

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



TÓM TẮT LÝ THUYẾT VÀ BÀI TẬP VẬT LÝ 1

Hà Nội, 2020

MỤC LỤC

| | |
|--|-----------|
| Chương 1. Động lực học chất điểm | 3 |
| 1.1 Động học chất điểm | 3 |
| 1.1.1 Tóm tắt lý thuyết | 3 |
| 1.1.2 Bài tập | 5 |
| 1.2 Động lực học chất điểm | 9 |
| 1.2.1 Tóm tắt lý thuyết | 9 |
| 1.2.2 Bài tập | 10 |
| Chương 2. Động lực học hệ chất điểm - vật rắn | 13 |
| 2.1 Tóm tắt lý thuyết | 13 |
| 2.2 Bài tập | 15 |
| Chương 3. Năng lượng | 19 |
| 3.1 Tóm tắt lý thuyết | 19 |
| 3.2 Bài tập | 21 |
| Chương 4. Trường hấp dẫn | 25 |
| 4.1 Tóm tắt lý thuyết | 25 |
| 4.2 Bài tập | 25 |
| Chương 7. Trường tĩnh điện | 27 |
| 7.1 Tóm tắt lý thuyết | 27 |
| 7.2 Bài tập | 29 |
| Chương 8. Vật dẫn | 32 |
| 8.1 Tóm tắt lý thuyết | 32 |
| 8.2 Bài tập | 34 |

| | |
|--|-----------|
| Chương 9. Điện môi | 37 |
| 9.1 Tóm tắt lý thuyết | 37 |
| 9.2 Bài tập | 38 |
| Chương 10. Từ trường của dòng điện không đổi | 40 |
| 10.1 Cảm ứng từ B và cường độ từ trường H | 40 |
| 10.1.1 Tóm tắt lý thuyết | 40 |
| 10.1.2 Bài tập | 42 |
| 10.2 Lực tác dụng của từ trường lên dòng điện, điện tích chuyển động trong từ trường đều | 45 |
| 10.2.1 Tóm tắt lý thuyết | 45 |
| 10.2.2 Bài tập | 46 |
| Chương 11. Hiện tượng cảm ứng điện từ | 48 |
| 11.1 Tóm tắt lý thuyết | 48 |
| 11.2 Bài tập | 49 |

Chương 1

ĐỘNG HỌC LỰC CHẤT ĐIỂM

1.1 Động học chất điểm

1.1.1 Tóm tắt lý thuyết

1. Chuyển động cong:

- Vectơ vận tốc (tức thời hay gọi tắt là vận tốc):

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} \quad (1.1)$$

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

- Vận tốc:

$$v = \frac{ds}{dt} = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2} \quad (1.2)$$

với s là hoành độ cong; x, y, z là các tọa độ của chất điểm đang chuyển động hệ trục tọa độ Descartes vuông góc.

- véc-tơ gia tốc toàn phần

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{a}_t + \vec{a}_n \quad (1.3)$$

gia tốc tiếp tuyến: $a_t = \frac{dv}{dt}$

gia tốc pháp tuyến: $a_n = \frac{v^2}{R}$

Gia tốc toàn phần:

$$|\vec{a}| = \sqrt{a_t^2 + a_n^2} = \sqrt{\left(\frac{dv}{dt}\right)^2 + \left(\frac{v^2}{R}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2y}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2z}{dt^2}\right)^2} \quad (1.4)$$

R là bán kính cong của quỹ đạo tại điểm đang xét.

2. Chuyển động thẳng đều:

- Vận tốc: $v = \frac{s}{t} = \text{const}$
- Gia tốc: $a = 0$
- Phương trình chuyển động: $s = v.t$

s là quãng đường đi của chất điểm chuyển động.

3. Chuyển động thẳng biến đổi đều:

- Vận tốc: $v = v_0 + at$; v_0 là vận tốc ban đầu.
- Gia tốc: $a = \text{const}$.
- Phương trình chuyển động:

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (1.5)$$

- Mối liên hệ giữa vận tốc, gia tốc và quãng đường dịch chuyển:

$$v^2 - v_0^2 = 2as \quad (1.6)$$

4. Chuyển động tròn:

- Vận tốc góc:

$$\omega = \frac{d\theta}{dt} \quad (1.7)$$

- Gia tốc góc:

$$\beta = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2} \quad (1.8)$$

trong đó θ là góc quay.

- Trường hợp chuyển động tròn đều:

$$\omega = \frac{\theta}{t}, \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f, \quad (1.9)$$

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

- Trường hợp chuyển động tròn biến đổi đều:

$$\omega = \beta t + \omega_0, \quad (1.10)$$

$$\theta = \frac{1}{2} \beta t^2 + \omega_0 t, \quad (1.11)$$

$$\omega^2 - \omega_0^2 = 2\beta\theta, \quad (1.12)$$

- Liên hệ giữa vận tốc, gia tốc dài với vận tốc và gia tốc góc:

$$\vec{v} = \vec{\omega} \wedge \vec{R}; \vec{a}_t = \vec{\beta} \wedge \vec{R} \quad (1.13)$$

$$v = R\omega; a_t = R\beta; a_n = R\omega^2. \quad (1.14)$$

5. **Sự rơi tự do:** trường hợp đặc biệt của chuyển động nhanh dần đều với: $v_0 = 0; a = g = 9,81\text{m/s}^2$.

6. **Chuyển động ném xiên:**

- Gia tốc:

$$\vec{a} = \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$$

- Vận tốc:

$$\vec{v} = \begin{cases} v_x = v_{0x} = v_0 \cos \alpha \\ v_y = v_{0y} + a_y t = v_0 \sin \alpha - gt \end{cases} \quad (1.15)$$

- Phương trình chuyển động:

$$\begin{cases} x = v_0 \cos \alpha \cdot t \\ y = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} \end{cases} \quad (1.16)$$

- Phương trình quỹ đạo:

$$y = -\frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} + x \tan \alpha \quad (1.17)$$

- Độ cao cực đại:

$$y_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \quad (1.18)$$

- Tầm xa:

$$x_{\max} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \quad (1.19)$$

1.1.2 Bài tập

Bài 1.1. Phương trình chuyển động của chất điểm có dạng: $x = a \cos \omega t; y = b \sin \omega t$

Cho biết $a = b = 20\text{cm}; \omega = 31,4 \text{ rad/s}$. Tìm:

1. Quỹ đạo chuyển động của chất điểm.
2. Vận tốc và chu kỳ của chuyển động.
3. Gia tốc của chuyển động

Bài 1.2. Hai ô tô cùng chạy trên một đoạn đường từ A đến B. Chiếc ô tô thứ nhất chạy nửa đầu đoạn đường với vận tốc v_1 và nửa sau của đoạn đường với vận tốc v_2 . Chiếc ô tô thứ hai chạy nửa thời gian đầu với vận tốc v_1 và nửa thời gian sau với vận tốc v_2 . Tìm vận tốc trung bình của mỗi ô tô trên đoạn đường AB. Cho biết $v_1 = 60\text{km/h}$ và $v_2 = 40\text{km/h}$.

Đáp số: $\bar{v}_1 = 48\text{km/h}$, $\bar{v}_2 = 50\text{km/h}$

Bài 1.3. Một người chèo một con thuyền qua bờ sông theo hướng vuông góc với bờ sông với vận tốc $7,2\text{km/h}$. Nước chảy đã mang con thuyền về phía xuôi dòng một khoảng 150m . Tìm:

1. Thời gian cần thiết để thuyền qua được sông. Cho biết chiều rộng của sông bằng $0,5\text{km}$.

2. Vận tốc của dòng nước với bờ sông.

Đáp số: $t = 250(\text{s})$; $v_{23} = 0,6\text{m/s}$

Bài 1.4. Một xe lửa bắt đầu chuyển động giữa hai điểm (nằm trên một đường thẳng) cách nhau $1,5\text{km}$. Trong nửa đoạn đường đầu xe lửa chuyển động nhanh dần đều, còn nửa đoạn đường sau xe lửa chuyển động chậm dần đều. Vận tốc lớn nhất của xe lửa giữa hai điểm đó bằng 50km/h . Biết rằng trị số tuyệt đối của các gia tốc trên hai đoạn đường bằng nhau. Tính:

1. Gia tốc của xe l.

2. Thời gian để xe lửa đi hết quãng đường giữa hai điểm đó.

Đáp số: $a \approx 0,13\text{m/s}^2$; $t \approx 213,84(\text{s})$

Bài 1.5. Một vật đang đứng yên bắt đầu chuyển động nhanh dần đều, biết rằng trong giây thứ 5 nó đi được một quãng đường 18 m . Hỏi trong giây thứ 10, vật đó đi được quãng đường bằng bao nhiêu ?

Đáp số: $s = 38(\text{m})$

Bài 1.6. Một người đứng ở sân ga nhìn một đoàn tàu đang bắt đầu chuyển bánh, biết rằng toa thứ nhất chạy ngang qua trước mặt người đó trong 6s . Coi chuyển động của đoàn tàu là nhanh dần lên. Hỏi toa thứ n đi qua trước mặt người quan sát trong bao lâu? Áp dụng với trường hợp $n = 7$.

Đáp số: $6(\sqrt{7} - \sqrt{6})(\text{s})$

Bài 1.7. Thả vật rơi tự do từ độ cao $h = 20\text{m}$. Tính:

1. Quãng đường mà vật rơi được trong $0,1\text{s}$ đầu và $0,1\text{s}$ cuối.

1. Thời gian cần thiết để vật đi được 1m đầu và 1m cuối của độ cao h . Cho $g = 10\text{m/s}^2$.

Đáp số: 1. $h_1 = 0,05 \text{ (m)}$; $h' = 1,95 \text{ (m)}$

2. $t_1 = 0,45 \text{ (s)}$; $t' = 0,05 \text{ (s)}$

Bài 1.8. Phải ném một vật theo phương thẳng đứng từ độ cao $h = 45\text{m}$ với vận tốc ban đầu v_0 bằng bao nhiêu để nó rơi tới mặt đất:

1. Trước 1 giây so với trường hợp vật rơi tự do?

2. Sau 1 giây so với trường hợp vật rơi tự do. Cho $g = 10\text{m/s}^2$.

Đáp số: 1. Ném xuống với vận tốc $v_0 = 12,5 \text{ (m/s)}$.

2. Ném lên với vận tốc $v_0 = 8,75 \text{ (m/s)}$

Bài 1.9. Một hòn đá được ném theo phương nằm ngang với vận tốc ban đầu $v_0 = 15\text{m/s}$. Tìm gia tốc pháp tuyến và gia tốc tiếp tuyến của hòn đá sau khi ném 1 giây. Cho $g = 10\text{m/s}^2$. Bỏ qua mọi lực cản.

Đáp số: $a_t = 5,4 \text{ m/s}^2$; $a_n = 8,2\text{m/s}^2$

Bài 1.10. Người ta ném một quả bóng với vận tốc ban đầu $v_0 = 10\text{m/s}$ theo phương hợp với mặt phẳng nằm ngang một góc $\alpha = 30^\circ$. Giả sử quả bóng được ném đi từ mặt đất. Hỏi:

1. Độ cao lớn nhất mà quả bóng có thể đạt được.

2. Tầm bay xa của quả bóng.

3. Thời gian từ lúc ném quả bóng tới lúc bóng chạm đất.

Cho $g = 10\text{m/s}^2$. Bỏ qua mọi lực cản.

Đáp số: $y_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$, $x_{\max} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$

Bài 1.11. Từ độ cao $h = 25\text{m}$ người ta ném một hòn đá lên phía trên với vận tốc ban đầu $v_0 = 15\text{m/s}$ theo phương hợp với mặt phẳng nằm ngang một góc $\alpha = 30^\circ$. Xác định:

1. Thời gian chuyển động của hòn đá.

2. Vận tốc của hòn đá lúc chạm đất.

Cho $g = 10\text{m/s}^2$. Bỏ qua mọi lực cản.

Đáp số: 1. $t = 3,1 \text{ (s)}$, 2. $v = 26,7 \text{ (m/s)}$

Bài 1.12. Từ một đỉnh tháp cao $h = 30\text{m}$, người ta ném một hòn đá xuống đất với vận tốc ban đầu $v_0 = 10\text{m/s}$ theo phương hợp với mặt phẳng nằm ngang một góc $\alpha = 30^\circ$. Tìm:

1. Thời gian chuyển động của hòn đá.
2. Khoảng cách từ chân tháp đến chỗ rơi của hòn đá.
3. Dạng quỹ đạo của hòn đá.

Cho $g = 10\text{m/s}^2$. Bỏ qua mọi lực cản.

