 qua T_2 – Đối với quá trình đẳng áp CD :
 $\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_3}{V_1} = \beta =$ hệ số giãn đẳng áp. Từ đó $T_1 = \frac{T_2}{\beta}$. Đối với quá trình đoạn nhiệt DE :

$$\frac{T_2}{T_3} = \left(\frac{V_2}{V_3} \right)^{\gamma-1} = \delta^{\gamma-1}, \text{ trong đó } \delta \text{ là hệ số giãn đoạn nhiệt ; do đó}$$

$$T_3 = \frac{T_2}{\delta^{\gamma-1}}. \text{ Đối với quá trình đoạn nhiệt BC :}$$

$$\frac{T_1}{T_o} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\gamma-1} = \varepsilon^{\gamma-1},$$

trong đó ε là hệ số nén đoạn nhiệt, do đó

$$T_o = \frac{T_1}{\varepsilon^{\gamma-1}} = \frac{T_2}{\beta \varepsilon^{\gamma-1}}.$$

Thay các giá trị vừa tính được của T_o , T_1 , T_2 vào η và chú ý rằng $\beta = \frac{\varepsilon}{\delta}$, ta được :

$$\eta = 1 - \frac{\beta^{\gamma-1}}{\gamma \varepsilon^{\gamma-1} (\beta - 1)}.$$

9–17. Đáp số : $\eta_{\text{Stilin}} < \eta_{\text{Cácnô}}$.

Hướng dẫn : Hiệu suất của máy hơi nước $\eta = 1 - \frac{Q'}{Q}$, với Q' là nhiệt mà máy toả ra và Q là nhiệt mà máy nhận được trong toàn chu trình.

$$Q = Q_{23} + Q_{34} = \frac{M}{\mu} C_v (T_1 - T_2) + \frac{M}{\mu} R T_1 \ln \frac{V_2}{V_1},$$

$$Q' = Q'_{12} + Q_{11} = \frac{M}{\mu} R T_2 \ln \frac{V_2}{V_1} + \frac{M}{\mu} C_v (T_1 - T_2),$$

$$\eta_{\text{Stilin}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1 + \frac{C_v(T_1 - T_2)}{R \ln(V_2/V_1)}} < \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \eta_{\text{Cácnô}}.$$

9-18. Hướng dẫn và đáp số : Độ biến thiên entropi :

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T}.$$

Vì quá trình là đẳng áp nên : $\delta Q = \frac{m}{\mu} C_p dT,$

$$\Delta S = \frac{M}{\mu} C_p \ln \frac{T_2}{T_1}.$$

Mặt khác ta có : $\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1};$

Do đó : $\Delta S = \frac{M}{\mu} C_p \ln \frac{V_2}{V_1} = 15,8 \text{ cal/độ} = 66,3 \text{ J/độ}.$

9-19. Hướng dẫn và đáp số :

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2,$$

ΔS_1 = độ tăng entropi trong quá trình biến đổi nước ở 0°C thành nước ở 100°C .

ΔS_2 = độ tăng entropi trong quá trình nước ở 100°C thành hơi nước ở 100°C .

Tính tương tự như bài tập ví dụ 2 ta được :

$$\Delta S = 7,4 \text{ J/độ}.$$

9-20. Đáp số : $\Delta S = \frac{M}{\mu} R \ln \frac{p_1}{p_2} = 17,3 \text{ J/độ}.$

9-21. Đáp số :

$$\text{a) } \Delta S_v = \frac{M}{\mu} C_v \ln \frac{p_2}{p_1} = \frac{M}{\mu} C_v \ln \frac{T_2}{T_1} = 1,6 \text{ J/độ};$$

$$b) \Delta S_p = \frac{M}{\mu} C_p \ln \frac{T_2}{T_1} = 2,4 \text{ J/độ}.$$

9-22. Đáp số : $\Delta S = 7,1 \text{ J/độ}.$

Hướng dẫn :

