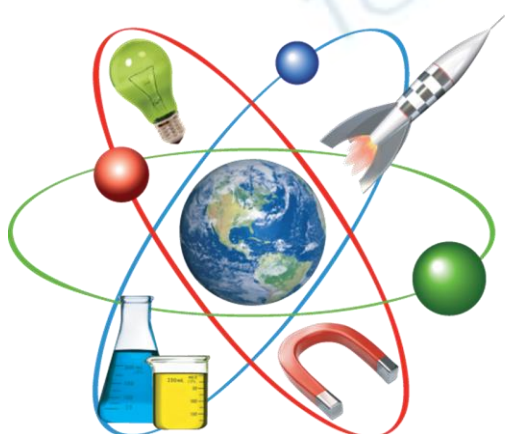


Đỗ Quang Trung (Chủ biên)

Dương Anh Tuấn và Nguyễn Thị Thanh Hoa

GIÁO TRÌNH VẬT LÝ ĐẠI CƯƠNG

(Dành cho sinh viên các ngành kỹ thuật)



Năm 2017

LỜI NÓI ĐẦU

Giáo trình Vật Lí Đại Cương do Bộ môn Vật Lí biên soạn đã được Hội Đồng Khoa Học thẩm định và Hiệu Trưởng phê duyệt làm Giáo Trình Chính Thức để giảng dạy cho sinh viên bậc Đại Học và Cao Đẳng trường Đại Học Công Nghiệp Quảng Ninh.

Vật Lí Đại Cương là một bộ phận quan trọng của Khoa học Vật lí, đã hệ thống những khái niệm, những định luật, những lí thuyết cơ bản của khoa học Vật lí. Các khái niệm, các định luật, các lí thuyết đó, diễn tả hầu hết các qui luật vận động và bản chất của các sự vật hiện tượng trong tự nhiên và là cơ sở của Vật lí Học. Có thể nói Vật Lí Đại Cương là xương sống của Khoa Học Vật Lí. Những tri thức Vật Lí Đại Cương không chỉ là những cơ sở để sinh viên học và nghiên cứu các môn khoa học khác, mà còn góp phần rèn luyện phương pháp suy luận khoa học, phương pháp nghiên cứu thực nghiệm và xây dựng thế giới quan duy vật biện chứng. Trong giáo trình Vật Lí Đại Cương này chúng tôi trình bày 3 phần chính:

1. Cơ học: Nghiên cứu chuyển động của vật thể vĩ mô (chuyển động cơ)
2. Nhiệt học: Nghiên cứu chuyển động nhiệt của các hạt vi mô (phân tử, nguyên tử).
3. Điện học: Nghiên cứu qui luật, bản chất các hiện tượng về điện, từ.

Giáo trình được biên soạn trên quan điểm *cho sinh viên tự nghiên cứu*. Khi lên lớp, *sinh viên sẽ được giáo viên hệ thống lại các kiến thức cốt lõi, giải đáp các thắc mắc và khai thác thêm các bài tập mẫu*. Do đó các kiến thức không những được sắp xếp một cách logic, chặt chẽ, rõ ràng, mà còn có các ví dụ minh họa, giúp sinh viên có thể tự đọc, lĩnh hội dễ dàng. Để đo sự chiếm lĩnh tri thức, cuối mỗi chương đều có các câu hỏi, bài tập. Hy vọng với sự nỗ lực, trong thời gian ngắn các bạn có thể chiếm lĩnh được nhiều các tri thức Vật Lí Đại Cương.

Giáo trình này là kết quả của sự làm việc nhiệt tình, tâm huyết của quý thầy, cô có năng lực, kinh nghiệm trong giảng dạy và nghiên cứu khoa học. Mặc dù đã cố gắng, song không tránh khỏi những thiếu sót, rất mong được sự góp ý của quý bạn đọc để giáo trình ngày càng hoàn thiện.

Tháng 6 năm 2017

Ban biên soạn

MỞ ĐẦU

1. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu vật lí

1.1. Giới thiệu chung

Vật lí học là 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 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 lí học là nghiên cứu những đặc trưng tổng quát, những qui luật tổng quát về cấu tạo và vận động của vật chất.

Đối tượng nghiên cứu của vật lí gồm: các vật thể thông thường có thể ở các trạng thái rắn, lỏng, khí (vật thể vĩ mô), vật thể cấu tạo bởi các phân tử, nguyên tử với kích thước cỡ 10^{-7}cm (kích thước vi mô- vật thể vi mô).

Trong cuốn giáo trình vật lí đại cương này sẽ nghiên cứu các dạng vận động cơ, nhiệt và điện từ. Do mục đích nghiên cứu các tính chất tổng quát nhất của thế giới vật chất, những quy luật tổng quát về cấu tạo và vận động của vật chất, đứng về một khía cạnh nào đó có thể coi vật lí là cơ sở của nhiều môn khoa học tự nhiên khác như hoá học, sinh học, cơ học lí thuyết, sức bền vật liệu, điện kĩ thuật, kĩ thuật điện tử -viễn thông, kĩ thuật nhiệt.....

Vật lí học cũng có quan hệ mật thiết với triết học. Thực tế đã và đang chứng tỏ rằng những phát minh mới, khái niệm, giả thuyết và định luật mới của vật lí làm phong phú và chính xác thêm các quan điểm của triết học đồng thời làm phong phú hơn và chính xác hơn tri thức của con người đối với thế giới tự nhiên vô cùng vô tận.

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

- Khai thác và sử dụng các nguồn năng lượng mới: năng lượng hạt nhân, năng lượng mặt trời, năng lượng gió, năng lượng nước...

- Nghiên cứu và chế tạo các loại vật liệu mới: vật liệu siêu dẫn nhiệt độ cao, vật liệu vô định hình, vật liệu nanô, các chất bán dẫn mới và các mạch tổ hợp siêu nhỏ siêu tốc độ

- Tạo cơ sở cho cuộc cách mạng về công nghệ thông tin và sự thâm nhập của nó vào các ngành khoa học kĩ thuật và đời sống....

1.2. Mục đích môn học vật lí trong trường Đại học

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

1.3. Phương pháp nghiên cứu Vật lí

Phương pháp nghiên cứu cơ bản của vật lí là **thực nghiệm** quy nạp (induction) và được tiến hành qua các khâu sau:

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

2) *Thí nghiệm*: thí nghiệm định tính hoặc thí nghiệm định lượng để khảo sát hiện tượng lặp lại nhiều lần trong những điều kiện xác định.

3) Sử lí các kết quả thí nghiệm và rút ra *các định luật vật lí*.

4) Để giải thích những tính chất, những quy luật của một hiện tượng người ta thường đưa ra những *giả thuyết* nêu lên 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 cùng loại hợp thành một *thuyết vật lí*.

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

Tuy nhiên từ đầu thế kỷ XX, trong quá trình phát triển của vật lí học bên cạnh phương pháp thực nghiệm, phương pháp nghiên cứu có phần thay đổi theo hướng diễn dịch (deduction - gần giống phương pháp suy luận toán học) - **phương pháp lí 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 nào đó, suy ra những kết quả giải thích được các tính chất, các quy luật vận động.. của những đối tượng vật lí ấy, sau đó thông qua thực nghiệm kiểm chứng kết quả lí thuyết xem có phù hợp.