Đáp số: 1. $t = 2(\text{s})$, 2. $x = 17,3(\text{m})$, 3. $y = h - x \tan \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$

Bài 1.13. Một vô lăng sau khi bắt đầu quay được một phút thì thu được vận tốc 700vòng/phút. Tính gia tốc góc của vô lăng và số vòng mà vô lăng quay được trong phút ấy nếu chuyển động của vô lăng là chuyển động nhanh dần đều.

Đáp số: 1. $\beta = 1,22 (\text{rad/s}^2)$, 2. $n = 350$ vòng

Bài 1.14. Một đoàn tàu bắt đầu chạy vào một đoạn đường tròn, bán kính 1km, dài 600m với vận tốc 54km/h. Đoàn tàu chạy hết quãng đường đó trong 30s. Tìm vận tốc dài, gia tốc pháp tuyến, gia tốc tiếp tuyến, gia tốc toàn phần và gia tốc góc của đoàn tàu ở cuối quãng đường đó. Coi chuyển động của đoàn tàu là chuyển động nhanh dần đều.

Đáp số: $v = 25 (\text{m/s})$; $a_n = 0,625(\text{m/s}^2)$; $a = 0,7(\text{m/s}^2)$

1.2 Động lực học chất điểm

1.2.1 Tóm tắt lý thuyết

Phương pháp giải một bài toán động lực học:

Bước 1: Xác định đầy đủ và chính xác các lực tác dụng lên vật và vẽ các lực tác dụng lên hình.

Bước 2: Viết phương trình cơ bản của động lực học (phương trình định luật 2 Newton): $\vec{F} = m\vec{a}$, với \vec{F} là tổng các lực tác dụng lên vật.

Bước 3: Chiều phương trình lên các phương, thu được phương trình đại số và giải.

1. Lực ma sát trượt:

$$f_{ms} = kN, \quad (1.20)$$

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

2. Phương trình Newton:

$$\frac{d\vec{K}}{dt} = \vec{F}, \quad (1.21)$$

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

3. Mômen động lượng:

$$\vec{L} = \vec{r} \wedge \vec{K} = \vec{r} \wedge m\vec{v}. \quad (1.22)$$

4. Định lý về mômen động lượng:

Đối với một chất điểm:

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{\mathcal{M}}. \quad (1.23)$$

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

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d}{dt}(\mathcal{I}\vec{\omega}) \quad (1.24)$$

với $\mathcal{I} = mr^2$ là mômen quán tính của chất điểm đối với O.

5. Phép biến đổi Galiléo:

Công thức cộng vận tốc:

$$\vec{v} = \vec{v}' + \vec{V} \quad (1.25)$$

Công thức cộng gia tốc:

$$\vec{a} = \vec{a}' + \vec{A}. \quad (1.26)$$

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

$$m\vec{a}' = \vec{F} + \vec{F}_{qt} \quad (1.27)$$

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

1.2.2 Bài tập

Bài 1.15. Một người di chuyển một chiếc xe với vận tốc không đổi. Lúc đầu người ấy kéo xe về phía trước, sau đó người ấy đẩy xe về phía sau. Trong cả hai trường hợp, cang xe hợp với mặt phẳng nằm ngang một góc α . Hỏi trong trường hợp nào người ấy phải đặt lên xe một lực lớn hơn? Biết rằng trọng lượng của xe là P , hệ số ma sát giữa bánh xe và mặt đường là k .

Đáp số: Kéo xe về phía trước : $f_{ms} = k(P - F \cdot \sin \alpha)$

Đẩy xe về phía sau: $f_{ms} = k(P + F \cdot \sin \alpha)$

Bài 1.16. 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 $g = 10\text{m/s}^2$. Hãy xác định lực kéo nhỏ nhất cần để dịch chuyển bản gỗ A khi nâng nó lên hoặc hạ nó xuống.

Đáp số: Kéo gỗ lên phía trên: $F_{min} = mg + 2kN$

Kéo gỗ xuống dưới: $F_{min} = mg - 2kN$

Bài 1.17. Một tàu điện, sau khi xuất phát, chuyển động với gia tốc không đổi $0,5\text{m/s}^2$. Sau khi bắt đầu chuyển động được 12s, người ta tắt động cơ của tàu và tàu chuyển động chậm dần đều cho tới khi dừng hẳn. Trên toàn bộ quãng đường hệ số ma sát bằng $k = 0,01$. Tìm:

1. Vận tốc lớn nhất của tàu.
2. Thời gian toàn bộ kể từ khi tàu xuất phát cho tới khi tàu dừng hẳn.
3. Gia tốc của tàu trong chuyển động chậm dần đều.
4. Quãng đường toàn bộ mà tàu đã đi được. Cho $g = 10\text{m/s}^2$.

Đáp số: 1. $v = 6\text{m/s}$; 2. $t = 73,2\text{s}$; 3. $s = 216\text{m}$.

Bài 1.18. Một ô tô có khối lượng 5 tấn đang chạy bị hãm phanh chuyển động chậm dần đều. Sau 2,5s xe dừng lại. Từ lúc bắt đầu hãm phanh cho đến khi dừng hẳn nó đi được 12m. Tìm:

1. Vận tốc của ô tô lúc bắt đầu hãm phanh.

2. Lực hãm trung bình. Cho $g = 10\text{m/s}^2$.

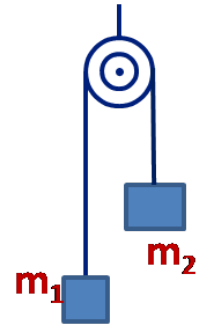
Đáp số: $v = 9,6\text{m/s}$; $F = -19,2.103\text{N}$

Bài 1.19. Hai vật nặng có khối lượng $m_1 = 300\text{g}$, $m_2 = 500\text{g}$ được buộc vào hai đầu sợi dây vắt qua ròng rọc có khối lượng không đáng kể.

Vật m_1 ở dưới vật m_2 một khoảng $h = 2\text{m}$ (hình vẽ). Xác định:

1. Gia tốc chuyển động của hệ vật và sức căng sợi dây.
2. Sau bao lâu hai vật m_1 và m_2 ở cùng độ cao.

Cho $g = 10\text{m/s}^2$, bỏ qua khối lượng của dây, sợi dây không giãn, bỏ qua ma sát ở ổ trục của ròng rọc.



Đáp số: $a = 2,5\text{m/s}^2$; $T = 3,75\text{N}$

Bài 1.20. Một toa xe khối lượng 20 tấn chuyển động với vận tốc ban đầu 54km/h . Xác định lực trung bình tác dụng lên xe, nếu toa xe dừng lại sau thời gian:

1. 1 phút 40 giây.
2. 10 giây.

Đáp số: 1. $F_1 = 3.103\text{N}$; 2. $F_2 = 3.104\text{N}$

Bài 1.21. Một viên đạn khối lượng 10g chuyển động với vận tốc $v_0 = 200\text{m/s}$ đập vào một tấm gỗ và xuyên sâu vào tấm gỗ một đoạn s . Biết thời gian chuyển động của viên đạn trong tấm gỗ $t = 4.10^{-4}\text{s}$. Xác định lực cản trung bình của tấm gỗ lên viên đạn và độ xuyên của viên đạn.

Đáp số: $F = -0,5.104\text{N}$; $s = 4.10^{-2}\text{m}$

Bài 1.22. Một thang máy được treo ở đầu một dây cáp đang chuyển động lên phía trên. Lúc đầu thang máy chuyển động nhanh dần đều sau đó chuyển động đều và trước khi dừng lại chuyển động chậm dần đều. Hỏi trong quá trình đó, lực căng của dây cáp thay đổi như thế nào? Cảm giác của người trên thang máy ra sao?

Đáp số: $P' = P - F_{qt} = 250\text{N}$

Bài 1.23. Một thang máy được treo ở đầu một dây cáp đang chuyển động lên phía trên. Lúc đầu thang máy chuyển động nhanh dần đều sau đó chuyển động đều và trước khi dừng lại chuyển động chậm dần đều. Hỏi trong quá trình đó, lực căng của dây cáp thay đổi như thế nào? Cảm giác của người trên thang máy ra sao?

Đáp số: Nhanh dần đều: $T = m(g + a)$

Chuyển động đều $T = mg$

Chuyển động chậm dần đều: $T = m(g - a)$

Bài 1.24. Một ô tô khối lượng 2,5 tấn chuyển động với vận tốc không đổi 54km/h qua một chiếc cầu. Xác định lực nén của ô tô lên cầu, nếu:

1. Cầu nằm ngang.
2. Cầu vồng lên với bán kính cong là 50m.
3. Cầu lõm xuống dưới với bán kính cong là 50m (tương ứng với vị trí ô tô ở giữa cầu).

Cho $g = 10\text{m/s}^2$.

Đáp số: Cầu vồng lên: $N = 13750\text{N}$

Cầu vồng xuống: $N = 36250\text{N}$.

Bài 1.25. Một phi công lái máy bay thực hiện vòng nhào lộn với bán kính 200m trong mặt phẳng thẳng đứng. Khối lượng của phi công bằng 75kg. Xác định:

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

2. Với vận tốc nào của máy bay khi thực hiện vòng nhào lộn, người phi công bắt đầu bị rơi khỏi ghế ngồi? Cho $g = 10\text{m/s}^2$.

Đáp số: 1. Thấp nhất: $N = 4,5.103\text{N}$; Cao nhất $N = 3.103\text{N}$

$$v \geq 44,72\text{m/s}$$

Chương 2

ĐỘNG LỰC HỌC HỆ CHẤT ĐIỂM – VẬT RẮN

2.1 Tóm tắt lý thuyết

1. Khối tâm của một hệ chất điểm:

$$\vec{r} = \frac{\sum_i m_i \vec{r}_i}{m} \quad (2.1)$$

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

2. Phương trình chuyển động của khối tâm:

$$m\vec{a} = \sum_i \vec{F}_i \quad (2.2)$$

với \vec{a} : gia tốc chuyển động của khối tâm.

3. Động lượng của một hệ:

$$\vec{K} = \sum_i m_i \vec{v}_i = m\vec{v}, \quad (2.3)$$

với \vec{v} : vận tốc chuyển động của khối tâm.

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

$$\sum_i \vec{F}_i = 0 \Rightarrow \sum_i m_i \vec{v}_i = \overrightarrow{\text{const}} \quad (2.4)$$

5. Định lý về mômen động lượng của hệ:

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{\mathcal{M}}, \quad (2.5)$$

với $\vec{L} = \sum_i (\vec{r}_i \wedge m_i \vec{v}_i)$; $\vec{\mathcal{M}} = \sum_i (\vec{r}_i \wedge \vec{F}_i)$ là tổng mômen các ngoại lực tác dụng lên vật.

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

Khi $\vec{\mathcal{M}} = 0$ ta có:

$$\vec{L} = \sum_i (\vec{r}_i \wedge m_i \vec{v}_i) = \overrightarrow{\text{const}}, \quad (2.6)$$

dưới dạng khác:

$$\sum_i (\mathcal{I}_i \vec{\omega}_i) = \overrightarrow{\text{const}}, \quad (2.7)$$

với $\mathcal{I}_i = m_i r_i^2$

7. Phương trình cơ bản của chuyển động quay của vật rắn quanh trục quay cố định :

$$\vec{\beta} = \frac{\vec{\mathcal{M}}}{\mathcal{I}} \quad (2.8)$$

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

8. Mômen quán tính:

a) Của vật rắn đối với trục quay

$$\mathcal{I} = \sum_i \Delta m_i r_i^2 = \int r^2 dm, \quad (2.9)$$

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

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

$$\mathcal{I} = mr^2 \quad (2.10)$$

r là khoảng cách từ chất điểm tới trục quay.

c) Của các vật rắn quay quanh một trục cố định Δ_0 trùng với trục đối xứng Δ_0 của vật rắn và đi qua khối tâm của nó:

- Thanh dài đồng chất khối lượng m , chiều dài ℓ

$$\mathcal{I} = \frac{m\ell^2}{12} \quad (2.11)$$

- Đĩa tròn hoặc trụ đặc khối lượng m , bán kính R

$$\mathcal{I} = \frac{mR^2}{2} \quad (2.12)$$

- Vành tròn hoặc trụ rỗng khối lượng m , bán kính R

$$\mathcal{I} = mR^2 \quad (2.13)$$

- Khối cầu đặc khối lượng m , bán kính R

$$\mathcal{I} = \frac{2}{5}mR^2 \quad (2.14)$$

d) Của vật rắn đối với một trục Δ bất kỳ: không trùng với trục đối xứng Δ_0 , không đi qua khối tâm của vật và song song với trục Δ_0 (định lý Steiner-Huyghens)

$$\mathcal{I} = \mathcal{I}_0 + md^2 \quad (2.15)$$

trong đó \mathcal{I}_0 là mômen quán tính của vật rắn đối với trục Δ_0 , m là khối lượng của vật rắn, d là khoảng cách giữa hai trục Δ và Δ_0 .

