

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



SÁCH HƯỚNG DẪN HỌC TẬP
VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG (A1)

(Dùng cho sinh viên hệ đào tạo đại học từ xa)



Lưu hành nội bộ

HÀ NỘI - 2005

GIỚI THIỆU MÔN HỌC

1. GIỚI THIỆU CHUNG:

Môn Vật lý học là môn khoa học tự nhiên nghiên cứu các dạng vận động tổng quát nhất của thế giới vật chất để nắm được các qui luật, định luật và bản chất của các sự vận động vật chất trong thế giới tự nhiên. Con người hiểu biết những điều này để tìm cách chinh phục thế giới tự nhiên và bắt nó phục vụ con người.

Vật lý học nghiên cứu các dạng vận động sau:

- ✓ *Vận động cơ*: là sự chuyển động và tương tác của các vật vĩ mô trong không gian và thời gian.
- ✓ *Vận động nhiệt*: là sự chuyển động và tương tác giữa các phân tử nguyên tử.
- ✓ *Vận động điện từ*: là sự chuyển động và tương tác của các hạt mang điện và photon.
- ✓ *Vận động nguyên tử*: là sự tương tác xảy ra trong nguyên tử, giữa hạt nhân với các electron và giữa các electron với nhau.
- ✓ *Vận động hạt nhân*: là sự tương tác giữa các hạt bên trong hạt nhân, giữa các nuclêon với nhau.

Trong phần Vật lý đại cương A1 của chương trình này sẽ xét các dạng vận động cơ, nhiệt và điện từ.

Do mục đích nghiên cứu các tính chất tổng quát nhất của thế giới vật chất, những quy luật tổng quát về cấu tạo và vận động của vật chất, đứng về một khía cạnh nào đó có thể coi Vật lý là cơ sở của nhiều môn khoa học tự nhiên khác như hoá học, sinh học, cơ học lý thuyết, sức bền vật liệu, điện kỹ thuật, kỹ thuật điện tử - viễn thông, kỹ thuật nhiệt.....

Vật lý học cũng có quan hệ mật thiết với triết học. Thực tế đã và đang chứng tỏ rằng những phát minh mới, khái niệm, giả thuyết và định luật mới của vật lý làm phong phú và chính xác thêm các quan điểm của triết học đồng thời

làm phong phú hơn và chính xác hơn tri thức của con người đối với thế giới tự nhiên vô cùng vô tận.

Vật lý học có tác dụng hết sức to lớn trong cuộc cách mạng khoa học kỹ thuật hiện nay. Nhờ những thành tựu của Vật lý học, khoa học kỹ thuật đã tiến những bước dài trong nhiều lĩnh vực như:

- ✓ *Khai thác và sử dụng các nguồn năng lượng mới:* năng lượng hạt nhân, năng lượng mặt trời, năng lượng gió, năng lượng nước....
- ✓ *Nghiên cứu và chế tạo các loại vật liệu mới:* vật liệu siêu dẫn nhiệt độ cao, vật liệu vô định hình, vật liệu nanô, các chất bán dẫn mới và các mạch tổ hợp siêu nhỏ siêu tốc độ
- ✓ *Tạo cơ sở cho cuộc cách mạng về công nghệ thông tin và sự thâm nhập của nó vào các ngành khoa học kỹ thuật và đời sống....*

2. MỤC ĐÍCH MÔN HỌC:

- ✓ Cung cấp cho sinh viên những kiến thức cơ bản về Vật lý ở trình độ đại học,
- ✓ Tạo cơ sở để học tốt và nghiên cứu các ngành kỹ thuật cơ sở và chuyên ngành,
- ✓ Góp phần rèn luyện phương pháp suy luận khoa học, tư duy logic, phương pháp nghiên cứu thực nghiệm,
- ✓ Góp phần xây dựng thế giới quan khoa học và tác phong khoa học cần thiết cho người kỹ sư tương lai.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU MÔN HỌC:

Để học tốt môn học này, sinh viên cần lưu ý những vấn đề sau :

1- Thu thập đầy đủ các tài liệu :

- ◇ *Bài giảng Vật lý đại cương.* Võ Đình Châu, Vũ Văn Nhơn, Bùi Xuân Hải, Học viện Công nghệ BCVT, 2005.
- ◇ *Bài tập Vật lý đại cương.* Võ Đình Châu, Vũ Văn Nhơn, Bùi Xuân Hải, Học viện Công nghệ BCVT, 2005.

Nếu có điều kiện, sinh viên nên tham khảo thêm:

- ◇ Đĩa CD- ROM bài giảng điện tử Vật lý Đại cương do Học viện Công nghệ BCVT ấn hành.
- ◇ Vật lý đại cương; Bài tập Vật lý đại cương (tập I, II). Lương Duyên Bình, Dư Trí Công, Bùi Ngọc Hồ. Nhà Xuất bản Giáo dục, 2003.

2- Đặt ra mục tiêu, thời hạn cho bản thân:

- ✓ *Đặt ra mục các mục tiêu tạm thời và thời hạn cho bản thân, và cố gắng thực hiện chúng*

Cùng với lịch học, lịch hướng dẫn của Học viện của môn học cũng như các môn học khác, sinh viên nên tự đặt ra cho mình một kế hoạch học tập cho riêng mình. Lịch học này mô tả về các tuần học (tự học) trong một kỳ học và đánh dấu số lượng công việc cần làm. Đánh dấu các ngày khi sinh viên phải thi sát hạch, nộp các bài luận, bài kiểm tra, liên hệ với giảng viên.

- ✓ *Xây dựng các mục tiêu trong chương trình nghiên cứu*

Biết rõ thời gian nghiên cứu khi mới bắt đầu nghiên cứu và thử thực hiện, cố định những thời gian đó hàng tuần. Suy nghĩ về thời lượng thời gian nghiên cứu để “*Tiết kiệm thời gian*”. “*Nếu bạn mất quá nhiều thì giờ nghiên cứu*”, bạn nên xem lại kế hoạch thời gian của mình.

3- Nghiên cứu và nắm những kiến thức đề cốt lõi:

Sinh viên nên đọc qua sách hướng dẫn học tập trước khi nghiên cứu bài giảng môn học và các tài liệu tham khảo khác. Nên nhớ rằng việc học thông qua đọc tài liệu là một việc đơn giản nhất so với việc truy cập mạng Internet hay sử dụng các hình thức học tập khác.

Hãy sử dụng thói quen sử dụng bút đánh dấu dòng (highline maker) để đánh dấu các đề mục và những nội dung, công thức quan trọng trong tài liệu.

4- Tham gia đầy đủ các buổi hướng dẫn học tập:

Thông qua các buổi hướng dẫn học tập này, giảng viên sẽ giúp sinh viên nắm được những nội dung tổng thể của môn học và giải đáp thắc mắc; đồng thời sinh viên cũng có thể trao đổi, thảo luận của những sinh viên khác cùng lớp. Thời gian bố trí cho các buổi hướng dẫn không nhiều, do đó đừng bỏ qua những buổi hướng dẫn đã được lên kế hoạch.

5- Chủ động liên hệ với bạn học và giảng viên:

Cách đơn giản nhất là tham dự các diễn đàn học tập trên mạng Internet. Hệ thống quản lý học tập (LMS) cung cấp môi trường học tập trong suốt 24 giờ/ngày và 7 ngày/tuần. Nếu không có điều kiện truy nhập Internet, sinh viên cần chủ động sử dụng hãy sử dụng dịch vụ bưu chính và các phương thức truyền thông khác (điện thoại, fax,...) để trao đổi thông tin học tập.

6- Tự ghi chép lại những ý chính:

Nếu chỉ đọc không thì rất khó cho việc ghi nhớ. Việc ghi chép lại chính là một hoạt động tái hiện kiến thức, kinh nghiệm cho thấy nó giúp ích rất nhiều cho việc hình thành thói quen tự học và tư duy nghiên cứu.

7 -Trả lời các câu hỏi ôn tập sau mỗi chương, bài.

Cuối mỗi chương, sinh viên cần tự trả lời tất cả các câu hỏi. Hãy cố gắng vạch ra những ý trả lời chính, từng bước phát triển thành câu trả lời hoàn thiện.

Đối với các bài tập, sinh viên nên tự giải trước khi tham khảo hướng dẫn, đáp án. Đừng ngại ngần trong việc liên hệ với các bạn học và giảng viên để nhận được sự trợ giúp.

Nên nhớ thói quen đọc và ghi chép là chìa khoá cho sự thành công của việc tự học!





HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

Km10 Đường Nguyễn Trãi, Hà Đông-Hà Tây

Điện thoại: (04) 5541221; Fax: (04) 5540587

Website: <http://www.o-ptit.edu.vn>; E-mail: dhcx@o-ptit.edu.vn

CHƯƠNG 1 - ĐỘNG HỌC CHẤT ĐIỂM

1.1. MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU:

Sau khi nghiên cứu chương 1, yêu cầu sinh viên:

1. Nắm được các khái niệm và đặc trưng cơ bản như chuyển động, hệ quy chiếu, vận tốc, gia tốc trong chuyển động thẳng và chuyển động cong.

2. Nắm được các khái niệm phương trình chuyển động, phương trình quỹ đạo của chất điểm. Phân biệt được các dạng chuyển động và vận dụng được các công thức cho từng dạng chuyển động.

1.2. TÓM TẮT NỘI DUNG

1. Vị trí của một chất điểm chuyển động được xác định bởi tọa độ của nó trong một hệ tọa độ, thường là hệ tọa độ Descartes Oxyz, có các trục Ox, Oy, Oz vuông góc nhau, gốc O trùng với hệ qui chiếu. Khi chất điểm chuyển động, vị trí của nó thay đổi theo thời gian. Nghĩa là vị trí của chất điểm là một hàm của thời gian:

$$\vec{r} = \vec{r}(t) \text{ hay } x=x(t), y=y(t), z=z(t).$$

Vị trí của chất điểm còn được xác định bởi hoành độ cong s, nó cũng là một hàm của thời gian $s=s(t)$. Các hàm nói trên là các *phương trình chuyển động của chất điểm*.

Phương trình liên hệ giữa các tọa độ không gian của chất điểm là phương trình quỹ đạo của nó. Khi thời gian t trong các phương trình chuyển động, ta sẽ thu được phương trình quỹ đạo.

2. Vectơ vận tốc $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{ds}{dt}$ đặc trưng cho độ nhanh chậm, phương chiều của chuyển động, có chiều trùng với chiều chuyển động, có độ lớn bằng:

$$v = |\vec{v}| = \left| \frac{d\vec{r}}{dt} \right| = \left| \frac{ds}{dt} \right|$$

3. Vectơ gia tốc $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$ đặc trưng cho sự biến đổi của vectơ vận tốc theo thời gian. Nó gồm hai thành phần: gia tốc tiếp tuyến và gia tốc pháp tuyến.

Gia tốc tiếp tuyến \vec{a}_t đặc trưng cho sự thay đổi về độ lớn của vectơ vận tốc, có độ lớn:

$$a_t = \frac{dv}{dt}$$

có phương tiếp tuyến với quỹ đạo, có chiều cùng chiều với vectơ vận tốc \vec{v} nếu chuyển động nhanh dần, ngược chiều với \vec{v} nếu chuyển động chậm dần.

Gia tốc pháp tuyến \vec{a}_n (vuông góc với \vec{a}_t) đặc trưng cho sự biến đổi về phương của vectơ vận tốc, có độ lớn

$$a_n = \frac{v^2}{R},$$

có phương vuông góc với quỹ đạo (vuông góc với \vec{a}_t), luôn hướng về tâm của quỹ đạo.

Như vậy gia tốc tổng hợp bằng:

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_t$$

Nếu xét trong hệ tọa độ Descartes thì:

$$\vec{a} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j} + a_z \vec{k}$$

trong đó, $a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$, $a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2}$, $a_z = \frac{dv_z}{dt} = \frac{d^2z}{dt^2}$.

4. Trường hợp riêng khi $R = \infty$, quỹ đạo chuyển động là thẳng. Trong chuyển động thẳng, $a_n = 0$, $a = a_t$.

Nếu $a_t = \text{const}$, chuyển động thẳng biến đổi đều. Nếu $t_0 = 0$, ta có các biểu thức:

$$v = \frac{ds}{dt} = v_0 + at$$

$$\Delta s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$2a \cdot \Delta s = v^2 - v_0^2$$

Nếu $s_0 = 0$ thì $\Delta s = s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$, và $2a \cdot s = v^2 - v_0^2$

Nếu $a > 0$, chuyển động nhanh dần đều.

Nếu $a < 0$, chuyển động thẳng chậm dần đều.

5. Khi $R = \text{const}$, quỹ đạo chuyển động là tròn. Trong chuyển động tròn, thay quãng đường s trong các công thức bằng góc quay φ của bán kính $R = OM$, ta cũng thu được các công thức tương ứng:

Vận tốc góc: $\omega = \frac{d\varphi}{dt}$

Gia tốc góc: $\beta = \frac{d\omega}{dt}$

và các mối liên hệ: $\vec{v} = \vec{\omega} \wedge \vec{R}$, $a_n = \omega^2 R$, $\vec{a}_t = \vec{\beta} \wedge \vec{R}$.

Nếu $\beta = \text{const}$, chuyển động là tròn, biến đổi đều ($\beta > 0$ nhanh dần đều, $\beta < 0$ chậm dần đều), và cũng có các công thức (coi $t_0 = 0$):

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \beta t^2, \quad a = a_0 + \beta t, \quad a^2 - \omega_0^2 = 2\beta \Delta\varphi$$

Nếu $\varphi_0 = 0$, các công thức này trở thành:

$$\varphi = \omega_0 t + \frac{1}{2} \beta t^2, \quad a = a_0 + \beta t, \quad a^2 - \omega_0^2 = 2\beta\varphi$$

1.3. CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Hệ qui chiếu là gì? Tại sao có thể nói chuyển động hay đứng yên có tính chất tương đối. Cho ví dụ.

2. Phương trình chuyển động là gì? Quỹ đạo chuyển động là gì? Nêu cách tìm phương trình quỹ đạo. Phương trình chuyển động và phương trình quỹ đạo khác nhau như thế nào?

3. Phân biệt vận tốc trung bình và vận tốc tức thời? Nêu ý nghĩa vật lý của chúng.

4. Định nghĩa và nêu ý nghĩa vật lý của gia tốc? Tại sao phải đưa thêm khái niệm gia tốc tiếp tuyến và gia tốc pháp tuyến? Trong trường hợp tổng quát viết $|\vec{a}| = \frac{dv}{dt}$ có đúng không? Tại sao?

5. Từ định nghĩa gia tốc hãy suy ra các dạng chuyển động có thể có.

6. Tìm các biểu thức vận tốc góc, gia tốc góc trong chuyển động tròn, phương trình chuyển động trong chuyển động tròn đều và tròn biến đổi đều.

7. Tìm mối liên hệ giữa các đại lượng $a, v, R, \omega, \beta, a_t, a_n$ trong chuyển động tròn.

8. Nói gia tốc trong chuyển động tròn đều bằng không có đúng không? Viết biểu thức của gia tốc tiếp tuyến và gia tốc pháp tuyến trong chuyển động này.

9. Chuyển động thẳng thay đổi đều là gì? Phân biệt các trường hợp: $a = 0$, $a > 0$, $a < 0$.

10. Thiết lập các công thức cho tọa độ, vận tốc của chất điểm trong chuyển động thẳng đều, chuyển động thay đổi đều, chuyển động rơi tự do.

11. Biểu diễn bằng hình vẽ quan hệ giữa các vector $\vec{\beta}, \vec{R}, \vec{a}_t, \vec{v}, \vec{\omega}_1, \vec{\omega}_2$ trong các trường hợp $\omega_2 > \omega, \omega_2 < \omega$.

12. Khi vận tốc không đổi thì vận tốc trung bình trong một khoảng thời gian nào đó có khác vận tốc tức thời tại một thời điểm nào đó không? Giải thích.

1.4. BÀI TẬP VÀ HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP

A. BÀI TẬP VÍ DỤ

Thí dụ 1. Một chiếc ô tô chuyển động trên một đường tròn bán kính 50m. Quãng đường đi được trên quỹ đạo có công thức:

$$s = -0,5t^2 + 10t + 10 \text{ (m)}.$$

Tìm vận tốc, gia tốc tiếp tuyến, gia tốc pháp tuyến và gia tốc toàn phần của ô tô lúc $t = 5s$. Đơn vị của quãng đường s là mét (m).

Lời giải

1. Vận tốc của ô tô lúc t : $v = \frac{ds}{dt} = -t + 10$

Lúc $t = 5s$, $v = -5 + 10 = 5m/s$.

Gia tốc tiếp tuyến $a_t = \frac{dv}{dt} = -1m/s^2$

$a_t < 0$, do đó ô tô chạy chậm dần đều.

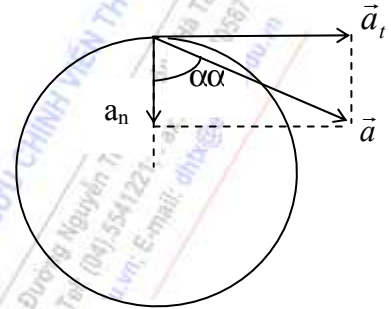
2. Gia tốc pháp tuyến lúc $t = 5s$:

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \frac{5^2}{50} = 0,5 m/s^2$$

3. Gia tốc toàn phần $a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = \sqrt{1 + 0,25} = 1,12 m/s^2$

Vectơ gia tốc toàn phần \vec{a} hợp với bán kính quỹ đạo (tức là hợp với \vec{a}_n) một góc α được xác định bởi:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a_t}{a_n} = \frac{-1}{0,5} = 2, \quad \alpha = 63^\circ 25' 48'' \approx 63^\circ 26'$$



Thí dụ 2. Một vật được ném lên từ mặt đất theo phương thẳng đứng với vận tốc ban đầu $v_0 = 20 m/s$. Bỏ qua sức cản của không khí, lấy gia tốc trọng trường $g = 10 m/s^2$.

a. Tính độ cao cực đại của vật đó và thời gian để đi lên được độ cao đó.

b. Từ độ cao cực đại vật rơi tới mặt đất hết bao lâu? Tính vận tốc của vật khi vật chạm đất.

Bài giải

a. Khi vật đi lên theo phương thẳng đứng, chịu sức hút của trọng trường nên chuyển động chậm dần đều với gia tốc $g \approx 10m/s^2$; vận tốc của nó giảm dần, khi đạt tới độ cao cực đại thì vận tốc đó bằng không.

$$v = v_0 - gt_1 = 0,$$

với t_1 là thời gian cần thiết để vật đi từ mặt đất lên đến độ cao cực đại.

Từ đó ta suy ra: $t_1 = \frac{v_0}{g} = \frac{20}{10} = 2s$

Ta suy ra: độ cao cực đại: $h_{max} = v_0 t_1 - \frac{1}{2} g t_1^2 = \frac{v_0^2}{2g} = 20m$

(Ta có thể tính h_{max} theo công thức $v^2 - v_0^2 = 2gs$.)

Từ đó:
$$h_{max} = s = \left| \frac{v^2 - v_0^2}{2g} \right| = \frac{20^2}{2 \cdot 10} = 20m$$

b. Từ độ cao cực đại vật rơi xuống với vận tốc tăng dần đều $v=gt$ và $s=gt^2/2=20m$. Từ đó ta tính được thời gian rơi từ độ cao cực đại tới đất t_2 :

$$t_2 = \sqrt{\frac{2h_{max}}{g}} = \sqrt{\frac{20 \cdot 2}{10}} = 2s$$

Lúc chạm đất nó có vận tốc

$$v = gt_2 = 10 \cdot 2 = 20m/s$$

Thí dụ 3. Một vô lăng đang quay với vận tốc 300vòng/phút thì bị hãm lại. Sau một phút vận tốc của vô lăng còn là 180 vòng/phút.

a. Tính gia tốc góc của vô lăng lúc bị hãm.

b. Tính số vòng vô lăng quay được trong một phút bị hãm đó.

Bài giải

$$\omega_1 = \frac{300}{60} \cdot 2\pi \text{ (rad/s)} = 10\pi \text{ (rad/s)}, \quad \omega_2 = \frac{180}{60} \cdot 2\pi = 6\pi \text{ (rad/s)}$$

a. Sau khi bị hãm phanh, vô lăng quay chậm dần đều. Gọi ω_1 , ω_2 là vận tốc lúc hãm và sau đó một phút. Khi đó

$$\omega_2 = \omega_1 + \beta t$$

$$\beta = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\Delta t} = -\frac{4\pi}{60} \text{ rad/s}^2 = -0,209 \text{ rad/s}^2$$

$$\beta = -0,21 \text{ rad/s}^2$$

b. Góc quay của chuyển động chậm dần đều trong một phút đó:

$$\theta = \omega_1 t + \frac{1}{2} \beta t^2 = 10\pi \cdot 60 + 0,5 \left(-\frac{4\pi}{60} \right) \cdot 60^2 = 480\pi \text{ (rad)}$$

Số vòng quay được trong thời gian một phút đó là:

$$n = \frac{\theta}{2\pi} = 240 \text{ vòng}$$

Thí dụ 4. Một ô tô bắt đầu chuyển động nhanh dần đều trên một đoạn đường thẳng ox. Ô tô đi qua 2 điểm A và B cách nhau 20m trong khoảng thời gian $\tau = 2$ giây. Vận tốc của ô tô tại điểm B là 12m/s. Tính:

a. Gia tốc của ô tô và vận tốc của ô tô tại điểm A.

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

Lời giải

a. Chọn gốc tọa độ tại vị trí xuất phát $x_0 = 0$, thời điểm ban đầu $t_0 = 0$, vận tốc ban đầu $v_0 = 0$.

Gia tốc của ô tô:
$$a = \frac{v_B - v_A}{t_B - t_A} = \frac{v_B - v_A}{\tau}$$

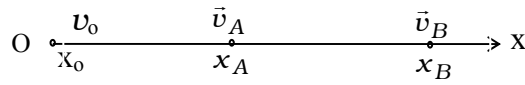
Ta suy ra
$$v_B - v_A = a\tau, \quad \text{với } v_B = 12m/s \quad (\text{theo đầu bài}).$$

Khoảng cách giữa hai điểm A và B: $\Delta x = 20m$.

Áp dụng công thức:

$$v_B^2 - v_A^2 = 2a \cdot \Delta x$$

Ta suy ra:



$$(v_B - v_A)(v_B + v_A) = 2a \cdot \Delta x$$

$$v_A + v_B = \frac{2a \cdot \Delta x}{v_B - v_A} = \frac{2a \cdot \Delta x}{a\tau} = \frac{2 \cdot \Delta x}{\tau}$$

$$v_A = \frac{2 \cdot \Delta x}{\tau} - v_B = \frac{2 \cdot 20}{2} - 12 = 8m/s$$

b. Gọi quãng đường từ O đến A là Δx_0 , áp dụng công thức:

$$a = \frac{v_B - v_A}{\tau} = \frac{12 - 8}{2} = 2m/s^2$$

$$v_A^2 - v_0^2 = 2a \cdot \Delta x_0$$

Trong đó: $v_0 = 0$, $v_A = 8m/s$, ta suy ra: $\Delta x_0 = \frac{v_A^2}{2a} = \frac{8^2}{2 \cdot 2} = 16m$

Vậy, quãng đường ô tô đi được từ lúc khởi hành đến điểm A là: $\Delta x_0 = 16m$.

B. BÀI TẬP TỰ GIẢI CHƯƠNG I

1. Một chất điểm chuyển động theo hai phương trình

$$x = 2 \cos \omega t ; \quad y = 4 \sin \omega t$$

Tìm dạng quỹ đạo của chất điểm đó.

Đáp số:

$$\frac{x^2}{4} + \frac{y^2}{16} = 1$$

2. Một ô tô chạy trên đường thẳng từ A đến B với vận tốc $v_1 = 40 \text{ Km/h}$, rồi quay lại A với vận tốc $v_2 = 30 \text{ Km/h}$. Tính vận tốc trung bình của ô tô trên quãng đường khứ hồi đó.

Đáp số:

$$\bar{v} = \frac{2v_1v_2}{v_1 + v_2} = 34,3 \text{ Km/h}$$

Hướng dẫn

Theo định nghĩa về vận tốc trung bình, $v_{tb} = (s_1 + s_2) / (t_1 + t_2)$. Vì $s_1 = s_2 = s = AB$, $t_1 = s/v_1$, $t_2 = s/v_2$. Từ đó, ta suy ra $\bar{v} = \frac{2v_1v_2}{v_1 + v_2} = 34,3 \text{ Km/h}$

3. Một vật rơi tự do từ độ cao $h = 19,6m$.

a. Tính thời gian để vật rơi hết độ cao đó.

b. Tính quãng đường mà vật đi được trong 0,1 giây đầu và trong 0,1 giây cuối cùng của sự rơi đó.

c. Tính thời gian để vật rơi được 1m đầu tiên và 1m cuối cùng của quãng đường.

Bỏ qua ma sát của không khí. Cho $g = 9,8m/s^2$.

Đáp số: a. $t = 2s$; b. $h_1 = 4,9m$, $h_2 = 19,1m$; c. $t_1 = 0,45s$, $t_2 = 0,05s$

4. Một động tử chuyển động với gia tốc không đổi và đi qua quãng đường giữa hai điểm A và B trong 6s. Vận tốc khi đi qua A là 5m/s, khi qua B là 15m/s. Tính chiều dài quãng đường AB.

Đáp số: AB = 60m

Hướng dẫn

Gia tốc của vật trên đoạn đường AB: $a = \frac{v_B - v_A}{\Delta t} = \frac{15 - 5}{6} = 1,66m/s^2$.

$$v_A^2 - v_B^2 = 2as,$$

suy ra: $s = \frac{v_B^2 - v_A^2}{2a} = \frac{15^2 - 5^2}{2 \cdot 1,66} = 60m$

5. Một vật chuyển động thẳng với gia tốc không đổi a lần lượt qua 2 quãng đường bằng nhau, mỗi quãng đường dài $s = 10m$. Vật đi được quãng đường thứ nhất trong khoảng thời gian $t_1 = 1,06s$, và quãng đường thứ hai trong thời gian $t_2 = 2,2s$. Tính gia tốc và vận tốc của vật ở đầu quãng đường thứ nhất. Từ đó nói rõ tính chất của chuyển động.

Đáp số: $a = \frac{2s(t_2 - t_1)}{t_1 t_2 (t_1 + t_2)} = 3,1m/s^2$, $v_0 = 11,1m/s$

Chuyển động chậm dần đều.

Hướng dẫn

Ký hiệu AB=BC=s. Ở đoạn đường thứ nhất: $s = v_A \cdot t_1 + \frac{1}{2} a t_1^2$.

Suy ra: $v_A = \frac{s}{t_1} - \frac{a t_1}{2}$

Ở đoạn đường thứ hai: $s = v_B \cdot t_2 + \frac{1}{2} a t_2^2 \rightarrow v_B = \frac{s}{t_2} - \frac{a t_2}{2}$

Chú ý là $v_B = a \cdot t_1 + v_A$; Ta tìm được $v_B - v_A = a \cdot t_1$

và suy ra: $a = \frac{2s(t_2 - t_1)}{t_1 t_2 (t_1 + t_2)}$.

6. Từ một đỉnh tháp cao $h = 25m$ ta ném một hòn đá theo phương nằm ngang với vận tốc ban đầu $v_0 = 15m/s$. Bỏ qua sức cản của không khí. Lấy $g = 9,8m/s^2$.

- Thiết lập phương trình chuyển động của hòn đá.
- Tìm quỹ đạo của hòn đá.
- Tính tầm bay xa (theo phương ngang) của nó.
- Tính thời gian hòn đá rơi từ đỉnh tháp xuống mặt đất.
- Tính vận tốc, gia tốc tiếp tuyến và pháp tuyến của nó lúc chạm đất.

Đáp số:

a) $x = 15t, \quad y = \frac{1}{2}gt^2 = 4,9t^2$

b) $y = \frac{gx^2}{2v_0^2} = 2,18x^2$ (parabol),

c) $x_{\max} = 33,9\text{m}$; d) $t_r = 2,26\text{s}$; e) $v = 26,7\text{m/s}, a_t = 8,1\text{m/s}^2, a_n = 5,6\text{m/s}^2$.

7. Từ độ cao $h = 2,1\text{m}$, người ta ném một hòn đá lên cao với vận tốc ban đầu v_0 nghiêng một góc $\alpha = 45^\circ$ so với phương ngang. Hòn đá đạt được tầm bay xa $l = 42\text{m}$.

Tính:

- Vận tốc ban đầu của hòn đá,
- Thời gian hòn đá chuyển động trong không gian,
- Độ cao cực đại mà hòn đá đạt được.

Đáp số:

a. $v_0 = 19,8 \text{ m/s}$, b. $t = 3\text{s}$, c. $y_{\max} = 12\text{m}$.

8. Trong nguyên tử Hydro, ta có thể coi electron chuyển động tròn đều xung quanh hạt nhân với bán kính quỹ đạo là $R = 0,5 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$ và vận tốc của electron trên quỹ đạo là $v = 2,2 \cdot 10^8 \text{ cm/s}$. Tìm:

- Vận tốc góc của electron trong chuyển động xung quanh hạt nhân,
- Thời gian nó quay được một vòng quanh hạt nhân,
- Gia tốc pháp tuyến của electron trong chuyển động xung quanh hạt nhân.

Đáp số:

a. $4,4 \cdot 10^{16} \text{ rad/s}$,

b. $1,4 \cdot 10^{-16} \text{ s}$,

c. $9,7 \cdot 10^{22} \text{ m/s}^2$

9. Một bánh xe bán kính 10cm quay tròn với gia tốc góc $3,14 \text{ rad/s}^2$. Hỏi sau giây đầu tiên:

a. Vận tốc góc của xe là bao nhiêu?

b. Vận tốc dài, gia tốc tiếp tuyến, pháp tuyến và gia tốc toàn phần của một điểm trên vành bánh xe là bao nhiêu?

Đáp số: a. $v_0 = \beta t = 3,14 \text{ rad/s}$; b. $v = 0,314 \text{ m/s}, a_t = 0,314 \text{ m/s}^2, a_n = 0,986 \text{ m/s}^2$.

10. Một vật nặng được thả rơi từ một quả khí cầu đang bay với vận tốc 5m/s ở độ cao 300m so với mặt đất. Bỏ qua sức cản của không khí. Vật nặng sẽ chuyển động như thế nào và sau bao lâu vật đó rơi tới mặt đất, nếu:

- Khí cầu đang bay lên theo phương thẳng đứng,
- Khí cầu đang hạ xuống theo phương thẳng đứng,
- Khí cầu đang đứng yên,
- Khí cầu đang bay theo phương ngang.

