

LƯƠNG DUYÊN BÌNH

GIÁO TRÌNH
VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG
Tập một

(DÙNG CHO SINH VIÊN CÁC TRƯỜNG CAO ĐẲNG)

(Tái bản lần thứ nhất)

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

BÀI MỞ ĐẦU

§1. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP CỦA VẬT LÝ HỌC

Mục đích của các khoa học tự nhiên là nghiên cứu thế giới tự nhiên, nắm được các tính chất, các quy luật và bản chất các quy luật của tự nhiên để tìm những ứng dụng trong thực tế hoặc "chung sống hoà bình" với các quy luật ấy. Thế giới tự nhiên vận động không ngừng, nghiên cứu thế giới tự nhiên nhất định không thể tách rời nó khỏi trạng thái vận động. Vì vậy, một trong những đối tượng nghiên cứu của các khoa học tự nhiên là nghiên cứu *các dạng vận động của thế giới tự nhiên, thế giới vật chất*. Vận động của thế giới vật chất có nhiều dạng, muôn hình muôn vẻ. Theo Ăngghen, "hiểu theo nghĩa chung nhất, nghĩa là hiểu nó là phương thức tồn tại của vật chất, là thuộc tính bên trong của vật chất thì vận động bao gồm mọi biến đổi, mọi quá trình xảy ra trong vũ trụ từ sự di chuyển giản đơn đến tư duy".

Vật lý học là một môn khoa học tự nhiên nghiên cứu các dạng vận động tổng quát nhất của thế giới vật chất, từ đó suy ra những tính chất tổng quát nhất của thế giới vật chất, những kết luận tổng quát về cấu tạo và bản chất của các đối tượng vật chất ; mục đích của vật lý học là nghiên cứu những đặc trưng tổng quát, những quy luật tổng quát về cấu tạo và vận động của vật chất.

Thế giới vật chất tồn tại trước hết dưới dạng các vật thể, các vật thể thông thường có thể ở trạng thái rắn, lỏng và khí. Tuyệt đại đa số các vật thể xung quanh ta đều cấu tạo bởi các phân tử. Các phân tử của một nguyên chất đều giống hệt nhau ; kích thước của một phân tử rất nhỏ, vào cỡ $10^{-7} \div 10^{-8}$ cm. Một phân tử cấu tạo bởi một hay nhiều nguyên tử giống nhau hoặc khác nhau. Kích thước của một nguyên tử vào cỡ 10^{-8} cm.

Một nguyên tử cấu tạo bởi hai phần : hạt nhân tích điện dương và các điện tử (electron) tích điện âm.

Các electron đều giống nhau, mỗi electron có khối lượng và điện tích là :

$$m_e = 9,103334.10^{-31} \text{ kg ;}$$

$$q = -e = -1,602109.10^{-19} \text{ C.}$$

Số electron trong nguyên tử (ở trạng thái bình thường) là Z : Z là số thứ tự của nguyên tố tương ứng trong bảng hệ thống tuần hoàn Mendelêép. Vì nguyên tử ở trạng thái bình thường là một hệ trung hoà về điện, nên điện tích hạt nhân là $+Ze$.

Kích thước hạt nhân vào cỡ 10^{-13} cm , nghĩa là nhỏ hơn kích thước nguyên tử 10^5 lần.

Những kích thước vào cỡ kích thước của phân tử, nguyên tử trở xuống (nghĩa là những kích thước $\approx 10^{-7} \text{ cm}$) được gọi là *kích thước vi mô*, khác với kích thước của những vật thể thông thường xung quanh ta được gọi là *kích thước vĩ mô*.

Thực nghiệm và lý thuyết chứng tỏ rằng, các quy luật của thế giới tự nhiên trong phạm vi kích thước vi mô, khác hẳn với các quy luật của tự nhiên trong phạm vi kích thước vĩ mô, vì vậy trước hết vật lý học chia làm hai phần tùy theo đối tượng nghiên cứu :

+ *Vật lý vĩ mô* nghiên cứu các quy luật vận động của vật chất trong thế giới vĩ mô.

+ *Vật lý vi mô* nghiên cứu các quy luật vận động của vật chất trong thế giới vi mô.

Một trong những đặc tính tổng quát của các vật thể là chúng luôn luôn *tương tác* với nhau. Những tương tác của các đối tượng vật chất là biểu hiện của một dạng tồn tại thứ hai của vật chất : đó là các *trường vật lý*, gọi tắt là các *trường*. Ví dụ : trọng lực là biểu hiện của *trường hấp dẫn* của vật chất ; lực tương tác Culông là biểu hiện của *điện trường tĩnh* ; lực từ là biểu hiện của *từ trường*.