2.2 Bài tập

Bài 2.1. Một bệ súng có khối lượng 10 tấn có thể chuyển động không ma sát trên đường ray. Trên bệ súng có gắn một khẩu đại bác khối lượng 5 tấn. Giả sử khẩu đại bác nhả đạn theo phương đường ray. Viên đạn có khối lượng 100kg và có vận tốc đầu nòng 500m/s. Xác định vận tốc của bệ súng ngay sau khi bắn, biết rằng:

1. lúc đầu bệ súng đứng yên.
2. Trước khi bắn, bệ súng chuyển động với vận tốc 18km/h theo chiều bắn.
3. Trước khi bắn, bệ súng chuyển động với vận tốc 18km/h ngược chiều bắn.

Đáp số: 1. $v = 3,33 \text{ m/s}$

2. Theo chiều bắn: $v = 1,7 \text{ m/s}$

3. Ngược chiều bắn: $v = 8,37 \text{ m/s}$.

Bài 2.2. Một xe chở đầy cát chuyển động không ma sát với vận tốc $v_1 = 1\text{m/s}$ trên mặt đường nằm ngang. Toàn bộ xe cát có khối lượng $m = 10\text{kg}$. Một quả cầu khối lượng $m_2 = 2\text{kg}$ bay theo chiều ngược lại với vận tốc nằm ngang $v_2 = 7\text{m/s}$. Sau khi gặp xe, quả cầu nằm ngập trong cát. Hỏi sau đó xe chuyển động theo chiều nào, với vận tốc bằng bao nhiêu?

Đáp số: $v = 1,42 \text{ m/s}$ theo chiều quả cầu.

Bài 2.3. Một khẩu đại bác không có bộ phận chống giật, nhả đạn dưới một góc 45° so với mặt phẳng nằm ngang. Viên đạn có khối lượng $m = 10\text{kg}$ và vận tốc $v_0 = 200\text{m/s}$.

Đại bác có khối lượng $M = 500\text{kg}$. Hỏi vận tốc giật của súng nếu bỏ qua ma sát.

Đáp số: $v = 2,82 \text{ m/s}$.

Bài 2.4. Một đĩa tròn đồng chất khối lượng $m = 0,3\text{kg}$, có bán kính $R = 0,4\text{m}$, đang quay với vận tốc góc 1500vòng/phút . Tác dụng lên đĩa một mômen hãm, đĩa quay chậm dần và sau thời gian 20giây thì dừng lại. Tìm mômen lực hãm.

Đáp số: $M = 0,19 \text{ N.m}$

Bài 2.5. Một trụ đặc đồng chất, khối lượng $m = 100\text{kg}$, bán kính $R = 0,5\text{m}$ đang quay quanh trục của nó. Tác dụng lên trụ một lực hãm tiếp tuyến với mặt trụ và vuông góc với trục quay $F_h = 243,3\text{N}$. Sau thời gian $31,4\text{giây}$ trụ dừng lại. Tính vận tốc góc của trụ lúc bắt đầu tác dụng lực hãm.

Đáp số: $\beta = 9,7 \text{ rad/s}^2; \omega = 97,3\pi \text{ rad/s}$.

Bài 2.6. Tác dụng lên bánh xe bán kính $R = 0,5\text{m}$ và có mômen quán tính $I = 20\text{kg.m}^2$, một lực tiếp tuyến với vành bánh $F_t = 100\text{N}$. Tìm:

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

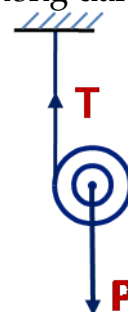
Đáp số: $\beta = 2,5\text{rad/s}^2; \omega = 25 \text{ rad/s}; v = 12,5 \text{ m/s}$.

Bài 2.7. Một bánh xe bán kính 50cm đang quay dưới tác dụng của mômen lực 980N . Hỏi phải cho mỗi má phanh tác dụng lên vành bánh một lực bằng bao nhiêu để vành bánh xe quay chậm dần đều với gia tốc góc $2,5\text{rad/s}^2$. Biết hệ số ma sát $0,25$, mômen quán tính của bánh xe đối với trục quay 50kg.m^2 .

Đáp số: $F = 4420\text{N}$

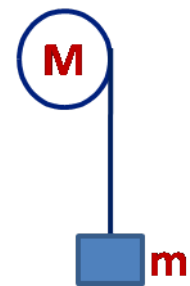
Bài 2.8. Trên một trụ rỗng khối lượng 1kg , người ta cuộn một sợi dây không dẫn có khối lượng và đường kính nhỏ không đáng kể (hình vẽ). Đầu tự do của dây gắn trên một giá cố định. Để trụ rơi tự do dưới tác dụng của trọng lực. Tìm gia tốc của trụ và sức căng của sợi dây treo. Cho $g = 10\text{m/s}^2$.

Đáp số: $a = 5\text{m/s}^2; T = 5\text{N}$.



Bài 2.9. Một trụ quay hình trụ đặc khối lượng 100kg có thể quay quanh

trục quay nằm ngang. Một sợi dây không giãn, khối lượng không đáng kể được cuốn thành một lớp xít nhau trên thân trụ và đầu tự do của sợi dây treo vật nặng khối lượng 20kg (hình vẽ). Để vật nặng tự nó chuyển động. Tìm:



1. Gia tốc của vật nặng
2. Lực căng của dây treo. Cho $g = 10 \text{ m/s}^2$

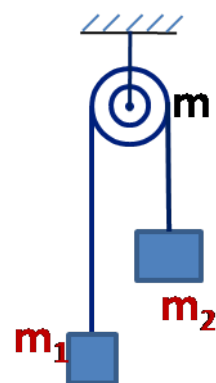
Đáp số: $a = 2.86 \text{ m/s}^2$; $T = 142.8 \text{ N}$.

Bài 2.10. Hai vật khối lượng lần lượt m_1, m_2 ($m_1 > m_2$) được nối với nhau bằng một sợi dây không giãn, khối lượng không đáng kể, vắt qua ròng rọc, ròng rọc khối lượng m .

Tìm:

1. Gia tốc chuyển động của các vật.
2. Sức căng của các dây treo. Coi ròng rọc là một đĩa tròn, ma sát không đáng kể.

Áp dụng bằng số: $m_1 = 2 \text{ kg}$, $m_2 = 1 \text{ kg}$, $m = 1 \text{ kg}$. Cho $g = 10 \text{ m/s}^2$



Đáp số: $a = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2 + \frac{m}{2}} = 2.86 \text{ m/s}^2$; $T_1 = 14.28 \text{ N}$;

$T_2 = 12.86 \text{ N}$.

Bài 2.11. Một thanh có chiều dài 1m có thể quay xung quanh một trục nằm ngang đi qua một đầu thanh. Lúc đầu, thanh ở vị trí nằm ngang, sau đó được thả ra. Tìm gia tốc góc của thanh lúc bắt đầu thả rơi và lúc thanh đi qua vị trí thẳng đứng. Cho $g = 10 \text{ m/s}^2$.

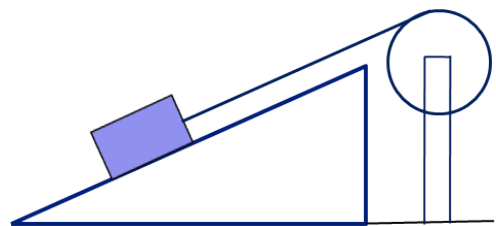
Đáp số: $\beta = 0$; $\beta = \frac{3g}{2\ell} = 15 \text{ m/s}^2$.

Bài 2.12. Một vật khối lượng 100kg trượt trên mặt phẳng nghiêng hợp với mặt phẳng ngang một góc 30° và làm quay một bánh xe có dạng một trụ tròn đặc bán kính 0,26m và khối lượng 25kg. Hệ số ma sát giữa vật và mặt phẳng nghiêng 0,25. Bỏ qua ma sát của ổ trục của ròng rọc và khối lượng của dây. Tìm:

1. Gia tốc của bánh xe.
2. Lực căng của các dây treo. Cho $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Đáp số: $a = \frac{mg \sin \alpha - kmg \cos \alpha}{m + \frac{M}{2}} = 2.52 \text{ m/s}^2$;

$\beta = \frac{a}{R} = 9.7 \text{ rad/s}^2$; $T = \frac{Ma}{2} = 31.5 \text{ N}$.



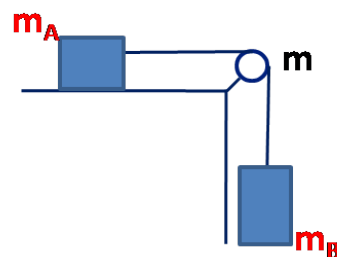
Bài 2.13. Hai vật A và B có khối lượng $m_A = m_B = 1\text{kg}$. Coi ròng rọc là một đĩa tròn. Hệ số ma sát giữa vật m_A và mặt ngang là $k = 0,2$. Tìm:

1. Gia tốc của vật m_A, m_B và lực căng của các dây nối.

2. Cũng câu hỏi như trên, xét trường hợp khối lượng của ròng rọc không đáng kể. Cho $g = 10\text{m/s}^2$.

Đáp số: 1. $a = 3,2 \text{ m/s}^2$; $T_1 = 5,2 \text{ N}$; $T_2 = 6,8 \text{ N}$

2. $a = 4 \text{ m/s}^2$; $T_1 = T_2 = 6 \text{ N}$



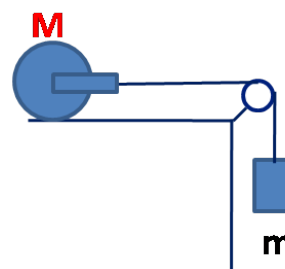
Bài 2.14. Một trụ đặc khối lượng $M = 2,5\text{kg}$ và một vật nặng khối lượng $m = 0,5\text{kg}$ được nối với nhau bằng một sợi dây không giãn vắt qua ròng rọc. Bỏ qua khối lượng của sợi dây, của ròng rọc. Khi thả vật nặng để nó tự chuyển động thì trụ đặc lăn không

trượt trên mặt phẳng ngang. Hệ số ma sát giữa trụ đặc và mặt ngang bằng 0,1. Tìm:

1. Gia tốc của vật chuyển động của vật nặng.

2. Lực căng của sợi dây. Cho $g = 10\text{m/s}^2$.

Đáp số: 1. $a = 1,18 \text{ m/s}^2$; $T = 4,43 \text{ N}$.



Bài 2.15. Một đĩa tròn khối lượng $m_1 = 100\text{kg}$ quay với vận tốc góc $\omega_1 = 10\text{vòng/phút}$. Một người khối lượng $m_2 = 60\text{kg}$ đứng ứng ở mép đĩa. Hỏi vận tốc góc của đĩa khi người đi vào đứng ở tâm của đĩa. Coi người như một chất điểm.

Đáp số: $\omega_2 = \frac{2m_2 + m_1}{m_1} \omega_1 = 22\text{vòng/phút}$.