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T},$$

δQ là nhiệt mà hệ nhận vào trong một quá trình nhỏ. Nó được tính theo nguyên lý thứ nhất của nhiệt động :

$$\delta Q = dU - \delta A = \frac{M}{\mu} C_v dT + p dV.$$

Thay vào biểu thức của ΔS và kết hợp với phương trình trạng thái, ta tính được :

$$\Delta S = \frac{M}{\mu} \left(C_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1} \right),$$

với : $\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{p_1 V_1}.$

Ta lại có : $C_v = \frac{i}{2} R, C_p = C_v + R = \frac{i+2}{2} R.$

Cuối cùng, ta được :

$$\Delta S = \frac{M}{\mu} \left(C_v \ln \frac{p_2}{p_1} + C_p \ln \frac{V_2}{V_1} \right) = 17 \text{ cal/độ} = 7,1 \text{ J/độ}.$$

9-23. Đáp số :

$$a) \Delta S_v = \frac{M}{m} C_v \ln \frac{T_2}{T_1} = 8,5 \cdot 10^3 \text{ J/độ}.$$

$$b) \Delta S_p = \frac{M}{\mu} C_p \ln \frac{T_2}{T_1} = 11,8 \cdot 10^3 \text{ J/độ}.$$

9–24. Hướng dẫn và đáp số : Phải tính nhiệt dung riêng trong quá trình hơi nóng đó :

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T}, \text{ với } \delta Q = \frac{M}{\mu} C dT.$$

Từ đó suy ra :

$$C = \frac{\Delta S}{\frac{M}{\mu} \ln \frac{T_2}{T_1}} = 7 \text{ kcal/kmol độ},$$

nghĩa là : $C = C_p$, quá trình hơi nóng là đẳng áp.

9–25. Đáp số : $A' = Q_1 - Q'_2$.

Đối với chu trình Cárnot ta có :

$$\frac{Q'_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T'_1}.$$

$$\begin{aligned} \text{Từ đây suy ra : } A' &= Q_1 - Q'_2 = (T_1 - T_2) \frac{Q'_2}{T_2} = \\ &= \Delta T \cdot \Delta S = 100 \text{ kcal} = 4,18 \cdot 10^5 \text{ J}. \end{aligned}$$

9–26. Đáp số : $\Delta S = 3,35 \text{ J/độ}$.

Hướng dẫn : Trước hết phải tính nhiệt độ cân bằng T của hệ sau quá trình trao đổi nhiệt. Dùng định luật bảo toàn năng lượng.

$$M_1 \lambda + M_1 C (T - 0) = M_2 C (30 - T),$$

với M_1 là khối lượng của nước đá ; M_2 là khối lượng nước.

Tìm được $T = 8^\circ\text{C} = 281\text{K}$.

Độ biến thiên entropi của hệ : $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$,

trong đó : ΔS_1 : độ biến thiên entropi của nước đá khi nhiệt độ thay đổi từ 0°C đến $T^\circ\text{C}$;

ΔS_2 : độ biến thiên entropi của nước, khi nhiệt độ thay đổi từ 30°C đến $T^\circ\text{C}$.

$$\Delta S_1 = \frac{M_1 \lambda}{T_1} + M_1 C \ln \frac{T}{T_1} \text{ và } \Delta S_2 = M_2 C \ln \frac{T}{T_2},$$

với T_1 = nhiệt độ của nước đá ở 273K ,

T_2 = nhiệt độ của nước ở 303K ;

Cuối cùng : $\Delta S = 0,8 \text{ cal/độ} = 3,35 \text{ J/độ}$.

Ta thấy : $\Delta S > 0$. Điều đó chứng tỏ nhiệt chỉ truyền từ vật nóng sang vật lạnh.

9-27. Đáp số : $\Delta S = 5,5 \text{ J/độ}$.

Hướng dẫn : Biến thiên của entropi không phụ thuộc đường đi mà chỉ phụ thuộc vào trạng thái đầu và trạng thái cuối.

$$\Delta S_{ABC} = \Delta S_{ADB} = \int_B^A \frac{\delta Q}{T} ;$$

$$\begin{aligned} \Delta S_{ABC} &= \Delta S_{AC} + \Delta S_{CB} = \\ &= -\frac{M}{\mu} C_v \ln \frac{p_1}{p_2} + \frac{M}{\mu} C_p \ln \frac{V_2}{V_1} = 5,5 \text{ J/độ}. \end{aligned}$$

9-28. Đáp số :

Quá trình là đẳng nhiệt :

$$\begin{aligned} \Delta S &= \frac{p_1 V_1}{T} \ln \frac{V_1 + V_2}{V_1} + \frac{p_2 V_2}{T} \ln \frac{V_1 + V_2}{V_2} = \\ &= 0,78 \text{ cal/độ} = 3,26 \text{ J/độ}. \end{aligned}$$

9-29. Đáp số : $\Delta S = 3,26 \text{ J/độ}$.