Vật lý học nghiên cứu tính chất, bản chất, cấu tạo và sự vận động của các *vật thể*, đồng thời cũng nghiên cứu tính chất, bản chất và quá trình vận động của các *trường vật lý*.

Vật lý học, trước hết là một môn *khoa học thực nghiệm*. Phương pháp nghiên cứu của vật lý học bao gồm các khâu sau đây :

1. *Quan sát* : Quan sát trực tiếp bằng giác quan hoặc thông qua dụng cụ máy móc, các hiện tượng, quá trình vật lý.

2. *Thí nghiệm* : Các hiện tượng tự nhiên nhiều khi xảy ra cùng một lúc, lẫn lộn với nhau và thường bị chi phối bởi nhiều yếu tố khác nhau, hoặc có hiện tượng hãn hữu mới xảy ra một lần. Vì vậy nếu chỉ dựa vào quan sát thì không thể hiểu hết được các tính chất, nắm được bản chất của từng hiện tượng. Muốn nghiên cứu các hiện tượng đó một cách đầy đủ, phải tìm cách lặp lại các hiện tượng đó nhiều lần, trong những điều kiện xác định tùy theo ý muốn. Công việc đó gọi là *thí nghiệm*, có *thí nghiệm định tính* và *thí nghiệm định lượng*.

3. Sau khi tiến hành quan sát và thí nghiệm đối với các hiện tượng cùng loại và xử lý các kết quả, người ta sẽ rút ra các *định luật vật lý*.

Các định luật vật lý nêu lên :

- hoặc là *thuộc tính đặc trưng* của một hiện tượng, một đối tượng vật lý nào đó ;

- hoặc là *mối liên hệ ổn định* giữa các thuộc tính của một hay nhiều đối tượng, một hay nhiều hiện tượng vật lý.

Có những định luật mà phạm vi ứng dụng rất rộng rãi, làm cơ sở cho một lý thuyết nào đó, được gọi là các *nguyên lý*.

4. Để giải thích những tính chất, những quy luật của một hiện tượng, người ta thường đưa ra những *giả thuyết* nêu lên cơ chế và bản chất của hiện tượng đó. Sự đúng đắn của giả thuyết dựa vào mức độ phù hợp với thực nghiệm của những kết quả suy ra từ giả thuyết đó.

5. Hệ thống các giả thuyết, khái niệm, định luật và các kết quả của chúng về một loạt các hiện tượng vật lý cùng loại hợp thành một *thuyết*.

6. Khâu cuối cùng trong quá trình nghiên cứu vật lý là việc *ứng dụng* các kết quả của vật lý vào thực tiễn, chỉ có thông qua việc ứng dụng vào thực tiễn, ngành vật lý mới đứng vững và phát triển.

Gần đây, trong quá trình phát triển của vật lý học, bên cạnh *phương pháp thực nghiệm cổ truyền*, còn nảy sinh *phương pháp tiên đề* của môn *vật lý lý thuyết*. Nội dung của phương pháp này là xuất phát từ chỗ thừa nhận một số mệnh đề nêu lên đặc tính, bản chất... của một số đối tượng vật lý nào đó, suy ra những kết quả giải thích được các tính chất, các quy luật vận động... của những đối tượng vật lý ấy. Nói cách khác, quá trình nghiên cứu của phương pháp tiên đề là một *quá trình diễn dịch*, trong khi quá trình nghiên cứu của phương pháp thực nghiệm là một *quá trình quy nạp*.

Do mục đích là nghiên cứu các tính chất tổng quát nhất của thế giới vật chất, vật lý học đứng về một khía cạnh nào đó có thể coi là *cơ sở của nhiều môn khoa học tự nhiên khác*.

Những kết quả của vật lý học đã được dùng làm cơ sở để giải thích cấu tạo nguyên tử, phân tử, liên kết hoá học... trong hoá học. Vật lý học cũng cung cấp những cơ sở để khảo sát các quá trình của sự sống. Môn kỹ thuật điện được xây dựng trên cơ sở lý thuyết điện từ trường trong vật lý.

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

- Khai thác và sử dụng những nguồn *năng lượng mới*, đặc biệt là năng lượng hạt nhân.
- Chế tạo và nghiên cứu tính chất các *vật liệu mới* (siêu dẫn nhiệt độ cao, vật liệu vô định hình...).
- Tìm ra những quá trình *công nghệ mới* (công nghệ các mạch tổ hợp...).
- Cuộc *cách mạng về tin học* và sự *xâm nhập của tin học* vào các ngành khoa học kỹ thuật.

Mục đích của việc học môn vật lý trong các trường đại học kỹ thuật công nghiệp là :

- Hình thành cho sinh viên những *kiến thức cơ bản về vật lý*, góp phần tạo nền tảng khoa học ở bậc đại học.
- Hình thành cho sinh viên những *cơ sở để học và nghiên cứu các ngành kỹ thuật, công nghiệp tiên tiến*.