Chương 3

NĂNG LƯỢNG

3.1 Tóm tắt lý thuyết

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

$$A = \int_{AB} dA = \int_{AB} \vec{F} d\vec{s} = \int_{AB} F_s \cdot ds, \quad (3.1)$$

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

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

$$A = \vec{F} \cdot \vec{s} = F_s \cdot s = F \cdot s \cdot \cos \alpha, \quad (3.2)$$

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

2. Công suất của lực:

Công suất tức thời:

$$P = \frac{dA}{dt} = \frac{d\vec{F} \cdot \vec{s}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v} \quad (3.3)$$

- Đơn vị: Watt, $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$

- Công và công suất trong chuyển động quay:

$$dA = F_t \cdot ds = F_t \cdot r \cdot d\theta = M \cdot d\theta \quad (3.4)$$

$$P = \vec{M} \cdot \vec{\omega} \quad (3.5)$$

3. Động năng của chất điểm:

$$W_d = \frac{1}{2}mv^2 \quad (3.6)$$

- *Định lý động năng*: Độ biến thiên động năng của chất điểm trong một chuyển dời có giá trị bằng công của ngoại lực tác dụng lên chất điểm trong chuyển dời đó.

$$A = W_{đ2} - W_{đ1} \quad (3.7)$$

- *Động năng của vật rắn quay*:

$$W_{đ} = \frac{1}{2}I\omega^2 \quad (3.8)$$

- *Trường hợp tổng quát*: Vật rắn lăn không trượt, động năng toàn phần sẽ bằng tổng động năng tịnh tiến và cộng động năng quay:

$$W_{đ} = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 \quad (3.9)$$

4. Bài toán va chạm:

- *Va chạm đàn hồi xuyên tâm*: Động năng và động lượng được bảo toàn.

$$m_1v'_1 + m_2v'_2 = m_1v_1 + m_2v_2 \quad (3.10)$$

$$\frac{m_1v_1'^2}{2} + \frac{m_2v_2'^2}{2} = \frac{m_1v_1^2}{2} + \frac{m_2v_2^2}{2} \quad (3.11)$$

Giải ra:

$$v'_1 = \frac{2m_2v_2 + (m_1 - m_2)v_1}{m_1 + m_2}; v'_2 = \frac{2m_1v_1 + (m_2 - m_1)v_2}{m_1 + m_2} \quad (3.12)$$

- *Va chạm mềm*: Chỉ có động lượng được bảo toàn.

$$(m_1 + m_2)v = m_1v_1 + m_2v_2 \rightarrow v = \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{m_1 + m_2} \quad (3.13)$$

Nhiệt lượng tỏa ra:

$$-\Delta W_{đ} = \frac{m_1v_1^2}{2} + \frac{m_2v_2^2}{2} - \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2 = \frac{1}{2} \frac{m_1m_2}{m_1 + m_2} (v_1 - v_2)^2 \quad (3.14)$$

3.2 Bài tập

Bài 3.1. Hỏi động cơ máy bay phải có công suất bằng bao nhiêu, biết rằng máy bay có khối lượng 3000kg, khi bay lên cao 1km phải mất một phút. Bỏ qua sức cản của không khí. Cho $g = 10\text{m/s}^2$.

Đáp số: $P = 5.10^4\text{W}$.

Bài 3.2. Một ô tô có khối lượng một tấn, khi tắt máy chuyển động xuống dốc thì có vận tốc không đổi 54km/h. Độ nghiêng của dốc là 4%. Hỏi động cơ ô tô phải có công suất bao nhiêu để nó lên dốc trên với cùng vận tốc 54km/h. ($\sin \alpha = 0,04$). Cho $g = 10\text{m/s}^2$.

Đáp số: $P = 1,2.10^4\text{W}$

Bài 3.3. Một ô tô bắt đầu chuyển động nhanh dần đều trên mặt đường nằm ngang, sau khi đi được 100m thì vận tốc đạt được 72km/h. Tìm công của động cơ ô tô trên đoạn đường ấy. Biết khối lượng của ô tô bằng 1,8 tấn, hệ số ma sát giữa ô tô và mặt đường $k = 0,05$. Cho $g = 10\text{m/s}^2$.

Đáp số: $A = 4,5.10^5\text{J}$

Bài 3.4. Một vật có khối lượng 3kg, trượt không vận tốc ban đầu từ đỉnh mặt nghiêng có độ cao 0,5m, chiều dài mặt nghiêng 1m. Khi tới chân mặt nghiêng vật có vận tốc 2,45m/s. Tìm:

1. Hệ số ma sát giữa vật và mặt nghiêng.
2. Công của lực ma sát khi vật trượt trên mặt nghiêng.

Đáp số: $k = 0,23$; $A = -6\text{J}$

Bài 3.5. Tính công cần thiết để làm cho một đoàn tàu có khối lượng 8.10^5kg :

1. Tăng tốc từ vận tốc 36km/h đến vận tốc 54km/h.
2. Dừng lại nếu vận tốc ban đầu 72km/h.

Đáp số: 1. $A = 5.10^7\text{J}$; 2. $A = 16.10^7\text{J}$

Bài 3.6. Một khẩu pháo có khối lượng 450kg bắn theo phương ngang, đạn khối lượng 5kg, vận tốc của đạn khi bắn ra khỏi nòng là 450m/s. Khi bắn, bệ pháo bị giật lùi về phía sau 45cm. Tìm lực hãm trung bình tác dụng lên pháo.

Đáp số: $F_h = -1,25.10^4\text{N}$

Bài 3.7. Một viên đạn khối lượng 10g đang bay với vận tốc 100m/s thì gặp bản gỗ dày và cắm sâu vào bản một đoạn 4cm. Tìm:

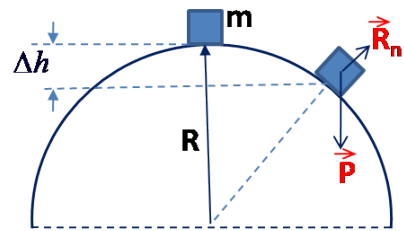
1. Lực cản trung bình của gỗ lên đạn.
2. Vận tốc của viên đạn khi ra khỏi bản gỗ đó, nếu bản gỗ chỉ dày 2cm.

Đáp số: 1. $F_c = -1250\text{N}$; 2. $v = 70,7 \text{ m/s}$

Bài 3.8. Một vật khối lượng m trượt không ma sát

từ đỉnh một mặt cầu xuống. Hỏi từ khoảng cách nào (tính từ đỉnh mặt cầu) vật bắt đầu rời khỏi mặt cầu. Cho bán kính mặt cầu 90cm.

Đáp số: $\Delta h = 30 \text{ cm}$.



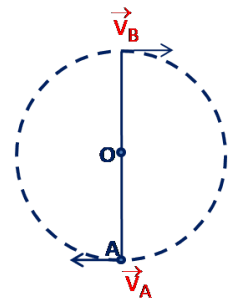
Bài 3.9. Từ đỉnh tháp nghiêng cao $h = 20\text{m}$, người ta ném một vật khối lượng 50g theo phương nghiêng với mặt ngang, với vận tốc ban đầu 18m/s. Khi tới mặt đất vật có vận tốc 24m/s. Tính công của lực cản của không khí tác dụng lên vật. Cho $g = 10\text{m/s}^2$.

Đáp số: $A = -3,7 \text{ J}$

Bài 3.10. A

Ở đầu sợi dây OA, dài 30cm có treo một vật nặng (hình vẽ). Hỏi tại điểm thấp nhất A phải truyền cho vật một vận tốc bé nhất bằng bao nhiêu để vật có thể quay tròn trong mặt phẳng thẳng đứng.

Đáp số: $v_{\text{Amin}} = \sqrt{5g\ell} = 3,87\text{m/s}$.



Bài 3.11. Một vật có khối lượng 1kg, được ném thẳng đứng ở độ cao 240m xuống mặt đất với vận tốc ban đầu 14m/s. Vật đi sâu vào đất một đoạn 0,2m. Tính lực cản trung bình của đất lên vật. Bỏ qua sức cản của không khí. Cho $g = 10\text{m/s}^2$.

Đáp số: $F_c = -12,5.103 \text{ N}$

Bài 3.12. Một quả cầu khối lượng $m_1 = 2\text{kg}$ chuyển động với vận tốc $v_1 = 3\text{m/s}$, va chạm xuyên tâm với quả cầu thứ hai khối lượng $m_2 = 3\text{kg}$ đang chuyển động với vận tốc $v_2 = 1\text{m/s}$ cùng chiều với quả thứ nhất. Tìm vận tốc của mỗi quả cầu sau va chạm, nếu:

1. Va chạm là hoàn toàn đàn hồi.
2. Va chạm mềm.

Đáp số: 1. $v_1 = 0,6\text{m/s}$; $v_2 = 2,6 \text{ m/s}$; 2. $v_1 = v_2 = 1,8 \text{ m/s}$

Bài 3.13. Một quả cầu khối lượng $m_1 = 5\text{kg}$, chuyển động tới va chạm vào quả cầu thứ hai đang đứng yên có khối lượng $m_2 = 2,5\text{kg}$. Sau va chạm động năng của quả cầu thứ hai là 5J, coi va chạm là xuyên tâm và đàn hồi. Xác định động năng của quả cầu thứ nhất trước và sau va chạm.

Đáp số: $W_1 = 5,625 \text{ J}$; $W'_1 = 0,625\text{J}$

Bài 3.14. Một đĩa tròn đồng chất nặng 20N, lăn không trượt trên một mặt phẳng nằm ngang với vận tốc 4m/s. Tìm động năng của đĩa. Cho $g = 10\text{m/s}^2$.

Đáp số: $W_d = \frac{2}{3}mv^2 = 24\text{ J}$.

Bài 3.15. Tính công cần thiết để làm cho một vô lăng hình vành tròn đường kính 1m, khối lượng 500kg, đang đứng yên quay tới vận tốc 120 vòng/phút.

Đáp số: $A = 10\text{kJ}$.

Bài 3.16. Một quả cầu đặc đồng chất có khối lượng $m = 1\text{kg}$, lăn không trượt với vận tốc $v_1 = 10\text{m/s}$ đến đập vào thành tường rồi bật trở ra với vận tốc $v_2 = 8\text{m/s}$. Tính nhiệt tỏa ra trong va chạm đó.

Đáp số: $Q = 25,2\text{J}$.

Bài 3.17. Một cột đồng chất có chiều cao 5m, đang đứng ở vị trí cân bằng thì bị đổ xuống. Xác định:

1. Vận tốc dài của đỉnh cột khi nó chạm đất.

2. Vị trí của điểm M trên cột sao cho khi M chạm đất thì vận tốc của nó đúng bằng vận tốc chạm đất của một vật thả rơi tự do từ vị trí M. Cho $g = 10\text{m/s}^2$.

Đáp số: 1. $v = 12,2\text{ m/s}$; 2. $x = \frac{2}{3}h = \frac{10}{3}\text{m}$.

Chương 4

TRƯỜNG HẤP DẪN

4.1 Tóm tắt lý thuyết

1. Lực hấp dẫn giữa hai chất điểm:

$$F_{\text{hd}} = G \frac{m_1 m_2}{r^2}; \quad (4.1)$$

- G : hằng số hấp dẫn, $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{Nm}^2/\text{kg}^2$
- m_1, m_2 : khối lượng của hai chất điểm.
- r : khoảng cách giữa chúng.
- *Chú ý*: Lực hấp dẫn giữa hai vật hình cầu được tính như trường hợp hai chất điểm đặt tại tâm của chúng.

2. Gia tốc rơi tự do: Là gia tốc rơi trong chân không dưới tác dụng của trọng lực.

$$g_0 = G \frac{M}{R^2} \approx 9,8 \text{m/s}^2 \quad (4.2)$$

3. Thế năng của trường hấp dẫn:

$$W_t = -G \frac{Mm}{r} + C, \quad (4.3)$$

C là hằng số tùy chọn từ giá trị thế năng tại vô cùng.

4.2 Bài tập

Bài 4.1. Khối lượng của mặt trăng nhỏ hơn khối lượng của trái đất 81 lần, đường kính của mặt trăng bằng 3/11 đường kính quả đất. Hỏi một người trên mặt đất nặng 600N, thì lên mặt trăng sẽ nặng bao nhiêu?

Đáp số: $P' = 99,6 \text{N}$

Bài 4.2. 2. Bán kính của mặt trời lớn gấp 110 lần bán kính trái đất, khối lượng riêng của mặt trời bằng $1/4$ khối lượng riêng của trái đất. Hỏi gia tốc rơi tự do ở trên bề mặt mặt trời bằng bao nhiêu? Cho gia tốc rơi tự do ở trên mặt đất $g = 9,8\text{m/s}^2$.