Đáp số:

a. $8,4m/s$, lúc đầu đi lên, sau đó rơi thẳng xuống đất .

b. $7,3m/s$, rơi thẳng;

c. $7,8m/s$, rơi thẳng;

d. $7,8m/s$, có quỹ đạo parabol.

11. Một máy bay bay từ vị trí A đến vị trí B cách nhau $300km$ theo hướng tây-đông. Vận tốc của gió là $60km/h$, vận tốc của máy bay đối với không khí là $600km/h$. Hãy tính thời gian bay trong điều kiện: a-lặng gió, b-gió thổi theo hướng đông-tây, c-gió thổi theo hướng tây-đông

Đáp số:

a) $t_1=25phút$,

b) $t_2=22,7phút$,

c) $t_3=25,1phút$.

12. Một bánh xe bán kính $10cm$, lúc đầu đứng yên và sau đó quay quanh trục của nó với gia tốc góc bằng $1,57rad/s^2$. Xác định:

a. Vận tốc góc và vận tốc dài, gia tốc tiếp tuyến gia tốc pháp tuyến và gia tốc toàn phần của một điểm trên vành xe sau $1 phút$.

b. Số vòng bánh xe đã quay được sau $1 phút$.

Đáp số:

a. $\omega=94,2rad/s$, $v=9,42m/s$, $a_t=0,157m/s^2$, $a_n=0,246m/s^2$, $a=0,292m/s^2$,

b. 450 vòng.

13. Một xe lửa bắt đầu chuyển động thẳng nhanh dần đều đi qua trước mặt một người quan sát đang đứng ngang với đầu toa thứ nhất. Cho biết toa xe thứ nhất đi qua mặt người quan sát hết $6s$. Tính khoảng thời gian để toa xe thứ n đi qua trước mặt người quan sát. Áp dụng cho $n=10$.

Đáp số: $\tau_n=6(\sqrt{n} - \sqrt{n-1}) = 6(\sqrt{10} - \sqrt{10-1}) = 0,97s$

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

a. Để hai vật gặp nhau ở h thì vận tốc v_0 phải bằng bao nhiêu?

b. Xác định khoảng cách s giữa hai vật trước khi gặp nhau theo thời gian.

c. Vật thứ hai sẽ đạt độ cao lớn nhất bằng bao nhiêu nếu không bị cản bởi vật thứ nhất?.

Đáp số: a. $v_0 = \frac{H+h}{2H} \sqrt{2gH}$,

$$\text{b. } x = \frac{H+h}{2H} (2H - \sqrt{2gH} t), \quad \text{c. } h_{\max} = \frac{(H+h)^2}{4H}.$$

15. Kỷ lục nhảy tạ ở Hà Nội (có $g=9,727\text{m/s}^2$) là $12,67\text{m}$. Nếu cùng điều kiện tương tự (cùng vận tốc ban đầu và góc nghiêng) thì ở nơi có gia tốc trọng trường $g=9,81\text{m/s}^2$ kỷ lục trên sẽ là bao nhiêu?

Đáp số: $12,63\text{m}$.

16. Tìm vận tốc dài của chuyển động quay của một điểm trên mặt đất tại Hà Nội. Biết Hà Nội có vĩ độ là 21° .

Đáp số: $v = R\omega \cos\alpha = 430\text{m/s}$.

17. Phương trình chuyển động chuyển động của một chất điểm có dạng:

$x = a \cos \omega t, y = b \sin \omega t$. Cho biết $a=b=20\text{cm}, \omega=31,4$ (rad/s). Xác định:

- Quỹ đạo chuyển động của chất điểm,
- Vận tốc v và chu kỳ T của chất điểm.
- Gia tốc của chất điểm.

Đáp số:

a. $x^2 + y^2 = R^2 = 0,04$ (đường tròn);

b. $v = 6,28\text{m/s}, T = 0,2\text{s}$,

c. $a \approx 197\text{m/s}^2$

18. Một vật rơi tự do từ độ cao h xuống mặt đất. Trong khoảng thời gian $\tau = 3,2\text{s}$ trước khi chạm đất, vật rơi được một đoạn $1/10$ của độ cao h . Xác định độ cao h và khoảng thời gian t để vật rơi chạm đất. Lấy $g = 9,8\text{m/s}^2$.

Đáp số: $t = 1,6\text{s}; h \approx 12,5\text{m}$.

19. Một vật rơi tự do từ điểm A ở độ cao $H = 20\text{m}$ xuống mặt đất theo phương thẳng đứng AB (điểm B ở mặt đất). Cùng lúc đó, một vật thứ 2 được ném lên theo phương thẳng đứng từ điểm B với vận tốc ban đầu v_0 .

Xác định thời gian chuyển động và vận tốc ban đầu v_0 để hai vật gặp nhau ở độ cao $h=17,5\text{m}$. Bỏ qua sức cản của không khí. Lấy $g = 9,8\text{m/s}^2$.

Đáp số: $\tau = \sqrt{\frac{2(H-h)}{g}} = 0,71\text{s}. \quad v_0 = \frac{H}{\tau} = 28\text{m/s}$.

20. Một máy bay phản lực bay theo phương ngang với vận tốc $v = 1440\text{km/h}$ ở độ cao $H=2,5\text{km}$. Khi máy bay vừa bay tới vị trí nằm trên đường thẳng đứng đi qua đầu nòng của khẩu pháo cao xạ thì viên đạn được bắn khỏi nòng pháo. Đầu nòng pháo cách mặt đất một khoảng $h=3,6\text{m}$. Bỏ qua trọng lực và lực cản của không khí. Lấy $g = 9,8\text{m/s}^2$.

Xác định giá trị nhỏ nhất của vận tốc viên đạn v_0 ở đầu nòng pháo và góc bắn α để viên đạn bay trúng máy bay.

Đáp số: $v_0 = \sqrt{v^2 + 2g(H-h)} = 457\text{m/s}$.

góc bắn α phải có giá trị sao cho $\text{tg}\alpha = \sqrt{\frac{2g(H-h)}{v}} = 0,55$.



HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

Km10 Đường Nguyễn Trãi, Hà Đông-Hà Tây
Tel: (04) 5541221; Fax: (04) 5540587
Website: <http://www.c-ptit.edu.vn>; E-mail: dhkc@ptit.edu.vn



HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

Km10 Đường Nguyễn Trãi, Hà Đông-Hà Tây

Điện thoại: (04) 5541221; Fax: (04) 5540587

Website: <http://www.o-ptit.edu.vn>; E-mail: dhcx@o-ptit.edu.vn

CHƯƠNG 2 - ĐỘNG LỰC HỌC CHẤT ĐIỂM

2.1. MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU:

Sau khi nghiên cứu chương 2, yêu cầu sinh viên:

1. Nắm được các định luật Newton I,II,III, định luật hấp dẫn vũ trụ, các định lý về động lượng và định luật bảo toàn động lượng, vận dụng được để giải các bài tập.

2. Hiểu được nguyên lý tương đối Galiléo, vận dụng được lực quán tính trong hệ qui chiếu có gia tốc để giải thích các hiện tượng thực tế và giải các bài tập.

3. Nắm được khái niệm về các lực liên kết và vận dụng để giải các bài tập.

2.2. TÓM TẮT NỘI DUNG

1. Theo định luật Newton thứ nhất, trạng thái chuyển động của một vật cô lập luôn luôn được bảo toàn. Tức là nếu nó đang đứng yên thì sẽ tiếp tục đứng yên, còn nếu nó đang chuyển động thì nó tiếp tục chuyển động thẳng đều.

Theo định luật Newton thứ 2, khi tương tác với các vật khác thì trạng thái chuyển động của vật sẽ thay đổi, tức là nó chuyển động có gia tốc \vec{a} được xác định bởi công thức:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m},$$

trong đó, \vec{F} là tổng hợp các ngoại lực tác dụng lên vật, gây ra sự biến đổi trạng thái chuyển động, gia tốc \vec{a} đặc trưng cho sự biến đổi trạng thái chuyển động, m là khối lượng của vật, đặc trưng cho quán tính của vật.

Nếu biết các điều kiện của bài toán, ta có thể dựa vào định luật Newton II để xác định được hoàn toàn trạng thái chuyển động của vật. Vì thế, phương trình trên được gọi là phương trình cơ bản của động lực học.

Vận tốc \vec{v} đặc trưng cho trạng thái chuyển động về mặt động học, còn động lượng $\vec{k} = m\vec{v}$ đặc trưng về mặt động lực học, nó cho biết khả năng truyền chuyển động của vật trong sự va chạm với các vật khác. Kết quả tác dụng của lực lên vật trong một khoảng thời gian Δt nào đó được đặc trưng bởi xung lượng của lực:

$$\int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt$$

Từ định luật Newton II ta chứng minh được các định lý về động lượng, cho biết mối liên hệ giữa lực và biến thiên động lượng:

$$\frac{d\vec{k}}{dt} = \vec{F} \quad \text{hoặc} \quad \Delta\vec{k} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} dt$$

Đây là các dạng tương đương của định luật Newton II, nhưng nó tổng quát hơn, nó áp dụng được cả khi ra khỏi cơ học cổ điển.

Từ các định lý này, ta tìm được định luật bảo toàn động lượng đối với hệ chất điểm cô lập, hoặc không cô lập nhưng hình chiếu của lực tổng hợp của các ngoại lực lên một phương nào đó bị triệt tiêu. Định luật này có nhiều ứng dụng trong khoa học kỹ thuật và đời sống, như để giải thích hiện tượng súng giạt lùi khi bắn, chuyển động phản lực trong các tên lửa, máy bay, các tàu vũ trụ...

2. Định luật Newton thứ 3 nêu mối liên hệ giữa lực và phản lực tác dụng giữa hai vật bất kỳ. Đó là hiện tượng phổ biến trong tự nhiên. Nhờ định luật này, ta tính được các lực liên kết như phản lực, lực masát của mặt bàn, lực căng của sợi dây, lực Hướng tâm và lực ly tâm trong chuyển động cong...

3. Định luật hấp dẫn vũ trụ cho phép ta tính được lực hút F giữa hai vật bất kỳ (coi như chất điểm) có khối lượng m_1, m_2 cách nhau một khoảng r :

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

trong đó G là hằng số hấp dẫn vũ trụ có giá trị $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{Nm}^2/\text{kg}^2$. Công thức trên cũng có thể áp dụng cho hai quả cầu đồng chất có khối lượng m_1, m_2 có hai tâm cách nhau một khoảng r .

Từ định luật trên, ta có thể tìm được gia tốc trọng trường của vật ở độ cao h so với mặt đất:

$$g = \frac{GM}{(R + h)^2}$$

trong đó R, M là bán kính và khối lượng của quả đất. Ta suy ra gia tốc trọng trường tại một điểm tại mặt đất:

$$g_0 = \frac{GM}{R^2}$$

Cũng từ đó, có thể tính được khối lượng của quả đất:

$$M = \frac{g_0 R^2}{G}$$

Vận dụng định luật này cũng có thể tính được khối lượng của các thiên thể, vận tốc vũ trụ cấp 1, cấp 2 v.v...

4. Các định luật Newton I và II chỉ nghiệm đúng trong các hệ qui chiếu quán tính, là hệ qui chiếu trong đó định luật quán tính được nghiệm đúng.

Nguyên lý tương đối Galiléo phát biểu: “ Mọi hệ qui chiếu chuyển động thẳng đều đối với hệ qui chiếu quán tính cũng là hệ qui chiếu quán tính”, nói cách khác, “các hiện tượng cơ học xảy ra giống nhau trong các hệ qui chiếu quán tính khác nhau”, do đó “dạng của các phương trình cơ học không đổi khi chuyển từ hệ qui chiếu quán tính này sang hệ qui chiếu quán tính khác”.

Cơ học cổ điển (cơ học Newton) được xây dựng dựa trên 3 định luật Newton và nguyên lý tương đối Galilê. Theo cơ học cổ điển, thời gian có tính tuyệt đối, không phụ thuộc vào hệ qui chiếu. Nhờ đó, rút ra mối liên hệ giữa các tọa độ không gian và thời gian x, y, z, t trong hệ qui chiếu quán tính O và các tọa độ x', y', z', t' trong hệ qui chiếu quán tính O' chuyển động thẳng đều đối với O . Từ đó ta rút ra kết quả:

$$\Delta t' = \Delta t, \quad \Delta l' = \Delta l$$

Nghĩa là khoảng thời gian xảy ra Δt của một quá trình vật lý và độ dài Δl của một vật là không đổi dù đo trong hệ O hay trong hệ O' .

5. Ta cũng thu được qui tắc cộng vận tốc:

$$\vec{v} = \vec{v}' + \vec{V},$$

và qui tắc cộng gia tốc: $\vec{a} = \vec{a}' + \vec{A},$

trong đó \vec{v} và \vec{a} là vận tốc và gia tốc của chất điểm xét trong hệ O , còn \vec{v}' và \vec{a}' là vận tốc và gia tốc cũng của chất điểm đó xét trong hệ O' chuyển động với vận tốc \vec{V} so với O . \vec{A} là gia tốc của hệ O' chuyển động so với O .

Nếu hệ O' chuyển động thẳng đều đối với O (khi đó O' cũng là hệ qui chiếu quán tính) thì $\vec{A} = 0$, $\vec{a}' = \vec{a}$, do đó:

$$\vec{F} = m\vec{a} = m\vec{a}' = \vec{F}'$$

Nghĩa là các định luật cơ học giữ nguyên trong các hệ qui chiếu quán tính.

Nếu hệ O' chuyển động có gia tốc so với hệ O thì $\vec{A} \neq 0$, $\vec{a} = \vec{a}' + \vec{A}$. Trong hệ O' , định luật Newton II có dạng:

$$\vec{F}' = m\vec{a}' = m\vec{a} - m\vec{A}$$

Nghĩa là ngoài lực $\vec{F} = m\vec{a}$ vật còn chịu thêm tác dụng của lực quán tính $\vec{F}_{qt} = -m\vec{A}$ cùng phương, ngược chiều với gia tốc \vec{A} của hệ qui chiếu O' chuyển động so với O .

2.3. CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Định nghĩa hệ cô lập. Phát biểu định luật Newton thứ nhất. Định luật này áp dụng cho hệ qui chiếu nào? Tại sao?

2. Phân biệt sự khác nhau giữa hai hệ: “hệ không chịu tác dụng” và “hệ chịu tác dụng của các lực cân bằng nhau”. Hệ nào được coi là cô lập.

3. Nêu ý nghĩa của lực và khối lượng. Phát biểu định luật Newton thứ hai. Trọng lượng là gì? Phân biệt trọng lượng với khối lượng.

4. Chứng minh các định lý về động lượng và xung lượng của lực. Nêu ý nghĩa của các đại lượng này.

5. Thiết lập định luật bảo toàn động lượng. Giải thích hiện tượng súng giật lùi khi bắn. Viết công thức Xiôncôpxki và nêu ý nghĩa của các đại lượng trong công thức.

6. Nêu điều kiện cần thiết để chất điểm chuyển động cong. Lực ly tâm là gì? Có những loại lực masát nào, viết biểu thức của từng loại lực masát.

7. Phát biểu định luật Newton thứ ba. Nêu ý nghĩa của nó.

8. Phát biểu định luật hấp dẫn vũ trụ. Tìm biểu thức gia tốc g của một vật phụ thuộc vào độ cao h so với mặt đất.

9. Nêu vài ứng dụng của định luật hấp dẫn vũ trụ (tính khối lượng của quả đất, của mặt trời..).

10. Hệ qui chiếu quán tính là gì? Hệ qui chiếu quán tính trong thực tế?

11. Lực quán tính là gì? Nêu vài ví dụ về lực này. Phân biệt lực quán tính ly tâm và lực ly tâm. Nêu ví dụ minh họa về trạng thái tăng trọng lượng, giảm trọng lượng và không trọng lượng.

12. Cơ học cổ điển quan niệm như thế nào về không gian, thời gian?

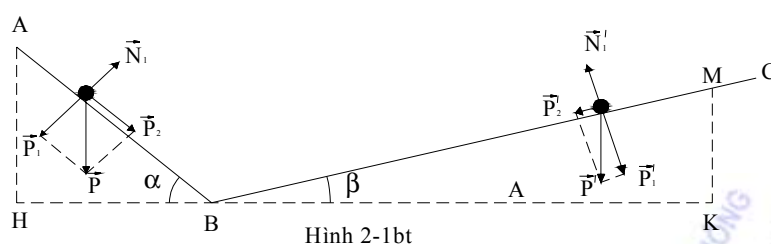
13. Trình bày phép tổng hợp vận tốc và gia tốc trong cơ học Newton.

14. Trình bày phép biến đổi Galiléo và nguyên lý tương đối Galiléo.

2.4. BÀI TẬP VÀ HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP

1. Một vật nặng nhỏ trượt không ma sát từ đỉnh A có độ cao h_1 xuống chân B của mặt phẳng AB nghiêng một góc $\alpha = 45^\circ$ so với mặt phẳng ngang. Độ dài của mặt AB là $s_1 = 2,00\text{m}$. Tính vận tốc v_1 của vật nặng khi nó tới chân B của mặt nghiêng AB. Lấy gia tốc trọng trường $g = 9,80\text{m/s}^2$.

Sau đó, vật nặng tiếp tục trượt không ma sát với vận tốc v_1 từ chân B lên phía trên của mặt phẳng BC nghiêng một góc $\beta = 30^\circ$ so với mặt phẳng ngang. Tính độ cao h_2 ứng với vị trí cao nhất của vật nặng trên mặt nghiêng BC. So sánh h_1 với h_2 . Kết quả tìm được có phụ thuộc vào α và β không?



Hình 2-1bt

Đáp số: $v_1 = \sqrt{2 \cdot s_1 \cdot g \cdot \sin 45^\circ} = 5,26 \text{ m}$.

$$h_2 = s_2 \cdot \sin \beta = \frac{v_1^2}{2g} = 1,41 \text{ m}.$$

$$h_1 = s_1 \cdot \sin \alpha = \frac{v_1^2}{2g} = 1,41 \text{ m} = h_2.$$

Kết quả này không phụ thuộc vào α, β :

2. Một ô tô khối lượng $m = 1000 \text{ kg}$ chạy trên đoạn đường phẳng. Hệ số ma sát giữa bánh xe và mặt đường bằng $k = 0,10$. Lấy gia tốc trọng trường $g = 9,80 \text{ m/s}^2$. Hãy xác định lực kéo của động cơ ô tô khi:

a. Ô tô chạy thẳng nhanh dần đều với gia tốc 2 m/s^2 trên đường phẳng ngang.

b. Ô tô chạy thẳng đều lên dốc trên đường phẳng nghiêng có độ dốc 4% (góc nghiêng α của mặt đường có $\sin \alpha = 0,04$).

Đáp số: a. $F_k = m(a + kg) = 2980 \text{ N}$

b. $F'_k = mg(\sin \alpha + k \cos \alpha) \approx 1371 \text{ N}$.

3. Một xe tải khối lượng $m_1 = 10$ tấn kéo theo nó một xe rơ-móc khối lượng $m_2 = 5$ tấn. Hệ xe tải và rơ-móc chuyển động thẳng nhanh dần đều trên đoạn đường phẳng ngang. Sau khoảng thời gian $t = 100 \text{ s}$ kể từ lúc khởi hành, vận tốc của hệ xe tải và rơ-móc đạt trị số $v = 72 \text{ km/h}$. Hệ số ma sát giữa bánh xe và mặt đường là $k = 0,10$. Lấy gia tốc trọng trường $g = 9,80 \text{ m/s}^2$.

a. Tính lực kéo F của động cơ xe tải trong thời gian $t = 100 \text{ s}$ nói trên.

b. Khi hệ xe tải và rơ-móc đang chuyển động với vận tốc $v = 72 \text{ km/h}$ thì xe tải tắt máy và hãm phanh. Khi đó, hệ này chuyển động chậm dần đều và dịch chuyển thêm một đoạn $s = 50 \text{ m}$ trước khi dừng hẳn. Tính lực hãm F_h của phanh xe và lực F' do xe rơ-móc tác dụng lên xe tải.

Đáp số:

a. $F = (m_1 + m_2)(a + kg) = 17,7 \cdot 10^3 \text{ N}$.

b. $F_h = (m_1 + m_2)(a' + kg) = -45,3 \cdot 10^3 \text{ N}$.

(F_h ngược chiều chuyển động của xe)

4. Một bản gỗ phẳng A có khối lượng 5kg bị ép giữa hai mặt phẳng thẳng đứng song song. Lực ép vuông góc với mỗi mặt của bản gỗ bằng 150N. Hệ số ma sát tại mặt tiếp xúc là 0,20. Lấy $g = 9,80\text{m/s}^2$. Hãy xác định lực kéo nhỏ nhất cần để dịch chuyển bản gỗ A khi nâng nó lên hoặc hạ nó xuống.

Đáp số:

- Khi kéo bản gỗ A lên phía trên: $F \geq mg + 2kN$ (N là phản lực pháp tuyến). $F_{\min} = mg + 2kN = 109\text{N}$.

- Khi kéo bản gỗ A xuống, $F' \geq 2F_{\text{ms}} - P = 2kN - mg = 11\text{N}$.

5. Một vật nặng trượt trên mặt phẳng nghiêng hợp với mặt phẳng ngang một góc $\alpha = 30^\circ$. Lúc đầu vật đứng yên. Hệ số ma sát giữa vật và mặt nghiêng là $k = 0,20$. Lấy gia tốc trọng trường $g = 9,80\text{m/s}^2$. Hãy xác định:

a. Gia tốc của vật trên mặt phẳng nghiêng.

b. Vận tốc của vật sau khi trượt được một đoạn đường dài $s = 0,90\text{m}$.

Đáp số: a. $a = (\sin\alpha - k\cos\alpha)g = 3,2\text{m/s}^2$.

b. $v = \sqrt{2as} = 2,4\text{m/s}$.

6. Một tàu điện chạy trên đoạn đường thẳng ngang với gia tốc không đổi là $0,25\text{m/s}^2$. Sau 40s kể từ lúc khởi hành, người ta tắt động cơ và tàu điện chạy chậm dần đều tới khi dừng hẳn. Hệ số ma sát giữa bánh xe và đường ray là 0,05. Lấy $g = 9,80\text{m/s}^2$. Hãy xác định:

a. Vận tốc lớn nhất và gia tốc chuyển động chậm dần đều của tàu điện.

b. Thời gian chuyển động của tàu điện và đoạn đường tàu đã đi được.

Đáp số: a. $v_{\max} = v_1$ ở cuối đoạn đường, $v_1 = a_1 T_1 = 10\text{m/s}$;

$T_1 = 40\text{s}$; $a_1 = 0,25\text{m/s}^2$. $a_2 = -k \cdot g = -0,49\text{m/s}^2$

b. $T = T_1 + T_2 = T_1 + \left(-\frac{v_1}{a_2}\right) = 60,4\text{s}$, $s = s_1 + s_2 = 302\text{m}$.

7. Một ô tô khối lượng 2,0 tấn chạy trên đoạn đường phẳng có hệ số ma sát là 0,10. Lấy $g = 9,80\text{m/s}^2$. Tính lực kéo của động cơ ô tô khi:

a. Ô tô chạy nhanh dần đều với gia tốc $2,0\text{m/s}^2$ trên đường nằm ngang.

b. Ô tô chạy lên dốc với vận tốc không đổi. Mặt đường có độ dốc 4% (góc nghiêng α của mặt đường có $\sin \alpha = 0,04$).

Đáp số: a. $F = m(a + kg) = 5.960\text{N}$.

b. $F' = mg (\sin\alpha + k\cos\alpha) \approx 2.744\text{N}$.

8. Một bản gỗ A được đặt trên một mặt phẳng nghiêng hợp với mặt phẳng ngang một góc $\alpha = 30^\circ$. Dùng một sợi dây mảnh không dẫn vắt qua ròng rọc R, một đầu dây buộc vào bản A, đầu dây còn lại buộc vào bản gỗ B (Hình.2-2bt). Khối lượng của bản A là $m_1 = 1,0\text{kg}$ và của bản B là $m_2 = 1,5\text{kg}$. Hệ số ma sát

của mặt nghiêng là $k = 0,20$. Bỏ qua khối lượng của ròng rọc và ma sát của trục quay. Lấy $g = 9,80\text{m/s}^2$. Hãy xác định:

a. Gia tốc của các bản gỗ A và B

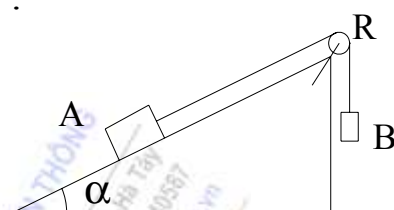
b. Lực căng của sợi dây

Đáp số: a. Gia tốc của a và b

$$a = \frac{(m_2 - m_1 \cdot \sin \alpha - km_1 \cdot \cos \alpha)g}{m_1 + m_2}$$

$$\approx 3,85\text{m/s}^2.$$

b. $T = m_2 (g - a) \approx 8,93\text{N}$.



Hình 2-2bt

9. Một xe khối lượng $20,0\text{kg}$ có thể chuyển động không ma sát trên đoạn đường phẳng ngang. Trên xe có đặt một hòn đá khối lượng $4,0\text{kg}$. Hệ số ma sát giữa hòn đá và sàn xe là $0,25$. Lần thứ nhất, kéo hòn đá bằng một lực $6,0\text{N}$. Lần thứ hai, kéo hòn đá bằng một lực $12,0\text{N}$. Các lực kéo đều hướng dọc chiều chuyển động của xe. Lấy gia tốc trọng trường $g = 9,80\text{m/s}^2$. Trong mỗi trường hợp trên, hãy xác định:

a. Lực ma sát giữa hòn đá và sàn xe.

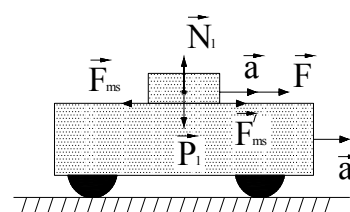
b. Gia tốc của hòn đá của xe đối với mặt đất.

Đáp số: a. $F_{ms} = m_2 a = 5\text{N} = F'_{ms}$.

b. Gia tốc của hòn đá:

$$a_1 = \frac{F - F_{ms}}{m_1} = 0,75\text{m/s}^2.$$

Gia tốc của xe: $a_2 = \frac{F'_{ms}}{m_2} = 0,40\text{m/s}^2.$



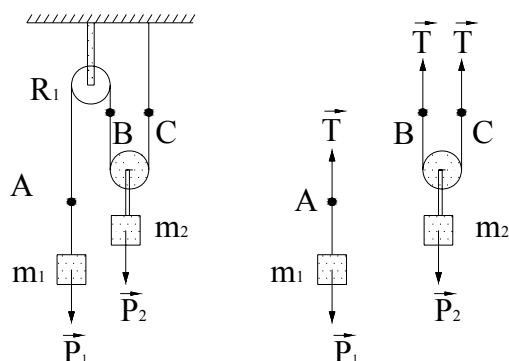
Hình 2-3bt

F'_{ms} là ma sát của hòn đá tác dụng lên sàn xe: $F'_{ms} = -F_{ms}$ (theo định luật Newton 3).

10. Một viên đạn có khối lượng bằng 10g được bắn theo phương ngang trong không khí với vận tốc ban đầu $v_0 = 500\text{m/s}$. Cho biết lực cản \vec{F}_c của không khí tỷ lệ và ngược chiều với vận tốc \vec{v} của viên đạn: $\vec{F}_c = -r \cdot \vec{v}$, với $r = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ N.m/s}$ là hệ số cản của không khí. Hãy xác định:

a. Khoảng thời gian τ để vận tốc viên đạn bằng nửa vận tốc ban đầu v_0 .

b. Đoạn đường viên đạn bay được theo



Hình 2-4bt

phương ngang trong thời gian τ .

Đáp số: a. $\tau = \frac{m}{r} \ln(2) = 1,98s$.

b. $x = \frac{mv_0}{r} \left(1 - e^{-\frac{r}{m}t}\right) \cong 714m$

11. Một sợi dây vắt qua một ròng rọc tĩnh R_1 và một ròng rọc động R_2 . Một đầu sợi dây buộc cố định tại điểm O và đầu kia treo một quả nặng khối lượng m_1 . Một quả nặng khối lượng m_2 được treo vào ròng rọc động R_2 (H.2-4bt). Bỏ qua ma sát, khối lượng của các ròng rọc và của sợi dây. Lấy gia tốc trọng trường $g = 9,80m/s^2$. Hãy xác định gia tốc của vật m_2 và lực căng của sợi dây khi $m_1 = m_2 = 0,50kg$.

Đáp số: $a_2 = \frac{2m_1 - m_2}{4m_1 + m_2} g = 1,96m/s^2$.

$a_1 = 2a_2$

$T = m_1(g - a_1) = 2,94N$

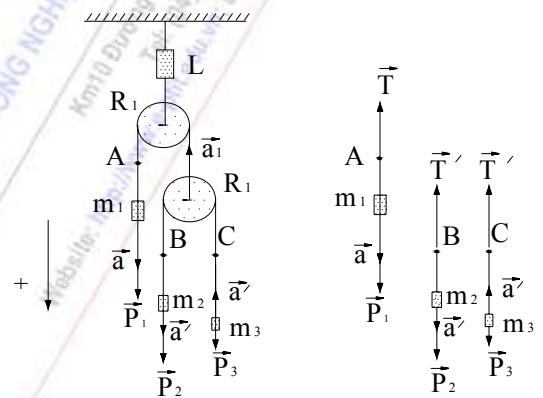
12. Một sợi dây vắt ngang qua ròng rọc tĩnh R_1 , một đầu dây treo vật nặng m_1 , và đầu kia treo ròng rọc động R_2 . Một sợi dây khác vắt ngang qua ròng rọc động R_2 và hai đầu của nó treo hai vật nặng m_2 và m_3 . Ròng rọc tĩnh R_1 được treo vào giá đỡ bằng một lực kế lò xo (H.2-5bt). Hãy xác định gia tốc của vật nặng m_3 và số chỉ của lực kế lò xo khi $m_1 = 500g$, $m_2 = 300g$, $m_3 = 100g$. Lấy gia tốc trọng trường $g = 9,80m/s^2$.

Đáp số: $a_3 = -g + \frac{F}{4m_3} = 8,575m/s^2$.

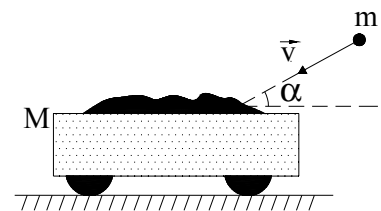
với $F = 2T = \frac{16m_1m_2m_3g}{m_1(m_2 + m_3) + 4m_2m_3} = 7,35N$ (chính là chỉ số của lực kế).