- Góp phần rèn luyện phương pháp suy luận khoa học, tư duy logic, phương pháp nghiên cứu thực nghiệm, tác phong khoa học đối với người kỹ sư tương lai.

- Góp phần xây dựng thế giới quan khoa học duy vật biện chứng.

§2. CÁC ĐẠI LƯỢNG VẬT LÝ

Mỗi thuộc tính của một đối tượng vật lý (một vật thể, một hiện tượng, một quá trình...) được đặc trưng bởi một hay nhiều đại lượng vật lý. Ví dụ : khối lượng, diện tích, lực, năng lượng, cảm ứng từ...

A Các đại lượng vật lý có thể là *đại lượng vô hướng* hoặc *đại lượng vector* (hữu hướng).

1. Xác định một đại lượng vô hướng nghĩa là xác định giá trị của nó ; có những đại lượng vô hướng không âm, như thể tích, khối lượng..., có những đại lượng vô hướng mà giá trị có thể dương hay âm, như điện tích, hiệu điện thế...

2. Xác định một đại lượng hữu hướng (vector) trong vật lý nghĩa là xác định điểm đặt, phương, chiều và độ lớn của vector đặc trưng cho đại lượng đó. Ví dụ : lực, cường độ điện trường, từ cảm.

Một vector có thể được xác định bởi ba toạ độ của nó trên ba trục toạ độ trực giao Oxyz (toạ độ Đêcac).

3. Toạ độ của vector

Trong không gian, ta vẽ một hệ trục toạ độ Đêcac gồm ba trục định hướng Ox, Oy, Oz vuông góc nhau từng đôi một (h. M-1). Giả sử có vector \overrightarrow{OA} , chiếu \overrightarrow{OA} lên ba trục Ox, Oy, Oz ; lần lượt ta được các vector \overrightarrow{OB} , \overrightarrow{OC} , \overrightarrow{OD} . Dễ dàng thấy rằng \overrightarrow{OB} , \overrightarrow{OC} , \overrightarrow{OD} là ba thành phần của vector \overrightarrow{OA} trên ba trục Ox, Oy, Oz. Ta quy ước độ dài đại số của vector \overrightarrow{OB} trên trục định hướng Ox là một số đại số có giá trị tuyệt đối bằng độ dài OB và có dấu dương hay âm tùy theo \overrightarrow{OB} cùng chiều hay ngược chiều với Ox ; độ dài đại số của \overrightarrow{OB} được ký hiệu là \overline{OB} . Tương tự, ta có thể xác định các độ

đài đại số của \overline{OC} và \overline{OD} trên các trục Oy và Oz . Ba độ dài đại số \overline{OB} , \overline{OC} , \overline{OD} được gọi là các toạ độ của vectơ \overline{OA} trong hệ trục toạ độ Đêcac Oxyz. Nếu ta ký hiệu $\overline{OA} = \vec{a}$ và ký hiệu các toạ độ

$$\overline{OB} = a_x; \quad \overline{OC} = a_y; \quad \overline{OD} = a_z;$$

ta thường viết

$$\vec{a} = \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{pmatrix}$$

hay $\vec{a} = a_x \vec{n}_x + a_y \vec{n}_y + a_z \vec{n}_z$;

$\vec{n}_x, \vec{n}_y, \vec{n}_z$ là ba vectơ đơn vị trên trục toạ độ.

Độ dài của \vec{a} được tính theo công thức

$$|\vec{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

4. Tích của hai vectơ

a) Tích vô hướng (nội tích) của hai vectơ

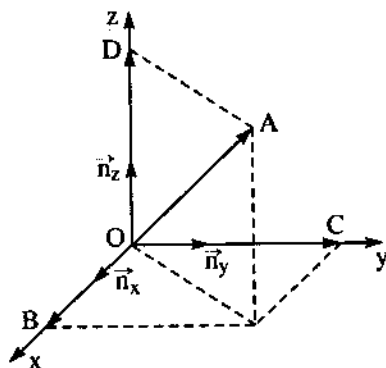
Cho hai vectơ cùng gốc \overline{OA} và \overline{OB} , ta gọi tích vô hướng của \overline{OA} và \overline{OB} là một số đại số ký hiệu là $\overline{OA} \cdot \overline{OB}$, được định nghĩa như sau :

$$\overline{OA} \cdot \overline{OB} = OA \cdot OB \cdot \cos \alpha$$

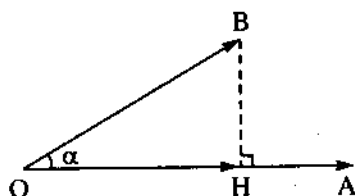
trong đó α là góc nhỏ nhất hợp bởi \overline{OA} và \overline{OB} (h. M-2).