Đáp số: $g = 269,5 \text{ m/s}^2$

Bài 4.3. Khoảng cách giữa trái đất và mặt trăng là 384000km. Khối lượng của trái đất là 6.10^{27}g và của mặt trăng là $7,35.10^{25}\text{g}$. Xác định vị trí của điểm tại đó lực hút của mặt trăng và trái đất lên một chất điểm cân bằng nhau.

Đáp số: $x = 2,95.10^5 \text{ km}$

Bài 4.4. Tìm vận tốc dài của trái đất quay quanh mặt trời, biết rằng khối lượng của mặt trời là 2.10^{30}kg , khoảng cách trung bình giữa trái đất và mặt trời $1,5.10^8\text{km}$.

Đáp số: $v = 30 \text{ km/s}$

Bài 4.5. Tìm vận tốc dài của một vệ tinh nhân tạo của trái đất biết rằng quỹ đạo của vệ tinh là tròn. Vệ tinh ở độ cao trung bình $h = 1000\text{km}$. Coi vệ tinh chỉ chịu ảnh hưởng lực hút của trái đất và ở độ cao trên, lực cản của không khí không đáng kể. Cho bán kính trái đất $R = 6370\text{km}$.

Đáp số: $v = 7,34 \text{ km/s}$

Bài 4.6. Tìm vận tốc vũ trụ cấp II của mặt trăng (nghĩa là vận tốc của một tên lửa phóng từ bề mặt của mặt trăng cần phải có để nó thoát khỏi sức hút của mặt trăng).

Đáp số: $v = \sqrt{2g_0R} = 2,38\text{km/s}$.

Chương 7

TRƯỜNG TĨNH ĐIỆN

7.1 Tóm tắt lý thuyết

1. Lực tương tác Coulomb:

giữa hai điện tích điểm q_1, q_2 đặt cách nhau một khoảng r :

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} \quad (7.1)$$

- $\epsilon_0 \approx 8,86.10^{-12} \text{C}^2/\text{N.m}^2$: hằng số điện môi (hằng số điện môi tuyệt đối của chân không)

- ϵ : hằng số điện môi tỷ đối của môi trường.

2. Vectơ cường độ điện trường:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}, \quad (7.2)$$

Cường độ điện trường gây ra bởi một điện tích điểm q tại một điểm cách nó một khoảng r :

$$F = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} \quad (7.3)$$

- $q > 0$: \vec{E} hướng ra xa điện tích;

- $q < 0$: \vec{E} hướng vào điện tích.

3. Véc-tơ điện cảm (cảm ứng điện):

$$\vec{D} = \epsilon_0\epsilon\vec{E} \quad (7.4)$$

4. Cường độ điện trường gây bởi một sợi dây thẳng dài vô hạn mang điện đều tại một điểm cách dây một khoảng r :

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon r} \quad (7.5)$$

- λ là mật độ điện dài của dây.

5. Cường độ điện trường gây bởi một mặt phẳng mang điện đều:

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon} \quad (7.6)$$

với σ là mật độ điện mặt.

6. Định lý Ostrogradski – Gauss::

Thông lượng cảm ứng điện gửi qua một mặt kín (S) bất kỳ bằng tổng đại số các điện tích có trong mặt kín.

$$\Phi_0 = \int_{(S)} \vec{D} d\vec{S} = \sum_i^n q_i \quad (7.7)$$

7. Công của lực điện trường khi dịch chuyển điện tích q_0 trong điện trường:

$$\begin{aligned} A_{MN} &= \int_A^B dA = \int_M^N \vec{F} d\vec{s} = \int_M^N q_0 \vec{E} d\vec{s} = \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \int_M^N \frac{dr}{r} \\ &= \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0\epsilon r_M} - \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0\epsilon r_N} = q_0(V_M - V_N) = W_M - W_N \end{aligned} \quad (7.8)$$

- Thế năng của điện tích q_0 đặt trong điện trường gây bởi điện tích q tại khoảng r là:

$$W = \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0\epsilon r} \quad (7.9)$$

8. Tính chất thế của trường tĩnh điện:

Lưu số của véc-tơ \vec{E} theo một đường cong kín bằng 0:

$$\oint \vec{E} d\vec{\ell} = 0 \quad (7.10)$$

9. Hiệu điện thế giữa hai điểm A và B trong điện trường:

$$U_{AB} = V_A - V_B = \int_A^B \vec{E} d\vec{\ell} \quad (7.11)$$

10. Mối liên hệ giữa cường độ điện trường và điện thế:

$$E = -\frac{\partial V}{\partial s} \text{ hay } \vec{E} = -\overrightarrow{\text{grad}} V \quad (7.12)$$

- Trong trường hợp điện trường đều: $E = \frac{U}{d}$, với $U = V_1 - V_2$, d là khoảng cách giữa 2 mặt đẳng thế tương ứng.

11. Điện thế gây bởi một điện tích điểm q tại một điểm cách nó 1 khoảng r :

$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r} \quad (7.13)$$

12. Hiệu điện thế giữa hai mặt cầu đồng tâm mang điện đều, bằng nhau, trái dấu:

$$V_1 - V_2 = \frac{Q(R_2 - R_1)}{4\pi\epsilon_0\epsilon R_1 R_2}, \quad (7.14)$$

với R_1 là bán kính của mặt cầu trong, R_2 là bán kính của mặt cầu ngoài, Q là độ lớn điện tích trên mỗi mặt cầu.

13. Hiệu điện thế giữa 2 mặt trụ đồng trục dài vô hạn mang điện đều bằng nhau và trái dấu:

$$V_1 - V_2 = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0\epsilon} \ln \frac{R_2}{R_1} \quad (7.15)$$

với R_1 là bán kính mặt trong, R_2 là bán kính mặt ngoài, λ là mật độ điện dài trên mặt trụ.

7.2 Bài tập

Bài 7.1. Hai quả cầu nhỏ giống hệt nhau tương tác với nhau ở trong chân không, một quả cầu mang điện tích $6 \cdot 10^{-9} \text{C}$, còn quả thứ hai mang điện tích $-3 \cdot 10^{-9} \text{C}$. Khoảng cách giữa hai tâm quả cầu bằng 5,0 cm. Tìm lực tương tác giữa chúng.

Bài 7.2. Hai quả cầu đặt trong chân không có cùng bán kính và cùng khối lượng được treo ở đầu hai sợi dây sao cho hai mặt ngoài của chúng tiếp xúc với nhau. Sau khi truyền cho các quả cầu một điện tích $q_0 = 4 \cdot 10^{-7} \text{C}$, chúng đẩy nhau và góc giữa hai sợi dây bây giờ bằng 60° . Tính khối lượng của các quả cầu nếu khoảng cách từ các điểm treo đến tâm cầu bằng $\ell = 20 \text{cm}$.

Bài 7.3. Cho hai điện tích điểm $q_1 = 8 \cdot 10^{-8} \text{C}$; $q_2 = -3 \cdot 10^{-8} \text{C}$ đặt trong không khí tại hai điểm M, N cách nhau 10 cm. Tại điểm A đặt một điện tích thử q_0 , điểm B nằm giữa M và N. Cho $MA = 9 \text{cm}$; $NA = 7 \text{cm}$; $MB = 4 \text{cm}$; $NB = 6 \text{cm}$; $q_0 = 5 \cdot 10^{-10} \text{C}$.

- Tính cường độ điện trường tại hai điểm A và B.
- Tính điện thế tại A và B.
- Tính công dịch chuyển điện tích q_0 từ A đến B.

Bài 7.4. Tìm lực tác dụng lên một điện tích điểm $q = \frac{5}{3}.10^{-9}\text{C}$ đặt ở tâm O của nửa vòng dây tròn bán kính $R = 5\text{cm}$ tích điện đều mang điện tích $Q = 3.10^{-7}\text{C}$ đặt trong chân không.

Bài 7.5. Tại ba đỉnh A,B,C của một hình chữ nhật trong không khí đặt ba điện tích q_1, q_2, q_3 . Cho $AB = a = 3\text{cm}$; $BC = b = 4\text{cm}$; $q_2 = -2,5.10^{-6}\text{C}$.

- Xác định các điện tích q_1 và q_3 để điện trường tại D bằng không.
- Xác định điện thế gây ra tại điểm D của hệ điện tích điểm.

Bài 7.6. Cho hai điện tích q và $2q$ đặt cách nhau 10 cm. Hỏi tại điểm nào trên đường nối hai điện tích ấy điện trường triệt tiêu.

Bài 7.7. Xác định cường độ điện trường ở tâm một lục giác đều cạnh a , biết rằng ở sáu đỉnh của nó có đặt:

- Sáu điện tích bằng nhau và cùng dấu.
- 3 điện tích âm và 3 điện tích dương về trị số đều bằng nhau, đặt xen kẽ.
- 3 điện tích âm và 3 điện tích dương về trị số đều bằng nhau, đặt liên tiếp.

Bài 7.8. Cho hai điện tích điểm $q_1 = 2.10^{-6}\text{C}$, $q_2 = -10^{-6}\text{C}$ đặt cách nhau 10 cm. Tính công của lực tĩnh điện khi điện tích q_2 dịch chuyển trên đường thẳng nối hai điểm đó ra xa thêm một đoạn 90 cm.

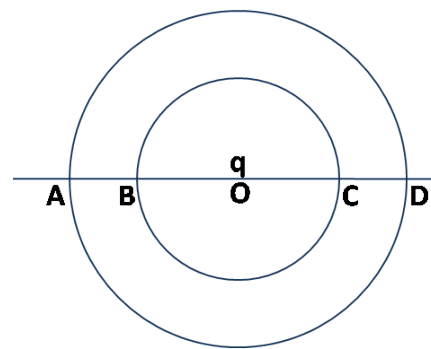
Bài 7.9. Một đĩa tròn bán kính $R = 8\text{cm}$ tích điện đều với mật độ điện mặt $\sigma = 10^{-3}\text{C/m}^2$.

- Xác định cường độ điện trường tại một điểm nằm trên trục của đĩa và cách tâm đĩa một đoạn $h = 6\text{ cm}$.
- Chứng minh rằng nếu $h \rightarrow 0$ thì biểu thức thu được sẽ chuyển thành biểu thức tính cường độ điện trường gây bởi một mặt phẳng vô hạn mang điện đều.
- Chứng minh rằng nếu $h \gg R$ thì biểu thức thu được chuyển thành biểu thức tính cường độ điện trường gây bởi một điện tích điểm.

Bài 7.10. Một vòng dây tròn bán kính 4cm tích điện đều với điện tích $Q = (1/9).10^{-8}\text{C}$. Tính điện thế tại tâm vòng dây và tại điểm M trên trục vòng dây, cách tâm vòng dây một khoảng $h = 3\text{cm}$.

Bài 7.11. Có một điện tích điểm q đặt tại tâm O của hai đường tròn đồng tâm bán kính R và r .

Qua tâm O ta vẽ một đường thẳng cắt hai đường tròn lần lượt tại các điểm A, B, C, D.



a. Tính công của lực điện trường khi dịch chuyển một điện tích q_0 từ B đến C và từ A đến D.

b. So sánh công của lực tĩnh điện khi dịch chuyển điện tích q_0 từ A đến C và từ C đến D.

Bài 7.12. Giữa hai mặt phẳng song song vô hạn mang điện đều mật độ bằng nhau nhưng trái dấu, cách nhau một khoảng $d = 1\text{cm}$ đặt nằm ngang, có một hạt mang điện khối lượng $m = 5 \cdot 10^{-14}\text{kg}$. Khi không có điện trường, do sức cản của không khí, hạt rơi với vận tốc không đổi v_1 . Khi giữa hai mặt phẳng này có hiệu điện thế $U = 600\text{V}$ thì hạt rơi chậm đi với vận tốc $v_2 = 0,5v_1$. Tìm điện tích của hạt.

Bài 7.13. Tính công cần thiết để dịch chuyển một điện tích $q = \frac{1}{3} \cdot 10^{-7}\text{C}$ từ một điểm M cách quả cầu tích điện bán kính $r = 1\text{cm}$ một khoảng $R = 10\text{cm}$ ra xa vô cực. Biết quả cầu có mật độ điện mặt $\sigma = 10^{11}\text{C}/\text{cm}^2$.

Bài 7.14. Hai điện tích điểm cùng dấu $q_1 = 10^{-7}\text{C}$ và $q_2 = 2 \cdot 10^{-7}\text{C}$ đặt cách nhau một đoạn $r_1 = 0,8\text{m}$. Tìm công cần thực hiện để đưa hai điện tích lại gần nhau tới khoảng cách $r_2 = 0,2\text{m}$.