13. Một xe chở đầy cát có khối lượng $M = 5000kg$ đang đỗ trên đường ray nằm ngang. Một viên đạn khối lượng $m = 5kg$ bay dọc đường ray theo phương hợp với mặt phẳng ngang một góc $\alpha = 36^\circ$ với vận tốc $v = 400m/s$, tới xuyên vào xe cát và nằm ngập trong cát (H.2-6bt). Bỏ qua ma sát giữa xe và mặt đường. Hãy tìm vận tốc của xe cát sau khi viên đạn xuyên vào cát.

Đáp số: $v_x = \frac{mv \cdot \cos \alpha}{M + m} \cong 0,32m/s$.



Hình 2-5bt



Hình 2-6 bt

14. Một hỏa 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 hỏa tiễn. Trong mỗi giây, lượng khí phụt ra khỏi hỏa tiễn bằng $\mu = 90\text{g}$. Khối lượng tổng cộng ban đầu của hỏa tiễn bằng $M_0 = 270\text{g}$. Bỏ qua lực cản của không khí và lực hút của Trái Đất. Hỏi:

a. Sau bao lâu, hỏa tiễn đạt được vận tốc $v = 40\text{m/s}$.

b. Khi khối lượng tổng cộng của hỏa tiễn chỉ còn bằng 90g , thì vận tốc của hỏa tiễn bằng bao nhiêu?

Đáp số: a. $\tau = \frac{M_0}{\mu} \left(1 - e^{-\frac{v}{u}} \right) = 0,375\text{s}$.

b. $v = u \ln \frac{M_0}{\mu} = 330\text{m/s}$.

15. Một phi công lái một máy bay thực hiện một vòng nhào lộn có bán kính 200m trong mặt phẳng thẳng đứng. Khối lượng của phi công bằng 75kg . Lấy gia tốc trọng trường $g = 9,80\text{m/s}^2$. Hãy xác định:

a. Lực nén của phi công tác dụng lên ghế ngồi tại điểm thấp nhất và điểm cao nhất của vòng nhào lộn khi vận tốc của máy bay trong vòng nhào lộn luôn không đổi và bằng 360km/h .

b. Với vận tốc nào của máy bay khi thực hiện vòng nhào lộn, người phi công bắt đầu bị rơi khỏi ghế ngồi?

Đáp số:

a. Tại điểm thấp nhất $N' = mg + \frac{mv^2}{R} = 4485\text{N}; \quad N' = 6p$

Tại điểm cao nhất $N' = m \left(\frac{v^2}{R} - g \right) = 3015\text{N}; \quad N' = 4p$.

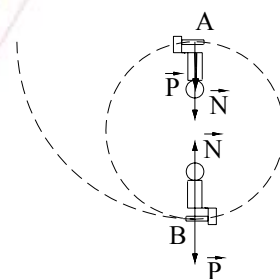
b. $v = \sqrt{gR} \approx 159\text{km/h} = 44,3\text{m/s}$

(Khi lực nén của người lên ghế bằng không)

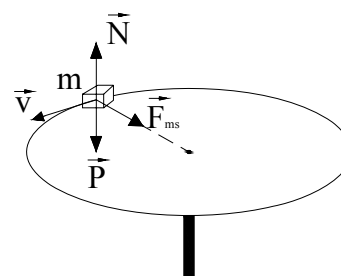
16. Một vật nhỏ khối lượng $m = 1,0\text{kg}$ được đặt trên một đĩa phẳng ngang và cách trục quay của đĩa một khoảng $r = 0,50\text{m}$. Hệ số ma sát giữa vật và mặt đĩa bằng $k = 0,25$. Hãy xác định:

a. Giá trị của lực ma sát để vật được giữ yên trên mặt đĩa khi đĩa quay với vận tốc $n = 12$ vòng/phút (vg/ph). Lấy gia tốc trọng trường $g = 9,80\text{m/s}^2$.

b. Với vận tốc góc nào của đĩa quay thì vật bắt đầu trượt trên đĩa?



Hình 2-7bt



Hình 2-8 bt

- Đáp số:**
- a. $F_{ms} = a_{ht} \cdot m = m (2\pi n^2) \quad r \approx 0,79N.$
- b. $w \geq \sqrt{\frac{kg}{r}} \rightarrow w_{\min} = \sqrt{\frac{kg}{m}} \cong 2,2\text{rad/s.}$





HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

Km10 Đường Nguyễn Trãi, Hà Đông-Hà Tây
Tel: (04).5541221; Fax: (04).5540587
Website: <http://www.o-ptit.edu.vn>; E-mail: dhcx@o-ptit.edu.vn

CHƯƠNG 3 - CÔNG VÀ NĂNG LƯỢNG

3.1. MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU:

Sau khi nghiên cứu chương 3, yêu cầu sinh viên:

1. Nắm vững khái niệm công và công suất. Thiết lập các biểu thức đó.
2. Nắm được khái niệm năng lượng, mối liên hệ giữa công và năng lượng, định luật bảo toàn và chuyển hoá năng lượng.
3. Nắm được khái niệm động năng và thế năng, các định lý về động năng và thế năng.
4. Nắm được khái niệm về trường lực thế, thế năng của một chất điểm trong trường lực thế, tính chất của trường lực thế, cơ năng và định luật bảo toàn cơ năng của một chất điểm trong trường lực thế.
5. Vận dụng được hai định luật bảo toàn cơ năng và định luật bảo toàn động lượng để giải các bài toán về va chạm.

3.2. TÓM TẮT NỘI DUNG

1. Một lực thực hiện công khi điểm đặt lực dịch chuyển. Công nguyên tố dA của lực trên đoạn đường ds bằng:

$$dA = \vec{F}d\vec{s} = F.ds.\cos\alpha = F_s ds,$$

F_s là hình chiếu của lực lên phương dịch chuyển ds . Công của lực trên cả đoạn đường chuyển động được tính bằng tích phân:

$$A = \int_{(CD)} dA = \int_{(CD)} \vec{F}d\vec{s}$$

Để đặc trưng cho sức mạnh của động cơ (máy tạo ra lực), người ta dùng khái niệm *công suất* của động cơ, bằng *công thực hiện được trong một đơn vị thời gian*, ký hiệu là p :

$$P = \frac{dA}{dt} = \frac{\vec{F}d\vec{s}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

Đơn vị của công trong hệ SI là Jun (J), của công suất là oát (W).

2. Đại lượng đặc trưng cho mức độ mạnh yếu của mọi dạng chuyển động của một hệ gọi là *năng lượng*. Mọi dạng chuyển động có một dạng năng lượng tương ứng. Chuyển động cơ học có cơ năng, chuyển động nhiệt ứng với nội năng... Độ biến thiên năng lượng của hệ bằng công mà hệ nhận được:

$$A = W_2 - W_1 = \Delta W$$

Khi $\Delta W > 0$, hệ nhận công từ ngoài, năng lượng của hệ tăng.

Khi $\Delta W < 0$, hệ thực hiện công lên vật khác (ngoại vật), năng lượng của hệ giảm.

Cơ năng W của một vật trong trường lực thế gồm động năng W_d (phụ thuộc vào vận tốc của vật) và thế năng W_t (phụ thuộc vào vị trí của vật ở trong trường lực):

$$W = W_d + W_t$$

Khi vật tương tác với vật khác (ngoại vật), nó trao đổi năng lượng với vật khác, làm vận tốc của nó thay đổi, do đó động năng của nó thay đổi, độ biến thiên động năng của vật bằng công A_{12} trao đổi giữa vật với ngoại vật:

$$A_{12} = W_{d2} - W_{d1} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} \quad (1)$$

Nếu $A_{12} > 0$ thì động năng của vật tăng, vận tốc tăng, đó là công phát động. Nếu $A_{12} < 0$ thì động năng của vật giảm, vận tốc giảm, đó là công cản.

Xét một vật chuyển động trong trọng trường, dưới tác dụng của trọng lực, vật rơi từ độ cao h_1 đến h_2 ($h_2 < h_1$), việc xét chuyển động của chất điểm trong trọng trường đều cho ta kết quả: công của trọng lực \vec{P} bằng độ giảm thế năng mgh trong trọng trường

$$A_{12} = mgh_1 - mgh_2 \quad (2)$$

Khi vật rơi từ độ cao h_1 xuống độ cao h_2 thì vận tốc của vật tăng từ v_1 đến v_2 . Kết hợp với biểu thức của độ biến thiên động năng, ta thu được:

$$\frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = mgh_1 - mgh_2 \quad (3)$$

hay
$$\frac{mv_2^2}{2} + mgh_2 = \frac{mv_1^2}{2} + mgh_1$$

Nói cách khác, tổng động năng và thế năng của một vật ở trong trọng trường là một đại lượng không đổi. Tức là:

$$\frac{mv^2}{2} + mgh = \text{const}$$

Từ công thức (2) ta suy ra:

$$dA = F_s ds = -dW_t$$

Từ đó ta rút ra:
$$F_s = -\frac{dW_t}{ds} \quad \text{hay} \quad F_s = -\frac{\partial W_t}{\partial s} \quad (4)$$

Dùng biểu thức (4) ta dễ dàng xác định giới hạn của chuyển động của một vật trong một trường lực thế cho trước.

Cuối cùng, xét bài toán va chạm của 2 vật. Có hai loại va chạm: va chạm đàn hồi và va chạm không đàn hồi (hay va chạm mềm).

Đối với va chạm đàn hồi, động năng của hệ trước và sau va chạm bằng nhau (bảo toàn). Đối với va chạm mềm, một phần năng lượng của hệ dùng để làm biến dạng vật hoặc tỏa nhiệt khi va chạm, do đó năng lượng của hệ sau va

chạm nhỏ hơn trước khi va chạm. Nếu bỏ qua các ngoại lực (kể cả lực ma sát) thì động lượng của hệ trong cả hai loại va chạm đều bảo toàn trước và sau va chạm. Đối với va chạm mềm thì năng lượng của hệ trước va chạm vẫn bằng năng lượng của hệ sau va chạm, nhưng sau va chạm thì ngoài động năng của hệ, còn phải tính đến cả phần năng lượng bị tổn hao do toả nhiệt hoặc để làm biến dạng vật.

3.3. CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Khi nào nói lực thực hiện công. Viết biểu thức công của lực trong trường hợp tổng quát. Nêu ý nghĩa của các trường hợp: $A > 0$, $A < 0$, $A = 0$.
2. Phân biệt công và công suất. Đơn vị của công và công suất?
3. Khái niệm về năng lượng, định luật bảo toàn năng lượng và ý nghĩa của nó. Nêu các thành phần của cơ năng. Nêu ý nghĩa của động năng và thế năng.
4. Khái niệm về trường lực thế? Tính chất của trường lực thế, áp dụng cho trường lực thế của quả đất?
5. Chứng minh định lý động năng và định lý thế năng. Động năng của một chất điểm có được xác định sai khác một hằng số cộng không? Tại sao?
6. Chứng minh định luật bảo toàn cơ năng trong trọng trường.
7. Tại sao nói thế năng đặc trưng cho sự tương tác giữa các vật?
8. Thiết lập định luật bảo toàn cơ năng. Xét trường hợp hệ gồm chất điểm và quả đất.

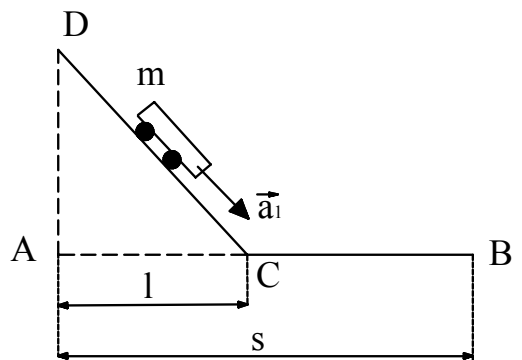
3.4. BÀI TẬP VÀ HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP

1. Một ô tô khối lượng 10 tấn đang chạy trên đoạn đường phẳng ngang với vận tốc không đổi bằng 36km/h. Sau khi tắt máy và hãm phanh, ô tô chạy chậm dần và dừng lại. Hệ số ma sát của mặt đường là 0,30 và lực hãm của phanh bằng $82 \cdot 10^3$ N. Lấy gia tốc trọng trường $g = 9,80 \text{ m/s}^2$. Hãy xác định công của lực ma sát và đoạn đường ô tô đi được từ khi tắt máy đến khi dừng lại.

Đáp số: $A_{ms} = - F_{ms} \cdot s \cong - 20,9 \cdot 10^6 \text{ J}$

$$s = \frac{A_c}{F_h + F_{ms}} \cong 355 \text{ m.}$$

2. Một ô tô khối lượng 1 tấn, khi tắt máy và chạy xuống dốc thì có vận tốc không đổi $v = 54 \text{ km/h}$. Độ nghiêng của dốc là 4%. Lấy gia tốc trọng trường $g =$



Hình 3-1bt

$9,80\text{m/s}^2$. Hỏi động cơ ô tô phải có công suất bằng bao nhiêu để nó có thể chạy lên dốc trên với cùng vận tốc $v = 54\text{km/h}$.

Đáp số: $11,8\text{kW}$.

3. Một xe chuyển động từ đỉnh xuống chân của mặt phẳng nghiêng DC và dừng lại sau khi đã đi được một đoạn đường nằm ngang CB (H.3-1bt). Cho biết $AB = s = 2,50\text{m}$; $AC = l = 1,50\text{m}$; $DA = h = 0,50\text{m}$. Hệ số ma sát k trên các đoạn DC và CB là như nhau. Lấy gia tốc trọng trường $g = 9,80\text{m/s}^2$. Hãy xác định hệ số ma sát và gia tốc của xe trên các đoạn DC và CB.

Đáp số: $0,20$; $1,24\text{m/s}^2$; $-1,96\text{m/s}^2$.

4. Một viên đạn có khối lượng 10g bay với vận tốc 500m/s tới xuyên sâu vào tấm gỗ dày một đoạn bằng $5,0\text{cm}$. Hãy xác định:

a. Lực cản trung bình của tấm gỗ tác dụng lên viên đạn.

b. Vận tốc của viên đạn sau khi xuyên qua tấm gỗ nếu tấm gỗ chỉ dày $s' = 2,4\text{cm}$.

Đáp số: a. $F_c = \frac{mv^2}{2s} = 25 \cdot 10^3\text{N}$.

$$\text{b. } v' = \sqrt{v^2 - \frac{2F_c s'}{m}} \cong 360\text{m/s.}$$

$$(s' = 2,4\text{cm})$$

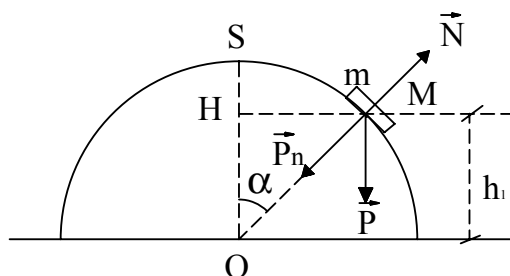
5. Một máy bay có khối lượng bằng 3000kg và phải mất 60s để bay tới độ cao 1000m (so với mặt đất). Động cơ máy bay phải có công suất bằng bao nhiêu? Lấy gia tốc trọng trường $g = 9,80\text{m/s}^2$.

Đáp số: 493kW .

6. Một khẩu pháo có khối lượng 500kg bắn theo phương ngang. Viên đạn có khối lượng $5,0\text{kg}$ và có vận tốc đầu nòng là 400m/s . Ngay sau khi bắn, khẩu pháo giật lùi một đoạn 45cm . Hãy xác định lực hãm trung bình tác dụng lên khẩu pháo.

Đáp số: 4000N .

7. Một vật khối lượng m trượt không ma sát từ đỉnh S của một nửa mặt cầu bán kính $R = 90\text{cm}$ và rơi xuống mặt phẳng ngang (H.3-2bt). Hãy xác định độ cao h_1 của điểm M trên mặt cầu tại đó vật rời khỏi mặt cầu.



Hình 3-2 bt

Đáp số: $h = \frac{2}{3}R = 60\text{cm}$.

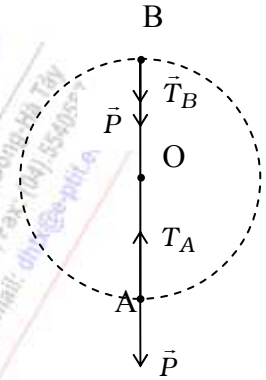
8. Từ độ cao $h = 20\text{m}$, người ta ném một hòn đá khối lượng 200g với vận tốc ban đầu bằng 18m/s theo phương nghiêng so với mặt phẳng ngang. Khi rơi

chạm đất, hòn đá có vận tốc bằng 24m/s. Lấy gia tốc trọng trường $g = 9,80\text{m/s}^2$. Hãy tính công của lực cản do không khí tác dụng lên hòn đá.

Đáp số: $A_c = \frac{m}{2} (v^2 - v_0^2) - mgh = -14\text{J}$:

9. Một quả nặng buộc ở đầu một sợi dây không dẫn có độ dài $l = 36\text{cm}$. Quả nặng cùng với sợi dây được quay tròn trong mặt phẳng thẳng đứng xung quanh đầu dây cố định tại điểm O (H.3-3bt). Lấy gia tốc trọng trường $g = 9,80\text{m/s}$. Hãy xác định vận tốc nhỏ nhất cần phải truyền cho quả nặng và lực căng của sợi dây tại điểm thấp nhất A.

Đáp số: $v_{B \geq} \sqrt{gl}$, $v_{A \min} = \sqrt{5gl} = 4,2\text{m/s}$.
 $T_{A \min} = 6mg = 29,4\text{N}$.



Hình 3-3bt

10. Hai quả cầu được treo ở đầu của một sợi dây dài không dẫn song song và có độ dài bằng nhau. Đầu còn lại của hai sợi dây này được buộc cố định vào một giá đỡ sao cho hai quả cầu tiếp xúc với nhau và tâm của chúng đều nằm trên một mặt phẳng ngang. Khối lượng của hai quả cầu lần lượt bằng 200g và 100g. Quả cầu thứ nhất được nâng lên độ cao 4,5cm và sau đó được thả ra để nó tự chuyển động đến va chạm vào quả cầu thứ hai đang đứng yên. Lấy gia tốc trọng trường $g = 9,80\text{m/s}^2$. Bỏ qua ma sát ở các điểm treo và lực cản của không khí. Hỏi sau va chạm các quả cầu được nâng lên tới độ cao bằng bao nhiêu? Xét hai trường hợp:

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

Đáp số: Va chạm đàn hồi: $h'_1 \approx 5,0\text{mm}$; $h'_2 \approx 80\text{mm}$.
 Va chạm mềm: $h'_1 = h'_2 \approx 20\text{mm}$.

11. Tính công cần thiết để một lò xo giãn thêm 20cm, biết rằng lực kéo giãn lò xo tỷ lệ với độ giãn dài của lò xo và muốn lò xo giãn thêm 1cm thì phải tác dụng lên nó một lực kéo bằng 30N.

Đáp số: $A = 60\text{J}$.

12. Một quả cầu khối lượng 2,0kg chuyển động với vận tốc 3,0m/s tới va chạm xuyên tâm vào quả cầu thứ hai khối lượng 3,0kg đang chuyển động với vận tốc 1,0m/s cùng chiều với quả cầu thứ nhất. Hãy xác định vận tốc của hai quả cầu sau khi va chạm trong hai trường hợp:

- a. Hai quả cầu va chạm hoàn toàn đàn hồi.

b. Hai quả cầu va chạm mềm. Khi đó nhiệt lượng toả ra trong quá trình va chạm bằng bao nhiêu?

Đáp số: a) $v_1' = 0,6\text{m/s}$, $v_2' = 2,6\text{m/s}$
 b) $v' = 1,8\text{m/s}$, $Q = 2,4\text{J}$.

13. Một ô tô khối lượng 20 tấn đang chuyển động với vận tốc không đổi trên đoạn đường phẳng nằm ngang thì phanh gấp. Cho biết ô tô dừng lại sau khi đi thêm được 45m. Lực hãm của phanh xe bằng 10800N. Hệ số ma sát giữa bánh xe và mặt đường bằng 0,20. Lấy gia tốc trọng trường $g = 9,8\text{m/s}^2$. Hãy xác định:

a. Công cản của các lực tác dụng lên ô tô.
 b. Vận tốc của ô tô trước khi hãm phanh.

Đáp số: a) $A = -2,25 \cdot 10^6\text{J}$. b) $\sqrt{\frac{-2A}{m}} = 15\text{m/s}$.

14. Tìm công cần thiết để làm cho đoàn tàu có khối lượng 800 tấn tăng tốc từ 36km/h đến 54km/h.

Đáp số: $54 \cdot 10^7\text{J}$.

15. Đoàn tàu có khối lượng 800 tấn đang chuyển động với vận tốc 72km/h. Tính công cần thiết để hãm phanh đoàn tàu dừng lại.

Đáp số: $16 \cdot 10^9\text{J}$.

16. Nâng một vật có khối lượng $m = 2\text{kg}$ lên độ cao $h = 1\text{m}$ theo phương thẳng đứng bằng một lực F không đổi. Cho biết lực đó đã thực hiện một công $A = 78,5\text{J}$. Tìm gia tốc của vật.

Đáp số: $29,4\text{m/s}^2$.

17. Một vật có khối lượng $m = 1\text{kg}$. Tìm công cần thực hiện để tăng vận tốc chuyển động của vật từ 2m/s lên 6m/s trên đoạn đường 10m. Cho biết lực ma sát không đổi trên cả đoạn đường chuyển động và bằng 19,6N.

Đáp số: 35,6J

18. Một vật có khối lượng $m = 3\text{kg}$ chuyển động với vận tốc 4m/s đến va chạm vào một vật đứng yên có cùng khối lượng. Coi va chạm là xuyên tâm và không đàn hồi. Tìm nhiệt lượng toả ra khi va chạm.

Đáp số: 12J.

19. Để đo vận tốc của một viên đạn, người ta dùng con lắc thử đạn gồm một bao cát nhỏ treo ở đầu một sợi dây không dẫn có độ dài $l=0,5\text{m}$. Khi viên đạn bay với vận tốc v xuyên vào bao cát thì nó bị mắc lại trong bao cát và chuyển động lên đến độ cao h làm cho sợi dây hợp với phương thẳng đứng một góc 20° . Cho biết khối lượng của viên đạn là $5,0\text{g}$ và của bao cát là $3,0\text{kg}$. Bỏ qua sức cản của không khí. Xác định vận tốc của viên đạn.

Đáp số: $v = \frac{m+M}{m} 2\sqrt{gl} \sin \frac{\alpha}{2} \approx 462\text{m/s}$.

20. Hai quả cầu được treo ở hai đầu của hai sợi dây song song dài bằng nhau. Hai đầu kia buộc cố định sao cho hai quả cầu tiếp xúc nhau và tâm của chúng cùng nằm trên đường nằm ngang. Các quả cầu có khối lượng 200g và 300g . Quả cầu thứ nhất được nâng lên đến độ cao h và thả xuống. Hỏi sau va chạm, các quả cầu được nâng lên đến độ cao bao nhiêu nếu:

a. Va chạm là đàn hồi;

b. Va chạm là mềm.

Đáp số: a) $h_1= 0,5\text{cm}; h_2= 8\text{cm}$.

b) $h_1=h_2 = 2\text{cm}$.



CHƯƠNG 4 - CHUYỂN ĐỘNG CỦA HỆ CHẤT ĐIỂM VÀ VẬT RẮN

4.1. MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU:

Sau khi nghiên cứu chương 4, yêu cầu sinh viên:

1. Nắm được khái niệm khối tâm và các đại lượng đặc trưng cho chuyển động của khối tâm, qui luật chuyển động của khối tâm.
2. Thiết lập được phương trình chuyển động của vật rắn quanh một trục cố định.
3. Chứng minh được định lý mômen động lượng và định luật bảo toàn mômen động lượng.
4. Thiết lập được biểu thức tính công và động năng của vật rắn trong chuyển động quay quanh một trục cố định.
5. Vận dụng định lý biến thiên động năng để giải thích các bài toán trong chuyển động quay.
6. Giải thích hiệu ứng con quay.

4.2. TÓM TẮT NỘI DUNG

1. Việc xét chuyển động của hệ chất điểm được qui về việc xét chuyển động khối tâm của nó. Kết quả cho thấy: chuyển động của khối tâm của hệ chất điểm giống như chuyển động của một chất điểm mang khối lượng bằng tổng khối lượng của cả hệ và chịu tác dụng của một ngoại lực bằng tổng hợp tất cả các ngoại lực tác dụng lên hệ.

Thật vậy, phương trình động lực học cơ bản của chuyển động của khối tâm của hệ chất điểm có dạng giống như phương trình động lực học cơ bản của chất điểm:

trong đó \vec{a} , m tương ứng là gia tốc của khối tâm và tổng khối lượng của cả hệ, \vec{F} là tổng hợp các ngoại lực tác dụng lên hệ.

2. **Vật rắn là một hệ chất điểm** trong đó khoảng cách giữa các chất điểm luôn không đổi. Mọi chuyển động của vật rắn đều có thể phân tích thành hai dạng chuyển động cơ bản: chuyển động tịnh tiến và chuyển động quay quanh một trục.

Phương trình cơ bản của vật rắn chuyển động tịnh tiến có dạng giống như phương trình cơ bản của chuyển động của chất điểm đặt tại khối tâm của hệ,

mang khối lượng của cả vật rắn và chịu tác dụng của một lực bằng tổng hợp các ngoại lực tác dụng lên chất điểm đó.

3. Trong chuyển động của vật rắn quay quanh một trục cố định Δ , trong cùng khoảng thời gian Δt mọi chất điểm của vật rắn đều quay được một góc $\Delta\theta$ như nhau, vạch nên những đường tròn nằm trong những mặt phẳng vuông góc với trục quay Δ và có tâm nằm trên trục đó. Tại mỗi thời điểm t , mọi chất điểm của vật rắn đều có cùng vận tốc góc $\vec{\omega}$ và gia tốc góc $\vec{\beta}$.

Khi vật rắn chịu tác dụng một ngoại lực \vec{F} , chỉ có thành phần \vec{F}_t tiếp tuyến với quỹ đạo tròn vuông góc với Δ , nằm trong mặt phẳng quỹ đạo này là có tác dụng làm cho vật rắn quay quanh trục Δ .

Thực nghiệm chứng tỏ tác dụng của lực \vec{F}_t làm quay vật rắn không những phụ thuộc vào độ lớn của \vec{F}_t mà còn phụ thuộc vào điểm đặt của lực \vec{F}_t , nghĩa là phụ thuộc vào bán kính r của quỹ đạo của điểm đặt lực \vec{F}_t . Đại lượng có thể hiện những phụ thuộc này là vectơ mômen lực đối với trục quay

$$\vec{M} = \vec{r} \wedge \vec{F}_t$$

trong đó, bán kính vectơ \vec{r} tính từ tâm quỹ đạo đến điểm đặt lực \vec{F}_t , và cũng hướng từ tâm quỹ đạo đến điểm đặt lực \vec{F}_t . Vectơ momen lực \vec{M} có:

- *phương*: vuông góc với 2 vectơ \vec{r} và \vec{F}_t , tức là vuông góc với mặt phẳng quỹ đạo của điểm đặt lực \vec{F}_t ,
- *chiều*: sao cho ba vectơ $\vec{r}, \vec{F}_t, \vec{M}$ theo thứ tự đó hợp thành tam diện thuận,
- *độ lớn*: $|\vec{M}| = r \cdot F_t \cdot \sin \alpha$, trong đó α là góc hợp bởi 2 vectơ \vec{r} và \vec{F}_t .

Áp dụng công thức này cho phần tử thứ i (có khối lượng Δm_i , cách tâm O một đoạn r_i) của vật rắn, ta được: $\vec{M}_i = \vec{r}_i \wedge \vec{F}_{ti}$. Tổng hợp tất cả các vectơ \vec{M}_i đối với mọi phần tử của vật rắn, ta thu được phương trình:

$$\vec{M} = I \vec{\beta}.$$

Đó là phương trình cơ bản của vật rắn chuyển động quay quanh một trục cố định, trong đó \vec{M} là mômen ngoại lực tác dụng lên vật rắn, $\vec{\beta}$ là gia tốc góc, $I = \sum_i \Delta m_i r_i^2$ là mômen quán tính của vật rắn đối với trục quay Δ . Phương trình này có dạng giống như phương trình $\vec{F} = m \vec{a}$ đối với chuyển động của chất

điểm. Ba đại lượng $\vec{M}, \vec{\beta}, I$ có vai trò tương tự như ba đại lượng \vec{F}, \vec{a}, m trong chuyển động của chất điểm, nhưng ba đại lượng $\vec{M}, \vec{\beta}, I$ đều phụ thuộc vào r .

4. Mômen quán tính được tính I theo công thức $I = \sum_i \Delta m_i r_i^2$ nếu các phần tử của vật rắn phân bố rời rạc. Còn nếu các phần tử của vật rắn phân bố liên tục thì

$$I = \int_{\text{toán vật}} r^2 dm$$

Dựa vào các công thức này, ta có thể tính mômen quán tính của các vật rắn quay quanh một trục cố định Δ_0 trùng với trục đối xứng của vật rắn và đi qua khối tâm của nó. Ví dụ, với

- khối cầu: $I_0 = \frac{2}{5} mR^2,$
- vành tròn rỗng (hoặc trụ rỗng): $I_0 = m R^2,$
- thanh dài đồng chất: $I_0 = \frac{ml^2}{12}$
- khối trụ đặc, đĩa đặc: $I_0 = \frac{ml^2}{12} \dots\dots$

Nếu trục quay Δ không trùng với trục đối xứng Δ_0 và không đi qua khối tâm của vật mà cách khối tâm một đoạn d và song song với trục Δ thì theo định lý Steiner-Huyghens:

$$I = I_0 + md^2$$

5. Vectơ mômen động lượng $\vec{L} = I\vec{\omega}$ đặc trưng cho chuyển động quay về mặt động lực học và từ phương trình cơ bản của vật rắn quay quanh một trục cố định ta rút ra 2 định lý về mômen động lượng:

Định lý 1: $\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M}$

Định lý 2: $\Delta \vec{L} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{M} dt$ (hoặc $\Delta \vec{L} = \vec{M} \cdot \Delta t$ khi $\vec{M} = \text{const}$).

6. Từ hai định lý trên ta suy ra định luật bảo toàn mômen động lượng: Vật rắn quay cô lập hoặc không cô lập nhưng tổng hợp các mômen ngoại lực tác dụng lên vật rắn bằng không, thì mômen động lượng của vật rắn được bảo toàn: $\vec{L} = \text{const}$. Từ đó nếu các phần của vật rắn có thể dịch chuyển đối với nhau làm cho mômen quán tính của vật thay đổi thì làm cho vận tốc góc thay đổi, nhưng vectơ $\vec{L} = I\vec{\omega}$ không đổi (bảo toàn).