Tích vô hướng $\overline{OA} \cdot \overline{OB}$ bằng 0 khi \overline{OA} hoặc \overline{OB} bằng 0, hay khi $\overline{OA} \perp \overline{OB}$ ($\alpha = \frac{\pi}{2}$, nghĩa là $\cos \alpha = 0$).

Trường hợp $\overline{OB} = \overline{OA}$ ta có :



Hình M-1



Hình M-2

$$(\overline{OA})^2 = \overline{OA} \cdot \overline{OA} = OA \cdot OA = |\overline{OA}|^2.$$

Chiếu vector \overline{OB} lên phương của \overline{OA} ta được vector \overline{OH} . Nếu ta coi đường thẳng chứa \overline{OA} là một trục định hướng theo \overline{OA} thì có thể xác định độ dài đại số \overline{OH} của vector \overline{OH} . Khi đó

$$OB \cos \alpha = \overline{OH}$$

và ta có thể viết tích vô hướng của hai vector \overline{OA} và \overline{OB} như sau :

$$\overline{OA} \cdot \overline{OB} = \overline{OH} \cdot \overline{OA}.$$

Bài tập. Ứng dụng tích vô hướng để tính độ dài vector tổng hợp của hai vector \vec{a} và \vec{b} cho trước.

Ta gọi :

$$\vec{c} = \vec{a} + \vec{b}$$

Bình phương vô hướng hai vế, ta được :

$$\vec{c}^2 = (\vec{a} + \vec{b})(\vec{a} + \vec{b})$$

$$\text{hay} \quad \quad \quad = \vec{a}^2 + \vec{b}^2 + 2\vec{a} \cdot \vec{b}$$

$$\text{nghĩa là} \quad |\vec{c}|^2 = |\vec{a}|^2 + |\vec{b}|^2 + 2|\vec{a}| \cdot |\vec{b}| \cos \alpha$$

$$c = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab \cos \alpha}$$

trong đó α là góc tạo bởi hai vector \vec{a} và \vec{b} .

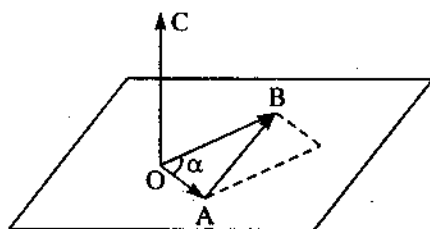
b) Tích vector (ngoại tích) của hai vector

Người ta gọi tích vector của hai vector \overline{OA} và \overline{OB} là một vector \overline{OC} (h. M-3) :

- có phương vuông góc với \overline{OA} và \overline{OB} ;

- có chiều là chiều thuận đối với chiều quay từ \overline{OA} sang \overline{OB} (chiều tiến của đinh ốc nằm dọc theo \overline{OC} quay theo chiều từ \overline{OA} sang \overline{OB}) ;

- có độ dài $OC = OA \cdot OB \sin \alpha$, với α là góc nhỏ nhất hợp bởi \overline{OA} và \overline{OB} .



Hình M-3

Dễ dàng nhận thấy $OC = OA \cdot OB \sin \alpha$, về giá trị bằng diện tích hình bình hành tạo bởi \vec{OA} và \vec{OB} , hoặc bằng hai lần diện tích hình tam giác OAB . Ta viết ký hiệu tích vector :

$$\vec{OC} = \vec{OA} \wedge \vec{OB}$$

Tích vector của \vec{OA} và \vec{OB} bằng $\vec{0}$ khi \vec{OA} hoặc \vec{OB} bằng $\vec{0}$ hay khi $\vec{OA} \parallel \vec{OB}$ ($\alpha = 0$, tức là $\sin \alpha = 0$). Nói riêng

$$\vec{OA} \wedge \vec{OA} = \vec{0}.$$

Bài tập. Cho ba vector $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$, tích vector :

$$\vec{a} \wedge (\vec{b} \wedge \vec{c})$$

được gọi là *tích vector kép* của $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}$. Hãy chứng minh rằng :

$$\vec{a} \wedge (\vec{b} \wedge \vec{c}) = \vec{b}(\vec{a} \cdot \vec{c}) - \vec{c}(\vec{a} \cdot \vec{b})$$

B Các đại lượng vật lý có thể là một *đại lượng không đổi* hoặc *đại lượng biến thiên*.

1. Một đại lượng vô hướng φ biến thiên (theo thời gian) nghĩa là giá trị của φ là hàm số của thời gian t :

$$\varphi = \varphi(t).$$

Hàm số này thường là một hàm số xác định hữu hạn và liên tục của thời gian t . Sự biến thiên của φ theo t (tăng hay giảm) được đặc trưng bởi đạo hàm của nó theo t :

$$\varphi'(t) = \frac{d\varphi}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$$

về mặt vật lý, $\varphi'(t)$ được gọi là *tốc độ biến thiên* của φ theo t .