2. Đơn vị và thứ nguyên

2.1. Các đại lượng vật lí

Mỗi một tính chất hay một thuộc tính của sự vật, hiện tượng, được mô tả bởi một thông số - gọi là đại lượng vật lí. Ví dụ: tính chất nhanh hay chậm của chuyển động, được mô tả bởi đại lượng vận tốc; diễn tả cho sự tương tác giữa các vật là lực; ... Các đại lượng vật lí có thể là vô hướng (như: khối lượng, điện tích,...) hoặc hữu hướng (như: lực, vận tốc, ...). Đại lượng vô hướng được biểu diễn bằng giá trị số có thể dương, âm hoặc bằng không. Do đó, xác định đại lượng vô hướng nghĩa là xác định số trị của nó. Đại lượng hữu hướng được biểu diễn bằng một vectơ. Vậy, xác định một đại lượng hữu hướng là xác định phương chiều, môđun và điểm đặt của vectơ biểu diễn đại lượng đó. Mỗi một đại lượng vật lí được kí hiệu bởi một hay nhiều kí tự La Tinh hoặc kí tự Hi Lạp (xem bảng 0.1).

Bảng 0.1: Các mẫu tự Hi Lạp

<i>Tên gọi</i>	<i>Viết thường</i>	<i>Tên gọi</i>	<i>Viết thường</i>
Alfa	α	Nuy	ν
Bêta	β	Kxi	ξ
Gamma	γ	Ômikrôn	$\omicron$
Delta	δ	Pi	π

Epsilon	ε	Rô	ρ
Zêta	ζ	Xichma	σ
Êta	η	Tô	τ
Têta	θ	Ipxilon	υ
Iôta	ι	Fi	φ
Kapa	κ	Khi	χ
Lamda	λ	Pxi	ψ
Muy	μ	Ômêga	ω

2.2. Đơn vị vật lí

Vật lí là một khoa học thực nghiệm cho nên hầu hết các định luật, các thuyết vật lí đều phải được xây dựng từ trên cơ sở những kết quả đo đạc thực nghiệm được định lượng một cách chuẩn xác và hợp lí theo bản chất vật lí của đối tượng. Cho nên việc đo lường các đại lượng vật lí là một lĩnh vực quan trọng không thể thiếu được trong nghiên cứu vật lí.

Đo một đại lượng là so sánh đại lượng cần đo với một vật chuẩn gọi là đơn vị. Giá trị đo sẽ bằng tỷ số: đại lượng phải đo / đại lượng đơn vị

Muốn định nghĩa đơn vị của tất cả các đại lượng vật lí người ta chỉ cần chọn trước một số đơn vị gọi là đơn vị cơ bản các đơn vị khác suy ra từ các đơn vị cơ bản gọi là đơn vị dẫn xuất. Tập hợp các đơn vị cơ bản và đơn vị dẫn xuất gọi là hệ đơn vị.

Vì mỗi nước dùng những đơn vị đo khác nhau gây khó khăn cho việc trao đổi những thông tin khoa học nên từ năm 1960, các nhà khoa học đã thống nhất sử dụng một hệ thống đơn vị đo lường cơ bản, viết tắt là SI (Système International). Đây là một hệ thống đơn vị đo lường quốc tế hợp pháp ở đa số các nước trên thế giới hiện nay, trong đó có Việt Nam. Hệ SI bao gồm 7 đơn vị đo cơ bản là:

Bảng 0.2: Bảng đơn vị cơ bản hệ SI

Đại lượng	Đơn vị	Ký hiệu
Độ dài L (Length)	mét	m
Thời gian t (Time)	giây	s
Khối lượng M (Mass)	kilogram	kg
Nhiệt độ T	độ Kelvin	K
Cường độ dòng điện I	ampère	A
Đơn vị phân tử	mol	mol
Độ sáng	candela	cd

Trong cơ học người ta chỉ lưu ý đến 3 đơn vị: độ dài (L), khối lượng (M) và thời gian (T).

2.3. Thứ nguyên

Thứ nguyên của một đại lượng là quy luật nêu lên sự phụ thuộc các đơn vị đo đại lượng đo vào các đơn vị cơ bản.

Để biểu diễn đơn vị dẫn xuất thông qua đơn vị cơ bản người ta dùng công thức thứ nguyên có dạng như sau:

$$[X] = [M]^p[L]^q[T]^r$$

Trong đó p, q, r là các số nguyên; [X] là ký hiệu thứ nguyên của đại lượng vật lý X.

Thí dụ:

Đại lượng	Đơn vị		Thứ nguyên
	Ký hiệu (Tên gọi)	Biểu thức	
Vận tốc	m/s	m/s	$[V] = [L][T]^{-1}$
Lực	N (Newton)	kg.m/s ²	$[F] = [M][L][T]^{-2}$
Năng lượng	J (Joule)	kg.m ² /s ²	$[E] = [M][L]^2[T]^{-2}$

Khi viết các biểu thức, các công thức vật lý ta cần phải chú ý:

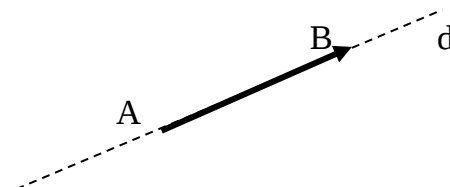
- Các số hạng của một tổng (đại số) phải có cùng thứ nguyên
- Hai vế của cùng một công thức, phương trình vật lý phải có cùng thứ nguyên

3. Khái quát về phép tính vector

3.1. Khái niệm vector

Đoạn thẳng có định hướng gọi là một vector. Một vector có 4 yếu tố: *phương, chiều, modun và điểm đặt*.

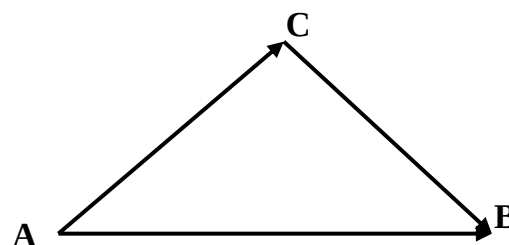
- $\overrightarrow{AB}$ {
- Điểm đặt: A
 - Phương trùng với đường thẳng AB
 - Chiều hướng từ A đến B
 - Modun là độ dài đoạn AB



Đường thẳng d gọi là giá của vector $\overrightarrow{AB}$.

Qui tắc 3 điểm: Cho 3 điểm A, B, C bất kỳ trong không gian, ta luôn có:

$$\overrightarrow{AB} = \overrightarrow{AC} + \overrightarrow{CB} \text{ hay } \overrightarrow{AB} = \overrightarrow{CB} - \overrightarrow{CA}$$



Hình minh họa qui tắc 3 điểm

3.2. Tọa độ của vector

Trong hệ tọa độ Descartes, gọi a_1, a_2, a_3 lần lượt là hình chiếu của vector $\vec{a}$ lên các trục tọa độ Ox, Oy, Oz thì ta có thể mô tả vector $\vec{a}$ thông qua bộ ba số thực (a_1, a_2, a_3):

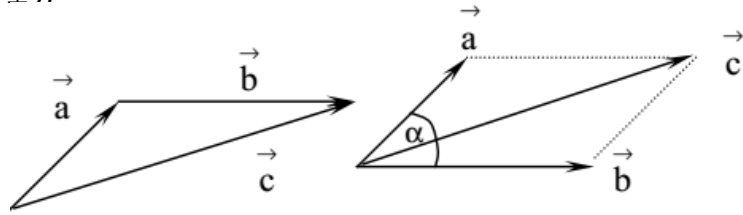
$$\vec{a} = a_1\vec{i} + a_2\vec{j} + a_3\vec{k} = (a_1, a_2, a_3)$$

Bộ số thực (a_1, a_2, a_3) được gọi là tọa độ của vector $\vec{a}$. Khi đó môđun của vector $\vec{a}$ được tính bởi công thức:

$$a = |\vec{a}| = \sqrt{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2}$$

3.3. Cộng vector

Tổng của hai hay nhiều vector là một vector mới, được xác định theo qui tắc nối đuôi hay qui tắc hình bình hành.