Nếu có nhiều vật rắn có liên kết nhau thành một hệ vật rắn cùng tham gia chuyển động quay thì định luật bảo toàn mômen động lượng có dạng:

Vận dụng định luật này, ta giải thích dễ dàng các hiện tượng như quay người khi nhảy cầu bơi, múa balê... Đặc biệt, dựa trên định luật bảo toàn này, người ta thu được một tính chất quan trọng của con quay có trục quay tự do: “trục quay tự do của con quay sẽ giữ nguyên phương của nó trong không gian chừng nào chưa có ngoại lực tác dụng làm thay đổi phương của trục đó”. Tính chất này của con quay có trục quay tự do được ứng dụng làm la bàn xác định hướng chuyển động của các tàu biển, các tàu vũ trụ... Đối với con quay có trục quay có một điểm tựa cố định, dựa vào định lý về mômen động lượng, người ta tìm được một tính chất đặc biệt, đó là hiệu ứng hồi chuyển “khi con quay đang quay nhanh, nếu tác dụng vào trục quay một ngoại lực \vec{F} thì trục quay sẽ dịch chuyển trong mặt phẳng vuông góc với phương tác dụng của lực \vec{F} đó”. Tính chất này được dùng để giải thích chuyển động tuế sai của con quay. Hiệu ứng hồi chuyển được ứng dụng để biến các chuyển động lắc ngang của thân tàu biển (do sóng gió va đập mạnh) thành chuyển động dập dềnh dọc thân tàu, tránh cho tàu không bị lật.

7. Khi làm cho vật rắn quay, mômen lực thực hiện công. Công nguyên tố của ngoại lực tác dụng lên vật rắn quay quanh một trục cố định bằng:

$$dA = F \cdot ds = r \cdot F_t d\varphi = Md\varphi$$

Thay $M = I \cdot \beta = I \cdot \frac{d\omega}{dt}$ vào biểu thức trên ta được: $dA = I\omega \frac{d\omega}{dt}$ và công toàn phần:

$$A_{12} = \int_{\omega_1}^{\omega_2} I\omega d\omega = \frac{I\omega_2^2}{2} - \frac{I\omega_1^2}{2}.$$

Áp dụng biểu thức (3-10) cho trường hợp này, ta được: $A_{12} = W_{d2} - W_{d1}$, và suy ra động năng của vật rắn quay quanh một trục:

$$W_d = \frac{I\omega^2}{2}.$$

Nếu vật rắn vừa quay vừa tịnh tiến, động năng toàn phần của nó bằng tổng động năng quay và động năng tịnh tiến của nó:

$$W_d = \frac{I\omega^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$$

Nếu vật rắn lăn không trượt thì $v = R \cdot \omega$.

4.3. CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Khái niệm về khối tâm của hệ chất điểm? So sánh chuyển động của khối tâm với chuyển động tịnh tiến của vật rắn và chuyển động của chất điểm.

2. Thành phần nào của lực có tác dụng thực sự gây ra chuyển động quay của vật rắn quanh một trục cố định? Phân tích tại sao?

3. Thiết lập phương trình cơ bản của chuyển động quay, nêu ý nghĩa của các đại lượng trong công thức.

4. Những đại lượng nào đặc trưng cho chuyển động quay của vật rắn xung quanh một trục cố định?

5. Định nghĩa mômen quán tính của vật rắn, nêu cách tính mômen quán tính của một số vật rắn. Viết công thức tính mômen quán tính của một vật rắn đồng chất quay quanh trục đối xứng và đi qua khối tâm của nó.

6. Khái niệm về mômen động lượng và chứng minh các định lý về mômen động lượng đối với vật rắn quay xung quanh một trục cố định.

7. Nếu các đại lượng trong chuyển động quay có vai trò tương tự với các đại lượng trong chuyển động tịnh tiến. Sự tương tự này thể hiện như thế nào (ở những công thức nào).

8. Chứng minh và phát biểu định luật bảo toàn mômen động lượng. Cho vài ví dụ ứng dụng và giải thích. Định luật này được thoả mãn trong những điều kiện nào?

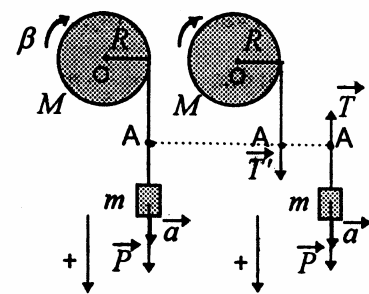
9. Định nghĩa con quay. Phân biệt con quay có trục quay tự do và con quay có trục tựa trên một điểm cố định. Nêu tính chất của các con quay này. Hiệu ứng hồi chuyển là gì, chuyển động tuế sai là gì, và có ứng dụng gì trong thực tế?

10. Thiết lập công thức tính công và công suất trong chuyển động quay của vật rắn.

11. Xét trường hợp một vật rắn lăn không trượt. Chọn một ví dụ để minh hoạ. Tìm động năng của vật rắn trong trường hợp này.

4.4. BÀI TẬP VÀ HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP

1. Một trục quay hình trụ đặc bán kính 20mm và khối lượng 100kg có thể quay quanh một trục nằm ngang. Một sợi dây không dẫn được quấn thành một lớp sít nhau trên thân trục quay và đầu tự do của sợi dây có treo một vật nặng khối lượng 20kg (Hình 4 - 1bt). Bỏ qua ma sát của trục quay, lực cản của không khí và khối lượng của sợi dây. Lấy gia tốc trọng trường $g = 9,80/\text{s}^2$.



Hình 4-1bt

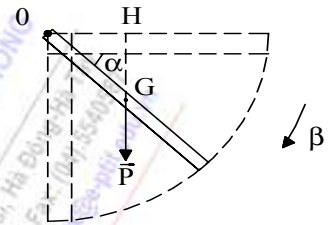
Để vật nặng tự nó chuyển động. Hãy xác định:

- Gia tốc của vật nặng.
- Lực căng của dây treo vật nặng.

Đáp số: a) gia tốc $a = \frac{mg}{m + \frac{M}{2}} = 2,8 \text{ m/s}^2$

b) $T = T = \frac{Ma}{2} = 140 \text{ N}$. ($M = 100 \text{ kg}$ là khối lượng của trục quay).

2. Một thanh nặng thẳng có tiết diện đều và dài $0,70 \text{ m}$ có thể quay quanh một trục nằm ngang đi qua một đầu của thanh. Lúc đầu, thanh được giữ ở vị trí nằm ngang. Sau đó, nó được thả ra để tự quay (H.4-2bt). Lấy gia tốc trọng trường $g = 9,80 \text{ m/s}^2$. Hãy xác định gia tốc góc của thanh này lúc bắt đầu được thả rơi và lúc đi qua vị trí thẳng đứng.

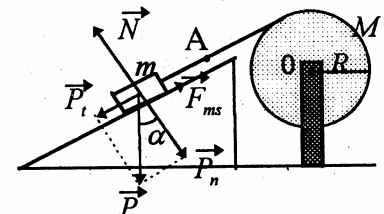


Hình 4-2bt

Đáp số: $\beta = \frac{3g \cos \alpha}{2l} = 2l \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$,

lúc đi qua vị trí thẳng đứng. $\beta = 0$

3. Một vật nặng khối lượng 100 kg trượt trên một mặt phẳng nghiêng hợp với mặt phẳng ngang một góc 30° và làm quay một bánh xe có dạng một trụ tròn bán kính $0,26 \text{ m}$ và khối lượng 25 kg (H.4-3bt). Hệ số ma sát giữa vật nặng và mặt phẳng nghiêng là $0,25$. Bỏ qua ma sát của trục quay và khối lượng của sợi dây. Lấy gia tốc trọng trường $g = 9,80 \text{ m/s}^2$. Hãy xác định:



Hình 4-3bt

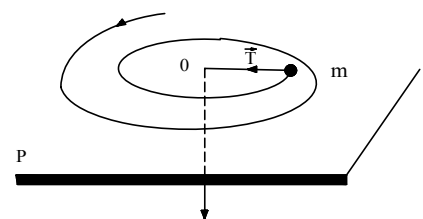
- a. Gia tốc dài của vật nặng và gia tốc góc của bánh xe.
- b. Lực căng của dây kéo

Đáp số: a) $a = \frac{\sin \alpha - k \cos \alpha}{1 + \frac{M}{2m}} g \cong 2,47 \text{ m/s}^2$.

$\beta = \frac{a}{R} \approx 9,5 \text{ rad/s}^2$.

b) $T = T = \frac{Ma}{2} \cong 30,9 \text{ N}$; $M = 25 \text{ kg}$ là khối lượng của trục quay.

4. Trên một mặt phẳng nằm ngang nhẵn có một chất điểm khối lượng m chuyển động. Chất điểm được buộc vào một sợi dây không giãn, đầu kia của sợi dây được kéo qua một lỗ nhỏ O với vận tốc không đổi (H.4- 4bt).



Hình 4-4bt

Khi $r = r_0$ thì vận tốc góc của chất điểm là ω_0 .

Hãy xác định sự phụ thuộc của lực căng của sợi dây vào khoảng cách r giữa

chất điểm và lỗ nhỏ O.

Đáp số: $T = m \cdot \omega_0^2 \cdot \frac{a_0^4}{r^3}$.

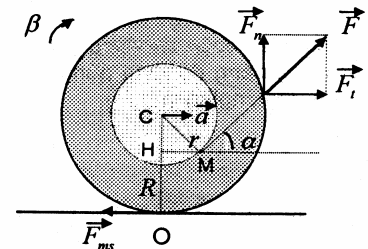
5. Một bánh đà (vô lăng) có dạng một đĩa phẳng tròn đang quay quanh trục của nó với vận tốc 480 vòng/phút thì bị tác dụng một mômen lực hãm. Bánh đà có khối lượng 500kg và bán kính 20cm. Hãy xác định mômen của lực hãm trong hai trường hợp:

- a. Bánh đà dừng lại sau khi hãm 50s.
- b. Bánh đà dừng lại sau khi quay thêm được 300 vòng.

Đáp số: a) $M = - \frac{\pi \cdot m \cdot R^2 n}{\Delta t} \cong - 10 \text{ Nm}$,

b) $M = - \frac{\pi \cdot m \cdot (Rn)^2}{600} \cong - 7,0 \text{ Nm}$

6. Một cuộn dây chỉ khối lượng m đặt trên một mặt phẳng ngang. Bán kính của vành cuộn chỉ là R , bán kính của lớp dây chỉ ngoài cùng quấn trên lõi cuộn chỉ là r (H.4-5bt). Người ta cầm một đầu của sợi dây chỉ và bắt đầu kéo cuộn chỉ này bằng một lực \vec{F} không đổi và hợp với phương ngang một góc nghiêng α sao cho cuộn chỉ lăn không trượt trên mặt phẳng ngang. Hệ số ma sát giữa cuộn chỉ và mặt phẳng ngang là k , mômen quán tính của cuộn chỉ đối với trục của nó là I . Hình xác định:



Hình 4-5bt

- a. Độ lớn và hướng của gia tốc để cuộn chỉ lăn không trượt.
- b. Độ lớn của lực kéo \vec{F} .
- c. Công của lực \vec{F} làm cuộn chỉ chuyển động lăn không trượt trong thời gian t giây đầu tiên.

Đáp số: a) $a = \frac{F \cdot R \cdot (R \cdot \cos \alpha - r)}{I + m \cdot R^2}$; $\cos \alpha > \frac{r}{R}$;

b) $F \leq \frac{k \cdot m \cdot g (I + m \cdot R^2)}{I (\cos \alpha + k \sin \alpha) + m \cdot R^2 \cdot (\frac{r}{R} + k \cdot \sin \alpha)}$

c) $A = \frac{1}{2} \cdot \frac{F^2 \cdot (R \cdot \cos \alpha - r)^2}{I + m \cdot R^2} \cdot t^2$,

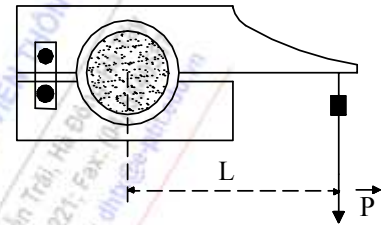
7. Một người ngồi trên một chiếc ghế quay (ghế Giucốpki) sao cho phương của trọng lực tác dụng lên người và ghế trùng với trục quay của ghế. Người đó giang hai tay và mỗi tay cầm một quả tạ có khối lượng 2,0kg. Khoảng cách từ mỗi quả tạ đến trục quay của ghế là 0,80m. Cho người và ghế quay với

vận tốc 30 vòng/phút. Mômen quán tính của người và ghế (không kể các quả tạ) đối với trục quay là $2,5kg.m^2$.

Hãy xác định vận tốc quay của người và ghế khi người đó co hai tay lại để khoảng cách từ mỗi quả tạ đến trục quay chỉ còn bằng $0,60m$.

Đáp số: 38,5 vòng/phút.

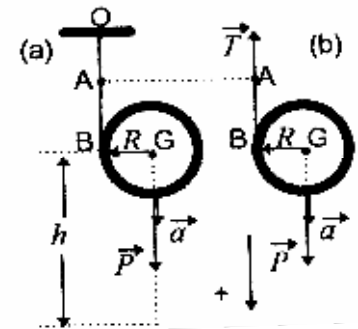
8. Thiết bị dùng để xác định công suất của động cơ gồm hai kẹp có thể kẹp chặt vào trục quay của động cơ (H.4-6bt). Hàm kẹp phía trên gắn với một tay đòn, cuối tay đòn, cuối tay đòn này có treo một vật nặng. Vật nặng được chọn sao cho trọng lượng của nó cân bằng với lực ma sát và giữ cho tay đòn nằm ngang. Hãy xác định công suất của động cơ, nếu trục của động cơ quay với vận tốc 120 vòng/phút. Trọng lượng của vật nặng của vật nặng bằng $490N$, độ dài của tay đòn kể từ tâm trục quay đến điểm treo vật nặng là $100cm$. Bỏ qua trọng lượng của tay đòn.



Hình 4-6 bt

Đáp số: 6,15KW

9. Trên thân một ống trụ khối lượng $1,5kg$, người ta quấn một sợi dây không dẫn thành một lớp xít nhau. Đầu tự do của sợi dây gắn trên giá cố định (H.4-7bt,a). Ống trụ được thả để tự chuyển động dưới tác dụng của trọng lực. Khối lượng và đường kính của sợi dây nhỏ không đáng kể. Lấy gia tốc trọng trường $g = 9,80m/s^2$. Hãy xác định:



Hình 4-7bt

- a) Gia tốc của ống trụ.
- b) Lực căng của sợi dây.

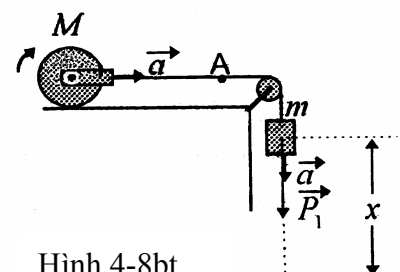
Đáp số: a) $a = \frac{g}{2} = 4,9m/s^2$.

b) $T = m(g - a) = \frac{mg}{2} = 7,35N$.

10. Một trụ đặc khối lượng $2,50kg$ và một vật nặng khối lượng $0,50kg$ được nối với nhau bằng một sợi dây không dẫn vắt qua một ròng rọc (H.4-8bt). Bỏ qua khối lượng của sợi dây, của ròng rọc và của khung gắn với trụ đặc. Khi thả vật nặng để nó tự chuyển động thì trụ đặc lăn không trượt trên mặt phẳng ngang. Hệ số ma sát giữa mặt phẳng ngang và trụ đặc bằng $0,10$. Lấy gia tốc trọng trường $g = 9,80m/s^2$.

Hãy xác định:

- a. Gia tốc của vật nặng.



Hình 4-8bt

b. Lực căng của sợi dây.

Đáp số:

$$\text{a) } a = \frac{mg}{m + \frac{3M}{2}} = 1,15\text{m/s}^2.$$

b) $T = m(g - a) \approx 4,32\text{N}$. Với M là khối lượng của hình trụ đặc: $M = 2,5\text{kg}$.



HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

Km10 Đường Nguyễn Trãi, Hà Đông-Hà Nội
Tel: (04) 5541221; Fax: (04) 5540587
Website: <http://www.c-ptit.edu.vn>; E-mail: dhkc@ptit.edu.vn



HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

Km10 Đường Nguyễn Trãi, Hà Đông-Hà Tây

Điện thoại: (04) 5541221; Fax: (04) 5540587

Website: <http://www.o-ptit.edu.vn>; E-mail: dhcx@o-ptit.edu.vn

CHƯƠNG 5 - CÁC ĐỊNH LUẬT THỰC NGHIỆM VỀ CHẤT KHÍ

5.1. MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU:

Chương này giới thiệu các đại lượng cơ bản, các định luật về chất khí. Do đó học viên cần nắm vững các đại lượng và phương trình Mendeleev-Clapeyron.

5.2. TÓM TẮT NỘI DUNG

Khí lý tưởng: chất khí lý tưởng là chất khí trong đó áp suất (P) thể tích (V) và nhiệt độ liên hệ với nhau theo phương trình:

$$PV = nRT \quad (\text{phương trình Mendeleev-Clapeyron})$$

$$n = \frac{m}{\mu} : \text{số mol chất khí}$$

$$R = 8,31 \text{ J/mol K} \quad \text{Hằng số khí lý tưởng.}$$

Phương trình trạng thái khí lý tưởng:

$$\text{Khi nhiệt độ không đổi (đẳng nhiệt): } P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$\text{Khi áp suất không đổi (đẳng áp): } \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\text{Khi thể tích không đổi (đẳng tích): } \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

1. Việc xét chuyển động của hệ chất điểm được quy về việc xét chuyển động khối tâm của nó. Kết quả cho thấy: chuyển động của khối tâm của hệ chất điểm giống như chuyển động của một chất điểm mang khối lượng bằng tổng khối lượng

5.3. CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Trình bày các khái niệm cơ bản về: áp suất; nhiệt độ và nhiệt giai.
2. Nêu đặc điểm của khí lý tưởng? Trình bày phương trình trạng thái khí lý tưởng.
3. Nêu nội dung định luật, công thức tính của các định luật thực nghiệm khí lý tưởng?

5.4. BÀI TẬP VÀ HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP

A. BÀI TẬP VÍ DỤ

Bài tập 1. Có 10g khí oxi ở áp suất 3 at. Sau khi hơi nóng đẳng áp khối khí chiếm thể tích 10l. Tìm nhiệt độ sau khi hơi nóng. Coi khối khí oxi là lý tưởng.

Giải

$$\begin{aligned} m &= 10\text{g} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ Kg} \\ P_1 &= 3 \text{ at} = 3 \cdot 9,81 \cdot 10^4 \text{ N/m} \\ T_1 &= 10^\circ\text{C} = 10 + 273 = 283 \text{ K} \\ V_2 &= 10\text{l} = 10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \\ T_2 &=? \end{aligned}$$

Quá trình đẳng áp ta có: $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow T_2 = \frac{V_2}{V_1} T_1$

Từ phương trình Mendeleev-Claperon

$$\begin{aligned} P_1 V_1 &= \frac{m}{\mu} R T_1 \Rightarrow \frac{T_1}{V_1} = \frac{P_1 \mu}{m R} \\ \Rightarrow T_2 &= \frac{V_2 P_1 \mu}{m R} \end{aligned}$$

Với $\mu = 32 \text{ g/mol} = 32 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/mol}$

$$T_2 = \frac{10 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 9,81 \cdot 10^4 \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31} = 1133,3 \text{ K}$$

Bài tập 2. Một khối khí oxi chiếm thể tích 3l, áp suất 10at và nhiệt độ 19,5 °C.

a) Tính khối lượng riêng của khối khí.

b) Hơ nóng đẳng tích khối khí đó đến nhiệt độ 100°C. Tính áp suất của khối khí sau khi hơ nóng.

Giải

$$\begin{aligned} V_1 &= 3\text{l} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \\ P_1 &= 10 \text{ at} = 10 \cdot 9,81 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2 \\ T_1 &= 19,5^\circ\text{C} = 19,5 + 273 = 292,5 \text{ K} \\ T_2 &= 100^\circ\text{C} = 100 + 273 = 373 \text{ K} \\ m_2, P_2 &? \end{aligned}$$

a) Phương trình Mendeleev-Clapeyron

$$P_1 V_1 = \frac{m}{\mu} R T_1 \Rightarrow m = \frac{P_1 V_1 \mu}{R T_1}$$

Với $\mu = 32 \text{ g/mol} = 32 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/mol}$

$$m = \frac{10 \cdot 9,81 \cdot 10^4 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 292,5} = 0,0387 \text{ Kg}$$

b) Theo quá trình đẳng tích ta có:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow P_2 = \frac{P_1 T_2}{T_1} = \frac{10 \cdot 9,81 \cdot 10^4 \cdot 373}{292,5} = 12,75 \cdot 9,81 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$$

hay $P_2 = 12,75 \text{ at}$.

B. BÀI TẬP TỰ GIẢI

5.1. Có 40 g khí oxy chiếm thể tích 3l ở áp suất 10 at.

a) Tính nhiệt độ của khối khí

b) Cho biết khối khí giãn nở đẳng áp đến thể tích 4l. Tính nhiệt độ của khối khí sau khi giãn nở.

5.2. Một bình chứa 10 kg khí ở áp suất 10^7 N/m^2 . Người ta lấy bớt khí trong bình và giữ nhiệt độ khí không đổi đến khi áp suất trong bình còn $2,5 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$. Hãy xác định khối lượng khí lấy ra.

5.3. Bơm khí nitơ vào một bình thép có thể tích cố định $V_1 = 8,3 \text{ l}$ đến áp suất $P_1 = 15 \text{ at}$ ở nhiệt độ $T_1 = 27^\circ \text{C}$.

a- Tính khối lượng của khối khí này.

b- Nếu hơi nóng bình khí này đến nhiệt độ $T_2 = 127^\circ \text{C}$ thì áp suất của nó là bao nhiêu?

5.4. Một bóng đèn dây tóc chứa khí trơ ở nhiệt độ $t_1 = 27^\circ \text{C}$ và áp suất $P_1 = 0,6 \text{ at}$. Khi đèn sáng áp suất khí trong đèn $P_2 = 1 \text{ at}$. Hãy tính nhiệt độ t_2 của khối khí trong đèn khi đèn sáng.

5.5 Bình A có dung tích $V_1 = 3 \text{ l}$ chứa một chất khí ở áp suất $P_1 = 2 \text{ at}$. Bình B có dung tích $V_2 = 4 \text{ l}$ chứa một chất khí ở áp suất $P_2 = 1 \text{ at}$. Nối hai bình lại với nhau bằng một ống dẫn nhỏ. Biết rằng nhiệt độ hai bình như nhau và không xảy ra phản ứng hoá học. Hãy tính áp suất của hỗn hợp khí.

Hướng dẫn, Đáp số

5.1 . $T_1 = 292,5 \text{ K}$

$T_2 = 390 \text{ K}$

5.2 . $\Delta m = 7,5 \text{ Kg}$

5.3 . $m = 0,137 \text{ Kg}$

$P_2 = 20 \text{ at}$

5.4 . $t_2 = 227^\circ \text{C}$

5.5 . Gọi áp suất riêng phần của mỗi chất khí khi hai bình thông nhau là P'_1 và P'_2

Quá trình đẳng nhiệt

$$P_1 V_1 = P'_1 (V_1 + V_2) \Rightarrow P'_1 = \frac{V_1}{V_1 + V_2} P_1$$

$$P_2 V_2 = P'_2 (V_1 + V_2) \Rightarrow P'_2 = \frac{V_2}{V_1 + V_2} P_2$$

$$= P = P'_1 + P'_2 = \frac{P_1V_1 + P_2V_2}{V_1 + V_2} = 1,43at$$

CHƯƠNG TRÌNH PTIT
ĐÀO TẠO ĐẠI HỌC TỪ XA

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

Km10 Đường Nguyễn Trãi, Hà Đông-Hà Tây
Tel: (04).5541221; Fax: (04).5540587
Website: <http://www.coit.edu.vn>; E-mail: dhkc@ptit.edu.vn



HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

Km10 Đường Nguyễn Trãi, Hà Đông-Hà Tây
Tel: (04).5541221; Fax: (04).5540587
Website: <http://www.o-ptit.edu.vn>; E-mail: dhcx@o-ptit.edu.vn

CHƯƠNG 6 - CÁC NGUYÊN LÝ CỦA NHIỆT ĐỘNG LỰC HỌC

6.1. MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU:

Chương này khảo sát năng lượng trong chuyển động nhiệt và hai nguyên lý của nhiệt động học từ đó khảo sát hiệu suất của động cơ hoạt động theo chu trình Carnot.

6.2. TÓM TẮT NỘI DUNG

Thuyết động học chất khí liên hệ đến tính chất vĩ mô của các chất khí (áp suất, nhiệt độ) với các tính chất vi mô của các phân tử khí (tốc độ, động năng ...).

Công thức hiện:
$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV$$

Nhiệt độ và động năng:
$$W_d = \frac{3}{2} RT$$

$$K = \frac{R}{N_A} = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \quad \text{là hằng số Boltzmann}$$

Hiệu suất động cơ nhiệt:
$$\eta = \frac{A}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}, \quad \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Hiệu suất máy làm lạnh:

$$\eta = \frac{Q_2}{A} = \frac{Q_1}{A} - 1 \rightarrow \eta = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

6.3. CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Trình bày các khái niệm, công thức tính về: năng lượng của chuyển động nhiệt, nội năng, công và nhiệt?
2. Nêu nguyên lý, hệ quả, ý nghĩa của nguyên lý thứ nhất của nhiệt động học?
3. Trình bày hạn chế của nguyên lý thứ nhất của nhiệt động học?
4. Nêu nguyên lý, biểu thức của nguyên lý thứ hai của nhiệt động học?
5. Nêu nội dung của định lý Carnot?

6.4. BÀI TẬP VÀ HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP

1. BÀI TẬP VÍ DỤ

Bài tập 1: Một động cơ ô tô có hiệu suất nhiệt 22% . Trong mỗi giây nó hoạt động 95 chu trình và thực hiện công 120 mã lực. Hãy tính trong một chu trình động cơ này:

- Thực hiện một công bằng bao nhiêu?
- Hấp thụ nhiệt lượng bao nhiêu từ nguồn nóng?
- Thải ra nhiệt lượng bao nhiêu cho nguồn lạnh?

Giải:

a) Công thực hiện trong 1 giây:

$$A_0 = 120 \times 746 = 89520 \text{ J}$$

Công thực hiện trong mỗi chu trình

$$A = \frac{A_0}{95} = \frac{89520}{95} = 942,3 \text{ J}$$

b) Hiệu suất

$$\eta = \frac{A}{Q_1} \Rightarrow Q_1 = \frac{A}{\eta}$$

$$Q_1 = \frac{942,3}{0,22} = 4283 \text{ J},$$

vậy nhiệt lấy từ nguồn nóng $Q_1 = 4283 \text{ J}$

c) Nhiệt thải cho nguồn lạnh

$$Q_2 = Q_1 - A = 4283 - 942,3 = 3340,7 \text{ J}.$$

Bài tập 2: Một động cơ nhiệt hoạt động theo chu trình Carnot có công suất $P = 73600\text{W}$, nhiệt độ của nguồn nóng $T_1 = 100^\circ\text{C}$ nhiệt độ của nguồn lạnh $T_2 = 0^\circ\text{C}$.

Tính: a) Hiệu suất của động cơ,

b) Nhiệt lượng mà tác nhân nhận được trong 1 phút,

c) Nhiệt lượng mà tác nhân thải cho nguồn lạnh trong 1 phút .

Giải:

a) Hiệu suất động cơ: $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{273}{373} = 0,27$ hay $\eta = 27\%$

b) Trong 1s động cơ sinh công $A_0 = 73600$ J, nhiệt lượng tác nhân nhận được trong 1s là:

$$\eta = \frac{A_0}{Q_1} \Rightarrow Q_1 = \frac{A_0}{\eta}$$

Nhiệt lượng nhận trong 1 phút:

$$Q'_1 = 60.Q_1 = 60 \cdot \frac{73600}{0,27} = 16470 \text{ KJ}$$

c) Nhiệt lượng thải cho nguồn lạnh trong 1s

$$Q_2 = Q_1 - A_0$$

Nhiệt lượng thải trong 1 phút

$$\begin{aligned} Q'_2 &= 60.Q_2 = 60(Q_1 - A_0) = 60.Q_1 - 60.A_0 = Q'_1 - 60.A_0 \\ &= 16470 - 60.73,6 = 12054 \text{ KJ} \end{aligned}$$

Bài tập 3: Một tủ lạnh có hiệu suất 4,7 rút nhiệt từ buồng lạnh với tốc độ 250 J trong mỗi chu kỳ. Vậy trong mỗi chu kỳ tủ lạnh này đã:

- Nhận bao nhiêu công để hoạt động?
- Nhả ra bao nhiêu nhiệt lượng cho căn phòng?

Giải:

a) Công nhận vào: $A = \frac{Q_2}{\eta} = \frac{250}{4,7} \approx 53 \text{ J}$

Công này được chuyển vào hệ, ta nói công thực hiện trên tủ lạnh là +53 J hoặc công do hệ thực hiện được là -53 J

b) Nhiệt toả ra: $Q_1 = A + Q_2 = 53 + 250 = 303 \text{ J}$

2. BÀI TẬP TỰ GIẢI

6-1. Một động cơ nhiệt lý tưởng chạy theo chu trình Carnot nhả cho nguồn lạnh 80% nhiệt lượng mà nó thu được của nguồn nóng. Nhiệt lượng thu được trong một chu trình là 1,5 Kcal. Tìm:

- Hiệu suất của chu trình Carnot nói trên.
- Công mà động cơ sinh ra trong 1 chu trình.

6-2. Nhiệt độ của hơi nước từ lò hơi vào máy hơi là $t_1 = 227^\circ\text{C}$, nhiệt độ của bình ngưng là $t_2 = 27^\circ\text{C}$.

Hỏi khi tốn một lượng nhiệt $Q = 1 \text{ Kcal}$ thì ta thu được một công cực đại là bao nhiêu?

6-3. Một máy làm lạnh tiêu thụ công suất 36800w nhiệt độ của nguồn lạnh là -10°C , nhiệt độ của nguồn nóng là 17°C . Tính:

- Hiệu suất làm lạnh.
- Nhiệt lượng lấy được từ nguồn lạnh trong 1giây.
- Nhiệt lượng nhả cho nguồn nóng trong một giây.

6-4. Khi thực hiện chu trình carnot, khí sinh công 8600J và nhả nhiệt 2,5 Kcal cho nguồn lạnh. Tính hiệu suất của chu trình.