2. Một đại lượng vector \vec{F} biến thiên nghĩa là phương, chiều và độ lớn của \vec{F} thay đổi theo thời gian. Ta nói \vec{F} là hàm của thời gian t : $\vec{F} = \vec{F}(t)$.

Khi đó ba toạ độ của \vec{F} trên ba trục của hệ toạ độ trục giao $Oxyz$ cũng là những hàm số xác định, hữu hạn và liên tục của thời gian t :

$$\vec{F} \begin{cases} F_x = F_x(t) \\ F_y = F_y(t) \\ F_z = F_z(t) \end{cases}$$

Sự biến thiên của \vec{F} theo t được đặc trưng bởi đạo hàm của \vec{F} theo t

$$\overrightarrow{F(t)'} = \frac{d\vec{F}}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{F}}{\Delta t}$$

Đạo hàm của vector \vec{F} theo t cũng là một vector. Từ biểu thức

$$\vec{F} = F_x \vec{n}_x + F_y \vec{n}_y + F_z \vec{n}_z$$

ta suy ra :

$$\frac{d\vec{F}}{dt} = \frac{dF_x}{dt} \vec{n}_x + \frac{dF_y}{dt} \vec{n}_y + \frac{dF_z}{dt} \vec{n}_z$$

Từ phương trình đó ta có thể kết luận : *đạo hàm theo t của vector \vec{F} là một vector mà các thành phần trên ba trục Oxyz lần lượt bằng đạo hàm theo t của các thành phần tương ứng của \vec{F} .*

§3. ĐƠN VỊ VÀ THỨ NGUYÊN CỦA CÁC ĐẠI LƯỢNG VẬT LÝ

1. Đơn vị vật lý

Do một đại lượng vật lý là chọn một đại lượng cùng loại làm chuẩn gọi là *đơn vị* rồi so sánh đại lượng phải đo với đơn vị đó, giá trị đo sẽ bằng tỉ số : đại lượng phải đo / đại lượng đơn vị.

Muốn định nghĩa đơn vị của tất cả các đại lượng vật lý, người ta chỉ cần chọn trước một số đơn vị gọi là *đơn vị cơ bản* – các đơn vị khác suy ra được từ các đơn vị cơ bản gọi là *đơn vị dẫn xuất*.

Ví dụ : nếu chọn đơn vị độ dài *mét* là đơn vị cơ bản, thì có thể suy ra các đơn vị dẫn xuất là diện tích (*mét vuông*), thể tích (*mét khối*).

Tuỳ theo các đơn vị cơ bản chọn trước sẽ suy ra các đơn vị dẫn xuất khác nhau. Tập hợp các đơn vị cơ bản và đơn vị dẫn xuất tương ứng hợp thành một *hệ đơn vị*.

Năm 1960, nhiều nước trên thế giới đã chọn một hệ đơn vị thống nhất gọi là hệ SI (système international).

Hệ đơn vị đo lường hợp pháp của nước ta ban hành từ 1965 cũng dựa trên cơ sở hệ SI, với các đơn vị cơ bản và dẫn xuất chính sau :

Hệ SI

Đơn vị cơ bản :

- Độ dài	mét (m)
- Khối lượng	kilôgam (kg)
- Thời gian	giây (s)
- Cường độ dòng điện	ampe (A)
- Độ sáng	candela (Cd)
- Nhiệt độ tuyệt đối	kelvin (K)
- Lượng chất	mol (mol)

Đơn vị phụ :

- Góc phẳng	radian (rad)
- Góc khối	steradian (sr)

Một số đơn vị dẫn xuất :

- Diện tích	mét vuông (m^2)
- Thể tích	mét khối (m^3)
- Chu kì	giây (s)
- Tần số	héc (Hz)
- Vận tốc	mét trên giây (m/s)
- Gia tốc	mét trên giây bình phương (m/s^2)
- Lực	niuton (N)
- Năng lượng	jun (J)
- Công suất	oát (W)
- Áp suất	pascal (Pa)
- Điện tích	culông (C)
- Hiệu điện thế	vôn (V)

- Cường độ điện trường	vôn trên mét (V/m)
- Điện dung	fara (F)
- Từ cảm	tesla (T)
- Từ thông	vêbe (Wb)
- Độ tự cảm	henry (H)

2. Thứ nguyên : Từ các đơn vị cơ bản, ta định nghĩa được các đơn vị dẫn xuất. Việc định nghĩa này dựa vào một khái niệm gọi là thứ nguyên. *Thứ nguyên của một đại lượng là quy luật nêu lên sự phụ thuộc của đơn vị đo đại lượng đó vào các đơn vị cơ bản.*

Ví dụ, ta xét thể tích của các vật : giá trị thể tích của các vật hình hộp chữ nhật, hình trụ thẳng, hình cầu lặn lượt được tính bởi các công thức :

$$V = abc ; V = \pi R^2 h ; V = \frac{4}{3} \pi R^3$$

Nếu không để ý đến các hệ số, ta thấy trong mọi trường hợp : thể tích = độ dài \times độ dài \times độ dài, ta nói : thứ nguyên của (đại lượng) thể tích là (độ dài)³ và ký hiệu như sau [thể tích] = [độ dài]³.