Hình minh họa qui tắc cộng hai vector

Nếu $\vec{a} = (a_1, a_2, a_3)$ và $\vec{b} = (b_1, b_2, b_3)$ thì vector tổng là:

$$\vec{c} = \vec{a} + \vec{b} = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3)$$

Độ lớn của vector tổng:

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

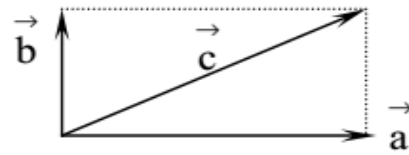
Trong đó α là góc tạo bởi 2 vector $\vec{a}$ và $\vec{b}$

- Nếu $\vec{a} \perp \vec{b}$ thì $c = \sqrt{a^2 + b^2}$

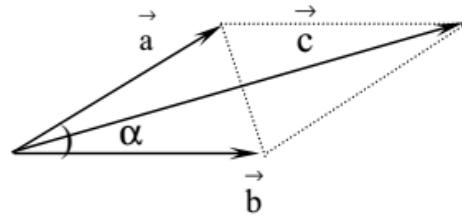
- Nếu $\vec{a} \uparrow \vec{b}$ thì $c = a + b$

- Nếu $\vec{a} \downarrow \vec{b}$ thì $c = |a - b|$

- Nếu $a = b$, $\alpha = (\vec{a}, \vec{b})$ thì: $c = 2a \cos \frac{\alpha}{2}$



Tổng của hai vector vuông góc



Tổng của 2 vector cùng môđun

3.4. Nhân vector với một số thực

Tích của một vector với một số thực k là một vector mới có môđun gấp k lần môđun của vector đầu, và cùng chiều với vector đầu nếu $k > 0$; ngược chiều nếu $k < 0$. Nói cách khác, tọa độ của vector mới cũng gấp k lần tọa độ của vector ban đầu.

$$\vec{a} = (a_1, a_2, a_3) \Rightarrow k \cdot \vec{a} = (ka_1, ka_2, ka_3)$$

3.5. Tích vô hướng của 2 vector

Tích vô hướng của hai vector $\vec{a}$ và $\vec{b}$ là một số thực bằng tích các môđun của hai vector ấy với cosin của góc hợp bởi hai vector đó: $c = \vec{a} \cdot \vec{b} = ab \cos \alpha$. Với α là góc tạo bởi 2 vector $\vec{a}$ và $\vec{b}$.

Trong hệ tọa độ Descartes: $\vec{a} = (a_1, a_2, a_3)$ và $\vec{b} = (b_1, b_2, b_3)$ thì

$$c = \vec{a} \cdot \vec{b} = (a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3)$$

Do đó, góc giữa hai vector $\vec{a}$ và $\vec{b}$ có thể tính bởi:

$$\cos \alpha = \frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{a \cdot b} = \frac{(a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3)}{\sqrt{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2} \cdot \sqrt{b_1^2 + b_2^2 + b_3^2}}$$

3.6. Tích hữu hướng của 2 vector

* Tích hữu hướng của hai vector $\vec{a}$ và $\vec{b}$ là một vector:

$$\vec{c} = \vec{a} \wedge \vec{b} \text{ (hoặc viết là } \vec{c} = \vec{a} \times \vec{b} \text{)}$$

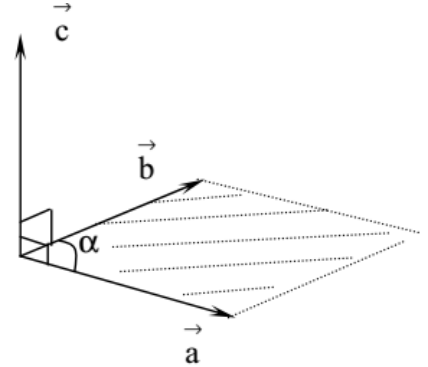
* Vector tích có:

- Phương: vuông góc với 2 vector thành phần.
- Chiều: xác định theo qui tắc đinh ốc thuận:

(vặn cái đinh ốc quay từ vector thứ nhất đến vector thứ hai theo góc nhỏ nhất thì chiều tiến của đinh ốc là chiều vector tích).

- Môđun: bằng tích các môđun của hai vector thành phần với sin của góc xen giữa hai vector đó:

$$c = ab \cdot \sin \alpha$$



Tích hữu hướng của 2 vector

* Về ý nghĩa hình học, môđun của vector tích có trị số bằng trị số diện tích hình bình hành tạo bởi hai vector thành phần.

Tích hữu hướng không có tính giao hoán: $\vec{a} \wedge \vec{b} = -\vec{b} \wedge \vec{a}$

Tích hữu hướng có tính phân phối: $(\vec{a} + \vec{b}) \wedge \vec{c} = \vec{a} \wedge \vec{c} + \vec{b} \wedge \vec{c}$

Trong hệ tọa độ Descartes, vector tích được xác định bởi định thức:

$$\vec{c} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{vmatrix} = (a_2b_3 - a_3b_2; a_3b_1 - a_1b_3; a_1b_2 - a_2b_1)$$

3.7. Đạo hàm của một vector theo thời gian

Trong hệ tọa độ Descartes, ta có:

$$\vec{a} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j} + a_z \vec{k} \Rightarrow \frac{d\vec{a}}{dt} = \frac{da_x}{dt} \vec{i} + \frac{da_y}{dt} \vec{j} + \frac{da_z}{dt} \vec{k}$$

Vậy đạo hàm của một vector theo thời gian là một vector mới có các thành phần là đạo hàm các thành phần tương ứng của vector ban đầu.

PHẦN A. CƠ HỌC

Cơ học là ngành khoa học nghiên cứu chuyển động của vật chất trong không gian và tương tác giữa chúng. Cơ học cho phép xác định được vị trí của vật ở bất kì thời điểm nào. Nó cho ta khả năng thấy trước được đường đi và vận tốc của vật, tìm được những kết cấu bền vững. Theo lịch sử phát triển, cơ học có thể chia thành 3 lĩnh vực có liên quan trực tiếp đến kích thước của đối tượng nghiên cứu:

a. Cơ học cổ điển: do Newton xây dựng qua công trình “Những nguyên lý toán học của triết học tự nhiên” (1687) trên cơ sở đúc kết những kết quả đáng kể của nhiều nhà vật lý trước đó như Galileo, Leibnitz, Huygens, Kepler vv... đã tạo nên một bức tranh biện chứng khá hoàn chỉnh về các hiện tượng cơ học cho các vật thể thông thường quan sát được - thế giới vĩ mô.

b. Cơ học tương đối: do Einstein xây dựng trên cơ sở lý thuyết tương đối hẹp (1905) và lý thuyết tương đối rộng (1916) đã đưa ra những quan niệm mới về quan hệ giữa sự tồn tại của vật chất và khái niệm thời gian – không gian, về bản chất của khái niệm quán tính và mối liên hệ hữu cơ giữa cơ học và hình học.

c. Cơ học lượng tử: lý thuyết được đề xuất trong nửa đầu thế kỷ XX mang tính cách mạng giải quyết những quy luật vật lý ở phạm vi kích thước nguyên tử - thế giới vi mô – trên cơ sở đưa ra khái niệm tính gián đoạn của các đại lượng vật lý.

Những viên gạch đầu tiên của bộ môn cơ học cổ điển dường như được xây nên từ thời Hy Lạp cổ đại. Những kết quả nghiên cứu đầu tiên được ngày nay biết đến là của Archimedes (287-212 TCN). Chúng bao gồm định lý mang tên ông trong thủy tĩnh học, khái niệm về khối tâm và nghiên cứu cân bằng của đòn bẩy.