Bài 7.15. Cho một điện tích $q_0 = -10^{-9}\text{C}$ đặt tại một điểm O trong chân không. Một electron bay từ xa vô cùng tiến lại gần q_0 . Khoảng cách nhỏ nhất giữa chúng là $3,17\text{cm}$. Hãy xác định vận tốc ban đầu của electron.

Bài 7.16. Một electron chuyển động trong một điện trường đều có gia tốc $a = 10^{12}\text{m}/\text{s}^2$. Tính:

- Cường độ điện trường.
- Vận tốc của electron sau 10^{-6}s chuyển động (vận tốc ban đầu bằng 0).
- Công của lực điện trong khoảng thời gian đó.
- Hiệu điện thế mà electron đã vượt qua trong thời gian đó (bỏ qua tác dụng của trọng lực).

Chương 8

VẬT DẪN

8.1 Tóm tắt lý thuyết

1. Điều kiện cân bằng tĩnh điện:

- Vectơ cường độ điện trường tại mọi điểm bên trong vật dẫn phải bằng không:
 $E_{\text{trong}} = 0$.

2. Tính chất của vật dẫn mang điện:

- Vật dẫn cân bằng tĩnh điện là một khối đẳng thế. Mặt vật dẫn là một mặt đẳng thế.
- Nếu truyền cho vật dẫn một điện tích q nào đó thì điện tích q chỉ được phân bố trên bề mặt của vật dẫn, bên trong vật dẫn, điện tích bằng không (các điện tích âm và dương trung hòa nhau).
- Đối với một vật dẫn rỗng đã ở trạng thái cân bằng tĩnh điện, điện trường ở phần rỗng và trong thành của vật rỗng cũng luôn luôn bằng không.

3. Liên hệ giữa điện thế và điện tích của một vật dẫn:

$$Q = CV,$$

C : điện dung của vật dẫn.

4. Điện dung của 1 quả cầu bằng kim loại:

- Quả cầu là vật dẫn nên điện thế tại mọi điểm của quả cầu là như nhau và bằng điện thế do điện tích Q coi như đặt tại tâm của quả cầu gây ra tại điểm cách tâm một khoảng bằng bán kính R :

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} = \frac{kQ}{\epsilon R}$$

$$\Rightarrow \text{điện dung } C = 4\pi\epsilon_0\epsilon R$$

5. **Tụ điện:** là hệ hai vật dẫn cô lập ở điều kiện điện hưởng toàn phần.

- **Tụ điện phẳng:** hệ hai bản kim loại phẳng cùng diện tích S đặt song song và cách nhau một đoạn d .

$$C = \frac{Q}{V_1 - V_2} = \frac{Q}{U},$$

với, U : hiệu điện thế giữa U hai bản tụ điện

$$U = Ed, E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon} = \frac{Q}{\epsilon_0 \epsilon S}$$

$$\Rightarrow C = \frac{Q}{U} = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}$$

- **Tụ điện cầu:** hai bản tụ là hai mặt cầu kim loại đồng tâm có bán kính R_1 và R_2 ($R_1 > R_2$)

- Hiệu điện thế giữa hai bản tụ

$$U = V_1 - V_2 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right] = \frac{Q(R_1 - R_2)}{4\pi\epsilon_0\epsilon R_1 R_2}$$

Q : giá trị tuyệt đối của điện tích mỗi bản.

$$\Rightarrow C = \frac{4\pi\epsilon_0\epsilon R_1 R_2}{(R_1 - R_2)}$$

- **Tụ điện trụ:** hai bản của tụ điện là hai mặt trụ kim loại đồng trục bán kính lần lượt là R_1 và R_2 ($R_1 < R_2$) có độ cao là $\ell \gg R_1, R_2$.

- Hiệu điện thế:

$$U = V_1 - V_2 = \frac{Q}{2\pi\epsilon_0\epsilon\ell} \ln \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow C = \frac{Q}{U} = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon\ell}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$$

6. **Năng lượng vật dẫn cô lập:**

$$W = \frac{QV}{2} = \frac{CV^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$$

7. **Năng lượng của tụ điện:**

$$W = \frac{QU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$$

- Năng lượng điện trường của tụ điện phẳng

$$W = \frac{\epsilon_0 \epsilon S U^2}{2d} = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2 S d}{2} = \frac{\sigma^2 S d}{2\epsilon_0 \epsilon}$$

8. **Mật độ năng lượng điện trường:**

$$W = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} = \frac{ED}{2}$$

8.2 Bài tập

Bài 8.1. Cho hai mặt cầu kim loại đồng tâm bán kính $R_1 = 4\text{cm}$, $R_2 = 2\text{cm}$ mang điện tích $Q_1 = -(2/3) \cdot 10^{-9}\text{C}$; $Q_2 = 3 \cdot 10^{-9}\text{C}$. Tính cường độ điện trường và điện thế tại những điểm cách tâm cầu những khoảng bằng 1cm, 2cm, 3cm, 4cm, 5cm.

Bài 8.2. Một quả cầu kim loại bán kính 10 cm, điện thế 300V. Tính mật độ điện mặt của quả cầu.

Bài 8.3. Hai quả cầu kim loại bán kính r bằng nhau và bằng 2,5 cm đặt cách nhau $a = 1\text{m}$, điện thế của một quả cầu là 1200 V, của quả cầu là -1200V. Tính điện tích của mỗi quả cầu.

Bài 8.4. Hai quả cầu kim loại bán kính 8cm và 5 cm nối với nhau bằng một sợi dây dẫn có điện dung không đáng kể, và được tích một điện lượng $Q = 13 \cdot 10^{-8}\text{C}$. Tính điện thế và điện tích của mỗi quả cầu.

Bài 8.5. Hai quả cầu kim loại đặt cách xa nhau. Một quả cầu có bán kính $R_1 = 2\text{cm}$ và điện thế $V_1 = 100\text{V}$, quả kia có bán kính $R_2 = 3\text{cm}$ và điện thế $V_2 = 200\text{V}$. Hỏi điện thế của hai quả cầu bằng bao nhiêu nếu nối chúng với nhau bằng một dây dẫn.

Bài 8.6. Hai quả cầu rỗng bằng kim loại đồng tâm được phân bố điện tích với cùng một mật độ điện mặt σ . Tìm điện tích tổng cộng Q phân bố trên hai mặt cầu đó, biết rằng khi dịch chuyển một điện tích một coulông từ vô cực tới tâm của hai quả cầu đó cần phải tốn một công bằng 10^2J . Biết các bán kính của hai quả cầu đó lần lượt là 5cm và 10 cm.

Bài 8.7. Một quả cầu kim loại bán kính $R=1\text{m}$ mang điện tích $q=10^{-6}\text{C}$. Tính:

- Điện dung của quả cầu.
- Điện thế của quả cầu.
- Năng lượng trường tĩnh điện của quả cầu.

Bài 8.8. Xác định điện thế tại một điểm A nằm cách tâm một quả cầu kim loại mang điện một khoảng $d = 10\text{cm}$, bán kính của quả cầu $r = 1\text{cm}$. Xét hai trường hợp:

- Mật độ điện mặt $\sigma = 10^{-11}\text{C}/\text{cm}^2$.
- Điện thế của quả cầu $V = 300\text{V}$.

Bài 8.9. Cho một tụ điện phẳng giữa hai bản là không khí, diện tích mỗi bản $S = 1\text{m}^2$, khoảng cách giữa hai bản $d = 1,5\text{mm}$.

- Tìm điện dung của tụ điện.
- Tìm mật độ điện mặt σ trên bản khi tụ điện được mắc vào nguồn điện có hiệu điện thế không đổi $U = 300\text{V}$.
- Cũng các câu hỏi trên khi ta lấp đầy không gian giữa hai bản tụ điện bằng lớp thủy tinh có hằng số điện môi $\epsilon = 6$.

Bài 8.10. Điện tích $q = 45.10^{-9}\text{C}$ nằm trong khoảng giữa hai bản của một tụ điện phẳng có điện dung $C = 1,78.10^{-11}\text{F}$, chịu tác dụng của lực $F = 9,81.10^{-5}\text{N}$. Diện tích mỗi bản tụ là $S = 100\text{cm}^2$. Khoảng không gian giữa hai bản tụ được lấp đầy bởi parafin có $\epsilon = 2$. Xác định:

- Hiệu điện thế giữa hai bản tụ.
- Điện tích của tụ điện.
- Mật độ năng lượng và năng lượng điện trường giữa hai bản tụ điện.
- Lực tương tác giữa hai bản tụ.

Bài 8.11. Một tụ điện phẳng có diện tích mỗi bản $S = 500\text{cm}^2$ mắc vào nguồn điện có suất điện động là 300V . Hãy xác định công dịch chuyển hai bản tụ để khoảng cách d giữa chúng tăng từ giá trị $d_1 = 1\text{cm}$ đến $d_2 = 3\text{cm}$. Môi trường giữa hai bản tụ điện là không khí.

Bài 8.12. Một quả cầu A bán kính $r_1 = 5\text{cm}$ mang điện tích $q_1 = 5.10^{-7}\text{C}$ và một quả cầu bán kính $r_2 = 10\text{cm}$ cũng mang điện tích $q_2 = 5.10^{-7}\text{C}$ được nối với nhau bằng dây dẫn. Các điện tích sẽ dịch chuyển trong dây dẫn theo hướng nào? Lượng điện tích dịch chuyển trong dây theo hướng nào? Lượng điện tích dịch chuyển trong dây bằng bao nhiêu? Điện thế của mỗi quả cầu sau khi nối? Cho biết các quả cầu ở khá xa nhau.

Bài 8.13. Hiệu điện thế giữa hai điểm A và B bằng 6V . Điện dung của tụ thứ nhất $C_1 = 2.10^{-6}\text{F}$ và tụ điện thứ hai $C_2 = 4.10^{-6}\text{F}$. Tính hiệu điện thế và điện tích trên các bản tụ điện.

Bài 8.14. Xác định nhiệt lượng tỏa ra khi nối các bản phía trên (bản không nối đất) của hai tụ điện bằng một dây dẫn. Hiệu điện thế giữa các bản phía trên của các tụ điện và đất lần lượt bằng $U_1 = 100\text{V}$, $U_2 = -50\text{V}$, điện dung của các tụ điện bằng $C_1 = 2\mu\text{F}$; $C_2 = 0,5\mu\text{F}$.

Bài 8.15. Một điện tử sau khi được gia tốc bởi hiệu điện thế $U_0 = 5000\text{V}$, bay vào điện trường của tụ điện phẳng tại điểm O cách đều hai bản tụ, theo phương vuông góc với điện trường. Hỏi cần phải đặt lên tụ một hiệu điện thế nhỏ nhất là bao nhiêu để điện tử không thể bay ra khỏi tụ? Biết chiều dài của các bản tụ là $\ell = 5\text{cm}$, khoảng cách giữa hai bản là $d = 1\text{cm}$. Bỏ qua ảnh hưởng của trọng trường.

Chương 9

ĐIỆN MÔI

9.1 Tóm tắt lý thuyết

1. Liên hệ giữa cường độ điện trường và cảm ứng điện:

$$\vec{D} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E} \quad (9.1)$$

2. Vector phân cực điện môi:

$$\vec{P}_e = \chi_e \epsilon_0 \vec{E} \quad (9.2)$$

$$\Rightarrow \vec{D} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E} = \epsilon_0 (1 + \chi_e) \vec{E} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}_e, \quad (9.3)$$

- với $1 + \chi_e = \epsilon$; χ : hệ số phân cực điện môi.

3. Mật độ điện tích liên kết trên mặt chất điện môi đặt trong điện trường:

$$\sigma' = P_{en} = \chi \epsilon_0 E_n, \quad (9.4)$$

- Trong đó P_{en} và E_n là hình chiếu của véctor phân cực điện môi và véctor cường độ điện trường lên phương pháp tuyến ngoài của mặt có điện tích xuất hiện.