6-5. Khi thực hiện chu trình carnot hệ 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.

Hướng dẫn và Đáp số

$$6-1. \quad a) \eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad \text{Với} \quad Q_2 = 80\%Q_1$$

$$\text{Tính được} \quad \eta = 20\%$$

$$b) A = \eta Q_1 = 0,3 \text{Kcal} = 1,254 \text{KJ}$$

$$6-2. \quad \eta = \frac{A}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 45\% \quad \Rightarrow A = 1,7 \text{KJ}$$

$$6-3. \quad a) \eta = \frac{Q_2}{A} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \approx 9,74$$

$$b) Q_2 = \eta A = 1 \text{Pt} \approx 86000 \text{Cal}$$

$$c) Q_1 = Q_2 + A \approx 94800 \text{ Cal}$$

$$6-4. \quad \eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{A}{Q + A} = 45\%$$

$$6-5. \quad \eta = \frac{A}{Q_1} = 0,36 \quad \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 0,36 \quad \Rightarrow T_2 \approx 239 \text{K}$$

CHƯƠNG 7 - TRƯỜNG TĨNH ĐIỆN

7.1. MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU:

1. Yêu cầu đối với người học là phải nắm vững định nghĩa và hiểu được ý nghĩa vật lý cùng đơn vị đo của các đại lượng:

- ✓ véctơ cường độ điện trường,
- ✓ điện thế,
- ✓ hiệu điện thế,
- ✓ điện thông;

2. Hiểu và vận dụng được định luật Coulomb, định lý Ôxtrôgratxki – Gauss, nguyên lý chồng chất điện trường để giải các bài toán tĩnh điện;

3. Hiểu định nghĩa và tính chất của lưỡng cực điện; nhớ và vận dụng được biểu thức mô tả mối quan hệ giữa véctơ cường độ điện trường và điện thế

7.2. TÓM TẮT NỘI DUNG

1) Lực tương tác Coulomb giữa hai điện tích điểm: $\vec{F} = \frac{kq_1q_2}{\epsilon r^3} \vec{r}$

2) Véctơ cường độ điện trường $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$

Cường độ điện trường gây bởi một điện tích điểm q: $\vec{E} = \frac{kq}{\epsilon r^3} \vec{r}$

3) Véctơ cảm ứng điện (điện cảm) $\vec{D} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E}$

4) Định lý O – G: $\Phi_e = \oint_{(S)} \vec{D} \cdot \vec{dS} = \sum_i q_i$

5) Công của lực tĩnh điện: $A_{MN} = q \int_M^N \vec{E} \cdot \vec{ds} = q (V_M - V_N)$

6) Tính chất thế của trường tĩnh điện: $\oint_{(C)} \vec{E} \cdot \vec{ds} = 0$

7) Hiệu điện thế giữa hai điểm M và N trong điện trường

$$V_M - V_N = \int_M^N \vec{E} \cdot \vec{ds}$$

8) Điện thế gây bởi một điện tích điểm $V = \frac{kQ}{\epsilon r}$

9) Liên hệ giữa \vec{E} và V: $E_s = -\frac{dV}{ds}$ hay $\vec{E} = -\text{grad } V$.

7.3. CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Nếu các electron trong một kim loại như đồng có thể chuyển động tự do, chúng thường bị chặn lại ở bề mặt kim loại. Tại sao chúng không chuyển động tiếp và rời khỏi kim loại?

2. Một điện tích điểm chuyển động vuông góc với đường sức trong một điện trường. Có lực tĩnh điện nào tác dụng lên nó không?

3. Hai điện tích điểm chưa biết độ lớn và dấu ở cách nhau một khoảng d . Điện trường bằng không ở một điểm nằm trên đường thẳng nối chúng. Ta có thể kết luận như thế nào về các điện tích?

4. Bạn quay một lưỡng cực điện sao cho hai đầu của nó hoán vị cho nhau trong một điện trường đều. Công mà bạn thực hiện phụ thuộc như thế nào vào sự định hướng ban đầu của lưỡng cực đối với điện trường.

5. Một mặt bao tròn một lưỡng cực điện. Điện thông qua mặt này bằng bao nhiêu?

6. Một quả bóng cao su hình cầu có một điện tích được phân bố đều trên mặt của nó. Khi quả bóng được bơm lên, cường độ điện trường thay đổi như thế nào cho các điểm (a) bên trong quả bóng, (b) ở bề mặt quả bóng và (c) ở ngoài quả bóng?

7. Electron có xu hướng chuyển động đến nơi có điện thế cao hay điện thế thấp?

8. Hai mặt đẳng thế khác nhau có thể cắt nhau không?

9. Phân biệt giữa hiệu điện thế và hiệu thế năng. Cho các phát biểu trong đó mỗi thuật ngữ đó được dùng một cách chính xác.

10. Làm thế nào anh (chị) có thể khẳng định điện thế trong một miền cho trước của không gian có cùng một giá trị trong toàn miền đó?

7.4. BÀI TẬP VÀ HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP

7.4.1. Hai viên bi nhỏ giống hệt nhau, có điện tích $q_1 = 2 \cdot 10^{-6} \text{C}$ và $q_2 = 4 \cdot 10^{-6} \text{C}$ đặt cách nhau một khoảng r trong chân không thì chúng hút nhau một lực $F = 0,8 \text{N}$.

a) Tính khoảng cách r .

b) Cho chúng tiếp xúc nhau rồi đưa về vị trí cũ thì chúng sẽ đẩy nhau hay hút nhau với lực F' bằng bao nhiêu?

Đáp số: a) $r = 30 \text{cm}$; b) đẩy nhau với $F' = 0,1 \text{N}$

7.4.2. Đặt bốn điện tích điểm $+q$ giống nhau ở bốn đỉnh của một hình vuông cạnh a . Hỏi phải đặt điện tích điểm Q ở đâu, có độ lớn và dấu như thế nào để cả năm điện tích đó đều đứng yên?

Đáp số: $Q = \frac{2\sqrt{2}+1}{4} q$ tại tâm của hình vuông

7.4.3. Theo giả thuyết Bohr, trong nguyên tử Hydro, electron chuyển động quanh hạt nhân theo quỹ đạo tròn bán kính $r = 0,53 \cdot 10^{-10} \text{ m}$. Tính vận tốc dài và tần số vòng của electron.

Hướng dẫn:

Lực hướng tâm là lực tĩnh điện Coulomb $ke^2/r^2 = \frac{mv^2}{r}$, $v = 2,2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$; $\omega = v/r = 6,5 \cdot 10^{15} \text{ s}^{-1}$.

7.4.4. Hai viên bi nhỏ giống hệt nhau, tích điện $+q_1$ và $-q_2$ đặt cách nhau 2m trong không khí. Mỗi viên gây ra cường độ điện trường tại trung điểm M của đoạn thẳng nối chúng có độ lớn $E_1 = 150\text{V/m}$ và $E_2 = 300\text{V/m}$. Cho chúng tiếp xúc nhau rồi trả về chỗ cũ. Hãy xác định:

- Điện tích của mỗi viên bi.
- Véc tơ cường độ điện trường tại M .

Đáp số: a) $q'_1 = q'_2 = -\frac{50r^2}{k} = -5,55 \cdot 10^{-9} \text{ C}$; b) $E'_M = 0$

7.4.5. Một đĩa tròn, tâm O , bán kính R , tích điện đều, mật độ điện mặt $\sigma > 0$. Hãy xác định véc tơ cường độ điện trường tại một điểm nằm trên trục của đĩa và cách tâm O một đoạn h .

Đáp số: $\vec{E} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon} \left[1 - \frac{1}{\sqrt{1+(R/h)^2}} \right] \vec{n}$

7.4.6. Xác định véc tơ cảm ứng điện \vec{D} do một dây thẳng dài vô hạn, tích điện đều, mật độ điện dài $\lambda > 0$ gây ra tại điểm cách dây một khoảng x .

Đáp số: $\vec{D} = \frac{\lambda}{2\pi x} \vec{n}$

7.7. Giữa mặt phẳng rất rộng, thẳng đứng, tích điện đều, mật độ điện mặt $\sigma = +4 \cdot 10^{-6} \text{ C/m}^2$ treo con lắc gồm sợi dây không giãn, không dẫn điện và hòn bi khối lượng $m = 1\text{g}$ sao cho dây căng, thẳng đứng. Tích cho hòn bi điện tích $q = 10^{-9} \text{ C}$ thì dây lệch góc α bằng bao nhiêu so với phương thẳng đứng? (Hệ thí nghiệm đặt trong không khí).

Hướng dẫn:

Ở vị trí cân bằng $\vec{F}_e + \vec{T} + \vec{P} = 0$ với $\vec{F}_e = q\vec{E}$

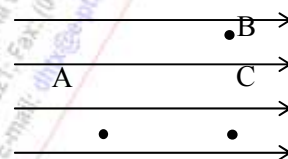
từ $|\vec{F}_e| = |\vec{T} + \vec{P}| = P \operatorname{tg} \alpha$, ta suy ra: $\operatorname{tg} \alpha = q\sigma / 2\varepsilon_0 \operatorname{mg}$; suy ra: $\alpha = 1^\circ 17' 49''$.

7.4.8. Bên trong một khối cầu tâm O_1 , bán kính R_1 tích điện đều với mật độ điện khối ρ người ta khoét một lỗ hổng hình cầu tâm O_2 , bán kính R_2 sao cho hai tâm cách nhau một khoảng $O_1O_2 = a$. Xét điểm M ở trong phần rỗng, có hình chiếu của đoạn O_1M xuống phương O_1O_2 là $O_1H = h$. Hãy xác định cường độ điện trường tại M .

Hướng dẫn:

Dùng phương pháp chồng chất điện trường

$$\vec{E}_M = \frac{\rho}{3\varepsilon\varepsilon_0} = \overrightarrow{O_1O_2} = \frac{\rho \vec{a}}{3\varepsilon\varepsilon_0} = \overrightarrow{const}$$



Hình 7-22. Cho bài 7.10

7.4.9. Ba điện tích điểm $q_1 = +12 \cdot 10^{-9} \text{C}$, $q_2 = -6 \cdot 10^{-9} \text{C}$, $q_3 = +5 \cdot 10^{-9} \text{C}$ đặt tại ba đỉnh của một tam giác đều có cạnh $a = 20 \text{cm}$ trong không khí. Xác định điện thế tại tâm của tam giác đó.

Đáp số: 857,2V

7.4.10. Ba điểm A, B, C nằm trong điện trường đều tạo thành tam giác vuông tại C, trong đó:

$AC = 4 \text{cm}$, $BC = 3 \text{cm}$, $E = 5 \cdot 10^3 \text{V/m}$.

Tính: a) Hiệu điện thế U_{AC} , U_{BC} , U_{AB}

b) Công của lực điện khi di chuyển một electron từ A đến B.

Đáp số:

a) $U_{AC} = 200 \text{V}$, $U_{CB} = 0$, $U_{AB} = 200 \text{V}$.

b) $A_{AB} = -3,2 \cdot 10^{-17} \text{J}$

7.4.11. Tính điện thế do một đĩa tròn tâm O bán kính R tích điện đều với điện tích Q gây ra tại một điểm nằm trên trục của đĩa và cách tâm một đoạn là h:

Hướng dẫn: Tính tương tự như bài 7.5

Đáp số: $V = \frac{2kQ}{\varepsilon R^2} (\sqrt{R^2 + h^2} - h)$

7.4.12. Căn cứ vào kết quả bài tập 7.8, chọn gốc tính điện thế ở vô cực, hãy tính điện thế ở điểm M.

Hướng dẫn:

Áp dụng bài toán 4 và phương pháp tương tự bài 7.8, ta có:

$$V_M = \frac{\rho}{6\epsilon_0} [3(R_1^2 - R_2^2) + a(a - 2h)]$$





HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

Km10 Đường Nguyễn Trãi, Hà Đông-Hà Tây
Tel: (04).5541221; Fax: (04).5540587

Website: <http://www.o-ptit.edu.vn>; E-mail: dhcx@o-ptit.edu.vn

CHƯƠNG 8 - VẬT DẪN

8.1. MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU:

1. Mục đích: Khảo sát các tính chất của vật dẫn cân bằng tĩnh điện và ứng dụng; Tìm hiểu khái niệm điện dung và cách tính điện dung của tụ điện phẳng; Suy công thức tính mật độ năng lượng điện trường và công thức tổng quát tính năng lượng điện trường.

2. Yêu cầu: Sau khi nghiên cứu chương này, sinh viên cần :

- ✓ Hiểu và chứng minh được các tính chất của vật dẫn cân bằng tĩnh điện.
- ✓ Nắm và vận dụng tốt các công thức tính điện dung của vật dẫn cô lập, của tụ điện để giải các bài toán điện.
- ✓ Hiểu và nhớ công thức tính ω_e , W_e .

8.2. TÓM TẮT NỘI DUNG

1) Liên hệ giữa điện thế và điện tích của một vật dẫn cô lập

$$Q = CV$$

2) Điện dung của một quả cầu kim loại (cô lập)

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon R$$

3) Điện dung của tụ điện phẳng

$$C = \frac{\epsilon_0\epsilon S}{d}$$

4) Điện dung C của một bộ tụ điện

– Ghép song song $C = \sum_i C_i$

– Ghép nối tiếp $\frac{1}{C} = \sum_i \frac{1}{C_i}$

5) Năng lượng của tụ điện phẳng

$$W = \frac{1}{2} QU = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} \epsilon_0\epsilon E^2 Sd = \frac{1}{2} \frac{\sigma^2 Sd}{\epsilon_0\epsilon}$$

6) Mật độ năng lượng điện trường

$$w = \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon E^2 = \frac{1}{2} \vec{E} \cdot \vec{D}$$

7) Năng lượng điện trường trong thể tích V

$$W = \frac{1}{2} \int_V \vec{E} \cdot \vec{D} dV.$$

8.3. CÂU HỎI ÔN TẬP

8.3.1. Có một bức tượng bằng đồng bị nhiễm điện âm. Hãy cho biết:

- Điện tích phân bố như thế nào?
- Vị trí nào trong lòng bức tượng có điện thế cao nhất?
- Vị trí nào trong lòng bức tượng có điện trường mạnh nhất?

8.3.2. Khi đặt một thanh nhôm vào điện trường thì có phải tất cả các electron tự do trong thanh nhôm đều dồn về một đầu của thanh hay không? Tại sao?

8.3.3. Nếu đặt một quả cầu rỗng bằng kim loại vào trong một điện trường không đều thì nó sẽ bị lực điện trường đẩy về phía nào? Tại sao?

8.3.4. Tụ điện phẳng không khí được mắc (nối) cố định với ác quy. Giả sử ta cho hai bản cực dịch lại gần nhau một chút thì các đại lượng sau đây tăng hay giảm:

- Trị số điện tích trên mỗi bản cực.
- Cường độ điện trường trong lòng tụ điện.
- Hiệu điện thế giữa hai bản cực.
- Các câu hỏi trên, sau khi tụ điện ngắt khỏi nguồn điện.

8.3.5. Hai tụ điện phẳng không khí, khoảng cách giữa các bản cực là như nhau nhưng $C_1 > C_2$. Hãy so sánh các đại lượng S, Q, U, E của chúng nếu chúng được ghép:

- Nối tiếp
- Song song

8.4. BÀI TẬP VÀ HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP

8-1. Hai tụ điện có điện dung $C_1 = 4\mu\text{F}$ và $C_2 = 6\mu\text{F}$ mắc nối tiếp vào nguồn hiệu điện thế $U = 2000\text{V}$. Sau đó người ta tháo bỏ nguồn rồi mắc chúng song song với nhau. Tính độ biến thiên năng lượng của hệ tụ điện.

Đáp số: $\Delta W_e = 0,192\text{J}$

8.4.2. Tụ điện cầu gồm hai mặt cầu kim loại đồng tâm, khoảng cách giữa chúng rất nhỏ. Mặt cầu nhỏ bán kính R_1 , tích điện $+Q$, mặt cầu lớn bán kính R_2 , tích điện $-Q$. Tính điện dung của tụ cầu này.

Hướng dẫn:

Sử dụng các công thức $C = \frac{Q}{U}$, $E_s = -\frac{dv}{ds}$

và $E = 0$ khi $r < R_1$, $r > R_2$; $E = \frac{kQ}{\epsilon r^2}$ khi $R_1 < r < R_2$.

Đáp số: $C = \frac{\epsilon}{k} \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}$

8.4.3. Tụ điện trụ gồm hai mặt trụ kim loại đồng trục, chiều dài L , khoảng cách giữa chúng rất nhỏ. Mặt trụ nhỏ bán kính R_1 , tích điện $+Q$, mặt trụ lớn bán kính R_2 , tích điện $-Q$. Tính điện dung của tụ trụ này.

Hướng dẫn: Áp dụng kết quả của bài tập 7.6 để xác định cường độ điện trường trong khoảng $R_1 < r < R_2$, tức là $E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon r} = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0\epsilon Lr}$, còn $E = 0$ khi $r < R_1$ và $r > R_2$. Cách tính như bài tập 8-7.

Đáp số: $C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon L}{\ln(R_2/R_1)}$

CHƯƠNG 9 - ĐIỆN MÔI

9.1. MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU:

1. Mục đích: Khảo sát hiện tượng phân cực điện môi, tính toán điện trường trong chất điện môi và tìm hiểu tính chất của một số chất đặc biệt (các hiệu ứng áp điện thuận, ngược trong điện môi sécnhét).

2. Yêu cầu: Giải thích được hiện tượng phân cực điện môi, hiểu khái niệm vectơ phân cực điện môi và phương pháp tính điện trường trong chất điện môi. Biết các tính chất của điện môi sécnhét và phân biệt được sự khác nhau giữa hiệu ứng áp điện thuận với hiệu ứng áp điện nghịch.

9.2. TÓM TẮT NỘI DUNG

Điện môi là chất không có điện tích tự do nên không dẫn điện. Có hai loại chất điện môi: Điện môi có phân tử tự phân cực và điện môi có phân tử không phân cực. Khi đặt điện môi trong điện trường ngoài thì xảy ra hiện tượng phân cực điện môi: xuất hiện các điện tích phân cực (hay liên kết) định xứ trong khối điện môi. Vectơ phân cực điện môi \vec{P}_e đặc trưng cho mức độ phân cực của chất điện môi và hình chiếu của nó lên phương pháp tuyến của bề mặt giới hạn có độ lớn bằng mật độ điện tích phân cực của mặt giới hạn đó.

Độ lớn của điện trường trong lòng chất điện môi sẽ giảm đi ϵ lần so với điện trường ngoài E_0 hay điện trường trong một môi trường bất kì sẽ giảm đi ϵ lần so với cùng điện trường ấy nhưng trong chân không.

Đường sức điện trường bị gián đoạn khi đi qua mặt phân cách giữa hai lớp điện môi, còn đường cảm ứng điện thì không. Các chất điện môi Sécnhét có nhiều tính chất đặc biệt và các hiệu ứng áp điện thuận, áp điện nghịch đều có thể xảy ra trong chúng.

Các công thức cần nhớ

– Liên hệ giữa vectơ cường độ điện trường \vec{E} và vectơ cảm ứng điện \vec{D}

$$\vec{D} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E}$$

– Định lý O – G trong điện môi:

$$\epsilon_0 \oint_{(S)} \epsilon \vec{E} d\vec{S} = \sum_i q_i$$

– Vectơ phân cực điện môi $\vec{P}_e = \epsilon_0 \chi \vec{E}$ và $\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}_e$

– Liên hệ giữa \vec{P}_e và σ : $\sigma = P_{en} = \epsilon_0 \epsilon E_n$.

9.3. CÂU HỎI ÔN TẬP

9.3.1. Chứng minh rằng điện trường trong chất điện môi giảm đi ϵ lần so với trong chân không.

9.3.2. Hãy giải thích tại sao người ta dùng muối Sécnhét để chế tạo các tụ điện có điện dung rất lớn nhưng kích thước nhỏ gọn?

9.4. BÀI TẬP VÀ HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP

9.4.1. Một tụ điện phẳng không khí có $S = 100\text{cm}^2$, $d = 10\text{mm}$. Ta đưa tấm kim loại phẳng có bề dày $b = 8\text{mm}$ vào sao cho nó song song với hai bản cực của tụ điện.

a) Tính điện dung của hệ thống đó.

b) Thay tấm kim loại bằng một tấm điện môi có cùng kích thước và có hằng số điện môi $\epsilon = 5$. Tính điện dung của hệ thống mới.

Đáp số: a) $C_a = \frac{\epsilon_0 S}{d - b} = 44,25\text{pF}$

b) Xem hệ thống là ba tụ ghép nối tiếp $C_b = \frac{\epsilon_0 S}{d - b (1 - 1/\epsilon)} = 24,58\text{pF}$

9.4.2. Một tụ điện phẳng, hai bản cực cách nhau $d = 10\text{mm}$, và được lấp đầy bằng chất điện môi có $\epsilon = 4,5$. Muốn cho mật độ điện tích liên kết trên mặt điện môi là $6,2 \times 10^{-8}\text{C/m}^2$ thì cần phải đặt vào tụ điện một hiệu điện thế bằng bao nhiêu?

Đáp số: $U = \frac{\sigma d}{\epsilon_0(1 - 1/\epsilon)} = 90,1\text{V}$

9.4.3. Tụ điện phẳng không khí, khoảng cách hai bản cực $d = 10\text{mm}$, mật độ điện mặt $\sigma_1 = 0,666 \times 10^{-5}\text{C/m}^2$ và $\sigma_2 = 0,333 \times 10^{-5}\text{C/m}^2$. Ta đặt tấm điện môi có bề dày $a = 5\text{mm}$, hằng số điện môi $\epsilon = 2$ vào trong lòng tụ điện sao cho nó song song với các bản cực. Hãy tính hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện.

Đáp số: $U = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2\epsilon_0} [d - a(1 - \frac{1}{\epsilon})] = 1412\text{V}$

9.4.4. Giả sử có một tụ điện phẳng, diện tích mỗi bản cực là S , khoảng cách hai bản là d , đặt thẳng đứng trong không khí, được tích điện đến hiệu điện thế U_0 , rồi ngắt khỏi nguồn. Sau đó ta nâng bình đựng chất điện môi lỏng có hằng số điện môi ϵ từ dưới lên sao cho điện môi ngập đúng một nửa chiều cao

mỗi bản cực. Coi mặt phân cách giữa điện môi và không khí là phẳng và bỏ qua độ cong của đường sức tại mặt phân cách. Tính:

- Điện dung của tụ điện.
- Hiệu điện thế giữa hai bản cực.
- Cường độ điện trường trong phần không khí và điện môi.
- Điện tích trên mỗi phần và tổng điện tích của tụ điện.

e) Độ biến thiên năng lượng của tụ điện. Độ biến thiên này đã chuyển hoá thành dạng năng lượng nào?

Hướng dẫn: Xem hệ thống là hai tụ mắc song song với nhau.

Đáp số:

$$a) C = \frac{\epsilon_0 S}{2d} (1 + \epsilon)$$

$$b) U = \frac{2}{1 + \epsilon} U_0$$

$$c) E_1 = E_2 = \frac{U}{d} = \frac{2}{1 + \epsilon} \frac{U_0}{d} = \frac{2}{1 + \epsilon} E_0$$

$$d) Q_1 = C_1 U = \frac{\epsilon_0 \epsilon S U_0}{d(1 + \epsilon)}, Q_2 = C_2 V = \frac{\epsilon_0 \epsilon S U_0}{d(1 + \epsilon)}, Q_1 + Q_2 = Q = \frac{\epsilon_0 S U_0}{d}$$

$$e) \Delta W = W - W_0 = \frac{1}{2} C U^2 - \frac{1}{2} C_0 U_0^2 = \frac{\epsilon_0 S U_0^2}{2d} \frac{1 - \epsilon}{1 + \epsilon} < 0 \text{ (vì } \epsilon > 1).$$

(chuyển hoá thành nhiệt năng Jun – Lenx).

CHƯƠNG 10 - DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI

10.1. MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU:

1. Mục đích của chương này là nghiên cứu về dòng điện không đổi: xem xét bản chất của dòng điện, trình bày các đại lượng đặc trưng của dòng điện, khảo sát định luật Ohm, định luật Kirchhoff và giới thiệu khái niệm suất điện động của nguồn điện.

2. Học xong chương này, yêu cầu đối với người học là nắm vững các định nghĩa về cường độ dòng điện, vectơ mật độ dòng điện; hiểu và vận dụng tốt các công thức của định luật Ohm, định luật Kirchhoff để giải các bài toán về mạch điện một chiều.

10.2. TÓM TẮT NỘI DUNG

Dưới tác dụng của điện trường các điện tích sẽ chuyển động có hướng và tạo thành dòng điện. Chiều của dòng điện được quy ước là chuyển động của các điện tích dương. Đặc trưng cho độ mạnh của dòng điện qua một tiết diện nào đó của môi trường dẫn người ta dùng đại lượng cường độ dòng điện $i = dq/dt$; đặc trưng cho độ mạnh và phương chiều dòng điện tại một điểm nào đó là vectơ mật độ dòng điện \vec{j} với $j = dI/dS_n$. Để duy trì được dòng điện trong mạch điện cần phải có nguồn điện với suất điện động là đại lượng đặc trưng của nó. Suất điện động của nguồn điện đặc trưng cho khả năng sinh công của trường lạ tồn tại trong nguồn. Để giải các bài toán về dòng không đổi ta có thể sử dụng các định luật Ohm (cho đoạn mạch thuần trở, cho đoạn mạch có nguồn điện) hoặc định luật Kirchhoff (cho nút hoặc cho vòng kín).

Các công thức quan trọng:

- ❖ Cường độ dòng điện qua một mặt S: $I = \int_S \vec{j} \cdot d\vec{s}$
- ❖ Vectơ mật độ dòng điện do hai loại hạt tải điện tạo nên:
- ❖ $\vec{j} = n_{01}q_1\vec{v}_1 + n_{02}q_2\vec{v}_2$
- ❖ Suất điện động của một nguồn điện: $\xi = \oint_{(c)} \vec{E} \cdot d\vec{s}$
- ❖ Định luật Ohm:
 - Cho đoạn mạch: $I = \frac{U}{R}$
 - Cho đoạn mạch có nguồn: $U_{AB} = \pm I(R + r) \pm \xi$.

▪ Dạng vi phân: $\vec{j} = \sigma \vec{E}$

❖ Định luật Kirchhoff

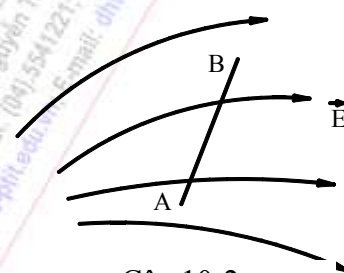
▪ Cho nút: $\sum_i I_i = \sum_j I_j$

▪ Cho vòng kín: $\sum_i I_i R_i = \sum_j \xi_j$

10.3. CÂU HỎI ÔN TẬP

10.3.1. Con chim nhỏ đậu trên dây điện cao thế mà không bị giật. Vì sao?

10.3.2. Đặt đoạn dây dẫn AB vào điện trường không đổi như hình bên. Rõ ràng là $V_A > V_B$ và $V_A - V_B = \text{const} > 0$. Như vậy, theo định luật Ohm phải tồn tại một dòng điện không đổi chạy từ A đến B. Điều đó có xảy ra không? Tại sao?



Câu 10-2

10.3.3. Chuỗi đèn trang trí gồm nhiều bóng đèn pin mắc nối tiếp sao cho mỗi bóng chịu một hiệu điện thế 3V (và cả chuỗi được mắc vào hiệu điện thế 220VAC chẳng hạn). Khi một bóng bị hỏng, bạn tháo nó ra khỏi ổ gài (đui đèn) và nên chạm tay vào hai cực của ổ gài thì điện bị giật rất mạnh (nguy hiểm, đừng chạm vào!). Tại sao?

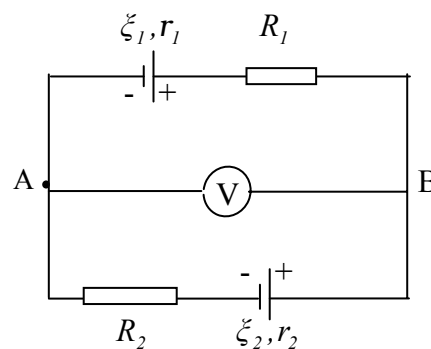
10.3.4. Dây kim loại đồng chất, điện trở suất $\rho = 1,6 \times 10^{-8} \Omega \text{m}$, tiết diện đều $S = 10 \text{mm}^2$, mật độ electron tự do $n_0 = 2.10^{28} / \text{cm}^3$. Cho dòng điện có cường độ $I = 1,6 \text{A}$ chạy qua dây. Hãy tính:

- Số lượng electron đi qua tiết diện dây trong một giây.
- Độ lớn mật độ dòng điện.
- Điện trở của mỗi mét chiều dài của dây.
- Vận tốc trung bình có hướng của các electron tự do.

Đáp số:

- 10^{19} ;
- $j = 1,6 \cdot 10^5 \text{A/m}^2$;
- $R = 0,0016 \Omega$;
- $\bar{v} = 0,05 \text{mm/s}$.

10.3.5. Mạch điện như hình vẽ, biết $\xi_1 = 3 \text{V}$, $\xi_2 = 6 \text{V}$, $r_1 = r_2 = 1 \Omega$, $R_1 = R_2 = 5 \Omega$, điện trở vôn kế vô cùng lớn. Hãy cho biết số chỉ của vôn kế.



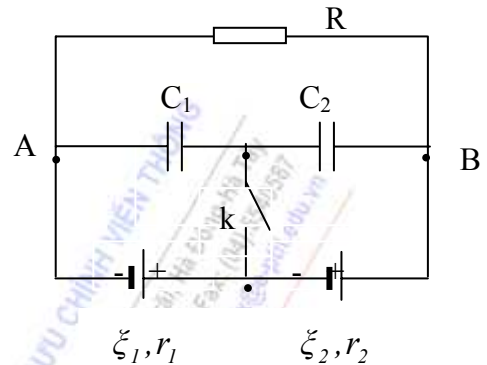
Bài 10.5

Hướng dẫn: Dùng định luật Kirchhoff cho vòng kín xác định dòng điện chạy trong mạch (độ lớn và chiều). Sau đó dùng định luật Ohm cho đoạn mạch có nguồn để tính. $U_{BA} = 4,5V$.

10.3.6. Cho mạch điện như hình vẽ, biết $\xi_1 = \xi_2 = 1,5V$; $r_1 = 0,2\Omega$; $r_2 = 0,3\Omega$; $C_1 = 0,3 \mu F$; $C_2 = 0,6\mu F$; $R = 0,5\Omega$

a) Khoá K mở, tính cường độ dòng điện qua R và điện tích Q_1 , Q_2 ở mỗi tụ điện.

b) Đóng khoá K lại, tính điện lượng chuyển qua khoá K.