Hướng dẫn : Gọi nhiệt độ lúc hệ cân bằng nhiệt là $T^\circ\text{C}$.

$$M_1 c_1 (100 - T) = M_2 c_2 (T - 12),$$

với : M_1, c_1 là khối lượng và nhiệt dung riêng của sắt ;

M_2, c_2 là khối lượng và nhiệt dung riêng của nước.

Tính được $T \approx 19^\circ\text{C} = 292\text{K}$.

Độ biến thiên entropi của hệ bằng tổng độ biến thiên entropi của sắt và độ biến thiên entropi của nước :

$$\Delta S = M_1 c_1 \ln \frac{292}{373} + M_2 c_2 \ln \frac{292}{285} = 0,78 \text{ cal/độ} = 3,26 \text{ J/độ}.$$

Chương 10

CHẤT KHÍ

10-1. Đáp số : a) $T = 482\text{K}$; b) $T = 204\text{K}$.

10-2. Đáp số : a) $\frac{p_1}{p} = 4,95\%$; b) $\frac{V_1}{V} = 0,86\%$.

10-3. Đáp số : $p = 5,2 \cdot 10^{-6} \text{ N/m}^2$.

Hướng dẫn : Chia hai vế của phương trình Vanđecvan cho V và chú ý rằng :

$$\rho = M/V.$$

Ta có :

$$\left(p + \frac{\rho^2}{\mu^2} \right) \left(1 - \frac{\rho}{\mu} b \right) = \frac{\rho}{\mu} RT.$$

Từ đó, tìm ra $p = 5,2 \cdot 10^{-6} \text{ N/m}^2$.

10-4. Đáp số : $A = 1,71\text{J}$.

Hướng dẫn :
$$A = \int_{V_1}^{V_2} p_i dV = a \left(\frac{M}{\mu} \right)^2 \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V^2} =$$
$$= a \left(\frac{M}{\mu} \right)^2 \left(\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2} \right) = 1,71\text{J}.$$

10-5. Đáp số : $p_i = 5,68 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2$.

Hướng dẫn :

$$p_i = \frac{M^2}{\mu^2} \frac{a}{V^2} = \frac{\rho^2}{\mu^2} a = \frac{27\rho^2 RT_K}{64\mu^2 p_K} = 5,68 \cdot 10^7 \text{ N/m}^2.$$

10-6. Đáp số : $M = 5,89 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$.

Hướng dẫn : Giả sử lượng nước cần cho vào có khối lượng M . Theo giả thiết, khi đun nóng đến trạng thái tới hạn, thì thể tích tới hạn của khối nước này bằng thể tích V của bình.

$$V = V_K = \frac{M}{\mu} V_{ok} = \frac{M}{\mu} 3b,$$

trong đó : $b = \frac{RT_K}{8p_K}$, do đó $M = \frac{8\mu V p_K}{3RT_K} = 5,89 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$.

10-7. Đáp số : $\rho = \frac{\mu}{V_{oK}} = \frac{\mu}{3b} = 196 \text{ kg/m}^3$.

10-8. Hướng dẫn và đáp số : a) Thể tích lớn nhất của chất lỏng bằng thể tích tới hạn :

$$V_K = V_{oK}/\mu = 3b/\mu = 2,93 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}.$$

b) Áp suất hơi bão hoà lớn nhất bằng áp suất tới hạn :

$$p_K = a/27b^2 = 7,4 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2.$$

c) Đối với thể lỏng, nhiệt độ cao nhất là nhiệt độ tới hạn :

$$T_K = 8a/27Rb = 304K = 31^\circ C.$$

d) Ở $31^\circ C$ (nhiệt độ tới hạn của CO_2) muốn hoá lỏng CO_2 phải nén nó đến áp suất :

$$p_K = 7,4.10^6 / m^2.$$

Còn ở $50^\circ C$ không thể hoá lỏng khí CO_2 bằng cách nén được.