Cơ học chỉ được đánh thức vào thời kì Phục Hưng ở châu Âu với những tiến bộ vượt bậc vào thế kỉ 16. Trong suốt đêm trường thời Trung Cổ, những lý thuyết nguy biền của Aristote (384-322 TCN) đã ngăn trở rất nhiều sự đi lên của khoa học đích thực. Vào thời này, chúng ta phải kể đến Leonardo da Vinci (1452-1519) với những nghiên cứu về tĩnh học. Tuy nhiên những tên tuổi lớn nhất của giai đoạn huy hoàng này chính là nhà khoa học người Ba Lan Nicolai Copernic (1473-1543) - người đã phủ nhận mô hình với Trái Đất là trung tâm vũ trụ của Ptolémée (xem thuyết địa tâm) và mô tả những chuyển động đúng đắn của hệ mặt trời, là nhà thiên văn học người Đức Johannes Kepler (1571-1630) - người đã phát biểu ba định luật mang tên ông về sự chuyển động của các hành tinh, là nhà bác học thiên tài người Ý Galileo Galilei (1564-1642).

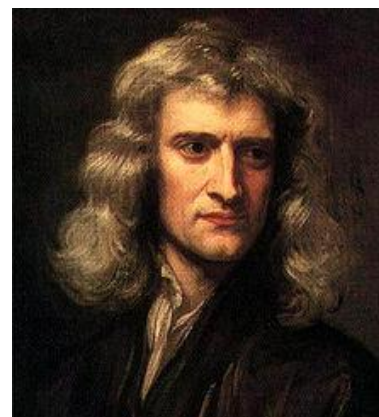
Có thể nói Galileo là ông tổ khai sáng ra động lực học: ông đã đưa ra khái niệm gia tốc, phát biểu vào năm 1632 nguyên lý tương đối Galileo và nguyên lý quán tính. Ông cũng đã nghiên cứu đến rất nhiều những vấn đề khác nhau của cơ học: con lắc, mặt phẳng nghiêng, sự rơi tự do.



Galileo Galilei (1564-1642)

Kế tiếp sau đó, sang thế kỉ 17, nhà khoa học người Pháp Blaise Pascal (1623-1662) đã có những nghiên cứu quan trọng về thủy tĩnh học. Nhà vật lý người Hà Lan Christiaan Huygens (1629-1695) đã phân tích chuyển động quay, đặc biệt là những dao động của con lắc và đưa ra khái niệm về động năng cũng như về lực hướng tâm.

Đặc biệt, nhà bác học người Anh Isaac Newton (1642-1727) đã xuất bản cuốn sách *Philosophiae naturalis principia mathematica* (Những nguyên lý toán học của triết học tự nhiên) trong đó có nêu lên ba định luật mang tên ông, tạo nên nền tảng của cơ học cổ điển. Chúng ta cũng biết đến Newton với định luật vạn vật hấp dẫn của vũ trụ.



Isaac Newton (1642-1727)

Thế kỉ 18 được xem như là thế kỉ của cơ học giải tích. Nhà bác học người Thụy Sĩ Leonhard Euler (1707-1783) đã phát biểu những phương trình về cơ học chất lưu. Ông cũng tham gia vào việc xây dựng nên ngành cơ học giải tích cùng với Louis Joseph Lagrange (1736-1813) và Jean Le Rond d'Alembert (1717-1783).

Tiếp theo đó, sự phát triển của cơ học cổ điển đã đạt tới giới hạn với những ứng dụng tuyệt vời. Ví dụ như Pierre-Simon Laplace (1749-1827) đã cải thiện sự chính xác về sự ra đời của chuyển động các hành tinh nhờ vào phương pháp nhiễu loạn. Urbain Le Verrier (1811-1877) đã tiên đoán trước sự tồn tại của sao Hải Vương bằng chính phương pháp này. Ngoài ra, ông cũng đã khám phá ra sự gần lại của cận điểm của sao Thủy. Tuy nhiên chính kết quả này lại đánh dấu một trong những giới hạn của cơ học Newton: kết quả này chỉ có thể được giải thích dựa vào cơ học tương đối. William Rowan Hamilton (1805-1865) đã đề xuất ra phép khai triển chính được biết đến với tên phương trình Hamilton. Chúng ta cũng có thể kể đến Henri Poincaré (1854-1912) với những đóng góp trong cơ học tính toán.



William Rowan Hamilton (1805-1865)

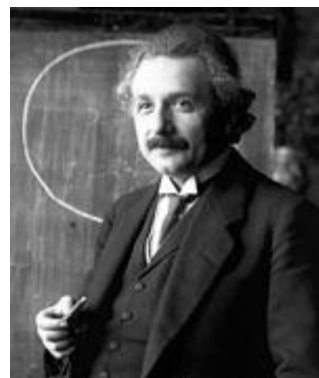
Cuối cùng có rất nhiều sự mở rộng của cơ học cổ điển trong lĩnh vực về các môi trường liên tục (thủy động lực học hoặc môi trường chịu biến dạng).

Bước sang thế kỷ thứ 18, nhiệt động lực học được ra đời bởi Robert Boyle, Thomas Young và một số nhà vật lý khác. Năm 1733, Daniel Bernoulli sử dụng phương pháp thống kê với cơ học cổ điển để đưa ra các kết quả cho nhiệt động lực học, từ đó ngành cơ học thống kê được ra đời. Năm 1798, Benjamin Thompson chứng minh được việc chuyển hóa cơ năng sang nhiệt, và năm 1847, James Prescott Joule đặt ra định luật bảo toàn năng lượng, dưới dạng nhiệt cũng như năng lượng cơ học, cơ năng.

Đặc điểm của điện và từ được nghiên cứu bởi Michael Faraday, Georg Ohm, cùng với một số nhà vật lý khác. Năm 1855, James Clerk Maxwell thống nhất hai ngành điện học và từ học vào làm một, gọi chung là Điện từ học được miêu tả bằng các phương trình Maxwell. Dự đoán của thuyết này đó là ánh sáng là một dạng sóng điện từ.

Năm 1895, Wilhelm Conrad Roentgen (Röntgen) khám phá ra tia X quang, là một dạng tia phóng xạ điện từ tần số cao. Độ phóng xạ được tìm ra từ năm 1896 bởi Henri Becquerel, và sau đó là Marie Curie (Maria Skłodowska-Curie), Pierre Curie, cùng với một số nhà vật lý khác. Từ đó khai sinh ra ngành vật lý hạt nhân.

Năm 1905, Albert Einstein xây dựng Thuyết tương đối đặc biệt, kết hợp không gian và thời gian vào một khái niệm chung, không-thời gian. Thuyết tương đối hẹp dự đoán một sự biến đổi khác nhau giữa các điểm gốc hơn là cơ học cổ điển, điều này dẫn đến việc phát triển cơ học tương đối tính để thay thế cơ học cổ điển. Với trường hợp vật tốc nhỏ, hai thuyết này dẫn đến cùng một kết quả. Năm 1915, Einstein phát triển thuyết tương đối đặc biệt để giải thích lực hấp dẫn, thuyết này do đó được gọi là Thuyết tương đối tổng quát hay Thuyết tương đối rộng, thay thế cho định luật hấp dẫn của Newton. Trong trường hợp khối lượng và năng lượng thấp, hai thuyết này cũng cho một kết quả như nhau.



Albert Einstein
(1879–1955)

Năm 1911, Ernest Rutherford suy luận từ thí nghiệm tán xạ về sự tồn tại của hạt nhân nguyên tử, với thành phần mang điện tích dương được đặt tên là proton. Neutron, thành phần của hạt nhân nguyên tử không mang điện tích, được phát hiện ra năm 1932 bởi James Chadwick.

Bước sang thế kỷ thứ 20, Max Planck, Einstein, Niels Bohr cùng với một số nhà vật lý khác xây dựng thuyết lượng tử để giải thích cho các kết quả thí nghiệm bất thường bằng việc miêu tả các lớp năng lượng rời rạc.