4. Dạng toán liên quan đến tụ điện:

- Liên hệ giữa hiệu điện thế, cường độ điện trường và khoảng cách giữa hai bản tụ điện:

$$U = E.d \quad (9.5)$$

- Cường độ điện trường gây bởi một mặt phẳng mang điện đều:

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0 \epsilon} \quad (9.6)$$

- Mật độ điện mặt trên hai bản tụ tích điện đều:

$$\sigma = \epsilon_0 \epsilon E \quad (9.7)$$

- Mật độ điện tích liên kết:

$$\sigma' = P_{en} = \chi \epsilon_0 E_n = (\epsilon - 1) \epsilon_0 E \quad (9.8)$$

- Điện dung của tụ điện phẳng:

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d} \quad (9.9)$$

9.2 Bài tập

Bài 9.1. Một tụ điện phẳng có chứa điện môi ($\epsilon = 6$) khoảng cách giữa hai bản là 0,4 cm, hiệu điện thế giữa hai bản là 1200 V. Tính:

- Cường độ điện trường trong chất điện môi.
- Mật độ điện mặt trên hai bản tụ điện.
- Mật độ điện mặt trên chất điện môi.

Bài 9.2. Cho một tụ điện phẳng, môi trường giữa hai bản ban đầu là không khí ($\epsilon_1 = 1$), diện tích mỗi bản là $0,01\text{m}^2$, khoảng cách giữa hai bản là 0,5 cm, hai bản được nối với một hiệu điện thế 300V. Sau đó bỏ nguồn đi rồi lấp đầy khoảng không gian giữa hai bản bằng một chất điện môi có $\epsilon_2 = 3$.

- Tính hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện sau khi lấp đầy điện môi.
- Tính điện tích trên mỗi bản.

Bài 9.3. Cho một tụ điện phẳng với các bản cách nhau 5mm và diện tích mỗi bản là 100cm^2 . Hiệu điện thế giữa hai bản là 300V. Sau khi ngắt tụ khỏi nguồn, người ta lấp đầy khoảng không gian giữa hai bản bằng êbonit.

- Tìm hiệu điện thế giữa hai bản sau khi lấp đầy êbonit.
- Tìm điện dung của hai bản sau khi lấp đầy êbonit.
- Tìm mật độ điện mặt trước và sau khi lấp đầy êbonit. Cho biết hằng số điện môi của êbonit $\epsilon = 2,6$.

Bài 9.4. Tìm mật độ năng lượng của điện trường tại một điểm:

- Cách 2 cm mặt một quả cầu dẫn điện tích điện có bán kính $R = 1\text{cm}$.
- Sát một mặt phẳng vô hạn tích điện đều.
- Cách 2 cm một dây dẫn tích điện dài vô hạn.

Cho biết mật độ điện mặt trên quả cầu và mặt phẳng vô hạn bằng $1,67 \cdot 10^{-5} \text{ C/m}^2$ và mật độ điện dài trên dây tích điện bằng $1,67 \cdot 10^{-7} \text{ C/m}$. Cho hằng số điện môi là 2.

Bài 9.5. Hai tụ điện phẳng, mỗi tụ có điện dung $C = 10^{-6}\mu\text{F}$ được mắc nối tiếp với nhau. Tìm sự thay đổi điện dung của hệ nếu lấp đầy một trong hai tụ điện đó bằng một chất điện môi có hằng số điện môi $\epsilon = 2$.

Bài 9.6. Giữa hai bản của một tụ điện phẳng cách nhau một đoạn $d = 3\text{mm}$, người ta thiết lập một hiệu điện thế $U = 1000\text{V}$. Sau đó cắt tụ khỏi nguồn và lấp đầy tụ điện bằng một chất điện môi $\epsilon = 7$. Tìm mật độ điện tích liên kết xuất hiện trên mặt điện môi.

Bài 9.7. Một tụ điện phẳng có các bản cách nhau một đoạn $d = 2,0\text{mm}$ được tích điện tới hiệu điện thế $U = 200\text{V}$. Người ta lấp khoảng không gian giữa hai bản tụ bằng một lớp thủy tinh có $\epsilon = 6$. Tìm mật độ điện tích tự do σ ở trên các bản tụ điện và mật độ điện tích liên kết σ' ở trên mặt bản thủy tinh.

Bài 9.8. Giữa hai bản của tụ điện có bản thủy tinh ($\epsilon = 6$). Diện tích mỗi bản tụ bằng 100cm^2 . Các bản tụ điện hút nhau với một lực bằng $6,6 \cdot 10^{-3}\text{N}$. Tính mật độ liên kết trên bề mặt thủy tinh.

Bài 9.9. Trong một tụ điện phẳng, khoảng cách giữa các bản là d , người ta đặt một tấm điện môi dày $d_1 < d$ song song với các bản tụ điện. Tìm điện dung tụ điện trên. Cho biết hằng số điện môi của điện môi là ϵ , diện tích của tấm đó bằng diện tích S của bản tụ.

Bài 9.10. Một điện tích q được phân bố đều trong khắp thể tích của một quả cầu bán kính R . Tính:

- Năng lượng điện trường bên trong quả cầu.
- Năng lượng điện trường bên ngoài quả cầu.

Chương 10

TỪ TRƯỜNG CỦA DÒNG ĐIỆN KHÔNG ĐỔI

10.1 Cảm ứng từ B và cường độ từ trường H

10.1.1 Tóm tắt lý thuyết

1. Định luật Biot – Savart – Laplace:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{Id\vec{\ell} \times \vec{r}}{r^3}, \quad (10.1)$$

trong đó, $d\vec{B}$ là véctor cảm ứng từ do phần tử dòng iện $Id\vec{\ell}$ gây ra tại điểm M xác định bởi bán kính véctor \vec{r} (véctor nối từ phần tử dòng điện tới điểm M); $\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{H/m}$ là hằng số từ; μ là độ từ thẩm của môi trường.

- Có phương: vuông góc với mặt phẳng chứa phần tử dòng điện và điểm khảo sát.
- có chiều: theo qui tắc đinh ốc hoặc nắm tay phải.
- độ lớn: $dB = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{Id\ell \sin \theta}{r^2}$

2. Nguyên lý chồng chất từ trường:

- vector cảm ứng từ gây bởi một dòng điện bất kỳ:

$$\vec{B} = \int_{\text{cả dòng điện}} d\vec{B} \quad (10.2)$$

- vector cảm ứng từ gây bởi nhiều dòng điện:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots + \vec{B}_n = \sum_{i=1}^n \vec{B}_i \quad (10.3)$$

3. Vector cường độ từ trường:

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0 \mu} \quad (10.4)$$

4. Cảm ứng từ gây ra bởi một đoạn dòng điện thẳng:

$$B = \frac{\mu_0 \mu I (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)}{4\pi r} \quad (10.5)$$

trong đó r là khoảng cách từ điểm muốn tính cảm ứng từ tới dòng điện.

Trường hợp dòng điện dài vô hạn: $\theta_1 = 0; \theta_2 = \pi$:

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{2\pi r} \quad (10.6)$$

5. Cảm ứng từ gây bởi dòng điện tròn tại một điểm trên trục của vòng dây:

$$B = \frac{\mu_0 \mu I S}{2\pi(R^2 + h^2)^{3/2}}, \quad (10.7)$$

trong đó, R là bán kính dòng điện tròn; S là diện tích của nó; h là khoảng cách từ tâm dòng điện tròn tới điểm muốn tính cảm ứng từ.

- cảm ứng từ gây bởi dòng điện tròn tại tâm vòng dây $h = 0$:

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{2\pi R} \quad (10.8)$$

6. Vectơ cảm ứng từ do một hạt điện tích chuyển động sinh ra tại một điểm M cách hạt điện một đoạn r :

$$\vec{B}_q = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{q\vec{v} \times \vec{r}}{r^3} \quad (10.9)$$

7. Từ thông:

$$d\Phi_m = \vec{B} d\vec{S} = B \cdot dS \cdot \cos \alpha \quad (10.10)$$

- Từ thông của từ trường đều gửi qua một diện tích phẳng:

$$\Phi_m = B \cdot S \cdot \cos \alpha, \quad (10.11)$$

trong đó, α là góc hợp bởi vectơ pháp tuyến \vec{n} của diện tích $d\vec{S}$ và \vec{B} .

8. Định lý Ostrogradski - Gauss đối tới từ trường: Từ thông gửi qua một mặt kín bất kì thì luôn bằng không:

$$\oint_{(S)} \vec{B} d\vec{S} = 0; \operatorname{div} \vec{B} = 0 \quad (10.12)$$

9. **Định lý Ampere:** Lưu số của vectơ cường độ từ trường dọc theo một đường cong kín bất kì thì bằng tổng đại số các dòng điện xuyên qua diện tích giới hạn bởi đường cong kín đó.

$$\oint_{(S)} \vec{H} d\vec{\ell} = \sum_{i=1} I_i. \quad (10.13)$$

10. Cường độ từ trường:

- Bên trong một cuộn dây hình xuyên

$$H = \frac{nI}{2\pi R}, \quad (10.14)$$

trong đó, n là số vòng của cuộn dây hình xuyên; R là bán kính của đường tròn tâm là tâm của hình xuyên đi qua điểm muốn tính từ trường.

- Bên trong ống dây điện thẳng dài vô hạn

$$H = n_0 I = \frac{N}{L} I, \quad (10.15)$$

với n_0 là số vòng dây trên đơn vị dài của ống dây.

10.1.2 Bài tập

Bài 10.1. Một dòng điện cường độ $I = 6A$ chạy trong một dây dẫn điện uốn thành hình vuông ABCD có cạnh $a = 10cm$. 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.

Bài 10.2. Một dây dẫn đường kính $d = 1mm$ quấn thành một ống dây thẳng sao cho vectơ cảm ứng từ \vec{B} ở trong ống có giá trị bằng $3 \cdot 10^{-2}T$. Cường độ dòng điện chạy trong ống dây bằng $6A$. Cuộn dây có mấy lớp, biết rằng các vòng dây quấn sát nhau.

Bài 10.3. Một dây dẫn được uốn thành một hình tam giác đều, mỗi cạnh là $a = 50cm$. Dòng điện chạy trong dây dẫn đó có cường độ $I = 3,14A$. Tính cường độ của vectơ cảm ứng từ \vec{B} và cường độ từ trường \vec{H} tại tâm của tam giác đó.

Bài 10.4. 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.

Bài 10.5. 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 $I = 10\text{A}$. Xác định vectơ cảm ứng từ \vec{B} gây bởi các dòng điện đó tại một điểm A nằm giữa hai dòng điện trong các trường hợp:

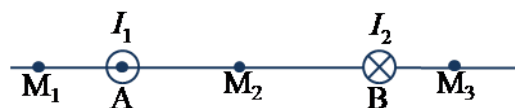
- Các dòng điện chạy cùng chiều.
- Các dòng điện chạy ngược chiều nhau.

Bài 10.6. Một ống dây điện thẳng được quấn bằng một sợi dây dẫn đường kính $d = 1\text{mm}$, 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 vectơ cảm ứng từ \vec{B} và cường độ từ trường \vec{H} ở bên trong ống.

Bài 10.7. Tìm cường độ từ trường tại một điểm cách một dây dẫn thẳng dài vô hạn 2cm có dòng điện cường độ $I = 5\text{A}$.

Bài 10.8. Tìm cường độ từ trường tại tâm một dòng điện tròn bán kính 1cm có dòng điện cường độ bằng 1A.

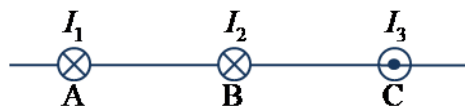
Bài 10.9. Hình vẽ biểu diễn tiết diện của hai dây dẫn điện thẳng dài vô hạn có mang dòng điện I_1, I_2 . Khoảng cách giữa hai dây dẫn bằng 10cm, $I_1 = 20\text{A}$, $I_2 = 30\text{A}$. Tìm cường độ từ trường gây bởi các dòng I_1 và I_2 tại các điểm M_1, M_2, M_3 . Cho biết $AM_1 = 2\text{cm}$, $AM_2 = 4\text{cm}$, $BM_3 = 3\text{cm}$.



Bài 10.10. Giải bài tập trên, với điều kiện hai dòng điện I_1, I_2 chạy cùng chiều.

Bài 10.11. Hình vẽ biểu diễn tiết diện của ba dòng điện 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.



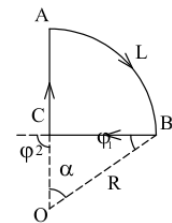
Bài 10.12. Cũng bài toán trên, nếu cả ba dòng điện I_1, I_2, I_3 cùng chiều.