10-9. Hướng dẫn và đáp số : a) Gọi M và V là khối lượng và thể tích ête cần phải đổ vào ống, V_K là thể tích tới hạn của khối ête (theo giả thiết, V_K phải bằng thể tích của ống).

$$V_K = \frac{M}{\mu} V_{oK} = \frac{M}{\mu} 3b = \frac{M}{\mu} 3 \frac{RT_K}{8p_K};$$

$$\frac{V}{V_K} = \frac{8\mu p_K}{3R\rho T_K} = 26\%.$$

Nếu thể tích ống $< V_K$ thì chưa đun đến nhiệt độ tới hạn ête lỏng đã chiếm đầy ống.

Nếu thể tích ống $> V_K$ thì chưa đun đến nhiệt độ tới hạn ête lỏng đã bốc hơi hết.

Chương 11

CHẤT LỎNG

11-1. Đáp số : $A = \frac{6\sigma M}{\rho d} = 2,2J.$

11-2. Đáp số : $\Delta T = 1,64.10^{-4}$ độ.

Hướng dẫn : Khi 2 giọt thủy ngân nhập lại thành một, diện tích mặt ngoài thay đổi một lượng ΔS do đó năng lượng mặt ngoài thay đổi một lượng $\Delta E = \sigma \Delta S$; phần năng lượng này được giải phóng và làm nóng khối thủy ngân.

$$\Delta E = Mc\Delta T \rightarrow \Delta T = \frac{\Delta E}{Mc} = \frac{\sigma \Delta S}{Mc} ; \quad (1)$$

$$\Delta S = 2.4\pi r^2 - 4\pi R^2 = 4\pi (2r^2 - R^2).$$

Tìm R và M, thay vào (1) ta có :

$$\Delta T = \frac{3\sigma(2 - \sqrt[3]{4})}{2c\rho r} = 1,64.10^{-4} \text{ độ}.$$

11-3. Đáp số : $A = 8,2.10^{-3} \text{ J}.$

Hướng dẫn : Xem quá trình thổi là đẳng nhiệt. Gọi p là áp suất của không khí trong bong bóng xà phòng. Khi chuyển qua mặt chất lỏng áp suất thay đổi một lượng

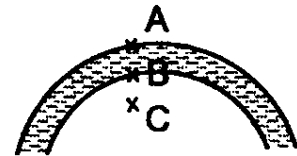
$$\Delta p = 2\sigma/r.$$

Từ hình vẽ 11-1', ta có :

$$p_B - p_A = \Delta p = 2\sigma/r ;$$

$$p_C - p_B = \Delta p = 2\sigma/r ;$$

$$p_C - p_A = 2\Delta p = 6\sigma/r.$$



Hình 11-1'

$$\text{Rút ra : } p = p_C = p_o + \frac{4\sigma}{r}.$$

Công thực hiện để thổi bong bóng xà phòng bằng công để tăng diện tích mặt ngoài lên một lượng ΔS cộng với công để nén khí vào bong bóng tới áp suất p :

$$A = \sigma \Delta S + pV \ln(p/p_o),$$

trong đó ΔS là tổng diện tích mặt trong và mặt ngoài của bong bóng, V là thể tích của bong bóng.

$$A = \sigma \cdot 2 \cdot 4\pi r^2 + \left(p_0 + \frac{4\sigma}{r}\right) \cdot \frac{4}{3}\pi r^3 \ln \frac{p_0 + \frac{4\sigma}{r}}{p_0} =$$

$$= 8\pi\sigma r^2 + \frac{4}{3}\pi r^3 p_0 \left(1 + \frac{4\sigma}{rp_0}\right) \ln \left(1 + \frac{4\sigma}{rp_0}\right).$$

Vì : $\frac{4\sigma}{rp_0} \ll 1$ nên $\ln \left(1 + \frac{4\sigma}{rp_0}\right) \approx \frac{4\sigma}{rp_0}$.

Vậy : $A = 8\pi\sigma r^2 \left(1 + \frac{2}{3}\right) = 8,2 \cdot 10^{-3} \text{ J}.$

11-4. Đáp số : $A = \sigma \Delta S = \sigma 2t \Delta x = 5,4 \cdot 10^{-4} \text{ J}.$

11-5. Đáp số : AB dịch 1cm về phía có σ lớn.

Hướng dẫn : đoạn AB sẽ dịch chuyển về phía có sức căng mặt ngoài tác dụng lên AB lớn và sẽ dừng lại khi năng lượng mặt ngoài ở hai phía bằng nhau.