Năm 1925, Werner Heisenberg và năm 1926 Erwin Schrodinger và Paul Dirac công thức hóa cơ học lượng tử, để giải thích thuyết lượng tử bằng các công thức toán học. Trong cơ lượng tử, kết quả của các đo đạc vật lý tồn tại dưới dạng xác suất, và lý thuyết này đã rất thành công khi miêu tả các đặc điểm và tính chất của thế giới vi mô.

Cơ lượng tử là công cụ cho ngành vật lý vật chất đặc (*condensed matter physics*), một ngành nghiên cứu các tính chất vật lý của chất rắn và chất khí, bao gồm các đặc tính như cấu trúc tinh thể, bán dẫn và siêu dẫn. Người đi tiên phong trong ngành vật lý vật chất đặc đó là Felix Bloch, người đã sáng tạo ra một bộ mặt lượng tử các tính chất của electron trong cấu trúc tinh thể năm 1928.

Lý thuyết trường lượng tử được xây dựng để phát triển cơ lượng tử, với việc kết hợp thuyết tương đối hẹp. Một phiên bản mới được hình thành vào cuối năm 1940 bởi Richard Feynman, Julian Schwinger, Tomonaga và Freeman Dyson. Họ đã công thức hóa thuyết điện động lực học lượng tử để miêu tả tương tác điện từ. Thuyết trường lượng tử tạo nền cho ngành vật lý hạt, ở đó nghiên cứu các lực tự nhiên và các hạt cơ bản. Năm 1945, Dương Chấn Ninh và Robert Mills phát triển một dạng thuyết gauge, tạo cơ sở cho Mô hình chuẩn. Mô hình chuẩn đã được hoàn chỉnh vào năm 1970, với thành công là việc miêu tả tất cả các hạt biết được khi ấy.

Chúng ta cũng không được phép quên rằng mặc dù ngày nay đã có rất nhiều những phát minh và khám phá trong cơ học lượng tử và cơ học tương đối. Nhưng những nghiên cứu về áp dụng của cơ học cổ điển vẫn là một phần to lớn trong lâu đài vật lý học. Mặt khác, vẫn còn đó nguyên vẹn rất nhiều vấn đề chưa được giải quyết trong cơ học cổ điển, đặc biệt là những vấn đề liên quan đến dao động kép.

Phần cơ học trình bày trong giáo trình này chủ yếu là những cơ sở của cơ học cổ điển, nội dung chủ yếu gồm các phần: động học chất điểm và động lực học chất điểm, cơ học hệ chất điểm và vật rắn, năng lượng chuyển động cơ và một chương giới thiệu thuyết tương đối hẹp của Einstein.

Chương 1. ĐỘNG HỌC CHẤT ĐIỂM

Động học là một phần của cơ học cổ điển, trong đó người ta nghiên cứu cách xác định vị trí của các vật trong không gian tại các thời điểm khác nhau và mô tả các tính chất của chuyển động bằng các phương trình toán học nhưng chưa xét đến nguyên nhân chuyển động. Trong chương 1 chúng ta xét các nội dung chính

1. Các khái niệm: chất điểm, hệ qui chiếu, phương trình chuyển động, phương trình quỹ đạo, tọa độ cong.
2. Các đại lượng đặc trưng cho động học: vận tốc, gia tốc.
3. Khảo sát một số chuyển động cơ đặc biệt: chuyển động thẳng, chuyển động tròn biến đổi, chuyển động cong dưới tác dụng của trọng lực.

1.1. Các khái niệm cơ bản

1.1.1. Chuyển động và hệ qui chiếu

Chuyển động là một khái niệm cơ bản của cơ học. *Chuyển động của một vật là sự dời chuyển vị trí của vật đối với các vật khác hay các phần của vật đối với nhau trong không gian theo thời gian.* Muốn xác định vị trí của vật trong không gian ta phải tìm những khoảng cách từ vật đó đến một vật hoặc hệ vật khác mà ta coi là đứng yên dùng làm mốc để xác định vị trí của vật trong không gian đó, những vật được chọn làm mốc đó gọi là hệ qui chiếu.

Hệ qui chiếu: là một vật hay hệ vật mà ta quy ước là đứng yên, dùng để xác định khoảng cách từ vật khảo sát đến vật hay hệ vật đứng yên đó. Để xác định thời gian vật chuyển động, người ta gắn vào hệ qui chiếu một chiếc đồng hồ. Khi một vật chuyển động thì vị trí của nó so với hệ qui chiếu thay đổi theo thời gian.

Khi một người đứng cạnh một cây bên đường thì người đó nói rằng cây đang đứng yên, nhưng một người khác ở trên một chiếc xe ô tô chạy ngang qua cây thì lại nói cây đang chuyển động. Rõ ràng việc cây đứng yên hay chuyển động phụ thuộc vào người quan sát hay là phụ thuộc vào hệ qui chiếu. Như vậy chuyển động hay đứng yên chỉ mang tính chất tương đối, tùy thuộc vào hệ qui chiếu ta chọn, đối với hệ qui chiếu này nó là chuyển động, nhưng đối với hệ qui chiếu khác nó có thể là đứng yên.

1.1.2. Khái niệm chất điểm và hệ chất điểm

Một ô tô tải dài 4m chạy từ Đông Triều đến Hạ Long, quãng đường dài 75km. Nếu ta vẽ quãng đường ô tô đi đó bằng một đường cong dài 20cm, thì ta chỉ có thể vẽ ô tô bằng một chấm (1 điểm); Trái Đất có đường kính vào cỡ 12000km, Mặt Trời có đường kính 1400000km, khoảng cách từ Trái Đất đến Mặt Trời là 150 000 000 km. Nếu biểu diễn quỹ đạo của Trái Đất khi chuyển động quanh Mặt Trời bằng một đường tròn bán kính 15cm, thì Trái Đất và Mặt Trời cũng sẽ chỉ biểu diễn được bằng các điểm. Như vậy ta thấy *khi kích thước của vật rất nhỏ có thể bỏ qua so với những kích thước, khoảng cách mà ta khảo sát thì ta có thể coi vật là một chất điểm*

Khi một vật được coi là chất điểm thì khối lượng của vật coi như tập trung tại chất điểm đó. Các vật ta nói đến trong chương này đều coi là các chất điểm.

Hệ chất điểm: là tập hợp các chất điểm. Vật rắn được coi là một tập hợp vô số các chất điểm mà khoảng cách tương hỗ giữa các chất điểm không thay đổi.

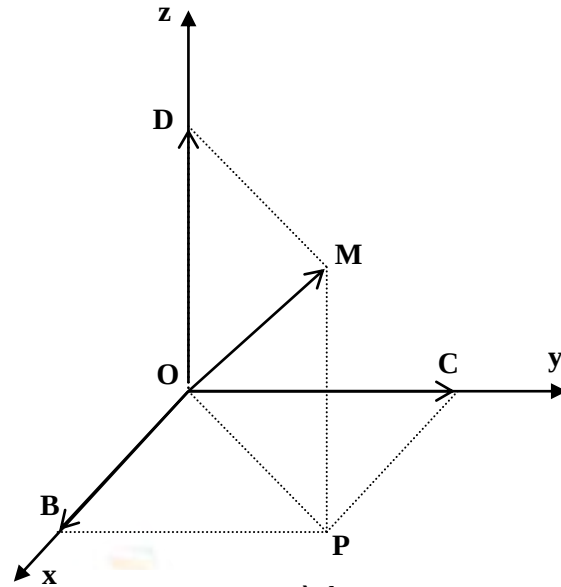
1.1.3. Quỹ đạo

Quỹ đạo của chất điểm chuyển động là đường cong tạo bởi tập hợp tất cả các vị trí của chất điểm trong không gian trong suốt quá trình chuyển động. Quỹ đạo của Trái Đất khi chuyển động quanh Mặt Trời là đường tròn; quỹ đạo của vật chuyển động ném ngang là nửa nhánh parabol hướng xuống,... Quỹ đạo chuyển động của chất điểm là một đường liên nét - Đường liên tục.