Ví dụ khác [vận tốc] = [độ dài] [thời gian]⁻¹

[gia tốc] = [độ dài] [thời gian]⁻²

Để cho cách viết đơn giản, ta ký hiệu :

[độ dài] = L

[thời gian] = T

[khối lượng] = M

Khi đó : [diện tích] = L²

[thể tích] = L³

[vận tốc] = LT⁻¹

[gia tốc] = LT⁻²

[khối lượng riêng] = ML⁻³

[lực] = MLT⁻²

[công] = ML²T⁻².

Khi viết biểu thức và công thức vật lý, ta cần chú ý các quy tắc sau :

a) Các số hạng của một tổng (đại số) phải có cùng thứ nguyên.

b) Hai vế của cùng một công thức, một phương trình vật lý phải có cùng thứ nguyên.

Ví dụ : Công thức chu kì của con lắc :

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Thứ nguyên của vế đầu là T, thứ nguyên của vế sau là :

$$\left(\frac{[\text{độ dài}]}{[\text{gia tốc}]}\right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{L}{LT^{-2}}\right)^{\frac{1}{2}} = T.$$

Bài tập. Chứng minh rằng hai vế của các công thức sau đây đều có cùng thứ nguyên :

- Chu kì con lắc lò xo : $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ (k : độ cứng của lò xo).

- Điện trở dây dẫn kim loại $R = \rho \frac{l}{S}$.

- Năng lượng tụ điện $W = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$.

CƠ HỌC

Cơ học nghiên cứu dạng vận động cơ (chuyển động) tức là sự chuyển dời vị trí của các vật vĩ mô. Cơ học gồm những phần sau :

1. Động học : Nghiên cứu những đặc trưng của chuyển động và những dạng chuyển động khác nhau.

2. Động lực học : Nghiên cứu mối liên hệ của chuyển động với sự tương tác giữa các vật. Tĩnh học là một phần của động lực học nghiên cứu trạng thái cân bằng của các vật.

Phần cơ học trình bày trong giáo trình này chủ yếu là những cơ sở của cơ học cổ điển Niuton ; nội dung chủ yếu của nó bao gồm : các định luật cơ bản của động lực học ; các định luật Niuton và nguyên lý tương đối Galilê ; ba định luật bảo toàn của cơ học là định luật bảo toàn động lượng, định luật bảo toàn momen động lượng và định luật bảo toàn năng lượng ; hai dạng chuyển động cơ bản của vật rắn là chuyển động tịnh tiến và chuyển động quay.

Chương 1

ĐỘNG HỌC CHẤT ĐIỂM

§1.1. NHỮNG KHÁI NIỆM MỞ ĐẦU

1. Chuyển động và hệ quy chiếu

Chuyển động là một khái niệm cơ bản của cơ học. Chuyển động của một vật là sự chuyển dời vị trí của vật đó đối với các vật khác trong không gian

và thời gian. Muốn xác định vị trí của một vật trong không gian ta phải tìm những khoảng cách từ vật đó tới một hệ vật khác mà ta quy ước là đứng yên. Hệ vật mà ta quy ước là đứng yên dùng là mốc để xác định vị trí của các vật trong không gian gọi là *hệ quy chiếu*. Để xác định thời gian của vật khi chuyển động, ta gắn vào hệ quy chiếu một cái *đồng hồ*. Khi một vật chuyển động thì những khoảng cách từ vật đó đến hệ quy chiếu thay đổi theo thời gian.

Rõ ràng, một vật chuyển động hay đứng yên là tùy theo hệ quy chiếu ta chọn. Một vật có thể là chuyển động đối với hệ quy chiếu này nhưng có thể là đứng yên đối với hệ quy chiếu khác, ta nói rằng chuyển động của một vật có *tính tương đối*.

2. Chất điểm và hệ chất điểm

Chất điểm là một vật có kích thước nhỏ không đáng kể so với những khoảng cách, những kích thước mà ta đang khảo sát. Ví dụ : Khi xét chuyển động của viên đạn trong không khí, chuyển động của Trái Đất xung quanh Mặt Trời... ta có thể coi viên đạn, Trái Đất... là những chất điểm. Như vậy việc xem một vật có là chất điểm hay không, phụ thuộc vào điều kiện bài toán ta nghiên cứu.