11-6. Đáp số : $\sigma = 4 \cdot 10^{-4} \text{ N/m}.$

Hướng dẫn : Trọng lượng của giọt rượu khi bắt đầu rơi bằng sức căng trên chu vi vì $l = 2\pi r$, trong đó r là bán kính chỗ thắt của giọt rượu. Do đó trọng lượng của một giọt rượu là :

$$P = 2\pi r \sigma = \pi d \sigma.$$

Vì vậy : $\sigma = P/\pi d,$

trong đó : $P = \frac{Mg}{t/2} = \frac{2Mg}{t}$; nên : $\sigma = \frac{2Mg}{\pi d t} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ N/m}.$

11-7. Đáp số : $\sigma = \frac{\rho g h d}{4n} = 0,78 \text{ N/m}.$

11-8. Đáp số : $h = \frac{4(Mg + \pi d \sigma)}{\pi \rho g d^2} = 3,8 \text{ cm}.$

11-9. Đáp số : $h \approx 15 \text{ cm}.$

11-10. Đáp số : $M < 23,3 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$; $M = 23,3 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$;

$$M > 23,3 \cdot 10^{-6} \text{ kg}.$$

11-11. Đáp số : $\Delta h = \frac{4\sigma(d_2 - d_1)}{g\rho d_1 d_2}$.

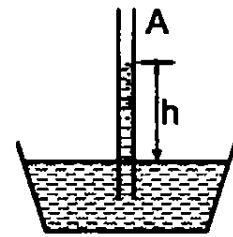
a) Đối với nước : $\Delta h = 3 \text{ cm}$.

b) Đối với thủy ngân : $\Delta h = 1,5 \text{ cm}$.

11-12. Đáp số : Khi nâng lên : $\frac{h}{h_o} = \frac{1}{2}$, khi hạ xuống : $\frac{h}{h_o} = 2$.

Hướng dẫn : Khi bình và ống mao dẫn được nâng lên với gia tốc γ thì khối chất lỏng trong ống mao dẫn chịu tác dụng lực quán tính hướng xuống dưới. Do đó áp suất tại B (hình 11-2') :

$p_B =$ áp suất khí quyển + áp suất phụ gây bởi mặt khum + áp suất gây bởi cột nước + áp suất gây bởi lực quán tính.



Hình 11-2'

$$p_B = p_o - \Delta p + \rho gh + \rho \gamma h.$$

Vì A và B cùng nằm trong một mặt phẳng nằm ngang (hình 11-2') nên :

$$p_A = p_B = p_o.$$

$$p_o = p_o - \Delta p + \rho gh + \rho \gamma h,$$

$$h = \frac{\Delta p}{\rho(g + \gamma)}. \quad (1)$$

Khi ống mao dẫn và bình không chuyển động thì : $\Delta p = \rho gh_o$.

$$h_o = \frac{\Delta p}{\rho g}. \quad (2)$$

Chia (1) cho (2) ta có : $\frac{h}{h_o} = \frac{g}{g + \gamma} = \frac{1}{2}$.

Lí luận tương tự, khi ống mao dẫn và bình hạ xuống với gia tốc

$$\gamma = \frac{g}{2} \text{ thì : } \frac{h}{h_0} = \frac{g}{g - \gamma} = 2.$$

11-13. Đáp số : Mức nước trong ống mao dẫn nhỏ cao hơn $\frac{4}{3}$ lần mức nước trong ống mao dẫn lớn (hình 11-3').

Hướng dẫn : Áp suất phụ gây bởi mặt khum ở ống mao dẫn nhỏ :

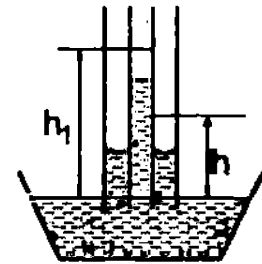
$$\Delta p_1 = \frac{2\sigma}{r} = \rho g h_1, \text{ do đó } h_1 = \frac{4\sigma}{d\rho g}.$$

Áp suất phụ gây bởi mặt khum ở giữa hai ống mao dẫn :

$$\Delta p_2 = \sigma \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) = \sigma \left(\frac{1}{r} + \frac{1}{2r} \right) = \rho g h_2.$$

Do đó :
$$h_2 = \frac{3\sigma}{d\rho g}.$$

Vậy :
$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{4}{3}.$$



Hình 11-3'

11-14. Đáp số : $\rho = 849 \text{ kg/m}^3$.