1.1.4. Cách xác định vị trí của vật trong không gian

1.1.4.1. Hệ tọa độ Đề các

- Hệ tọa độ Đề các là một hệ gồm có ba trục định hướng Ox ; Oy ; Oz vuông góc với nhau từng đôi một và theo thứ tự đó lập thành một tam diện thuận $Oxyz$. Trong đó điểm O được gọi là gốc của hệ tọa độ. Nếu có một điểm M trong không gian của hệ trục tọa độ Đề các thì vector $\overrightarrow{OM}$ được gọi là **vector toạ độ** hay **bán kính vector** của điểm M .



Hình 1-1.

Vị trí của chất điểm chuyển động

Hình chiếu vuông góc của $\overrightarrow{OM}$ trên các trục Ox ; Oy ; Oz là các véc tơ $\overrightarrow{OB}$; $\overrightarrow{OC}$; $\overrightarrow{OD}$ có các độ dài được xác định trên các trục tương ứng là $\overline{OB}$; $\overline{OC}$; $\overline{OD}$.

Nếu đặt $\overrightarrow{OM} = \vec{r}$; $OB = x$; $OC = y$; $OD = z$.

Thì ta có: $\vec{r} = x.\vec{i} + y.\vec{j} + z.\vec{k}$ và độ dài - Hay Môđun - của $\vec{r}$ là:

$$|\vec{r}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

Các giá trị của x ; y ; z được gọi là **các thành phần toạ độ** - hay **các toạ độ** của điểm M

1.1.4.2. Hoành độ cong

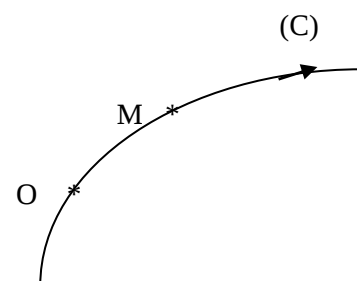
Giả sử chất điểm chuyển động trên đường cong (C) đã biết trước dạng quỹ đạo. Trên đường cong (C) ta chọn điểm O nào đó làm gốc và chọn một chiều dương hướng theo chiều chuyển động của chất điểm. Khi đó vị trí M của chất điểm trên đường cong (C) được xác định bởi trị đại số của cung OM , ký hiệu là:

$$\widetilde{OM} = s$$

1.1.5. Phương trình chuyển động của chất điểm

Khi chất điểm chuyển động thì các thành phần toạ độ của của chất điểm trên hệ trục toạ độ cùng sẽ thay đổi theo thời gian, có nghĩa giá trị của chúng là các hàm của thời gian:

$$x = f(t); y = g(t); z = h(t) \quad (1.1)$$



Hình 1-2

Điều đó dẫn tới là vector toạ độ cũng là một hàm của thời gian $\vec{r} = \vec{r}(t)$ (1.2)

Nếu xét trong hệ toạ độ cong thì khi chất điểm chuyển động, hoành độ cong s cũng thay đổi theo thời gian: $s = s(t)$ (1.3)

Phương trình (1.1), (1.2) và (1.3) biểu diễn *mối liên hệ giữa các thành phần toạ độ của vector bán kính hoặc chính vector bán kính với thời gian* cho phép xác định vị trí của chất điểm ở thời điểm bất kì được gọi là các *phương trình chuyển động*.

1.1.6. Phương trình quỹ đạo của chất điểm chuyển động

- *Phương trình biểu diễn hình dạng của quỹ đạo chuyển động trong không gian được gọi là phương trình quỹ đạo.*

Phương trình quỹ đạo thực chất là phương trình biểu diễn mối quan hệ giữa các thành phần toạ độ của chất điểm chuyển động.

$$y = f(x, z); z = g(x, y) \quad (1.4)$$

Để tìm phương trình quỹ đạo khi biết phương trình chuyển động là khử biến số thời gian trong các phương trình chuyển động.

1.1.7. Bài toán mẫu

Bài toán mẫu 1-1: Một chất điểm chuyển động theo hai phương trình $x = 2\cos 20t$; $y = 4\sin 20t$. Tìm phương trình quỹ đạo của chất điểm đó.

Bài giải

$$\text{Ta có } \cos^2(20t) = \frac{x^2}{2^2}; \sin^2(20t) = \frac{y^2}{4^2}$$

$$\Rightarrow \cos^2(20t) + \sin^2(20t) = 1 \Leftrightarrow \frac{x^2}{4} + \frac{y^2}{6} = 1$$

Quỹ đạo chuyển động của chất điểm là elip

Bài toán mẫu 1-2: Một chất điểm chuyển động theo hai phương trình $x = 10t$; $y = 5t^2$. Tìm phương trình quỹ đạo của chất điểm đó.

Bài giải

Ta có: $t = x/10$ thay vào phương trình $y \Rightarrow y = 5 \frac{x^2}{10^2} = \frac{x^2}{20}$ là phương trình quỹ đạo của vật.

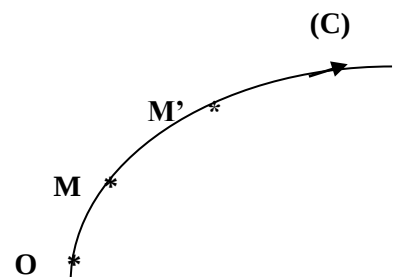
1.2. Vận tốc

Để đặc trưng cho chuyển động về phương, chiều và độ nhanh chậm, người ta đưa ra đại lượng gọi là vận tốc. Nói cách khác: *vận tốc là một đại lượng đặc trưng cho trạng thái chuyển động của chất điểm.*

1.2.1. Vận tốc trung bình

Giả sử ta xét chuyển động của chất điểm trên đường cong (C) (hình 1-3).

Tại t , chất điểm ở M xác định bởi $OM = s$;



Hình 1-3

tại $t = t + \Delta t$, chất điểm ở M' xác định bởi:

$$\overline{OM'} = s' = s + \Delta s.$$

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

$$\overline{MM'} = s' - s = \Delta s.$$

Đại lượng $v_{tb} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ cho biết *quãng đường trung bình vật đi được trong một đơn vị thời gian gọi là vận tốc trung bình của chất điểm trong khoảng thời gian Δt .*

- Vận tốc trung bình đặc trưng cho độ nhanh chậm của chuyển động trong cả khoảng thời gian Δt hoặc trên cả đoạn đường Δs .

1.2.2. Vận tốc tức thời

Vận tốc trung bình chỉ đặc trưng cho độ nhanh chậm trung bình của chuyển động trên quãng đường MM' . Để đặc trưng cho độ nhanh chậm của chuyển động tại từng thời điểm, ta phải tính tỉ số $\Delta s / \Delta t$ trong những khoảng thời gian Δt vô cùng nhỏ

Cho $\Delta t \rightarrow 0$ (tức $t' \rightarrow t$), tỉ số $\frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow$ giới hạn, gọi là vận tốc tức thời.

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

Theo định nghĩa đạo hàm ta có thể viết: $v = \frac{ds}{dt}$ (1.5)

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

Nếu chọn gốc O trùng vị trí ban đầu thì $OM = s$ là quãng đường chất điểm đi được trong thời gian từ $0 \rightarrow t$.

Vậy: 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 cùng chiều dương của quỹ đạo;

+ $v < 0$, chất điểm chuyển động ngược chiều dương của quỹ đạo.

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

Tóm lại vận tốc đặc trưng cho mức độ nhanh chậm và chiều của chuyển động. Cũng có thể nói vận tốc xác định trạng thái của chất điểm.