Một tập hợp chất điểm được gọi là *hệ chất điểm*. *Vật rắn* là một hệ chất điểm, trong đó khoảng cách tương hỗ giữa các chất điểm của hệ không thay đổi.

3. Phương trình chuyển động (phương trình động học) của chất điểm

Để xác định chuyển động của một chất điểm người ta thường gắn vào hệ quy chiếu một *hệ tọa độ*. *Hệ tọa độ Đêcac* gồm có ba trục Ox, Oy, Oz vuông góc với nhau từng đôi một hợp thành tam diện thuận Oxyz ; O gọi là *gốc tọa độ*. Vị trí của một chất điểm M trong không gian sẽ được xác định bởi ba tọa độ x, y, z của nó đối với hệ tọa độ Đêcac, ba tọa độ này cũng là ba tọa độ của bán kính vectơ $\overrightarrow{OM} = \vec{r}$ trên ba trục.

Khi chất điểm M chuyển động, các tọa độ x, y, z của nó thay đổi theo thời gian t ; nói cách khác x, y, z là các hàm của thời gian t :

$$M \begin{cases} x = f(t) \\ y = g(t) \\ z = h(t) \end{cases} \quad (1.1)$$

Nói gọn hơn, bán kính vectơ \vec{r} của chất điểm chuyển động là hàm của thời gian t :

$$\vec{r} = \vec{r}(t) \quad (1.2)$$

Phương trình (1.1) hay (1.2) gọi là *những phương trình chuyển động* của chất điểm M. Vì ở mỗi thời điểm t , chất điểm M có một vị trí xác định và khi t biến thiên thì M chuyển động một cách liên tục nên các hàm $f(t)$, $g(t)$, $h(t)$, hay nói gọn hơn hàm $\vec{r}(t)$, sẽ là các hàm xác định, đơn trị và liên tục của t .

Bài tập. Viết những phương trình chuyển động của một chất điểm chuyển động trong một mặt phẳng.

4. Quỹ đạo

Quỹ đạo của chất điểm chuyển động là đường tạo bởi tập hợp tất cả các vị trí của nó trong không gian, trong suốt quá trình chuyển động. Để xác định quỹ đạo, người ta có thể dùng các phương trình chuyển động (1.1). Các phương trình này có thể coi là các phương trình tham số của quỹ đạo. Muốn tìm liên hệ giữa các tọa độ của M, ta phải khử t trong các phương trình chuyển động (1.1).

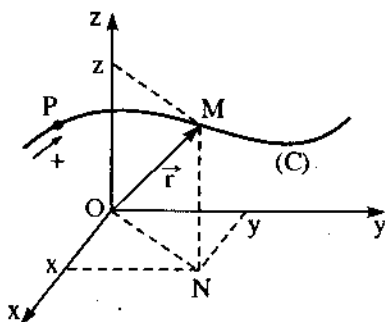
5. Hoành độ cong

Giả thiết chất điểm M chuyển động trên đường cong quỹ đạo (C) (h. 1-1), trên (C) ta chọn một điểm P nào đó cố định làm gốc và một chiều dương. Khi đó, ở mỗi thời điểm t , vị trí của M trên (C) sẽ được xác định bởi trị đại số của cung PM, ký hiệu là :

$$\widehat{PM} = s$$

s gọi là *hoành độ cong* của M. Khi M chuyển động, s là hàm của thời gian t :

$$s = s(t) \quad (1.3)$$



Hình 1-1

Hệ tọa độ Đécac và quỹ đạo

§1.2. VẬN TỐC

Vận tốc là một đại lượng đặc trưng cho phương, chiều và sự nhanh chậm của chuyển động.

1. Định nghĩa vận tốc

Xét chuyển động của một chất điểm trên đường cong (C), trên (C) ta chọn gốc P và một chiều dương. Giả thiết tại thời điểm t, chất điểm ở vị trí M xác định bởi :

$$\widehat{PM} = s$$

Tại thời điểm $t' = t + \Delta t$, chất điểm ở vị trí M' xác định bởi :

$$\widehat{PM'} = s' = s + \Delta s$$

Quãng đường chất điểm đi được trong khoảng thời gian $t' - t = \Delta t$ sẽ là :

$$\widehat{MM'} = s' - s = \Delta s$$

Quãng đường trung bình chất điểm đi được trong đơn vị thời gian $\frac{\Delta s}{\Delta t}$, theo định nghĩa gọi là vận tốc trung bình của chất điểm trong khoảng thời gian Δt , được ký hiệu là :

$$v_{tb} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (1.4)$$

Vận tốc trung bình chỉ đặc trưng cho độ nhanh chậm trung bình của chuyển động chất điểm trên quãng đường $\widehat{MM'}$; trên quãng đường này, độ nhanh chậm của chuyển động chất điểm nói chung mỗi chỗ một khác, nghĩa là mỗi thời điểm một khác. Để đặc trưng cho độ nhanh chậm của chuyển động tại từng thời điểm, ta phải tính tỉ số $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ trong những khoảng thời gian