Hướng dẫn : Áp suất phụ gây bởi mặt khum giữa 2 tấm thủy tinh là :

$$\Delta p = \sigma \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) = \rho g h,$$

ở đây :
$$r_1 = \frac{d}{2}, r_2 = \infty.$$

Vậy :
$$\rho = \frac{2\sigma}{ghd} = 849 \text{ kg/m}^3.$$

11-15. Đáp số :
$$\sigma = \frac{\rho_g \Delta h d_1 d_2}{4(d_2 - d_1)} = 0,5 \text{ N/m}$$

11-16. Đáp số : $r = 0,4 \mu\text{m}.$

Hướng dẫn : Gọi p_o và T là áp suất và nhiệt độ của khí quyển thì áp suất của không khí trong bong bóng là :

$$p = p_o + \frac{2\sigma}{r} + \rho gh.$$

Khối lượng riêng của không khí ở khí quyển :

$$\rho_o = \frac{\mu p_o}{RT}.$$

Khối lượng riêng của không khí trong bong bóng :

$$\rho = \frac{\mu p}{RT}.$$

Theo giả thiết : $\frac{\rho}{\rho_o} = 5$, từ đó suy ra :

$$r = \frac{2\sigma}{4p_o - \rho gh} = 0,4\mu m.$$

11–17. Đáp số : $d \leq 1,6mm$.

Hướng dẫn : Để kim có thể nằm được trên mặt nước thì áp suất do trọng lượng của kim gây ra trên tiết diện dọc của nó không được lớn hơn áp suất phụ do mặt khum của chất lỏng ở phía dưới kim tác dụng lên trên (hình 11–4'). (Bỏ qua sự giảm trọng lượng vì sức đẩy Acsimét).

Gọi m và l là khối lượng và chiều dài của kim, thì áp suất do kim tác dụng lên nước là :

$$p_1 = \frac{mg}{ld} = \rho \frac{Vg}{ld} = \rho \frac{(\pi d^2 / 4) lg}{ld} = \frac{\pi \rho dg}{4}.$$

Áp suất do mặt khum gây ra :

$$p_2 = \sigma \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right).$$

Vì ở đây mặt khum là mặt trụ, $r_1 = r$ và $r_2 = \infty$, do đó :

$$p_2 = \sigma/r = 2\sigma/d.$$

Điều kiện để kim không bị chìm :

$$p_2 \geq p_1,$$

$$\frac{2\sigma}{d} \geq \frac{\pi \rho d g}{4}.$$

Do đó :

$$d \leq \sqrt{\frac{8\sigma}{\pi \rho g}} = 1,6\text{mm}.$$

MỘT SỐ HẰNG SỐ VẬT LÝ THƯỜNG DÙNG

Bảng I – Một vài số thường gặp.

	n	lgn		n	lgn
e	2,718282	0,43429	π	3,141593	0,49715
1/e	0,367879	1,56570	4π	12,56637	1,09921

Bảng II – Các hằng số vật lý cơ bản.

Gia tốc của vật rơi tự do	$g = 9,81 \text{ m/s}^2$
Hằng số hấp dẫn	$\varepsilon = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kgs}^2$
Số phân tử trong 1 kilomol (Số Avôgađrô)	$N_o = 6,025 \cdot 10^{26} \text{ kmol}^{-1}$
Thể tích của 1 kilomol khí lí tưởng ở điều kiện tiêu chuẩn	$v_o = 22,4 \text{ m}^3/\text{kmol}$
Hằng số khí	$R = 8,31 \cdot 10^3 \text{ J/kmol độ}$
Hằng số Bônzman	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/độ}$
Số Faraday	$F = 9,65 \cdot 10^7 \text{ C/kg đương lượng}$

Bảng III – Một vài đại lượng thiên văn.

Bán kính trung bình của Trái Đất	$6,37 \cdot 10^6 \text{ m}$
Khối lượng riêng trung bình của Trái Đất	5500 kg/m^3
Khối lượng Trái Đất	$5,96 \cdot 10^{24} \text{ kg}$
Khối lượng Mặt Trời	$1,97 \cdot 10^{30} \text{ kg}$
Bán kính Mặt Trăng	$1,74 \cdot 10^{26} \text{ m}$
Khối lượng Mặt Trăng	$7,3 \cdot 10^{22} \text{ kg}$
Khoảng cách từ Trái Đất đến Mặt Trời	$1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$

Bảng IV – Vận tốc âm trong một số chất (m/s).