Đơn vị đo của vận tốc trong hệ đơn vị SI là: mét/ giây (m/s).

1.2.3. Vector vận tốc

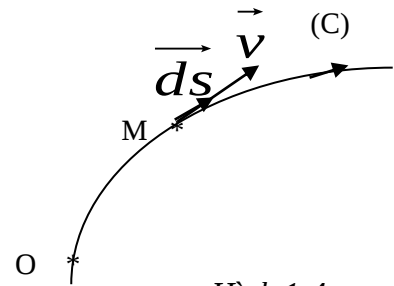
Để đặc trưng đầy đủ cả về phương chiều và độ nhanh chậm của chuyển động chất điểm người ta đưa ra vector vận tốc.

Vector vận tốc $\vec{v}$:

- Điểm đặt: tại vị trí M đang xét
- Phương: phương tiếp tuyến quỹ đạo tại điểm M
- Chiều: trùng với chiều của chuyển động
- Độ lớn: $v = \frac{ds}{dt}$

Để có thể viết được biểu thức của vector vận tốc, người ta định nghĩa **vector vi phân cung** $\vec{ds}$:

- Điểm đặt: tại vị trí M đang xét
- Phương: phương tiếp tuyến quỹ đạo tại điểm M
- Chiều: trùng với chiều của chuyển động
- Độ lớn: ds



Hình 1-4

Khi đó ta có:
$$\vec{v} = \frac{\vec{ds}}{dt} \quad (1.6)$$

1.2.4. Véc tơ vận tốc trong hệ tọa độ Đề các

Giả sử tại thời điểm t , chất điểm ở vị trí M được xác định bằng bán kính vector $\vec{OM} = \vec{r}$.

Tại thời điểm $t' = t + dt$, chất điểm ở vị trí M' được xác định bởi bán kính vector: $\vec{OM}' = \vec{r} + \vec{dr}$

Trong khoảng thời gian dt , vector dời chuyển của chất điểm là $\vec{MM}'$

$$\vec{MM}' = \vec{OM}' - \vec{OM} = \vec{dr}$$

Nếu dt là vô cùng nhỏ thì ta có:

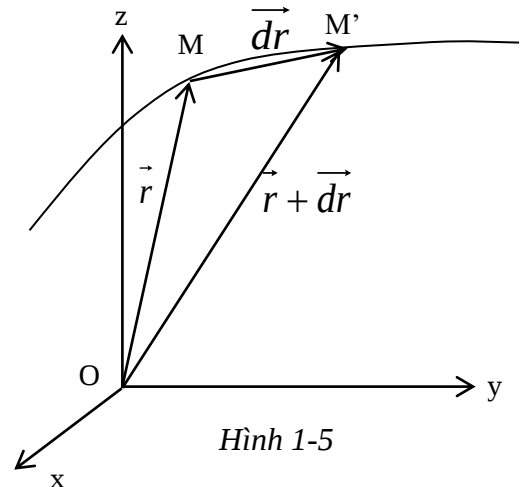
$$|\vec{dr}| = MM' \approx \widetilde{MM'} = ds$$

Mặt khác $\vec{dr}$ và $\vec{ds}$ cùng chiều, nên: $\vec{dr} = \vec{ds}$

Vậy ta có:
$$\vec{v} = \frac{\vec{ds}}{dt} = \frac{\vec{dr}}{dt} \quad (1.7)$$

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

Trong hệ tọa độ Đề các, ta có: $\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y + \vec{v}_z$



Hình 1-5

$$\vec{v} = \begin{cases} v_x = \frac{dx}{dt} \\ v_y = \frac{dy}{dt} \\ v_z = \frac{dz}{dt} \end{cases} \quad (1.8)$$

Độ lớn của vận tốc được tính theo công thức:

$$\begin{aligned} v &= \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} = \sqrt{\left(\frac{dr_x}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dr_y}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dr_z}{dt}\right)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2} \end{aligned} \quad (1.9)$$

1.2.5. Bài toán mẫu

Bài toán mẫu 1-3: Một ô tô chạy từ tỉnh A đến tỉnh B với vận tốc $v_1 = 40\text{km/h}$, rồi lại chạy từ tỉnh B về tỉnh A với vận tốc $v_2 = 30\text{km/h}$. Tính vận tốc trung bình của xe ô tô trên cả đoạn đường đi AB và về BA đó?

Bài giải

Gọi S là quãng đường AB, ta tính vận tốc trung bình bởi công thức:

$$\bar{v} = \frac{\text{tongquangduongdi}}{\text{tongthoigianhietquangduongdo}}$$

$$\text{Ta được: } \bar{v} = \frac{s+s}{t_{\text{đi}} + t_{\text{về}}} = \frac{s+s}{\frac{s}{v_1} + \frac{s}{v_2}} = \frac{2}{\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2}} = \frac{2v_1v_2}{v_1 + v_2} = 9,53\text{m/s}.$$

Vậy vận tốc trung bình qua xe ô tô là $\bar{v} = 9,53\text{m/s}$.

Bài toán mẫu 1-4: Một vật chuyển động trên hoành độ cong OS có vị trí cho bởi phương trình $s = 7,8 + 9,2t - 6,3t^2$. Với x đo bằng m, t đo bằng giây. Tính vận tốc của vật tại thời điểm $t = 3,5\text{s}$?

Bài giải

Ta có theo công thức (1.5) vận tốc tức thời được tính bởi

$$v = \frac{ds}{dt} = 9,2 - 12,6t \text{ (m/s)}$$

Thay $t = 3,5\text{s}$ ta có: $v = 9,2 - 12,6(3,5) = - 68\text{(m/s)}$

Vậy tại thời điểm $t = 3,5\text{s}$ vật chuyển động với tốc độ 68m/s ngược chiều dương của trục tọa độ.

Bài toán mẫu 1-5: Một vật chuyển động ném ngang có phương trình chuyển động là:

$$\begin{cases} x = 10t \text{ (m)} \\ y = 5t^2 \text{ (m)} \end{cases}$$

Tính vận tốc của vật tại thời điểm 1 giây?

Bài giải

$$\text{Ta có } \begin{cases} v_x = \frac{dx}{dt} = 10(m/s) \\ v_y = \frac{dy}{dt} = 10t(m/s) \end{cases}$$

$$\text{tại } t = 1s \text{ thì } \begin{cases} v_x = 10(m/s) \\ v_y = 10.1 = 10(m/s) \end{cases}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{10^2 + 10^2} = 10\sqrt{2}(m/s)$$

Bài toán mẫu 1-6: Một ô tô dự định đi từ A đến B với tốc độ 30km/h. Nhưng sau khi đi được 1/3 đoạn đường, ô tô bị chết máy. Tài xế phải dừng 30 phút để sửa, sau đó đi tiếp với tốc độ 40km/h và đến B đúng giờ qui định. Tính tốc độ trung bình của ô tô trên đoạn đường AB và thời gian dự định ban đầu?

Bài giải

Giả sử ô tô chết máy tại C. Gọi t_1, t_2 là thời gian ô tô chuyển động trên các đoạn AC, CB. Tốc độ trung bình của ô tô trên đoạn đường AB là :

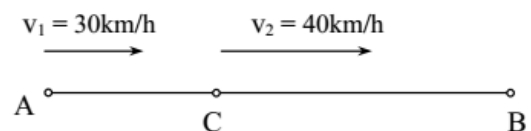
$$v_{tb} = \frac{S}{t} = \frac{AC + CB}{t_1 + t_2} = \frac{AB}{\frac{1/3 AB}{v_1} + \frac{2/3 AB}{v_2}} = \frac{3v_1 v_2}{2v_1 + v_2} = \frac{3.30.40}{2.30 + 40} = 36(km/h)$$

Vì ô tô đến B đúng giờ qui định nên thời gian dự định bằng thời gian thực tế:

$$t_{dd} = t_{tt} \Rightarrow \frac{AB}{v_1} = \frac{1/3 AB}{v_1} + 0,5 + \frac{2/3 AB}{v_2} \Rightarrow AB = 90(km)$$

Vậy thời gian dự định ban đầu là:

$$t_{dd} = \frac{AB}{v_1} = \frac{90}{30} = 3(h)$$



1.3. Gia tốc

Khi vật chuyển động, vector vận tốc một cách tổng quát sẽ thay đổi theo thời gian. Do vậy để đặc trưng cho sự biến thiên của vector vận tốc người ta dùng một đại lượng vật lý gọi là vector gia tốc.