Δt vô cùng nhỏ. Theo định nghĩa, khi cho $\Delta t \rightarrow 0$ ($t' \rightarrow t$), tỉ số $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ dần tới một giới hạn, gọi là vận tốc tức thời (gọi tắt là vận tốc) của chất điểm tại thời điểm t, và được ký hiệu là :

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Theo định nghĩa của đạo hàm, ta có thể viết :

$$v = \frac{ds}{dt} \quad (1.5)$$

Vậy : Vận tốc của chất điểm có giá trị bằng đạo hàm hoành độ cong của chất điểm đối với thời gian.

Đặc biệt, nếu ta chọn gốc hoành độ cong P là vị trí ban đầu của chất điểm (vị trí lúc $t = 0$) thì $\overline{PM} = s$ chính là quãng đường chất điểm đi được trong khoảng thời gian từ 0 đến t. Như vậy, (1.5) có thể phát biểu :

Vận tốc của chất điểm có giá trị bằng đạo hàm quãng đường đi của chất điểm đối với thời gian.

Vận tốc v cho bởi (1.5) là một đại lượng đại số :

- Dấu của v xác định chiều chuyển động : $v > 0$, chất điểm chuyển động theo chiều dương của quỹ đạo ; $v < 0$, chất điểm chuyển động theo chiều ngược lại.

- Trị tuyệt đối của v xác định độ nhanh chậm của chuyển động tại từng thời điểm.

Tóm lại, vận tốc đặc trưng cho chiều và độ nhanh chậm của chuyển động chất điểm.

Chú ý : Trên hình 1-1, ta giả sử chất điểm chuyển động theo chiều dương. Nếu chất điểm chuyển động theo chiều âm, ta vẫn thu được cùng một kết quả như trên.

2. Vectơ vận tốc

Để đặc trưng một cách đầy đủ về cả phương, chiều và độ nhanh chậm của chuyển động chất điểm, người ta đưa ra một vectơ gọi là vectơ vận tốc.

Theo định nghĩa, vectơ vận tốc tại vị trí M là một vectơ \vec{v} có phương nằm trên tiếp tuyến với quỹ đạo tại M, có chiều theo chiều chuyển động và có giá trị bằng trị tuyệt đối của v (h.1-2).

Để có thể viết được biểu thức của vector vận tốc \vec{v} , người ta thường định nghĩa một vector vi phân cung $d\vec{s}$ nằm trên tiếp tuyến với quỹ đạo tại M, hướng theo chiều chuyển động và có độ lớn bằng trị tuyệt đối của vi phân hoành độ cong đó. Khi đó, ta có

$$\vec{v} = \frac{d\vec{s}}{dt}$$

(1.6)

3. Vector vận tốc trong hệ toạ độ Đécac

Giả thiết ở thời điểm t , vị trí chất điểm được xác định bởi bán kính vector (h.1-3) :

$$\vec{OM} = \vec{r}$$

Ở thời điểm $t + dt$, vị trí chất điểm được xác định bởi bán kính vector :

$$\vec{OM}' = \vec{r} + d\vec{r}$$

Rõ ràng là khi dt vô cùng nhỏ thì vector chuyển dời :

$$\vec{MM}' = \vec{OM}' - \vec{OM} = d\vec{r}$$

có độ dài :

$$|d\vec{r}| = MM' \approx \widehat{MM'} = ds$$

Ngoài ra vì $d\vec{r}$ và $d\vec{s}$ cùng chiều nên ta có :

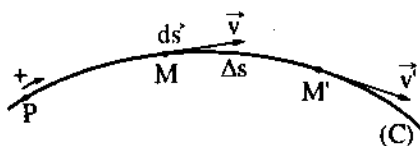
$$d\vec{r} \approx d\vec{s} \quad (1.7)$$

nghĩa là (1.6) có thể viết :

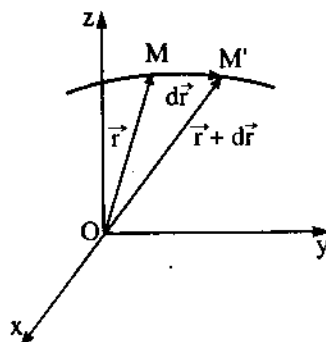
$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

(1.8)

Vậy : Vector vận tốc bằng đạo hàm của bán kính vector đối với thời gian.



Hình 1-2. Vector vận tốc



Hình 1-3. Sự tương đương của hai vector $d\vec{s}$ và $d\vec{r}$