Trong nhôm	5100
Trong nước	1450
Trong không khí (0°C)	332
Trong sắt	5300
Trong gạch	3650

Bảng V – Khối lượng riêng kg/m³.

Chất khí (ở điều kiện bình thường)

Hydrô	0,0898	Ôxy	1,429	Chất rắn :			
Không khí	1,293	Cácbonic	1,977	Nhôm	2600	Sắt	7900
Chất lỏng :				Vàng	19300	Muối khoáng	2200
Benzen	880	Dầu hoả	800	Thau	8400	Nước đá	900
Nước (4°C)	1000	Máu (người)	10050	Đồng	8600	Niken	8800
Glixêrin	1200	Thuỷ ngân	13600	Thiếc	7100	Bạch kim	21400
Vàng (lỏng)	17200	Bạc (lỏng)	9300	Chì	11300	Bạc	10500
Dầu thầu dầu	950	Rượu	790	Thép	7700	Thuỷ tinh	2700

Bảng VI – Khối lượng riêng của nước ở những nhiệt độ khác nhau.

Nhiệt độ (°C)	20	30	40	50	60	70	80
Khối lượng riêng kg/m ³	998	996	992	988	983	978	972

Bảng VII – Hệ số giãn nở của một số chất (độ^{-1}).**Giãn nở dài :**

Nhôm	$2,4.10^{-5}$	Đồng	$1,7.10^{-5}$
Sắt (thép)	$1,2.10^{-5}$	Thủy tinh	1.10^{-5}
Thau	$1,9.10^{-5}$	Kẽm	$2,9.10^{-5}$

Giãn nở khối (10^{-6})

Nước ($5-10^{\circ}\text{C}$)	53	Nước ($40-60^{\circ}\text{C}$)	458
Nước ($10-20^{\circ}$)	150	Nước ($60-80^{\circ}\text{C}$)	487
Nước ($20-40^{\circ}\text{C}$)	302	Thủy ngân (18°C)	180

Bảng VIII – Đường kính phân tử và nguyên tử của một số chất (10^{-10}).

Nitơ (N_2)	3,1	Ôxy (O_2)	2,9
Ácgon (Ar)	2,9	Ôxyt cacbon (CO)	3,2
Hydro (H_2)	2,3	Cácbonic (CO_2)	3,3
Hơi nước (H_2O)	2,6	Clo (Cl_2)	3,7
Hêli (He)	1,9		

Bảng IX – Nhiệt dung riêng của một số chất.

Chất rắn và lỏng	Nhiệt dung riêng (J/kg.độ)	Chất	Nhiệt dung riêng (J/kg.độ)
Nhôm	896	Nước đá	2100
Xăng	2095	Dầu biến thế (20°C)	1800
Bítmút	130	Đồng	395
Nước (20°C)	4190	Thủy ngân	138
Vonfam	195	Chì	131
Sắt (thép)	460	Rượu	2510
Thau	386		

Chất khí và hơi	C_p (J/kg.độ)	C_v (J/kg.độ)	$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$
Amôniac (NH_3)	2140	1630	1,31
Acgon (Ar)	532	320	1,66
Không khí	1020	729	1,40
Hêli (He)	5240	3140	1,66
Oxy (O_2)	913	649	1,40
Mêtan (CH_4)	2373	1854	1,28
Hơi nước (H_2O)	1820	1380	1,32
Cácbonic (CO_2)	848	654	1,30

Bảng X – Độ nhớt của một số chất lỏng, khí và hơi.

Chất	Nhiệt độ (°C)	Độ nhớt 10^{-5} kg/ms	Chất	Nhiệt độ (°C)	Độ nhớt 10^{-5} kg/ms
Nitơ	0	1,67	Hơi nước	0	0,87
Nước	20	100,4	Khí cácbonic	0	1,37
Không khí	21,6	1,84	Clo	0	1,29
Hêli	0	1,86	Oxy	0	1,92

Bảng XI – Hằng số Vandecvan.

Chất	$a - Jm^3/kmol^2$	$b - m^3/kmol$
Nitơ	$1,36.10^5$	0,04
Acgon	$1,32.10^5$	0,03
Nước	$5,54.10^5$	0,03
Oxy	$1,37.10^5$	0,03
Khí cácbonic	$3,64.10^5$	0,043

Bảng XII – Giá trị tới hạn của nhiệt độ và áp suất.