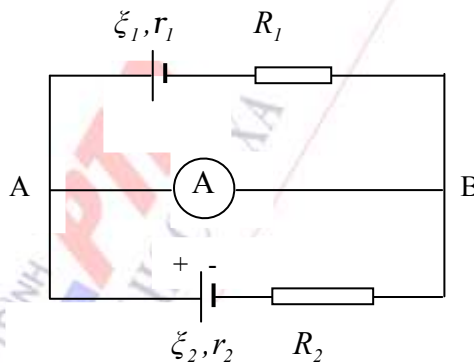
Đáp số: a) $I = 3A$; $Q_1 = Q_2 = 0,3 \cdot 10^{-6}C$;

b) $\Delta q = 0,18 \cdot 10^{-6}C$.

Bài tập 10-6

10.3.7. Cho mạch điện như hình vẽ, biết $\xi_1 = 3V$, $\xi_2 = 6V$, $r_1 = r_2 = 1\Omega$, $R_1 = R_2 = 5\Omega$, điện trở ampe kế A không đáng kể, bỏ qua điện trở của dây nối. Hãy cho biết số chỉ của ampe kế.

Đáp số: $I_A = 1,5A$



Bài tập 10-7

CHƯƠNG 11 - TỪ TRƯỜNG CỦA DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI

11.1. MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU:

Sau nghiên cứu chương này, yêu cầu sinh viên:

1. Hiểu được và nhớ các định luật: Ampère, Biot-Savart-Laplace, các định lý: Ostrogradski-Gaux về từ thông qua mặt kín, định lý Ampère về dòng điện toàn phần.

2. Vận dụng được các định lý và định luật trên để tính được từ trường gây bởi: dòng điện thẳng, dòng điện tròn, cuộn dây hình xuyên, cuộn dây thẳng dài, khung dây điện kín...

3. Xác định được từ trường gây bởi hạt điện chuyển động và lực Lorentz tác dụng lên hạt điện chuyển động trong từ trường.

11.2. TÓM TẮT NỘI DUNG

1. Thực nghiệm xác nhận có lực tương tác giữa các dòng điện tương tự như tương tác giữa các nam châm. Lực này được gọi là từ lực.

Ampère đã đưa ra định luật thực nghiệm: lực từ $d\vec{F}$ do phần tử dòng $I d\vec{l}$ tác dụng lên phần tử dòng $I_0 d\vec{l}_0$ cách nó một khoảng r được xác định bởi tích vector kép (11-3):

$$d\vec{F} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \frac{I_0 d\vec{l}_0 \wedge (I d\vec{l} \wedge \vec{r})}{r^3} \quad (1)$$

trong đó, μ_0 là hằng số từ: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{H/m}$.

2. Dòng điện gây ra xung quanh nó một từ trường, từ trường truyền lực tương tác giữa các dòng điện, nó tác dụng lên bất kỳ dòng điện nào đặt trong nó. Đại lượng đặc trưng cho từ trường về mặt tác dụng lực là vector cảm ứng từ \vec{B} và cường độ từ trường \vec{H} .

Phần tử dòng điện $I d\vec{l}$ gây ra vector cảm ứng từ $d\vec{B}$ tại điểm M cách nó một đoạn r được xác định bởi định luật Biot-Savart-Laplace (11-6):

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \cdot \frac{I d\vec{l} \wedge \vec{r}}{r^3} \quad (2)$$

Như vậy, lực do phần tử dòng $I d\vec{l}$ tác dụng lên phần tử dòng $I_0 d\vec{l}_0$ biểu diễn qua cảm ứng từ là:

$$d\vec{F} = I_0 d\vec{l}_0 \wedge d\vec{B} \quad (3)$$

Người ta còn đưa ra vectơ cường độ từ trường \vec{H} để đặc trưng cho tác dụng của từ trường, trong trường hợp môi trường đồng nhất và đẳng hướng, liên hệ với vectơ \vec{B} theo biểu thức: $\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}$

3. Từ trường tuân theo nguyên lý chồng chất: $\vec{B} = \int_{(L)} d\vec{B}$

hay
$$\vec{B} = \sum_i \vec{B}_i$$

Từ công thức (2), ta tìm được độ lớn của vectơ cảm ứng từ \vec{B} gây bởi một đoạn dây dẫn điện thẳng có dòng điện I tại điểm cách nó một đoạn a bằng:

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi a} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$$

Nếu dòng điện thẳng dài vô hạn thì

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{2\pi a} \quad \text{suy ra} \quad H = \frac{I}{2\pi a}$$

Cũng từ (2) ta tính được cảm ứng từ do dòng điện tròn cường độ I bán kính R gây ra tại điểm nằm trên trục cách tâm O một khoảng h (11-17):

$$\vec{B} = \frac{\mu \cdot \mu_0 I \cdot \vec{S}}{2\pi(R^2 + h^2)^{3/2}} = \frac{\mu \cdot \mu_0}{2\pi(R^2 + h^2)^{3/2}} \cdot \vec{p}_m$$

trong đó $\vec{p}_m = I\vec{S}$ là mômen từ của dòng điện tròn, có phương trùng với trục đường tròn, có chiều trùng với chiều của vectơ \vec{B} . Nếu cho $h=0$, ta tìm được cảm ứng từ \vec{B} gây bởi dòng điện tròn tại tâm O .

4. Từ (2), nếu chú ý đến mối liên hệ $I d\vec{l} = nq\vec{v}$, với n là tổng số hạt điện trong phần tử dòng $I d\vec{l}$ ta dễ dàng tìm được vectơ cảm ứng từ do hạt điện q chuyển động với vận tốc v gây ra tại điểm cách nó một đoạn r (11-19):

$$\vec{B}_q = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{q\vec{v} \wedge \vec{r}}{r^3}$$

5. Để biểu diễn từ trường một cách trực quan, người ta đưa ra khái niệm đường sức từ trường (đường cảm ứng từ). Khác với đường sức của trường tĩnh điện, đường sức từ là những đường cong kín. Do đó từ thông qua mặt kín S bằng không:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0 \quad \text{và suy ra} \quad \text{div} \vec{B} = 0.$$

Đó là định lý O-G đối với từ trường. Định lý cho thấy các đường sức từ là những đường cong kín.

6. Tính chất xoáy của từ trường còn được thể hiện ở định lý về dòng điện toàn phần (định lý Ampère) (11-32):

$$\oint_{(C)} \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum_{k=1}^n I_k$$

trong đó, $\sum_{k=1}^n I_k$ là tổng đại số các dòng điện xuyên qua diện tích giới hạn bởi đường cong kín C. Định lý Ampère giúp tính toán thuận lợi cảm ứng từ B và cường độ từ trường H tại một điểm bên trong ống dây điện hình xuyên:

$$B = \mu_0 \mu \frac{nI}{2\pi R}$$

trong đó, n là tổng số vòng dây quấn trên ống, R là bán kính của vòng tròn tâm O của vòng xuyên đi qua điểm tính B .

Từ đó ta tính được cảm ứng từ gây bởi ống dây thẳng dài vô hạn có số vòng dây trên một đơn vị dài n_0 :

$$B = \mu_0 \mu n_0 I$$

7. Từ biểu thức (3) ta suy ra lực từ $d\vec{F}$ tác dụng lên phần tử dòng $I d\vec{l}$ đặt trong từ trường có cảm ứng từ \vec{B} :

$$d\vec{F} = I d\vec{l} \wedge \vec{B}$$

Ta suy ra một đoạn dây dẫn dài l có dòng điện I đặt trong từ trường có cảm ứng từ B (trên l vector $\vec{B} = \text{const}$) sẽ chịu tác dụng một lực từ:

$$\vec{F} = I \vec{l} \wedge \vec{B}$$

Đó là lực Ampère. Từ đó ta suy ra hai dòng điện I_1, I_2 song song nhau sẽ hút nhau nếu cùng chiều, sẽ đẩy nhau nếu ngược chiều. Lực do dòng điện này tác dụng lên một đoạn dài l của dòng điện kia là (11-39):

$$F_{21} = \frac{\mu_0 \mu}{2\pi d} I_1 I_2 l = F_{12}$$

8. Một khung dây điện kín có dòng điện I đặt trong từ trường B sẽ chịu tác dụng của một mômen lực \vec{M} (11-40):

$$\vec{M} = \vec{P}_m \wedge \vec{B}$$

trong đó, $\vec{P}_m = I \vec{S}$ là mômen từ của của dòng điện I chạy trong khung dây.

Khung dây như vậy ở trong từ trường B sẽ có một thế năng:

$$W_m = -\vec{P}_m \cdot \vec{B}$$

9. Khi từ thông qua mạch điện thay đổi, lực từ thực hiện một công:

$$A = I(\phi_{m2} - \phi_{m1}) = I \Delta \phi_m,$$

trong đó, $\Delta \phi_m$ là độ biến thiên từ thông gửi qua diện tích của mạch điện có cường độ dòng I không đổi.

10. Nếu hạt điện q chuyển động trong từ trường \vec{B} với vận tốc v sẽ chịu tác dụng của lực Lorentz:

$$\vec{F}_L = q \vec{v} \wedge \vec{B}$$

Lực Lorentz \vec{F}_L vuông góc với \vec{v} và \vec{B} , nên công của lực này bằng không, nó chỉ làm đổi phương chuyển động của hạt điện, không làm cho động năng của hạt điện thay đổi và đóng vai trò của lực hướng tâm. Nếu từ trường là đều và vận tốc \vec{v} vuông góc với \vec{B} thì hạt điện sẽ chuyển động theo quỹ đạo tròn trong mặt phẳng vuông góc với \vec{B} , còn nếu \vec{v} hợp với \vec{B} một góc α thì hạt điện sẽ chuyển động theo đường xoắn ốc có trục cùng phương với \vec{B} , cùng chiều với \vec{B} nếu α là góc nhọn, ngược chiều với \vec{B} nếu α là góc tù.

11.3. CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Nêu thí nghiệm để minh họa tương tác giữa dòng điện và nam châm, giữa dòng điện và dòng điện.
2. Phát biểu định luật Ampère, viết biểu thức $d\vec{B}$ gây bởi phần tử dòng $Id\vec{l}$ tại một điểm trong từ trường của nó. Nêu rõ phương chiều và độ lớn của $d\vec{B}$.
3. Phát biểu nguyên lý chồng chất từ trường. Áp dụng nguyên lý này như thế nào để tính từ trường gây bởi các dòng điện.
4. Tính cảm ứng từ B và cường độ từ trường H gây bởi dòng điện thẳng nói chung, dòng điện thẳng dài vô hạn, bởi dòng điện tròn.
5. Xác định cảm ứng từ B gây bởi điện tích q chuyển động với vận tốc v.
6. Định nghĩa đường sức từ và từ phổ. Nêu tính chất của phổ đường sức từ. Vẽ phổ các đường sức của từ trường gây bởi một vài dòng điện.
7. Định nghĩa từ thông, rút ra định lý O-G đối với từ trường.
8. Tại sao nói từ trường có tính chất xoáy? Viết biểu thức toán học thể hiện tính chất xoáy của từ trường.
9. Định nghĩa lưu số của vector cường độ từ trường \vec{H} . Thiết lập định lý Ampère. Cho ví dụ minh họa định lý này.
10. Ứng dụng định lý Ampère về dòng điện toàn phần để tính cường độ từ trường H (và tính B) tại một điểm bên trong cuộn dây hình xuyên. Từ đó suy ra biểu thức của cường độ từ trường H và cảm ứng từ B gây bởi ống dây điện thẳng dài vô hạn.
11. Viết biểu thức lực Ampère của từ trường B tác dụng lên phần tử dòng điện $Id\vec{l}$. Nêu rõ phương chiều độ lớn của lực này.
12. Tìm lực tác dụng giữa hai dòng điện thẳng song song dài vô hạn cùng chiều và ngược chiều nhau.
13. Tính công của từ lực khi làm di chuyển một mạch điện kín trong từ trường.
14. Tìm từ lực tác dụng lên hạt điện q chuyển động trong từ trường (lực Lorentz).

15. Hạt điện q chuyển động với vận tốc v có quỹ đạo như thế nào trong từ trường $\vec{B} = \text{const}$? Xét trường hợp $\vec{v} \perp \vec{B}$, và trường hợp \vec{v} hợp với \vec{B} một góc α .

11.4. BÀI TẬP VÀ HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP

1. Một dòng điện cường độ $I = 6\text{A}$ chạy trong một dây dẫn điện uốn thành hình vuông ABCD có cạnh $a = 10\text{cm}$. Xác định vectơ cảm ứng từ \vec{B} và cường độ từ trường \vec{H} tại tâm O của mạch điện đó. Chiều dòng điện ngược chiều kim đồng hồ.

Đáp số: $B_1 = \frac{\mu_0 \mu I}{4\pi \cdot OM} (\sin \beta + \sin \alpha)$; Trong đó: $OM = a/2$

$$B_1 = \frac{10^{-7} \cdot 6}{5 \cdot 10^{-2}} \left(\sin \frac{\pi}{4} + \sin \frac{\pi}{4} \right) = 1,69 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

Vậy $B = 4B_1 = 6,67 \cdot 10^{-5} \text{ T}$

Và $H = \frac{B}{\mu_0 \mu} = \frac{6,67 \cdot 10^{-5}}{10^{-7} \cdot 4\pi} = 53,50 \text{ A / m}$.

2. Một dây dẫn đường kính $d = 1\text{mm}$ quấn thành một ống dây thẳng sao cho vectơ cảm ứng từ \vec{B} ở trong ống có giá trị bằng $3 \cdot 10^{-2} \text{ T}$. Cường độ dòng điện chạy trong ống dây bằng 6A . Cuộn dây có mấy lớp, biết rằng các vòng dây quấn sát nhau.

Đáp số: Áp dụng công thức: $B = \mu_0 \mu n_0 I$

Trong đó n_0 là số vòng quấn trên một đơn vị dài (tức là số vòng quấn trên một độ dài của ống dây bằng 1 m).

Từ công thức trên, ta rút ra: $n_0 = \frac{B}{\mu_0 \mu I} = \frac{3 \cdot 10^{-2}}{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 6} = 4000 \text{ vòng / m}$

Nếu đường kính d của sợi dây là 10^{-3} m thì mỗi lớp trên 1 m sẽ có:

$$\frac{1}{d} = \frac{1}{10^{-3}} = 10^3 \text{ vòng}$$

Vậy số lớp phải quấn là: $\frac{4000}{1000} = 4 \text{ lớp}$

3. Một dây dẫn được uốn thành một hình tam giác đều, mỗi cạnh là $a = 50\text{cm}$. Dòng điện chạy trong dây dẫn đó có cường độ $I = 3,14 \text{ A}$. Tính cường độ của vectơ cảm ứng từ \vec{B} và cường độ từ trường \vec{H} tại tâm của tam giác đó.

Đáp số: $B = 1,13 \cdot 10^{-5} \text{ T}$; $H = 9 \text{ A/m}$.

4. Một dòng điện cường độ I chạy trong một dây dẫn uốn thành hình chữ nhật có cạnh là a và b . Xác định các vectơ \vec{B} và \vec{H} tại tâm O của hình chữ nhật

đó. Cho biết $I=12A$, $a=16cm$, $b = 30cm$. Chiều dòng điện ngược chiều kim đồng hồ.

Đáp số:
$$B = \frac{2\mu_0 \mu I}{2ab} (b^2 + a^2) = 68.10^{-6} T$$

Chiều của \vec{B} và \vec{H} vuông góc với mặt hình vẽ và hướng ra phía ngoài.

5. Cho hai dòng điện thẳng dài vô hạn song song với nhau đặt cách nhau 5cm, cường độ của hai dòng điện đó bằng nhau và bằng $I=10A$. Xác định vector cảm ứng từ \vec{B} gây bởi các dòng điện đó tại một điểm A nằm giữa hai dòng điện trong các trường hợp:

- a) Các dòng điện chạy cùng chiều.
- b) Các dòng điện chạy ngược chiều nhau.

Đáp số: a) $B=0$; b) $B=1,6.10^{-4} T$.

6. Một ống dây điện thẳng được quấn bằng một sợi dây dẫn đường kính $d=1mm$, dòng điện chạy trong dây dẫn là 4A. Số lớp quấn trên ống dây là 3 lớp. Tính số vòng dây quấn trên một đơn vị dài của ống. Tính cường độ của vector cảm ứng từ \vec{B} và cường độ từ trường \vec{H} ở bên trong ống.

Đáp số: $n = 3000$ vòng/m; $B= 150,8.10^{-4} T$; $H=12000A/m$

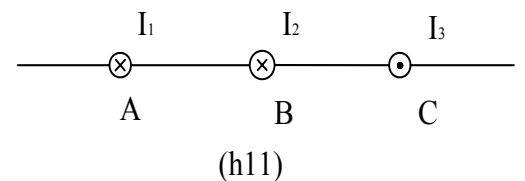
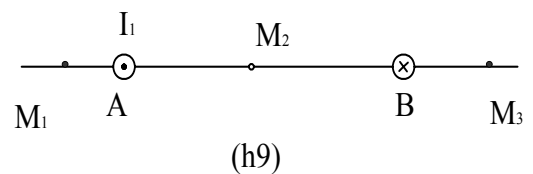
7. Tìm cường độ từ trường tại một điểm cách một dây dẫn thẳng dài vô hạn 2cm có dòng điện cường độ $I=5A$.

Đáp số:
$$H = \frac{I}{2\pi a} = \frac{5}{2.3,14.2.10^{-2}} = 39,8 A/m$$

8. Tìm cường độ từ trường tại tâm một dòng điện tròn bán kính 1cm có dòng điện cường độ bằng 1A.

Đáp số:
$$H = \frac{I}{2R} = \frac{1}{2.10^{-2}} = 50 A/m$$

9. Hình vẽ (h 9) biểu diễn tiết diện của hai dây dẫn điện thẳng dài vô hạn có mang dòng điện I_1, I_2 . Khoảng cách giữa hai dây dẫn bằng 10cm, $I_1=20A$, $I_2=30A$. Tìm cường độ từ trường gây bởi các dòng I_1 và I_2 tại các điểm M_1, M_2, M_3 . Cho biết $AM_1=2cm$, $AM_2=4cm$, $BM_3=3cm$.



Đáp số: $H_1=120 A/m$; $H_2=159A/m$; $H_3=135 A/m$.

10. Giải bài tập trên, với điều kiện các dòng điện I_1 và I_2 chạy cùng chiều.

Đáp số: $H_1=199A/m$; $H_2=0A/m$; $H_3=183 A/m$.

11. Hình vẽ (h11) biểu diễn tiết diện của ba dòng điện thẳng dài vô hạn.

Cho biết: $AB = BC = 5\text{cm}$, $I_1 = I_2 = I$ và $I_3 = 2I$. Tìm một điểm trên AC tại đó cường độ từ trường gây bởi ba dòng điện bằng không.

Đáp số: Rõ ràng là trên đoạn BC, từ trường tổng hợp gây bởi ba dòng điện không thể bằng không vì tại đó cả ba từ trường $\vec{H}_1, \vec{H}_2, \vec{H}_3$ đều cùng phương chiều. Điểm M cần tìm chỉ có thể nằm trong đoạn AB. Đặt $AM=x$. Ta viết được:

$$H_1 - H_2 + H_3 = 0; \quad \frac{I}{2\pi x} - \frac{I}{2\pi(5-x)} + \frac{2I}{2\pi(10-x)} = 0$$

Phép tính cho ta: $x = \frac{50}{15} = 3,3\text{cm}$

12. Cũng bài toán trên, nếu cả ba dòng điện I_1, I_2, I_3 đều cùng chiều.

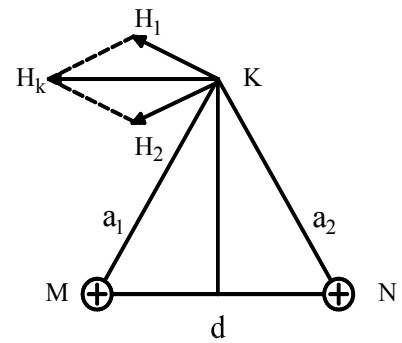
Đáp số: Trong trường hợp này, điểm N cần tìm không thể nằm ngoài đoạn AC vì khi đó $\vec{H}_1 + \vec{H}_2 + \vec{H}_3$ luôn luôn khác không. Điểm N cần tìm chỉ có thể nằm trên đường thẳng AC ở trong các khoảng AB hoặc BC. Đặt $AN=x$, ta viết được:

$$\vec{H}_1 + \vec{H}_2 + \vec{H}_3 = 0, \quad |H_1| = H_2 + H_3$$

$$\frac{I}{2\pi x} = \frac{I}{2\pi(5-x)} + \frac{2I}{2\pi(10-x)}$$

Ta thu được một phương trình bậc hai cho x, và có nghiệm bằng: $x_1 = 1,8\text{cm}$; $x_2 = 6,96\text{cm}$.

13. Hai dòng điện thẳng dài vô hạn song song đặt cách nhau 5cm. Dòng điện chạy trong các dây cùng chiều và có cùng cường độ $I_1 = I_2 = 10\text{A}$. Tìm vectơ cường độ từ trường gây bởi hai dòng điện tại điểm K cách đều mỗi dòng 3cm (Hình 11-13bt).



Hình 11-13bt

Đáp số:

$$H^2 = H_1^2 + H_2^2 + 2H_1H_2\cos\alpha \quad (1)$$

Trong đó:

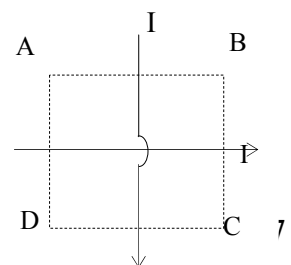
$$H_1 = H_2 = I/2\pi a \quad (2)$$

$$d^2 = a_1^2 + a_2^2 - 2a_1a_2\cos\alpha = 2a^2 - 2a^2\cos\alpha \quad (3)$$

Rút $\cos\alpha$ từ (3) và H_1, H_2 từ (2) và thay vào (1), ta được:

$$H = \frac{I}{2\pi a^2} \sqrt{4a^2 - d^2} = 58,68 \text{ A/m}$$

14. Cho hai dòng điện dài vô hạn nằm trong cùng một mặt phẳng và vuông góc với nhau. Cường độ hai dòng



Hình 11-14bt

điện đều bằng 5A và có chiều như hình vẽ 11-14bt. Tìm cường độ từ trường \vec{H} gây bởi hai dòng điện tại các điểm cách đều hai dòng 10cm .

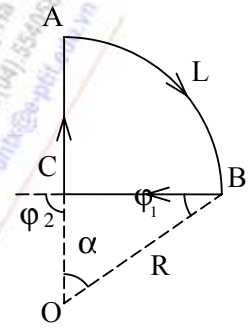
Đáp số: $H_B = H_1 + H_2 = 2 \frac{I}{2\pi a} = \frac{2 \cdot 5}{2 \cdot 3,14 \cdot 10^{-1}} = 15,92 \text{ A/m}$

Từ trường tại D có phương vuông góc với mặt phẳng hình vẽ và có chiều hướng vào phía trong hình vẽ, có độ lớn bằng:

$H_D = 15,92 \text{ A/m}, H_C = H_A = 0$

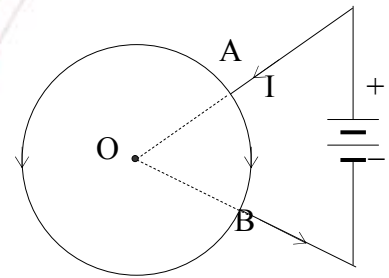
15. Có mạch điện như hình vẽ (Hình 11-15bt), dòng điện chạy trong mạch bằng $I = 10 \text{ A}$. Xác định cảm ứng từ B tại điểm O. Cho biết bán kính R của cung tròn bằng $R = 10 \text{ cm}$ và góc $\alpha = 60^\circ$.

Đáp số: $B = \left(\frac{\sqrt{3}}{4\pi} - \frac{1}{12} \right) \frac{\mu_0 I}{R} = 6,9 \cdot 10^{-6} \text{ T} = 6,9 \mu \text{ T}$



Hình 11-15bt

16. Người ta nối hai điểm A và B của một vòng dây dẫn hình tròn với hai cực của một nguồn điện. Phương của các dây nối đi qua tâm của vòng dây. Bỏ qua ảnh hưởng của các đoạn dây nối. Xác định cường độ từ trường tại tâm của vòng dây (Hình 11-16bt).



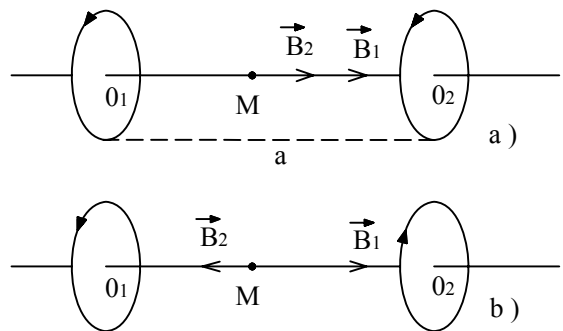
Hình 11-16bt

Đáp số: $H_0 = 0$.

17. Hai vòng dây dẫn tròn có tâm trùng nhau và được đặt sao cho trục của chúng vuông góc với nhau, bán kính mỗi vòng dây bằng $R = 2 \text{ cm}$. Dòng điện chạy qua chúng có cường độ $I_1 = I_2 = 5 \text{ A}$. Tìm cường độ từ trường tại tâm của các vòng dây đó.

Đáp số: $H = \sqrt{H_1^2 + H_2^2} = 176 \text{ A/m}$.

18. Hai vòng dây giống nhau bán kính $r = 10 \text{ cm}$ được đặt song song, trục trùng nhau và mặt phẳng của chúng cách nhau một đoạn $a = 20 \text{ cm}$ (hình 11-18bt). Tính cảm ứng từ tại tâm mỗi vòng dây và tại điểm giữa của đoạn thẳng nối tâm của chúng trong hai trường hợp:



Hình. 18bt

a) Các dòng điện chạy trên các vòng dây bằng nhau và cùng chiều.

b) Các dòng điện chạy trên các vòng dây bằng nhau và ngược chiều.

Đáp số: a) Trường hợp các dòng điện cùng chiều: Tại một điểm bất kỳ trên trục vòng dây, ta có:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2} \left[\frac{R^2}{(R^2 + h^2)^{3/2}} + \frac{R^2}{[R^2 + (a-h)^2]^{3/2}} \right]$$

Từ đó suy ra tại $O_1, h=0$; tại $O_2, h=a$.

$$B_{o1} = B_{o2} = \frac{\mu_0 I}{2} \left[\frac{1}{R} - \frac{R^2}{[R^2 + a^2]^{3/2}} \right] = 2,1 \cdot 10^{-5} T$$

Tại M, $h=a/2$ ta có: $B_M = \frac{\mu_0 I}{2} \cdot \frac{R^2}{(R^2 + a^2)^{3/2}} = 1,35 \cdot 10^{-5} T$

b) Trường hợp các dòng điện ngược chiều: Tại một điểm bất kỳ trên vòng dây, ta có:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2} \left[\frac{R^2}{(R^2 + h^2)^{3/2}} - \frac{R^2}{[R^2 + (a-h)^2]^{3/2}} \right]$$

Từ đó suy ra: Tại $O_1, h=0$, $B_{o1} = \frac{\mu_0 I}{2} \left[\frac{1}{R} - \frac{R^2}{[R^2 + a^2]^{3/2}} \right] = 1,7 \cdot 10^{-5} T$

\vec{B}_{o1} hướng cùng chiều với \vec{B}_1 . Tại $o_2, h=a$, \vec{B}_{o2} hướng cùng chiều với \vec{B}_2 .

Tại M, $h=a/2$, $B_M=0$.

19. Xác định cường độ điện trường tại các điểm nằm ở bên trong và bên ngoài một dây dẫn hình trụ đặc dài vô hạn có dòng điện cường độ I chạy qua. Cho biết bán kính tiết diện thẳng của hình trụ là R .

Đáp số: $H = \left(\frac{I}{2\pi R^2} \right) r$. (H tỷ lệ bậc nhất với r), Với $0 < r < R$

$H = \frac{I}{2\pi r}$ (H tỷ lệ nghịch với r), Với: $r > R$.

20. Tìm cường độ từ trường H gây bởi một đoạn AB của dây dẫn thẳng mang dòng điện tại một điểm C nằm trên đường trung trực của AB, Cách AB một đoạn $a=5\text{cm}$. Dòng điện có cường độ $I=20\text{A}$. Đoạn AB được nhìn từ điểm C dưới góc 60° .

Đáp số:

Gọi M là trung điểm của đoạn AB, gọi góc φ là góc $\varphi = \widehat{ACM} = \widehat{BCM} = 30^\circ$.

Ta có: $H_c = \frac{I}{4\pi a} (\sin \varphi + \sin \varphi) = \frac{20 \cdot \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \right]}{4,314 \cdot 5 \cdot 10^{-2}} = 31,8 A/m$.

21. Cho một ống dây điện thẳng dài 30cm gồm 1000 vòng dây. Tìm cường độ từ trường trong ống dây, nếu cường độ dòng điện chạy qua ống dây bằng 2A. Coi đường kính ống dây rất nhỏ so với độ dài của ống.

Đáp số: $H = n_0 I = \frac{1000}{3 \cdot 10^{-1}} \cdot 2 = \frac{2 \cdot 10^4}{3} = 6670 A/m.$

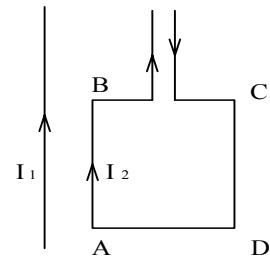
22. Dây dẫn của ống dây điện thẳng có đường kính bằng 0,8 mm. Các vòng dây được quấn sát nhau. Coi ống dây rất dài. Tìm cường độ từ trường bên trong ống dây, nếu cường độ dòng điện chạy qua ống dây bằng 1A.

Đáp số: $H = n_0 I = \frac{1000}{0,8} \cdot 1 = \frac{2 \cdot 10^4}{3} = 1250 A/m.$

23. Một ống dây điện dài khi dòng điện chạy qua trong cuộn bằng 0,3A thì gây ra trên trục của ống một từ trường có cảm ứng từ $B = 3,15 \cdot 10^{-3} T$. Tìm đường kính d của sợi dây điện quấn quanh ống, cho biết ống dây được quấn một lớp và các vòng dây quấn sát nhau. Ống dây không có lõi.