Vector gia tốc là một đại lượng vật lý đặc trưng cho sự biến thiên của vector vận tốc theo thời gian.

1.3.1. Định nghĩa và biểu thức của vector gia tốc

Giả sử tại thời điểm t , chất điểm ở vị trí M có vector vận tốc $\vec{v}$. Tại thời điểm $t' = t + \Delta t$ chất điểm ở M' có vector vận tốc $\vec{v}' = \vec{v} + \Delta \vec{v}$. Trong khoảng thời gian Δt , vector vận tốc của chất điểm biến thiên một lượng: $\Delta \vec{v} = \vec{v}' - \vec{v}$. Khi đó độ biến thiên trung bình của vector vận tốc trong một đơn vị thời gian $\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$ gọi là vector gia tốc trung bình của chuyển động là $\vec{a}$:

$$\overrightarrow{a_{tb}} = \frac{\overrightarrow{\Delta v}}{\Delta t} \quad (1.10)$$

Khi cho $\Delta t \rightarrow 0$ thì $\frac{\overrightarrow{\Delta v}}{\Delta t} \rightarrow$ giới hạn gọi là véc tơ gia tốc tức thời $\vec{a}$ (thường gọi tắt là gia tốc) của chất điểm chuyển động tại thời điểm t , được kí hiệu là:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\overrightarrow{\Delta v}}{\Delta t}$$

Theo định nghĩa đạo hàm, ta có thể viết:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (1.11)$$

Vậy véc tơ gia tốc bằng đạo hàm của véc tơ vận tốc theo thời gian

Trong hệ toạ độ đề các ta có $\vec{v} = \vec{v}_x + \vec{v}_y + \vec{v}_z$, nên $\vec{a} = \vec{a}_x + \vec{a}_y + \vec{a}_z$:

$$\vec{a} \begin{cases} a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2 x}{dt^2} \\ a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2 y}{dt^2} \\ a_z = \frac{dv_z}{dt} = \frac{d^2 z}{dt^2} \end{cases}$$

Độ lớn của gia tốc được tính theo công thức:

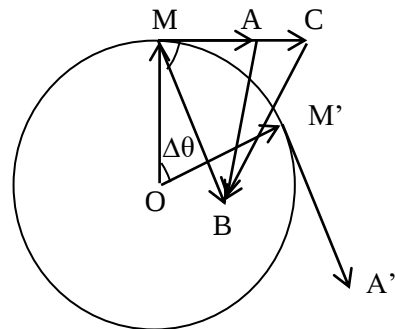
$$\begin{aligned} |\vec{a}| &= \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} = \sqrt{\left(\frac{dv_x}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dv_y}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dv_z}{dt}\right)^2} \\ &= \sqrt{\left(\frac{d^2 x}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2 y}{dt^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2 z}{dt^2}\right)^2} \end{aligned} \quad (1.12)$$

1.3.2. Gia tốc tiếp tuyến và gia tốc pháp tuyến

Véc tơ gia tốc đặc trưng cho sự biến thiên của véc tơ vận tốc cả về phương, chiều, độ lớn. Ta phân tích gia tốc thành hai phần, mỗi phần đặc trưng cho sự biến thiên của véc tơ vận tốc về một mặt nào đó.

Xét chuyển động của một chất điểm trên một quỹ đạo tròn tâm O . Tại thời điểm t , chất điểm ở vị trí M và có véc tơ vận tốc $\vec{v} = \overrightarrow{MA}$. Tại thời điểm $t' = t + \Delta t$ chất điểm ở vị trí M' và có véc tơ vận tốc $\vec{v}' = \vec{v} + \overrightarrow{\Delta v} = \overrightarrow{M'A'}$.

Theo định nghĩa, véc tơ gia tốc (gia tốc) của chất điểm tại thời điểm t là:



Hình 1-6

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\vec{\Delta v}}{\Delta t} \quad (1.13)$$

Để tính $\vec{a}$, ta cần xác định $\vec{\Delta v}$. Để xác định $\vec{\Delta v}$, từ M ta dựng $\vec{MB} = \vec{M'A'} = \vec{v'}$. Ta có:

$$\vec{\Delta v} = \vec{v'} - \vec{v} = \vec{M'A'} - \vec{MA} = \vec{MB} - \vec{MA} \text{ hay } \vec{\Delta v} = \vec{AB}.$$

Trên phương MA, ta lấy đoạn MC = v'. Ta có:

$$\vec{\Delta v} = \vec{AB} = \vec{AC} + \vec{CB}.$$

Thay $\vec{\Delta v}$ vào (1.13) ta được:

$$\vec{a} = \lim_{t' \rightarrow t} \frac{\vec{AC} + \vec{CB}}{\Delta t} = \lim_{t' \rightarrow t} \frac{\vec{AC}}{\Delta t} + \lim_{t' \rightarrow t} \frac{\vec{CB}}{\Delta t} \quad (1.14)$$

1.3.2.1 Gia tốc tiếp tuyến

Thành phần thứ nhất được kí hiệu: $\vec{a}_t = \lim_{t' \rightarrow t} \frac{\vec{AC}}{\Delta t}$

- Phương của $\vec{a}_t$ là phương của $\vec{AC}$ tức là phương của tiếp tuyến với quỹ đạo tại M: vì vậy $\vec{a}_t$ được gọi là gia tốc tiếp tuyến.

- Chiều: cùng chiều chuyển động nếu chuyển động nhanh dần; ngược chiều chuyển động nếu chuyển động chậm dần

- Độ lớn, ta có:

$$a_t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{AC}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{MC - MA}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{v' - v}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} \quad (1.15)$$

Độ lớn bằng đạo hàm của vận tốc theo thời gian.

* Ý nghĩa: *Vector gia tốc tiếp tuyến đặc trưng cho sự biến thiên của vector vận tốc về độ lớn*

1.3.2.2 Gia tốc pháp tuyến

Xét thành phần thứ 2 của véc tơ gia tốc là:

$$\vec{a}_n = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\vec{CB}}{\Delta t} \quad (1.16)$$

Phương của $\vec{a}_n$ là phương của $\vec{CB}$ khi $t' \rightarrow t$. Đặt: $\widehat{MOM'} = \widehat{CMB} = \Delta\theta$

Trong tam giác CMB ta có: MB = MC = v' $\Rightarrow$ CMB là tam giác cân

$$\widehat{MCB} = \widehat{MBC} = \frac{\pi - \widehat{CMB}}{2} = \frac{\pi}{2} - \frac{\widehat{CMB}}{2} = \frac{\pi}{2} - \frac{\Delta\theta}{2}$$

Khi $\Delta t \rightarrow 0$, $M' \rightarrow M$; $\Delta\theta \rightarrow 0 \Rightarrow \widehat{MCB} \rightarrow \pi/2$.

Có nghĩa: $\vec{a}_n$ luôn có phương pháp tuyến với quỹ đạo chuyển động tại điểm khảo sát. Do đó, thành phần $\vec{a}_n$ được gọi là thành phần pháp tuyến của véc tơ gia tốc - Hay gọi tắt là gia tốc pháp tuyến.