Chất	T_k, K	$p_k, 10^6 N/m^2$
Nitơ	126	3,4
Acgôn	151	4,87
Benzen	562	4,8
Hydrô	33	1,3
Hơi nước	647	22,0
Hêli	5,2	0,23
Oxy	154	5,07
Khí cacbonic	304	7,4

Bảng XIII – áp suất (mmHg) và khối lượng riêng (g/m^3) của hơi nước bão hoà.

$t, ^\circ C$	p	D		$t, ^\circ C$	p	D
-23	0,58	0,66		15	12,79	12,8
0	4,54	4,84		16	13,63	13,6
1	4,93	5,22		17	14,53	14,5
2	5,29	5,60		18	15,58	15,4
3	5,69	5,98		19	16,48	16,3
4	6,10	6,40		20	17,54	17,3
5	6,54	6,84		21	18,65	18,3
6	7,01	7,3		22	19,83	19,4
7	7,51	7,8		23	21,07	20,6
8	8,05	8,3		24	22,38	21,8
9	8,61	8,8		25	23,76	23,0
10	9,21	9,4		26	25,21	24,4
11	9,48	10,0		27	26,74	25,8
12	10,52	10,7		28	28,35	27,2
13	11,73	11,4		29	30,04	28,7
14	11,92	12,1		30	31,82	30,3

Bảng XIV – Suất căng mặt ngoài của chất lỏng ở 20⁰

Chất	σ N/m	Chất	σ N/m
Anilin	0,043	Dầu thầu dầu	0,033
Benzen	0,03	Dầu hoả	0,03
Nước (70°C)	0,064	Dung dịch nước xà phòng	0,045
Glixêrin	0,064	Thuỷ ngân	0,5
Vàng nóng chảy	0,61	Bạc (nóng chảy ở 960°C)	0,78
Nước	0,073	Rượu	0,022

Bảng XV – Độ dẫn nhiệt

Chất	Độ dẫn nhiệt W/m độ	Chất	Hệ số dẫn nhiệt W/m độ
Nhôm	205	Nút chai	0,035
Acgôn	0,16	Nước	0,58
Amiăng	0,14	Không khí	0,026
Bitmút	10	Gỗ ngang thớ	0,17
Sắt (thép)	62	Mỡ hóng	0,25
Tường gạch	0,48	Kẽm	34,8
Đồng	390	Hắc ín	0,52
Cặn bọt ở thành nồi hơi	2,3	Thuỷ tinh	0,74
		Ebôníc	0,16

Bảng XVI – Tính nóng chảy của các chất

Chất	Điểm nóng chảy °C (ở 760mmHg)	Nhiệt nóng chảy riêng (10°J/kg)
Nhôm	660	3,87
Sắt	1535	2,72
Nước đá	0	3,35
Đồng	1083	1,74
Thiếc	232	0,6
Thủy ngân	-38,9	0,117
Chì	327	0,25
Bạc	960	0,89
Kẽm	420	1,18

MỤC LỤC

	Trang đầu bài	Trang đáp số
Lời nói đầu	3	
Hướng dẫn phương pháp giải bài tập vật lí đại cương	4	
A - CƠ HỌC		
<i>Chương 1. Động học chất điểm</i>	7	116
<i>Chương 2. Động lực học chất điểm.</i>	21	122
<i>Chương 3. Động lực học hệ chất điểm.</i>		
Động lực học vật rắn	35	131
<i>Chương 4. Năng lượng</i>	50	137
<i>Chương 5. Trường hấp dẫn</i>	63	145
<i>Chương 6. Cơ học tương đối tính</i>	68	148
<i>Chương 7. Cơ học chất lưu</i>	72	150
B - NHIỆT HỌC		
<i>Chương mở đầu. Những định luật thực nghiệm về chất khí</i>	78	154
<i>Chương 8. Nguyên lí thứ nhất của nhiệt động học</i>	83	159
<i>Chương 9. Nguyên lí thứ hai của nhiệt động học</i>	94	171
<i>Chương 10. Chất khí</i>	103	181
<i>Chương 11. Chất lỏng</i>	107	184
Một số hằng số vật lí thường dùng	191	
Mục lục	198	