Đáp số: $d = \frac{\mu_0 \mu I}{B} = \frac{1 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 0,5}{3,15 \cdot 10^{-3}} = 0,2 \cdot 10^{-3} m = 0,2 mm$

24. Một dòng điện thẳng dài vô hạn cường độ $I_1 = 10A$ đặt cạnh một khung dây điện uốn thành hình vuông mỗi cạnh dài $l = 40$ cm. Cạnh gần nhất của khung dây cách dây một khoảng bằng $a = 2cm$. Dòng điện I_2 chạy trong khung có cường độ $I_2 = 2,5$ A. Tính lực tác dụng của dòng điện thẳng dài vô hạn lên khung cho biết chiều dòng điện như hình vẽ (H.11-24bt).



Hình 11-24bt

Đáp số: $F = F_3 - F_4 = \frac{\mu_0 \mu}{2\pi} \left(\frac{l}{a} - \frac{l}{a+l} \right) I_1 I_2 l = \frac{\mu_0 \mu I_1 I_2 l^2}{2\pi(a+l)a} = 9,52 \cdot 10^{-5} N.$

Kết quả là khung bị hút về phía dòng điện I_1 .

25. Một dòng điện thẳng dài vô hạn cường độ I_1 đặt cạnh một khung dây dẫn uốn thành hình chữ nhật, cạnh ngắn là a , cạnh dài là b , cạnh này song song với dòng điện I_1 . Cạnh gần nhất của khung cách dòng điện một đoạn d có dòng điện ngược với I_1 . Tìm lực F tác dụng lên khung. Lực đó là lực đẩy hay lực hút. Cho biết dòng điện chạy trong khung là I_2 .

Đáp số: $F = \frac{\mu_0 \mu I_1 I_2 ab}{2\pi(a+d)d}$

26. Một dây dẫn thẳng dài 70 cm đặt trong một từ trường đều có $B = 0,1T$. Dây dẫn hợp với đường sức từ góc $\alpha = 30^\circ$. Tìm từ lực tác dụng lên dây dẫn khi cho dòng điện $I = 70$ A chạy qua.

Đáp số: $F = IlB \sin \alpha = 70 \cdot 0,7 \cdot \frac{1}{2} = 2,45 N$

27. Một hạt điện có vận tốc $v = 10^6$ m/s bay vào trong một từ trường đều có cảm ứng từ $B = 0,3$ T. Vận tốc của hạt vuông góc với các đường sức từ trường. Tìm bán kính R của vòng tròn quỹ đạo của hạt và chu kỳ quay của nó.

Đáp số: Vì vận tốc \vec{v} vuông góc với \vec{B} , lực Lozentz $\vec{F}_q = q\vec{v}\wedge\vec{B}$ giữ vai trò của lực hướng tâm $F_q = qvB = mv^2/R$. Do đó bán kính quỹ đạo R bằng:

$$R = \frac{mv}{qB} = \frac{6,64 \cdot 10^{-27} \cdot 10^6}{3,2 \cdot 10^{-19} \cdot 0,3} \cong 7 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Chu kỳ quay T bằng:
$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 7 \cdot 10^{-2}}{10^6} \cong 4 \cdot 10^{-7} \text{ s}$$

28. Một hạt electron có vận tốc 10^7 m/s bay song song với một dây dẫn thẳng mang dòng điện i và cách dòng điện một đoạn $d = 2$ mm. Tìm lực từ của dòng điện tác dụng lên electron, cho biết dòng điện chạy trong dây dẫn bằng 10A.

Đáp số:

Cảm ứng từ gây bởi dòng điện i tại một điểm cách dây một đoạn d bằng:

$B = \frac{\mu_0 \mu I}{2\pi d}$. Lực Lozentz tác dụng lên hạt electron chuyển động trong từ trường

bằng: $F_L = evB \sin \alpha$, ở đây $\alpha = \pi/2$. Ta có:

$$F_L = \frac{ev\mu\mu_0 i}{2\pi d} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^7 \cdot 4,3 \cdot 10^{-6} \cdot 10}{2 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 10^{-15} \text{ N.}$$

29. Một electron được tăng tốc bởi hiệu điện thế $U = 10^3$ V bay vào trong một từ trường đều vuông góc với phương chuyển động của nó. Cảm ứng từ $B = 1,19 \cdot 10^{-3}$ T. Tìm:

- Bán kính cong của quỹ đạo electron.
- Chu kỳ quay của electron trên vòng tròn.
- Mômen động lượng của electron đối với tâm quỹ đạo.

Đáp số:

a) Vận tốc của electron trước khi bay vào từ trường được xác định bằng hệ thức $eU = mv^2/2$. Lực Lorentz tác dụng lên hạt e giữ vai trò lực hướng tâm $mv^2/R = evB$. Từ đó rút ra:

$$R = \sqrt{\frac{2mU}{eB^2}} = 9 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

b) Chu kỳ quay không phụ thuộc vào vận tốc của electron

$$T = \frac{2\pi m}{eB} = 3 \cdot 10^{-8} \text{ s}$$

c) Mômen động lượng đối với tâm quỹ đạo bằng

$$L = I\omega = \frac{mR^2 \cdot v}{R} = mRv = 1,5 \cdot 10^{-24} \text{ kgm}^2 / \text{s}$$





HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

Km10 Đường Nguyễn Trãi, Hà Đông-Hà Tây
Tel: (04).5541221; Fax: (04).5540587
Website: <http://www.o-ptit.edu.vn>; E-mail: dhcx@o-ptit.edu.vn

CHƯƠNG 12 - HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

12.1. MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU:

Nghiên cứu xong chương này, yêu cầu sinh viên:

1. Hiểu và giải thích được các thí nghiệm về cảm ứng điện từ.
2. Thiết lập được biểu thức định luật cơ bản về cảm ứng điện từ. Nắm và vận dụng được định luật Lentz để xác định chiều của dòng điện cảm ứng.
3. Vận dụng được các định luật trên để giải thích các hiện tượng cảm ứng điện từ, hiện tượng tự cảm, hồ cảm trong thực tế và giải các bài tập.
4. Nắm được khái niệm và thiết lập công thức tính năng lượng của từ trường.

12.2. TÓM TẮT NỘI DUNG

1. Khi từ thông gửi qua một mạch điện kín biến đổi thì trong mạch sẽ xuất hiện một dòng điện cảm ứng. Chiều của dòng điện này được xác định theo định luật Lentz: “Dòng cảm ứng luôn có chiều sao cho từ trường của nó luôn chống lại những nguyên nhân đã sinh ra nó”. Suất điện động cảm ứng xuất hiện trong mạch được xác định bởi biểu thức (12-1): $\xi_c = -\frac{d\phi_m}{dt}$. Dấu trừ “-” thể hiện định luật Lentz.

Một khối vật dẫn đặt trong từ trường biến thiên, trong vật dẫn đó sẽ xuất hiện dòng điện cảm ứng. Dòng điện này được gọi là dòng Foucault, hay dòng điện xoáy. Dòng điện xoáy có vai trò quan trọng trong kỹ thuật.

2. Nếu nguyên nhân của sự biến thiên từ thông trong mạch lại do sự biến thiên dòng điện trong bản thân mạch gây ra thì dòng điện cảm ứng lúc đó được gọi là dòng *tự cảm*.

Suất điện động gây ra dòng tự cảm được gọi là *SĐĐ tự cảm*, nó được xác định bởi biểu thức (12-1):

$$\xi_c = -\frac{d\phi_m}{dt}$$

trong đó từ thông ϕ_m được xác định bởi (12-2) $\phi_m = L.I$, L được gọi là *hệ số tự cảm* của mạch điện, nó phụ thuộc vào hình dạng, kích thước của mạch điện, vào tính chất của môi trường bao quanh mạch. Do đó:

$$\xi_{tc} = -\frac{d(L.I)}{dt}$$

Trong trường hợp $L = \text{const}$, ta có:

$$\xi_{ic} = -L \frac{dI}{dt}$$

Hiện tượng tự cảm có nhiều ứng dụng trong kỹ thuật: Dùng để tô bề mặt kim loại; Khi có dòng điện cao tần chạy trong một dây dẫn, dòng điện gần như chỉ tập trung ở bề mặt dây dẫn, do đó để tiết kiệm, người ta dùng dây dẫn rỗng.

3. Với hai vòng dây dẫn đặt gần nhau, nếu dòng điện trong chúng biến thiên theo thời gian thì giữa chúng có sự cảm ứng lẫn nhau, đó là hiện tượng hồ cảm. Suất điện động hồ cảm xuất hiện trong các mạch đó được xác định theo (12-10) và (12-11):

trong mạch (C_2) là:

$$\xi_{hc2} = - \frac{d\phi_{m12}}{dt} = -M \frac{dI_1}{dt}$$

và trong (C_1) là:

$$\xi_{hc1} = - \frac{d\phi_{m21}}{dt} = -M \frac{dI_2}{dt}$$

trong đó, M được gọi là hệ số hồ cảm giữa hai mạch, có cùng đơn vị với hệ số tự cảm L và do đó cũng được tính bằng đơn vị Henry (H).

4. Cuộn dây điện thẳng dài có dòng điện I có năng lượng (12-12): $W_m = \frac{1}{2}LI^2$; Năng lượng này tích trữ bên trong từ trường của cuộn dây. Đó cũng chính là năng lượng của từ trường bên trong ống dây. Nếu liên hệ với các đại lượng đặc trưng cho từ trường, ta được mật độ năng lượng từ trường bên trong ống dây thẳng dài:

$$w_m = \frac{W_m}{V} = \frac{\frac{1}{2}LI^2}{V} = \frac{\frac{1}{2}(\mu_0\mu \cdot \frac{n^2S}{l})I^2}{lS} = \frac{1}{2} \cdot \mu_0 \cdot \mu \frac{n^2}{l^2} I^2$$

Cảm ứng từ B trong ống dây là: $B = \mu_0\mu \cdot \frac{n}{l}I$, ta suy ra biểu thức mật độ năng lượng từ trường

$$w_m = \frac{1}{2} \cdot \frac{B^2}{\mu\mu_0} \quad (12-13)$$

Biểu thức (12-13) đúng đối với từ trường bất kỳ, từ đó ta suy ra năng lượng của từ trường bất kỳ có thể tích V :

$$W_m = \frac{1}{2} \int_{(V)} \vec{B} \cdot \vec{H} dV = \frac{1}{2} \int_{(V)} \frac{\vec{B}^2}{\mu_0\mu} dV = \frac{1}{2} \int_{(V)} \mu_0\mu \vec{H}^2 dV \quad (12-15)$$

12.3. CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Mô tả thí nghiệm về hiện tượng cảm ứng điện từ.
2. Phát biểu định luật Lenz, nêu một ví dụ minh họa định luật này.
3. Thiết lập biểu thức cơ bản của hiện tượng cảm ứng điện từ. $\xi_c = -\frac{d\phi_m}{dt}$
4. Trình bày nguyên tắc tạo ra dòng điện xoay chiều. Thiết lập biểu thức dòng điện xoay chiều

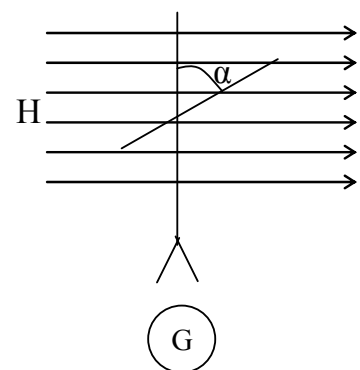
$$i = I_o \sin(\omega t + \varphi)$$
5. Nêu hiện tượng tự cảm. Nêu một sơ đồ mạch điện để minh họa cho hiện tượng này.
6. Thành lập biểu thức suất điện động tự cảm. Viết biểu thức hệ số tự cảm của cuộn dây. Có thể thay đổi hệ số tự cảm bằng cách nào?
7. Trình bày hiện tượng hồ cảm giữa hai mạch điện. Viết công thức SĐĐ hồ cảm giữa hai mạch điện.
8. Thiết lập biểu thức năng lượng từ trường trong ống dây, từ đó thiết lập biểu thức năng lượng của từ trường bất kỳ.

12.4. BÀI TẬP VÀ HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP

1. Một cuộn dây gồm 100 vòng dây kim loại quay đều trong một từ trường đều, vectơ cảm ứng từ \vec{B} có giá trị bằng 0,1T. Cuộn dây quay với vận tốc 5 vòng/s. Tiết diện ngang của cuộn dây là 100 cm². Trục quay vuông góc với trục của cuộn dây và với phương của từ trường. Tìm giá trị cực đại của suất điện động cảm ứng ε_c xuất hiện trong cuộn dây khi nó quay trong từ trường.

Đáp số: $\varepsilon_{\max} = NBS.2\pi.n = 3,14V$

2. Trong một từ trường đều có cường độ từ trường H, người ta treo một vòng dây dẫn phẳng sao cho mặt phẳng của vòng dây vuông góc với các đường sức từ. Vòng dây được khép kín bằng một điện kế. Quay vòng dây một góc α quanh phương thẳng đứng. Tìm quan hệ giữa góc quay α và điện tích q chạy qua điện kế. Áp dụng bằng số q = 9,5.10⁻³C, H = 10⁵A/m, điện tích vòng dây S=10³cm², điện trở vòng dây R = 2Ω. Cho $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$ H/m.



Đáp số: $\cos \alpha = 1 - \frac{Rq}{\mu_0 HS} = -0,5. \quad \alpha = 120^\circ$

3. Trong một từ trường đều có cảm ứng từ $B = 0,4T$, người ta đặt một ống dây gồm $N = 300$ vòng. Điện trở của ống dây $R = 40\Omega$, diện tích tiết diện ngang của vòng dây $S = 16\text{ cm}^2$. Ống dây được đặt sao cho trục của nó lập một góc $\alpha = 60^\circ$ so với phương của từ trường. Tìm điện tích q chạy qua ống dây khi từ trường giảm về không.

Đáp số: $q = NBS\cos\alpha / R = 2,4 \cdot 10^{-3}C$

4. Trong một từ trường đều có cảm ứng từ B , có một thanh kim loại có độ dài l quay với tần số n quanh một trục thẳng đứng, trục quay song song với từ trường \vec{B} . Một đầu đi qua trục. Tìm suất điện động cảm ứng xuất hiện tại đầu thanh.

Đáp số: $\varepsilon = -\frac{B \cdot \pi \cdot l^2 \cdot n \cdot \Delta t}{\Delta t} = -B \cdot \pi \cdot l^2 \cdot n$

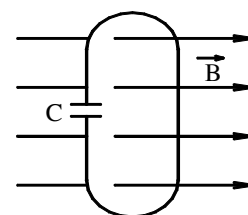
5. Một máy bay bay theo phương nằm ngang với vận tốc 900 km/h . Tìm suất điện động cảm ứng xuất hiện trên hai đầu cánh máy bay, nếu thành phần thẳng đứng của vectơ cảm ứng từ \vec{B} Trái Đất bằng $0,5 \cdot 10^{-4}\text{ T}$. Cho biết khoảng cách giữa hai đầu cánh $l = 12,5m$.

Đáp số: $|\varepsilon| = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = l \cdot v \cdot B = 0,156\text{ V}$, (Đổi đơn vị vận tốc ra m/s).

6. Cũng bài toán trên, nhưng xét khi máy bay bay với vận tốc 950 km/s , khoảng cách giữa hai đầu cánh bằng $12,5m$. Người ta đo được suất điện động cảm ứng xuất hiện ở hai đầu cánh $\varepsilon = 165mV$. Tìm thành phần thẳng đứng của cảm ứng từ trái đất.

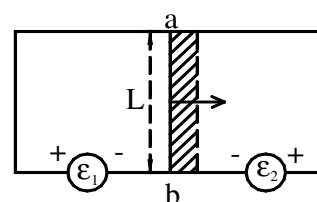
Đáp số: $B = 10^{-5}\text{ T}$.

7. Một vòng dây dẫn có diện tích $S = 10^2\text{ cm}^2$ được cắt tại một điểm nào đó và tại điểm cắt người ta mắc vào một tụ điện có điện dung $C = 10\mu F$. Vòng dây được đặt trong một từ trường đều có các đường sức vuông góc với mặt phẳng của vòng dây. Cảm ứng từ B biến thiên đều theo thời gian với tốc độ $5 \cdot 10^{-3}\text{ T/s}$. Xác định điện tích của tụ điện.



Đáp số: $|q| = C \cdot \varepsilon = -C \cdot \frac{S \cdot dB}{dt} = 10 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-2} \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-10}\text{ C}$

8. Một khung dây dẫn hình chữ nhật có cạnh ngắn là L được đặt trong một từ trường đều có cường độ từ trường H . Từ trường H vuông góc với mặt khung và hướng ra ngoài hình vẽ. Một thanh kim loại ab trượt trên khung, luôn luôn song song với cạnh L , với vận tốc v .



Điện trở của thanh là R. Bỏ qua điện trở của khung. Xác định cường độ dòng điện xuất hiện trên ab.

Đáp số:
$$i = \frac{|\varepsilon_1|}{R} = \frac{|\varepsilon_2|}{R} = \mu_o.H.L.\frac{dx}{dt} = \mu_o.H.L.v \text{ (A)}$$

9. Một thanh dây dẫn dài $l = 10\text{cm}$ chuyển động với vận tốc $v = 15 \text{ m/s}$ trong một từ trường đều có cảm ứng từ $B = 0,1\text{T}$. Tìm suất điện động xuất hiện trong thanh dẫn, biết rằng thanh luôn luôn vuông góc với đường sức từ trường và phương dịch chuyển.

Đáp số:
$$|\varepsilon| = \frac{d\varphi}{dt} = B.l.\frac{dx}{dt} = B.v.l = 0,1.15.0,10 = 0,15 \text{ V}$$

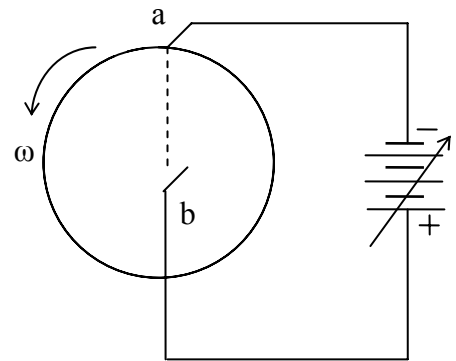
10. Một khung dây dẫn hình vuông ABCD cạnh bằng a đặt trong từ trường của một dây dẫn thẳng dài vô hạn, dòng điện có cường độ là i. Khung dịch chuyển về phía phải của dòng điện với vận tốc v. Các cạnh AD và BC luôn luôn song song với dòng điện. Trong khi dịch chuyển, khung luôn nằm trong cùng mặt phẳng với dòng điện. Tìm suất điện động cảm ứng xuất hiện trong khung như hàm của khoảng cách x tính từ dòng điện.

Đáp số:
$$\varepsilon = \frac{d\Phi_m}{dt} = \frac{\mu.\mu_o.i.v.a^2}{2\pi.x(x+a)}$$

11. Một đĩa bằng đồng bán kính $r = 5\text{cm}$ được đặt vuông góc với đường sức của từ trường đều có cảm ứng từ $B = 0,2 \text{ T}$. Đĩa quay với vận tốc góc $\omega = 3 \text{ rad/s}$. Các điểm a, b là những điểm tiếp xúc trượt để dòng điện có thể đi qua đĩa theo bán kính ab.

a. Tìm sức điện động cảm ứng xuất hiện trong mạch.

b. Tìm chiều của dòng điện cảm ứng nếu cảm ứng từ B vuông góc từ phía trước ra phía sau hình vẽ và đĩa quay ngược chiều kim đồng hồ.



Đáp số: a)
$$\varepsilon = \left| \frac{d\phi}{dt} \right| = \frac{B.r^2.\omega}{2} = \frac{0,2.25.10^{-4}.2\pi.3}{2} = 4,7\text{mV}$$

b) Dòng điện chạy từ a đến b.

12. Một mạch điện tròn bán kính r được đặt trong một từ trường đều có cảm ứng từ B. Mặt phẳng của mạch điện vuông góc với từ trường. Điện trở mạch điện là R. Tìm điện lượng chạy trong mạch khi quay mạch một góc $\alpha = 60^\circ$.

Đáp số:
$$q = \frac{B\pi.r^2}{2R}$$

13. Trong một từ trường đều có cảm ứng từ 0,05T, người ta cho quay một thanh dẫn có độ dài $l = 1\text{m}$ với vận tốc góc không đổi bằng 20 rad/s. Trục quay đi qua một đầu thanh và song song với đường sức từ trường. Tìm suất điện động xuất hiện tại các đầu thanh.

Đáp số: Từ thông Φ_m do thanh quét trong khi quay bằng: $\Phi_m = B.S = B.\pi.l^2$ trong đó l là độ dài thanh. Gọi n là tần số quay bằng ta có:

$$\varepsilon = B.\pi.l^2.n = B.\pi.l^2.\frac{\omega}{2\pi} = \frac{B.l^2.n}{2} = 0,5 \text{ V}$$

14. Tìm hệ số tự cảm L của một cuộn dây gồm 400 vòng trên độ dài 20 cm. Tiết diện ngang của ống bằng 9 cm^2 . Tìm hệ số tự cảm L của cuộn dây này, nếu ta đưa một lõi sắt có $\mu = 400$ vào trong ống.

Đáp số: $L = 360 \text{ mH} = 0,36 \text{ H}$.

15. Một ống dây điện gồm N vòng dây đồng, tiết diện mỗi sợi dây bằng S_1 . Ống dây có độ dài bằng l và điện trở bằng R . Tìm hệ số tự cảm của ống dây.

Đáp số: $L = \mu_o.\mu.n^2l.S = \mu_o.\mu.\frac{N^2}{l}.\pi.r^2 = \mu_o.\mu.\frac{\pi.r^2.S_1^2}{l.4\pi^2\rho^2} = \mu_o.\mu.\frac{R^2S_1^2}{4\pi.l.\rho^2}$

16. Tìm hệ số tự cảm của một cuộn dây có quấn 800 vòng dây. Độ dài của cuộn dây bằng 0,25m, đường kính vòng dây bằng 4cm. Cho một dòng điện bằng 1A chạy qua cuộn dây. Tìm từ thông Φ gửi qua tiết diện của cuộn dây. Tìm năng lượng từ trường trong ống dây.

Đáp số: Hệ số tự cảm $L = \mu_o\frac{N^2S}{l} = 4\pi.10^{-7}.\frac{800^2}{0,25}.\frac{\pi.0,04^2}{4} \approx 4\text{mH}$

Từ thông gửi qua tiết diện cuộn dây:

$$\Phi = \frac{Li^2}{N} = \frac{4.10^{-3}.1}{800} \approx 5.10^{-6} \text{ Wb}$$

Năng lượng từ trường gửi qua ống dây điện:

$$W = \frac{Li^2}{2} = \frac{4.10^{-3}.1^2}{2} \approx 2.10^{-3} \text{ J}$$

17. Một khung dây điện phẳng kín hình vuông tạo bởi dây đồng có tiết diện 1mm^2 đặt trong một từ trường biến thiên có cảm ứng từ $B = B_o.\sin\omega t$, trong đó $B_o = 0,01\text{T}$. Chu kỳ biến thiên của cảm ứng từ là $T = 0,02\text{s}$. Diện tích của khung bằng $S = 25 \text{ cm}^2$. Mặt phẳng của khung vuông góc với đường sức từ trường. Tìm giá trị cực đại và sự phụ thuộc vào thời gian của:

- Từ thông Φ gửi qua khung.
- Suất điện động cảm ứng xuất hiện trong khung.
- Cường độ dòng điện chạy trong khung.

Đáp số:

a. Từ thông $\Phi = BS = B_0 S \cdot \sin \alpha \cdot t = B_0 S \cdot \sin \frac{2\pi}{T} t = B_0 S \cdot \sin 100\pi t$ (Wb)

trong đó: $\phi_{\max} = B_0 \cdot S = 0,01 \cdot 25 \cdot 10^{-4} = 2,5 \cdot 10^{-5}$ Wb

b. Sức điện động cảm ứng xuất hiện trong khung:

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} = B_0 S \cdot 100\pi \cos(100\pi t) \text{ (V)}$$

trong đó: $\varepsilon_{\max} = B_0 \cdot S \cdot 100\pi = 2,5 \cdot 10^{-5} \cdot 314\pi = 7,85 \cdot 10^{-3}$ V

c. Dòng điện i xuất hiện trong khung

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{\varepsilon_{\max} \cdot \cos(100\pi t)}{R}$$

trong đó: $i = \frac{\varepsilon_{\max}}{R}$, R là điện trở của khung được tính bằng $R = \rho l / S_0$ với $l = 4,5 \cdot 10^{-2}$ cm = 0,2m là chu vi khung và S_0 là tiết diện dây đồng.

Thay điện trở xuất của đồng bằng $1,72 \cdot 10^{-8}$ Ω m và $S_0 = 10^{-6} m^2$, ta tìm được điện trở khung dây $R = 34,4 \cdot 10^{-4} \Omega$. Cuối cùng phép tính cho ta cường độ dòng điện cực đại trong khung:

$$i = \frac{\varepsilon_{\max}}{R} = 2,3 \text{ A}$$

18. Một ống dây dẫn thẳng gồm $N = 500$ vòng đặt trong một từ trường sao cho trục ống dây song song với đường sức từ trường. Tìm suất điện động trung bình xuất hiện trong ống dây, cho biết cảm ứng từ B thay đổi từ 0 đến 2T trong thời gian $\Delta t = 0,1$ s và đường kính ống dây $d = 10$ cm.

Đáp số: $\varepsilon = N \left| \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \right| = N \left| \frac{S \Delta B}{\Delta t} \right| = N \frac{\pi d^2}{4} \left| \frac{\Delta B}{\Delta t} \right| = 78,5 \text{ V}$

19. Để đo cảm ứng từ giữa hai cực của một nam châm điện, người ta đặt vào đó một cuộn dây $N = 50$ vòng, diện tích ngang mỗi vòng $S = 2 \text{ cm}^2$. Mặt phẳng cuộn dây vuông góc với đường sức từ trường. Cuộn dây được khép kín bằng một điện kế để đo điện lượng q phóng qua. Điện trở các điện kế $R = 2 \cdot 10^3 \Omega$. Điện trở của cuộn dây rất nhỏ so với điện trở của điện kế nên có thể bỏ qua. Tìm cảm ứng từ B giữa hai cực của nam châm, biết rằng khi rút nhanh cuộn dây N ra khỏi nam châm thì điện lượng q phóng qua điện kế bằng $q = 10^{-6}$ C.

Đáp số: $B = \frac{q \cdot R}{S \cdot N} = \frac{10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^{-4} \cdot 50} = 0,2 \text{ T}$

20. Trong một ống dây có hệ số tự cảm $L = 0,021$ H có một dòng điện biến thiên $i = i_0 \sin \omega t$, trong đó $i_0 = 5$ A, tần số của dòng điện là $f = 50$ Hz. Tìm suất điện động tự cảm xuất hiện trong cuộn dây.

Đáp số:

$$\varepsilon_{tc} = -\frac{L \cdot di}{dt} = -L i_0 \omega \cdot \cos \omega t = -0,021 \cdot 5 \cdot 2\pi \cdot 50 \cos \omega t = -33 \cos 100\pi t$$

trong đó: $\varepsilon_{tc \max} = 33 \text{ V}$

CHƯƠNG 13 - TRƯỜNG ĐIỆN TỪ

13.1. MỤC ĐÍCH, YÊU CẦU:

Sau khi nghiên cứu chương này, yêu cầu sinh viên:

1. Hiểu được hai luận điểm Maxwell. Thành lập được phương trình Maxwell-Faraday, phương trình Maxwell-Ampère dạng tích phân và dạng vi phân.
2. Nắm được khái niệm trường điện từ và năng lượng của trường điện từ.
3. Nắm được khái niệm sóng điện từ và những tính chất cơ bản của nó.

13.2. TÓM TẮT NỘI DUNG

1. Nghiên cứu bản chất của các hiện tượng điện từ, Maxwell nhận thấy điện trường và từ trường biến thiên theo thời gian có thể chuyển hoá lẫn nhau. Từ đó ông khái quát thành hai luận điểm.

Luận điểm 1: “Mọi từ trường biến đổi theo thời gian đều làm xuất hiện một điện trường xoáy”. Đường sức điện trường xoáy là những đường cong kín. Các điện tích nằm trong điện trường xoáy sẽ dịch chuyển theo những đường cong kín để tạo thành dòng điện. Dòng điện này được gọi là dòng điện cảm ứng. Hiện tượng này đã được thực nghiệm xác nhận.

Luận điểm 1 được biểu diễn định lượng bởi phương trình Maxwell-Faraday:

Dạng tích phân
$$\oint_{(C)} \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int_{(S)} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$$

Dạng vi phân
$$\text{rot} \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

Luận điểm 2: “Mọi điện trường biến thiên theo thời gian đều làm xuất hiện một từ trường”. Xét về mặt gây ra từ trường thì điện trường biến đổi theo thời gian tương đương với một dòng điện. Maxwell gọi dòng điện này là dòng điện dịch. Trong mạch điện xoay chiều, trong lòng tụ điện, dòng điện dịch nối tiếp dòng điện dẫn làm cho dòng điện khép kín trong toàn mạch.

Luận điểm 2 được biểu diễn định lượng bởi phương trình Maxwell-Ampère:

Dạng tích phân (13-13)
$$\oint_{(C)} \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int_{(S)} \left(\vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) \cdot d\vec{S}$$

Dạng vi phân (13-14)

$$\text{rot}\vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t}$$

2. Điện trường và từ trường biến thiên theo thời gian chuyển hóa lẫn nhau và tạo thành trường thống nhất, gọi là trường điện từ. Trường điện từ được biểu diễn định lượng bởi hệ các phương trình Maxwell. Hệ phương trình Maxwell bao hàm tất cả mọi hiện tượng điện từ. Điện trường tĩnh và từ trường dừng chỉ là trường hợp riêng của trường điện từ.

3. Trường điện từ lan truyền trong không gian tạo thành sóng điện từ. Sóng điện từ lan truyền trong chân không với vận tốc $c = 3.10^8 \text{m/s}$ và lan truyền trong môi trường với vận tốc $v = c/\sqrt{\epsilon\mu}$. Sóng điện từ là sóng ngang, hai vector \vec{E}, \vec{H} vuông góc với nhau và với phương truyền sóng, tức là $\vec{E} \perp \vec{H}$, $\vec{E} \perp \vec{v}$, $\vec{H} \perp \vec{v}$.