Bài 10.13. 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 $I_1 = I_2 = 10A$. Tìm vectơ cường độ từ trường \vec{H} gây bởi hai dòng điện tại điểm K cách đều mỗi dòng 3cm.

Bài 10.14. Cho hai dòng điện dài vô hạn nằm trong cùng mặt phẳng và vuông góc với nhau. Cường độ hai dòng điện đều bằng 5A. Tìm cường độ từ trường \vec{H} gây bởi hai dòng điện tại các điểm cách đều hai dòng 10cm.

Bài 10.15. Cho mạch điện như hình vẽ bên,

dòng điện chạy trong mạch bằng $I = 10A$. Xác định cảm ứng từ B tại điểm O. Cho biết bán kính R của cung tròn bằng $R = 10cm$ và góc $\alpha = 60^\circ$



Bài 10.16. 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 $R = 2cm$. Dòng điện chạy qua chúng có cường độ $I_1 = I_2 = 5A$. Tìm cường độ từ trường tại tâm của các vòng dây đó.

Bài 10.17. 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 $R=2cm$. Dòng điện chạy qua chúng có cường độ $I_1 = I_2 = 5A$. Tìm cường độ từ trường tại tâm của các vòng dây đó.

Bài 10.18. Hai vòng dây giống nhau bán kính $r = 10cm$ được đặt song song, trục trùng nhau và mặt phẳng của chúng cách nhau một đoạn $a = 20cm$. Tính cảm ứng từ tại tâm mỗi vòng dây và tại điểm giữa của đoạn thẳng nối tâm của chúng trong hai trường hợp:

- Các dòng điện chạy trên các vòng dây bằng nhau $I = 3A$ và cùng chiều.
- Các dòng điện chạy trên các vòng dây bằng nhau $I = 3A$ và ngược chiều.

Bài 10.19. 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 .

Bài 10.20. 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 $a = 5cm$. Dòng điện có cường độ $I = 20A$. Đoạn AB được nhìn từ điểm C dưới góc 60° .

Bài 10.21. 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.

Bài 10.22. 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.

Bài 10.23. 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 $B = 3,15 \cdot 10^{-3} \text{T}$. 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.

10.2 Lực tác dụng của từ trường lên dòng điện, điện tích chuyển động trong từ trường đều

10.2.1 Tóm tắt lý thuyết

11. **Lực Ampere:** Lực từ tác dụng lên một phần tử dòng điện:

$$d\vec{F} = Id\vec{\ell} \times \vec{B} \quad (10.16)$$

- có phương vuông góc với mặt phẳng chứa phần tử dòng điện và vector cảm ứng từ;
- có chiều theo quy tắc bàn tay trái;
- độ lớn:

$$dF = Id\ell \cdot B \cdot \sin \theta \quad (10.17)$$

12. **Lực tương tác giữa 2 dòng điện thẳng song song có độ lớn I_1 và I_2 :**

$$F = \frac{\mu\mu_0 I_1 I_2 \ell}{2\pi d} \quad (10.18)$$

trong đó, ℓ là chiều dài của mỗi dòng điện; d là khoảng cách giữa hai dòng điện.

13. **Lực từ tác dụng lên khung dây:**

$$\vec{\mathcal{M}} = \vec{p}_m \times \vec{B} \quad (10.19)$$

độ lớn:

$$\mathcal{M} = p_m \cdot B \cdot \sin \theta = B \cdot I \cdot S \sin \theta$$

14. Công của lực từ:

$$A = \int F.ds = \int B.I.\ell.ds = \int B.I.dS = \int I.d\Phi_m = I(\Phi_{m2} - \Phi_{m1}) \quad (10.20)$$

15. Lực Lorentz:

$$\vec{F}_L = q\vec{v} \times \vec{B} \Rightarrow F_L = |q|v.B.\sin\theta \quad (10.21)$$

- phương vuông góc với mặt phẳng chứa vector (\vec{v}, \vec{B})
- chiều đối với điện tích dương theo quy tắc bàn tay trái;
- chiều đối với điện tích âm theo quy tắc bàn tay phải.

16. Điện tích chuyển động trong từ trường đều:

- (a) Véc-tơ vận tốc $\vec{v} \parallel \vec{B} \Rightarrow F_L = 0$: điện tích chuyển động thẳng đều.
- (b) Véc-tơ vận tốc $\vec{v} \perp \vec{B} \Rightarrow$ lực Lorentz đóng vai trò là lực hướng tâm, hạt chuyển động theo quỹ đạo tròn:

$$F_L = qvB = \frac{mv^2}{R} \quad (10.22)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Bán kính : } R = \frac{mv}{qB} \\ \text{Chu kỳ : } T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{qB} \\ \text{Tần số : } \omega = \frac{qB}{m} \end{array} \right.$$

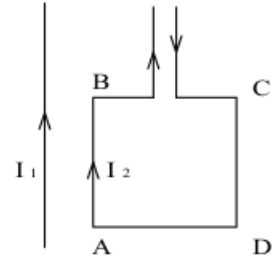
- (c) Trường hợp tổng quát: $(\vec{v}, \vec{B}) = \alpha \Rightarrow \vec{v} = \vec{v}_\perp + \vec{v}_\parallel$ điện tích chuyển động với quỹ đạo hình xoắn ốc:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Bán kính : } R = \frac{mv_\perp}{qB} = \frac{mv \sin \alpha}{qB} \\ \text{Chu kỳ : } T = \frac{2\pi m}{qB} \\ \text{Bước xoắn : } h = v_\parallel.T = v \cos \alpha \frac{2\pi m}{qB} \end{array} \right. \quad (10.23)$$

10.2.2 Bài tập

Bài 10.24. Một dòng điện thẳng dài vô hạn cường độ $I_1 = 10\text{A}$ đặt cạnh

một khung dây điện uốn thành hình vuông mỗi cạnh dài $\ell = 40$ cm. Cạnh gần nhất của khung dây cách dây một khoảng bằng $a = 2$ cm. 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.



Bài 10.25. 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 .

Bài 10.26. Một dây dẫn thẳng dài 70 cm đặt trong một từ trường đều có $B = 0,1$ T. 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.

Bài 10.27. 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.

Bài 10.28. 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 10 A.

Bài 10.29. 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.

Chương 11

HIỆN TƯỢNG CẢM ỨNG ĐIỆN TỪ

11.1 Tóm tắt lý thuyết

1. Biểu thức của suất điện động cảm ứng:

$$E_c = -\frac{d\Phi}{dt} \quad (11.1)$$

2. Suất điện động tự cảm:

$$E_{tc} = -L\frac{dI}{dt}, \quad (11.2)$$

trong đó, L là độ tự cảm: $L = \frac{\Phi}{I}$

3. Hệ số tự cảm của ống dây hình trụ thẳng dài vô hạn:

$$L = \mu_0\mu\frac{N^2}{\ell}S \quad (11.3)$$

- N là tổng số vòng dây, ℓ và S là chiều dài và tiết diện ngang của ống dây.

4. Suất điện động hồ cảm:

$$E_{hc1} = -M\frac{dI_2}{dt}, \quad (11.4)$$
$$E_{hc2} = -M\frac{dI_1}{dt},$$

M là hệ số hồ cảm

5. Năng lượng của từ trường trong ống dây điện:

$$W = \frac{1}{2}LI^2 \quad (11.5)$$

6. Mật độ năng lượng từ trường:

$$w = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu_0\mu} = \frac{1}{2}BH \quad (11.6)$$

11.2 Bài tập

Bài 11.1. Một cuộn dây gồm 100 vòng dây kim loại quay đều trong một từ trường đều, vectơ cảm ứng từ B có giá trị bằng 0,1T. Cuộn dây quay với vận tốc 5 vòng/s. Tiết diện ngang của cuộn dây là 100 cm^2 . 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.

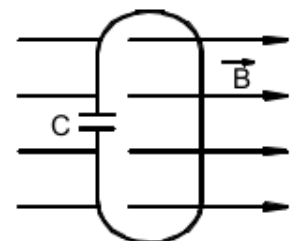
Bài 11.2. Trong một từ trường đều có cảm ứng từ $B = 0,4\text{T}$, người ta đặt một ống dây gồm $N = 300$ vòng. Điện trở của ống dây $R = 40\Omega$, diện tích tiết diện ngang của vòng dây $S = 16\text{cm}^2$. Ống dây được đặt sao cho trục của nó lập một góc $\alpha = 60^\circ$ so với phương của từ trường. Tìm điện tích q chạy qua ống dây khi từ trường giảm về không.

Bài 11.3. 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. Một đầu đi qua trục. Tìm suất điện động cảm ứng xuất hiện tại đầu thanh.

Bài 11.4. 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 B Trái Đất bằng $0,5 \cdot 10^{-4}\text{T}$. Cho biết khoảng cách giữa hai đầu cánh $\ell = 12,5\text{m}$.

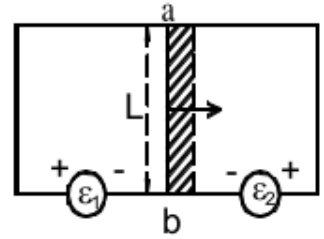
Bài 11.5. Cũng bài toán trên, nhưng xét khi máy bay bay với vận tốc 950 km/s, khoảng cách giữa hai đầu cánh bằng 12,5m. Người ta đo được suất điện động cảm ứng xuất hiện ở hai đầu cánh $\epsilon = 165 \text{ mV}$. Tìm thành phần thẳng đứng của cảm ứng từ trái đất.

Bài 11.6. 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 $C = 10\mu\text{F}$. 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.



Bài 11.7. Một khung dây dẫn hình chữ nhật có cạnh ngắn là L được đặt trong một từ trường

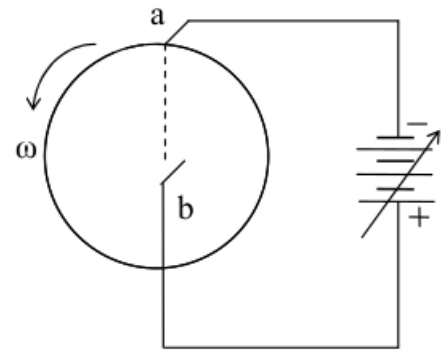
đều có cường độ từ trường H . Từ trường H vuông góc với mặt khung và hướng ra ngoài hình vẽ. Một thanh kim loại ab trượt trên khung, luôn luôn song song với cạnh L , với vận tốc v . Điện trở của thanh là LR . Bỏ qua điện trở của khung. Xác định cường độ dòng điện xuất hiện trên ab .



Bài 11.8. Một thanh dây dẫn dài $\ell = 10\text{cm}$ 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.

Bài 11.9. 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 suất 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.

Bài 11.10. 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 $\alpha = 60^\circ$.

Bài 11.11. Trong một từ trường đều có cảm ứng từ $0,05\text{T}$, người ta cho quay một thanh dẫn có độ dài $\ell = 1\text{m}$ 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.

Bài 11.12. Tìm hệ số tự cảm L của một cuộn dây gồm 400 vòng trên độ dài 20 cm . Tiết diện ngang của ống bằng 9cm^2 . Tìm hệ số tự cảm L của cuộn dây này, nếu ta đưa một lõi sắt có $\mu = 400$ vào trong ống.

Bài 11.13. Một ống dây điện gồm N vòng dây đồng, tiết diện mỗi sợi dây bằng S_1 , điện trở suất ρ . Ống dây có độ dài bằng ℓ và điện trở bằng R . Tìm hệ số tự cảm của ống dây.

Bài 11.14. 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 mỗi tiết diện của cuộn dây. Tìm năng lượng từ trường trong ống dây.

Bài 11.15. Một khung dây điện phẳng kín hình vuông tạo bởi dây đồng có điện trở suất bằng $1,72 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$, tiết diện 1mm^2 , đặt trong một từ trường biến thiên có cảm ứng từ $B = B_0 \cdot \sin \omega t$, trong đó $B_0 = 0,01 \text{T}$. 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.

Bài 11.16. 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 $\Delta t = 0,1 \text{s}$ và đường kính ống dây $d = 10 \text{cm}$.

Bài 11.17. Trong một ống dây có hệ số tự cảm $L = 0,021 \text{H}$ có một dòng điện biến thiên $i = i_0 \sin \omega t$, trong đó $i_0 = 5 \text{A}$, tần số của dòng điện là $f = 50 \text{Hz}$. Tìm suất điện động tự cảm xuất hiện trong cuộn dây.