Phương trình sóng điện từ có dạng:

Phương trình truyền sóng của vector cường độ điện trường

$$\nabla^2 \vec{E} - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0. \quad (13-36)$$

Phương trình tương tự đối với vector cảm ứng từ

$$\nabla^2 \vec{B} - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} = 0. \quad (13-37)$$

4. Sóng điện từ có những tính chất cơ bản sau đây:

- Sóng điện từ truyền đi trong môi trường chất và cả trong chân không.
- Vận tốc truyền sóng điện từ trong chân không là: $c = 3.10^8 \text{m/s}$, trong môi trường đồng nhất, đẳng hướng có μ và ϵ vận tốc này là: $v = \frac{c}{n}$, với $n = \sqrt{\mu\epsilon}$ là chiết suất tuyệt đối của môi trường.
- Sóng điện từ mang năng lượng, mật độ năng lượng sóng điện từ có trị số bằng: $w = \frac{1}{2} \epsilon_0 \epsilon E^2 + \frac{1}{2} \mu_0 \mu H^2$

5. Sóng điện từ đơn sắc là sóng điện từ phát ra bởi nguồn có tần số (hoặc chu kỳ T) xác định. Trong một môi trường nhất định, sóng điện từ có một bước sóng λ xác định. Bước sóng liên hệ với vận tốc theo công thức: $\lambda = vT$, trong chân không: $\lambda_0 = cT$, là bước sóng của sóng điện từ trong chân không.

6. Maxwell cũng đã đưa ra giả thuyết coi ánh sáng là sóng điện từ. Giả thuyết này về sau đã được thực nghiệm xác nhận. Ánh sáng thấy được có bước sóng nằm trong khoảng từ $0,44\mu\text{m}$ (màu tím) đến $0,78\mu\text{m}$ (màu đỏ).

13.3. CÂU HỎI ÔN TẬP

1. Phát biểu luận điểm Maxwell. Phân biệt sự khác nhau giữa trường tĩnh điện và điện trường xoáy.

2. Thành lập phương trình Maxwell – Faraday dưới dạng tích phân và dạng vi phân.

3. Chiều của điện trường \vec{E} và chiều của dòng điện cảm ứng thay đổi thế nào khi tốc độ biến thiên của cảm ứng từ $\frac{\Delta\vec{B}}{\Delta t}$ thay đổi (xét khi $\frac{\Delta\vec{B}}{\Delta t} > 0$ và $\frac{\Delta\vec{B}}{\Delta t} < 0$).

4. Phát biểu luận điểm 2 của Maxwell. Dòng điện dịch là gì? Nêu sự khác nhau và giống nhau giữa dòng điện dịch và dòng điện dẫn.

5. Chứng tỏ rằng dòng điện dịch đã nối tiếp dòng dẫn trong khoảng không gian giữa hai bản tụ điện.

6. Thành lập phương trình Maxwell – Ampère dưới dạng tích phân và dạng vi phân.

7. Nêu chiều của cảm ứng từ \vec{B} thay đổi thế nào khi tốc độ biến thiên $\frac{\Delta\vec{E}}{\Delta t}$ thay đổi (xét khi $\frac{\Delta\vec{E}}{\Delta t} > 0$ và $\frac{\Delta\vec{E}}{\Delta t} < 0$).

8. Trường điện từ là gì? Sóng điện từ là gì? Viết các phương trình biểu diễn định lượng chúng. Nêu tính chất của sóng điện từ.

13.4. BÀI TẬP VÀ HƯỚNG DẪN GIẢI BÀI TẬP

1. Một tụ điện có hằng số điện môi $\epsilon = 6$ được mắc vào một hiệu điện thế xoay chiều $U = U_0 \cos \omega t$ với $U_0 = 300 \text{ V}$, chu kì $T = 0,01\text{s}$. Tìm giá trị của mật độ dòng điện dịch, biết rằng hai bản tụ cách nhau $0,4 \text{ cm}$.

Đáp số:

$$|\vec{J}_{di}| = \frac{\epsilon_0 \epsilon U_0}{d} \omega \sin \omega t = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 6 \cdot 300 \cdot 200\pi}{4 \cdot 10^{-3}} \cdot \sin 200\pi \text{ A/m}^2.$$

$$|\vec{J}_{di}| = 2,51 \cdot 10^{-3} \cdot \sin 200\pi \text{ (A/m}^2\text{)}$$

2. Điện trường trong một tụ điện phẳng biến đổi theo quy luật $E = E_0 \sin \omega t$ với $E_0 = 200 \text{ V/cm}$ và tần số $f = 50 \text{ Hz}$, khoảng cách giữa 2 bản $d = 2 \text{ cm}$, điện dung của tụ điện $C = 2000 \text{ pF}$. Tìm giá trị cực đại của dòng điện dịch.

Đáp số: $|i_{di}|_{max} = CdE_o \cdot 2\pi f = 2000 \cdot 10^{-12} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 200 \cdot 10^2 \cdot 2\pi \cdot 50 = 2,512 \cdot 10^{-4} \text{ mA}$.

3. Xác định mật độ dòng điện dịch trong một tụ điện phẳng khi hai bản được dịch chuyển song song với nhau và xa nhau với vận tốc tương đối u , nếu:

- Điện tích trên mỗi bản không đổi.
- Hiệu điện thế U trên hai bản không đổi.

Khoảng cách d giữa hai bản trong khi dịch chuyển rất nhỏ so với kích thước hai bản.

Đáp số:

a. Đã biết: $|\vec{J}_{di}| = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} = \epsilon \epsilon_o \cdot \left| \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right| = \epsilon \epsilon_o \cdot \frac{\partial}{\partial t} \left| \frac{\sigma}{\epsilon \epsilon_o} \right|$, trong đó: $\sigma = \frac{q}{S}$. Vì q không đổi và khi dịch chuyển hai bản luôn luôn song song với nhau, nên S không đổi, do đó c không đổi. Vậy trong trường hợp này $|\vec{J}_{di}| = 0$.

b. Nếu trong khi hai bản dịch chuyển, hiệu điện thế U giữa hai bản không đổi thì:

$$|\vec{J}_{di}| = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} = \epsilon \epsilon_o \cdot \left| \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right| = \epsilon \epsilon_o \cdot \frac{\partial}{\partial t} \left| \frac{U}{d} \right|$$

$$j_{di} = \epsilon \epsilon_o U \cdot \frac{1}{d^2} \cdot \frac{\partial}{\partial t} (d) = \frac{\epsilon \epsilon_o U}{d^2} u$$

4. Một mạch dao động gồm một tụ điện có điện dung $C = 0,025 \mu F$ và một ống dây có hệ số tự cảm $L = 1,015 \text{ H}$. Bỏ qua điện trở thuần của mạch. Tụ điện được tích một điện lượng $q = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$.

a) Viết các phương trình (với các hệ số bằng số) biểu diễn sự biến thiên của hiệu điện thế trên các bản tụ điện và cường độ dòng điện trong mạch theo thời gian.

b) Tìm các giá trị của hiệu điện thế giữa các bản tụ và cường độ dòng điện trong mạch vào các thời điểm $T/8$; $T/4$ và $T/2$.

Đáp số: a) $U = 100 \cos(2\pi \cdot 10^3 t) \text{ V}$,

$$i = \frac{dq}{dt} = q_o \omega_o \sin \omega_o t = 15,7 \sin(2\pi \cdot 10^3 t) \text{ mA}$$

b) $U_1 = 70,7 \text{ V}$ và $I_1 = -11,1 \text{ mA}$

$U_2 = 0$ và $I_2 = -15,7 \text{ mA}$

$U_3 = -100 \text{ V}$ và $I_3 = 0$.

5. Đối với mạch điện trong bài toán trên:

a) Viết các phương trình (với các hệ số bằng số) biểu diễn sự biến thiên theo t của năng lượng điện trường, năng lượng từ trường, năng lượng toàn phần.

b) Tìm các giá trị của năng lượng điện trường, năng lượng từ trường, năng lượng toàn phần tại các thời điểm: $T/8$; $T/4$ và $T/2$.

Đáp số: a) $W_e = \frac{1}{2}qU = 12,5 \cdot 10^{-5} \cdot \cos^2(2\pi \cdot 10^3 \cdot t) \text{ J}$

$$W_M = \frac{1}{2}Li^2 = 12,5 \cdot 10^{-5} \cdot \sin^2(2\pi \cdot 10^3 \cdot t) \text{ J}$$

$$W = W_M + W_E = 12,5 \cdot 10^{-5} \text{ J}$$

b) $W_{E1} = 6,25 \cdot 10^{-5} \text{ J}; \quad W_{M1} = 6,25 \cdot 10^{-5} \text{ J}; \quad W_1 = 12,5 \cdot 10^{-5} \text{ J}$
 $W_{E2} = 0; \quad W_{M2} = 12,5 \cdot 10^{-5} \text{ J}; \quad W_2 = 12,5 \cdot 10^{-5} \text{ J}$
 $W_{E3} = 12,5 \cdot 10^{-5} \text{ J}; \quad W_{M3} = 0; \quad W_3 = 12,5 \cdot 10^{-5} \text{ J}$

6. Cho một mạch điện LC. Cho biết phương trình biểu diễn sự biến thiên theo t của hiệu điện thế trên các bản tụ điện có dạng $U = 50 \cos 10^4 \pi t$ (V), điện dung C của tụ bằng $0,1 \mu F$. Tìm:

a) Chu kỳ dao động T của mạch.

b) Hệ số tự cảm của mạch.

c) Định luật biến thiên của cường độ dòng điện trong mạch.

d) Bước sóng tương ứng với mạch dao động đó.

Đáp số: a) $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{10^4 \pi} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ s} = 2\pi \sqrt{LC}$

b) $L = \frac{T^2}{4\pi C} = 10,15 \text{ (mH)}$

c) $i = \frac{dq}{dt} = C \frac{dU}{dt} = -C \cdot 50 \cdot 10^4 \pi \cdot \sin 10^4 \pi t = -157 \sin 10^4 \pi t \text{ (mA)}$

d) $\lambda = cT = 3 \cdot 10^8 \cdot 2 \cdot 10^{-4} = 6 \cdot 10^4 \text{ (m)}$.

7. Phương trình biểu diễn sự biến thiên theo thời gian của cường độ dòng điện trong mạch dao động được cho dưới dạng: $i = -0,02 \cdot \sin 400\pi t$ (A), hệ số tự cảm L của mạch bằng 1H. Tìm:

a) Chu kỳ dao động.

b) Điện dung C của mạch

c) Hiệu điện thế cực đại trên các bản tụ điện.

d) Năng lượng từ trường cực đại.

e) Năng lượng điện trường cực đại.

Đáp số:

$$\begin{aligned} \text{a) } T &= \frac{2\pi}{\alpha} = \frac{2\pi}{400\pi} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ s}, & \text{b) } C &= \frac{T^2}{4\pi^2 L} = 6,3 \cdot 10^{-7} \text{ F} \\ \text{c) } U_{\max} &= 25,2 \text{ V}, & \text{d) } W_M &= \frac{1}{2} L I_{\max}^2 = 1,97 \cdot 10^{-4} \text{ J} \\ \text{e) } W_E &= \frac{1}{2} C U_{\max}^2 = 1,97 \cdot 10^{-4} \text{ J} \end{aligned}$$

8. Tìm tỉ số giữa năng lượng từ trường và năng lượng điện trường của mạch dao động LC tại thời điểm $T/8$.

Đáp số: $U = U_0 \cos \alpha t$; $I = \frac{dq}{dt} = \frac{CdU}{dt} = -CU\omega \sin \omega t$.

Do đó: $W_M = \frac{1}{2} LI^2 = \frac{1}{2} LC^2 U_0^2 \omega^2 \sin^2 \omega t$; $W_E = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{1}{2} CU_0^2 \cos^2 \omega t$

Ta có: $\frac{W_M}{W_E} = \frac{LC\omega^2 \sin^2 \omega t}{\cos^2 \omega t} = LC\omega^2 \tan^2 \omega t$

Tại thời điểm $t = T/8$, $\sin \alpha t = \sqrt{2}/2$; $\cos \alpha t = \sqrt{2}/2$.

Ngoài ra, vì: $LC = T^2/4\pi^2 = 1/\alpha^2$

Nên cuối cùng ta có: $\frac{W_M}{W_E} = \frac{\sin^2 \alpha t}{\cos^2 \alpha t} = 1$

9. Một mạch dao động gồm một tụ điện có điện dung $C = 7 \mu\text{F}$, một cuộn dây có hệ số tự cảm $L = 0,23\text{H}$ và điện trở 40Ω . Tụ điện được tích một điện lượng bằng $q = 5,6C$. Tìm:

- Chu kỳ dao động của mạch.
- Viết phương trình biểu diễn sự biến thiên của hiệu thế trên hai bản tụ.
- Tìm giá trị của hiệu thế tại các thời điểm $T/2$, T , $3T/2$ và $2T$.

Đáp số:

a) $T = 2\pi\sqrt{LC} = 2,3,14\sqrt{0,23 \cdot 7 \cdot 10^{-8}} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ s}$

b) $U = U_0 \cdot e^{-\beta t} \cdot \cos \alpha t = 80 \cdot e^{-87t} \cos 250\pi(V)$

c) $U_1 = -56,5\text{V}$; $U_2 = 40\text{V}$; $U_3 = -28\text{V}$; $U_4 = 20\text{V}$

10. Một mạch dao động gồm tụ điện có điện dung $C = 0,2 \mu\text{F}$, và cuộn cảm có hệ số tự cảm $L = 5,07 \cdot 10^{-3}\text{H}$.

Tìm điện trở R của mạch khi đó.

Đáp số: $R = \frac{2L\delta}{T} = \frac{2 \cdot 5,07 \cdot 10^{-3} \cdot 0,22}{2 \cdot 10^{-4}} = 11,1\Omega$

11. Một mạch dao động điện từ gồm tụ điện có điện dung $C = 250 \mu F$ và một cuộn cảm có hệ số tự cảm $L = 100 \mu H$. Hỏi mạch dao động này cộng hưởng với bước sóng điện từ nào gửi tới.

Đáp số:

Khi một sóng điện từ gửi tới một mạch dao động LC nào đó, nó sẽ kích thích trong mạch một dao động điện từ cưỡng bức. Khi tần số Ω của sóng điện từ kích thích trùng với tần số riêng $\Omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ của mạch, thì hiện tượng cộng hưởng điện từ xảy ra. Khi đó tổng trở Z của mạch bằng:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega_0 - \frac{1}{C\omega_0} \right)^2} = R$$

Và cường độ dòng điện trong mạch sẽ cực đại: $I_{o \max} = \frac{U_o}{R}$. Nhưng tần số tỉ lệ với chu kì và chu kì tỉ lệ với bước sóng, do đó có thể nói hiện tượng cộng hưởng điện xảy ra khi chu kì riêng T_0 của mạch trùng với chu kì T của sóng kích thích hay bước sóng λ_0 của mạch bằng bước sóng λ của sóng kích thích.

Ta có:

$$\lambda = \lambda_0 = c.T_0 = c.2\pi\sqrt{LC} = 300m.$$

Trong đó: $c = 3.10^8$ m/s là vận tốc sóng điện từ trong chân không .

12. Một mạch thu vô tuyến có tụ điện biến thiên với điện dung biến đổi trong các giới hạn từ C_1 đến $C_2 = 9C_1$. Tìm dải tần số các sóng mà máy thu có thể bắt được nếu điện dung C_1 tương ứng với bước sóng $\lambda_1 = 3$ m.

Đáp số:

Dải tần số các sóng mà máy thu có thể bắt được nằm trong giới hạn:

$$\lambda_1 = cT_1 = 2\pi.c\sqrt{LC_1} \text{ và } \lambda_2 = cT_2 = 2\pi.c\sqrt{LC_2} = 6\pi.c\sqrt{LC_1} = 3\lambda_1$$

Trong đó T_1 và T_2 là các chu kỳ bé nhất và lớn nhất của mạch dao động, c là vận tốc lan truyền sóng trong chân không L là hệ số tự cảm của mạch dao động. Vậy dải tần mà máy thu có thể bắt được ứng với các bước sóng từ $\lambda_1 = 3m$ đến $\lambda_2 = 9m$.

PHẦN PHỤ LỤC

CÁC KÝ HIỆU THƯỜNG DÙNG

| Thứ tự | Tên đại lượng | Ký hiệu | Chương |
|--------|-----------------------------|------------------|------------------------|
| 1 | Áp suất | p | 5, 6 |
| 2 | Cảm ứng điện | D, \bar{D} | 7 |
| 3 | Cảm ứng từ | B, \bar{B} | 11, 12, 13 |
| 4 | Công của lực, của mômen lực | A | 3, 4, 6, 7, 10, 11, 12 |
| 5 | Công suất | P | 3, 4 |
| 6 | Cường độ điện trường | E, \bar{E} | 7, 8, 9, 10, 12, 13 |
| 7 | Cường độ từ trường | H, \bar{H} | 11, 12, 13 |
| 8 | Cường độ điện trường lạ | E^*, \bar{E}^* | 10 |
| 9 | Cường độ điện trường xoáy | E^*, \bar{E}^* | 12, 13 |
| 10 | Cường độ dòng điện | I, i | 10, 11 |
| 11 | Chu kỳ quay | T | 1 |
| 12 | Diện tích | \bar{s}, S | 7, 8, 9, 10, 11 |
| 13 | Điện dung | C | 8 |
| 14 | Điện thế | V, φ | 7 |
| 15 | Điện tích, điện lượng | Q, q | 7, 8, 9, 10, 11 |
| 16 | Điện thông | Φ_e | 7 |
| 17 | Điện trở | R, r | 10 |
| 18 | Động lượng | K, \bar{K} | 2 |
| 19 | Động năng | W_d | 3, 11 |
| 20 | Gia tốc | A | 1, 2, 3, 4 |
| 21 | Gia tốc góc | β | 1, 4 |
| 22 | Hệ số hỗ cảm | M | 12 |
| 23 | Hệ số tự cảm | L | 12 |
| 24 | Hiệu suất | η | 6 |
| 25 | Hiệu điện thế | U | 7 |
| 26 | Khối lượng | M, m | 2, 3, 4 |

| Thứ tự | Tên đại lượng | Ký hiệu | Chương |
|--------|-------------------------------|------------------------|--------------------|
| 27 | Lực | F, \vec{F} | 2, 3, 4, 7, 10, 11 |
| 28 | Mật độ điện tích dài | λ | 7 |
| 29 | Mật độ điện tích mặt | σ | 7 |
| 30 | Mật độ điện tích khối | ρ | 7 |
| 31 | Mật độ dòng điện | J, \vec{J} | 10 |
| 32 | Mật độ năng lượng điện trường | ω | 8 |
| 33 | Mật độ năng lượng từ trường | ω_m | 12 |
| 34 | Mômen lực | M, \vec{M} | 4, 11 |
| 35 | Mômen quán tính | I | 4 |
| 36 | Mômen từ | p_m, \vec{P}_m | 11 |
| 37 | Mômen ngẫu lực | \vec{M} | 7, 11 |
| 38 | Mômen động lượng | L, \vec{L} | 4 |
| 39 | Mômen lưỡng cực điện | \vec{p}_e, \vec{P}_e | 7, 9, 11 |
| 40 | Năng lượng từ trường | W_m | 11, 12, 13 |
| 41 | Năng lượng điện trường | W_e | 8, 12, 13 |
| 42 | Năng lượng | W | 3, 8, 11, 13 |
| 43 | Nhiệt lượng | Q | 6 |
| 44 | Nhiệt độ tuyệt đối | T | 5, 6 |
| 45 | Nội năng | U | 5, 6 |
| 46 | Quãng đường dịch chuyển | s, l | 1, 3, 4, 11 |
| 47 | Suất điện động | ξ | 10 |
| 48 | Suất điện động cảm ứng | ξ_c | 12 |
| 49 | Suất điện động hồ cảm | ξ_{hc} | 12 |
| 50 | Số bậc tự do | I | 5, 6 |
| 51 | Tần số | F | 1 |
| 52 | Thế năng | W_t | 3 |
| 53 | Thể tích | V | 5, 6, 7, 10, 12 |
| 54 | Thời gian | T | 1, 2, 3, 4 |
| 55 | Từ thông | Φ_m | 11, 12, 13 |

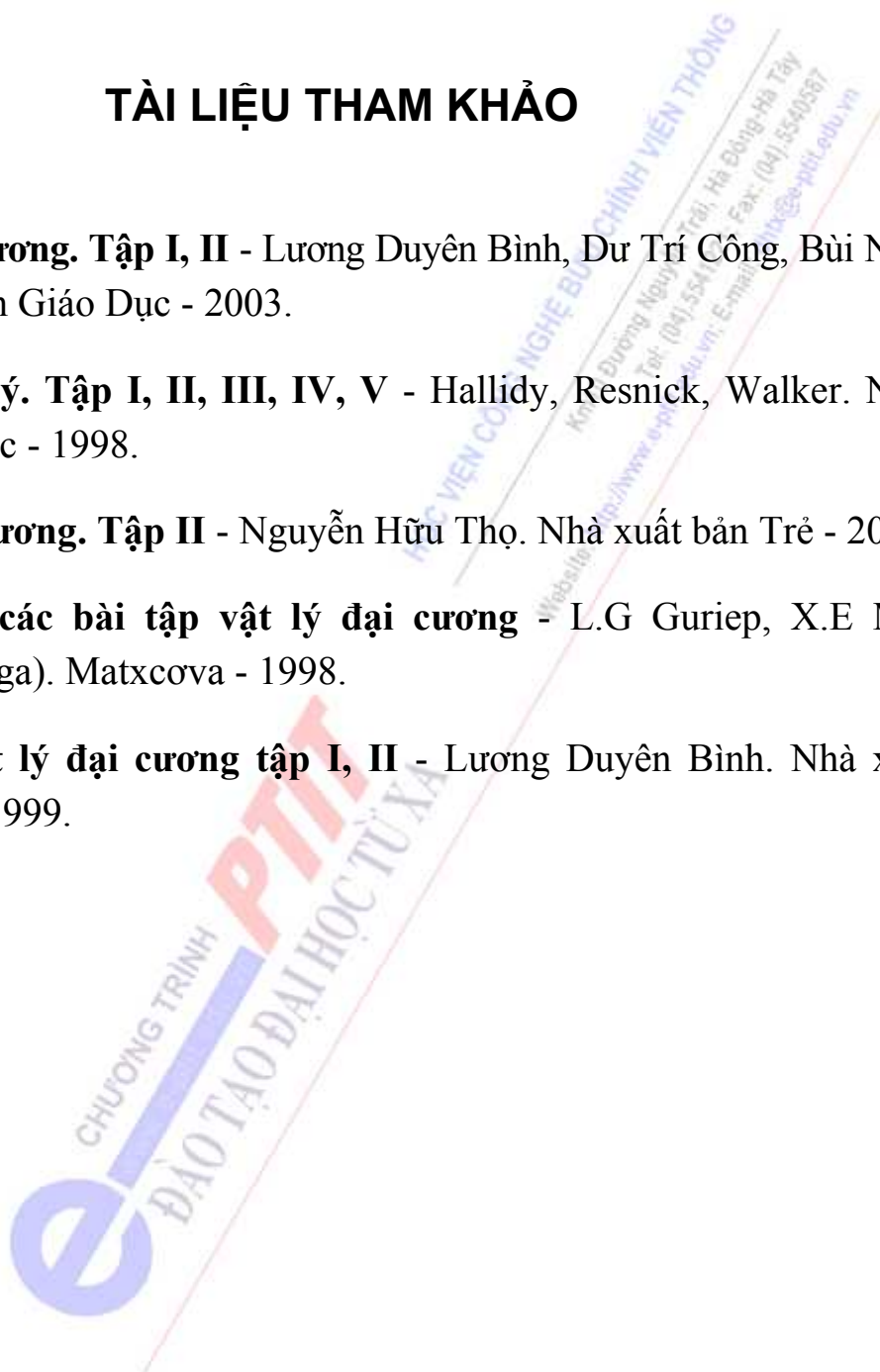
| Thứ tự | Tên đại lượng | Ký hiệu | Chương |
|--------|---------------|----------|--------|
| 56 | Vận tốc góc | ω | 1, 4 |

MỘT SỐ HẰNG SỐ VẬT LÝ THƯỜNG DÙNG

| Thứ tự | Tên hằng số | Ký hiệu | Trị số |
|--------|---|----------------|---|
| 1 | Gia tốc rơi tự do | g | 9,8m/s ² |
| 2 | Hằng số hấp dẫn | G | 6,67.10 ⁻¹¹ Nm ² /kg ² |
| 3 | Số Avôgadrô (số phân tử trong 1 kilômol) | N _o | 6,025.10 ²⁶ kmol |
| 4 | Thể tích của một kilômol ở điều kiện tiêu chuẩn | V _o | 22,4m ³ /kmol |
| 5 | Hằng số các khí | R | 8,31.10 ³ J/kmol.K |
| 6 | Hằng số Boltzman | k | 1,38.10 ⁻²³ J/K |
| 7 | Điện tích electron | e | 1,602.10 ⁻¹⁹ C |
| 8 | Khối lượng nghỉ của electron | m _e | 9,11.10 ⁻³¹ kg |
| 9 | Hằng số điện môi | ε _o | 8,86.10 ⁻¹² F/m |
| 10 | Hằng số từ | μ _o | 1,257.10 ⁻⁶ H/m = 4π.10 ⁻⁷ H/m |
| 11 | Vận tốc ánh sáng trong chân không | c | 3.10 ⁸ m/s |
| 12 | Khối lượng nghỉ của proton | m _p | 1,67.10 ⁻²⁷ kg |

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Vật lý đại cương. Tập I, II** - Lương Duyên Bình, Dư Trí Công, Bùi Ngọc Hồ. Nhà xuất bản Giáo Dục - 2003.
2. **Cơ sở Vật lý. Tập I, II, III, IV, V** - Halliday, Resnick, Walker. Nhà xuất bản Giáo Dục - 1998.
3. **Vật lý đại cương. Tập II** - Nguyễn Hữu Thọ. Nhà xuất bản Trẻ - 2004.
4. **Tuyển tập các bài tập vật lý đại cương** - L.G Guriep, X.E Mincova (bản tiếng Nga). Matxcova - 1998.
5. **Bài tập Vật lý đại cương tập I, II** - Lương Duyên Bình. Nhà xuất bản Giáo Dục - 1999.



MỤC LỤC

| | |
|---|----|
| Giới thiệu môn học | 3 |
| 1. Giới thiệu chung..... | 3 |
| 2. Mục đích môn học..... | 4 |
| 3. Phương pháp nghiên cứu môn học..... | 4 |
| Chương 1 - Động học chất điểm | 7 |
| 1.1. Mục đích, yêu cầu..... | 7 |
| 1.2. Tóm tắt nội dung..... | 7 |
| 1.3. Câu hỏi ôn tập..... | 9 |
| 1.4. Bài tập và hướng dẫn giải bài tập..... | 9 |
| Chương 2 - Động lực học chất điểm | 17 |
| 2.1. Mục đích, yêu cầu..... | 17 |
| 2.2. Tóm tắt nội dung..... | 17 |
| 2.3. Câu hỏi ôn tập..... | 19 |
| 2.4. Bài tập và hướng dẫn giải bài tập..... | 20 |
| Chương 3 - Công và năng lượng | 26 |
| 3.1. Mục đích, yêu cầu..... | 26 |
| 3.2. Tóm tắt nội dung..... | 26 |
| 3.3. Câu hỏi ôn tập..... | 28 |
| 3.4. Bài tập và hướng dẫn giải bài tập..... | 28 |
| Chương 4 - Chuyển động của hệ chất điểm và vật rắn | 33 |
| 4.1. Mục đích, yêu cầu..... | 33 |

| | |
|---|-----------|
| 4.2. Tóm tắt nội dung..... | Mục lục |
| 4.3. Câu hỏi ôn tập..... | 36 |
| 4.4. Bài tập và hướng dẫn giải bài tập..... | 37 |
| Chương 5 - Các định luật thực nghiệm về chất khí | 41 |
| 5.1. Mục đích, yêu cầu..... | 41 |
| 5.2. Tóm tắt nội dung..... | 41 |
| 5.3. Câu hỏi ôn tập..... | 41 |
| 5.4. Bài tập và hướng dẫn giải bài tập..... | 41 |
| Chương 6 - Các nguyên lý của nhiệt động lực học | 44 |
| 6.1. Mục đích, yêu cầu..... | 44 |
| 6.2. Tóm tắt nội dung..... | 44 |
| 6.3. Câu hỏi ôn tập..... | 44 |
| 6.4. Bài tập và hướng dẫn giải bài tập..... | 44 |
| Chương 7 - Trường tĩnh điện | 48 |
| 7.1. Mục đích, yêu cầu..... | 48 |
| 7.2. Tóm tắt nội dung..... | 48 |
| 7.3. Câu hỏi ôn tập..... | 49 |
| 7.4. Bài tập và hướng dẫn giải bài tập..... | 49 |
| Chương 8 - Vật dẫn | 52 |
| 8.1. Mục đích, yêu cầu..... | 52 |
| 8.2. Tóm tắt nội dung..... | 52 |
| 8.3. Câu hỏi ôn tập..... | 53 |
| 8.4. Bài tập và hướng dẫn giải bài tập..... | 54 |
| Chương 9 - Điện môi | 55 |
| 9.1. Mục đích, yêu cầu..... | 55 |
| 9.2. Tóm tắt nội dung..... | 55 |
| 9.3. Câu hỏi ôn tập..... | 56 |
| 9.4. Bài tập và hướng dẫn giải bài tập..... | 56 |
| Chương 10 - Dòng điện không đổi | 58 |

| | |
|--|----|
| Mục lục | 58 |
| 10.1. Mục đích, yêu cầu..... | 58 |
| 10.2. Tóm tắt nội dung..... | 58 |
| 10.3. Câu hỏi ôn tập..... | 59 |
| Chương 11 - Từ trường của dòng điện không đổi | 61 |
| 11.1. Mục đích, yêu cầu..... | 61 |
| 11.2. Tóm tắt nội dung..... | 61 |
| 11.3. Câu hỏi ôn tập..... | 64 |
| 11.4. Bài tập và hướng dẫn giải bài tập..... | 65 |
| Chương 12 - Hiện tượng cảm ứng điện từ | 72 |
| 12.1. Mục đích, yêu cầu..... | 72 |
| 12.2. Tóm tắt nội dung..... | 72 |
| 12.3. Câu hỏi ôn tập..... | 74 |
| 12.4. Bài tập và hướng dẫn giải bài tập..... | 74 |
| Chương 13 - Trường điện từ | 79 |
| 13.1. Mục đích, yêu cầu..... | 79 |
| 13.2. Tóm tắt nội dung..... | 79 |
| 13.3. Câu hỏi ôn tập..... | 81 |
| 13.4. Bài tập và hướng dẫn giải bài tập..... | 81 |
| Phần phụ lục: - Các ký hiệu thường dùng | 86 |
| - Một số hằng số vật lý thường dùng | 88 |
| Tài liệu tham khảo | 89 |