

CHƯƠNG 7. ĐỘNG LỰC HỌC

I. HỆ TIÊN ĐỀ CỦA ĐỘNG LỰC HỌC

1. Tiên đề 1 (Định luật quán tính)

\Rightarrow Chất điểm cô lập sẽ đứng yên hoặc chuyển động thẳng đều.

2. Tiên đề 2 (Định luật cơ bản)

\Rightarrow Dưới tác dụng của lực, chất điểm chuyển động với gia tốc cùng hướng với hướng của lực và có độ lớn tỉ lệ với độ lớn của lực.

$$m\vec{w} = \vec{F}$$

3. Tiên đề 3 (Định luật độc lập tác dụng)

\Rightarrow Dưới tác dụng đồng thời của một số lực, chất điểm có gia tốc bằng tổng hình học các gia tốc mà điểm có được khi mỗi lực tác dụng riêng biệt.

$$\vec{w} = \vec{w}_1 + \vec{w}_2 + \dots + \vec{w}_n$$

\Rightarrow Theo tiên đề 2 ta có: $m\vec{w} = m\vec{w}_1 + m\vec{w}_2 + \dots + m\vec{w}_n = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$

4. Tiên đề 4 (Định luật tác dụng và phản tác dụng)

\Rightarrow Những lực tác dụng tương hỗ giữa hai chất điểm là những lực trực đối (cùng đường tác dụng trái chiều và cùng cường độ).

II. PHƯƠNG TRÌNH VI PHÂN CHUYỂN ĐỘNG CHẤT ĐIỂM

1. Các phương trình vi phân của chuyển động chất điểm

a) Dạng vector: do $\vec{w} = \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} \Rightarrow m \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = \sum_k \vec{F}_k$ hay $m\vec{w} = \sum_k \vec{F}_k$

b) Dạng tọa độ Đề các: $m\ddot{x} = \sum_k X_k$; $m\ddot{y} = \sum_k Y_k$; $m\ddot{z} = \sum_k Z_k$

Trong đó X_k, Y_k, Z_k là hình chiếu của lực \vec{F}_k trên các trục tọa độ.

2. Bài toán cơ bản của động lực học

a) Bài toán thuận: biết chuyển động của đối tượng được xét, cần tìm lực tác dụng lên đối tượng để có chuyển động ấy.

b) Bài toán ngược: biết lực tác dụng trên đối tượng được xét và những điều kiện ban đầu của chuyển động, cần xác định chuyển động của đối tượng.

3. Ứng dụng

a) *Giải bài toán thuận*: để giải bài toán này, nếu biết gia tốc của chất điểm có thể áp dụng các phương trình vi phân của chuyển động ở trên. Nếu chỉ mới biết quy luật chuyển vị hoặc vận tốc, có thể tìm gia tốc của động điểm bằng các công thức đã biết trong phần động hình học, rồi áp dụng các phương trình trên để tìm lực.

b) *Giải bài toán ngược*: Việc giải bài toán này dẫn tới việc tích phân các phương trình vi phân, khi đã biết vị trí và vận tốc ban đầu của động điểm, dạng cụ thể của chuyển động sẽ được xác định.

c) *Ví dụ áp dụng*: Một vật nặng được ném lên trong mặt phẳng thẳng đứng (hình 7-1) với vận tốc ban đầu \vec{v}_0 nghiêng với phương nằm ngang một góc α . Bỏ qua sức cản của không khí và kích thước của vật nặng. Tìm quy luật chuyển động của vật.

Bài giải

1. Vì bỏ qua kích thước, vật nặng được coi như là một chất điểm chuyển động trong trọng trường. Quỹ đạo của điểm chưa biết nên ta chọn phương pháp tọa độ Đề các để giải bài toán.

Lấy gốc của hệ trục tọa độ Đề các trùng với vị trí ban đầu của chất điểm, trục Ox nằm ngang, trục Oy thẳng đứng.

2. Lực tác dụng lên chất điểm

Xét điểm M ở vị trí bất kì. Trên điểm chỉ có trọng lực tác dụng: $\vec{P} = m\vec{g}$

3. Lập và giải phương trình vi phân của chuyển động của chất điểm M.

Chất điểm M chuyển động trong mặt phẳng Oxy, ta có hai phương trình vi phân của chuyển động :

$$m\ddot{x} = 0; \quad m\ddot{y} = -mg$$

Với điều kiện ban đầu lúc $t = 0$, ta có:

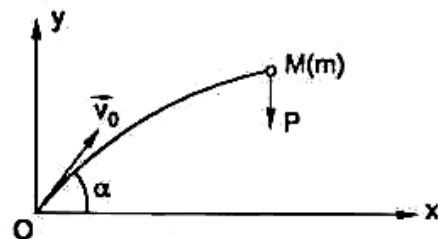
$$x_0 = 0, \quad y_0 = 0$$

$$\dot{x}_0 = v_0 \cos \alpha, \quad \dot{y}_0 = v_0 \sin \alpha$$

Tích phân hệ phương trình vi phân, ta có:

$$\dot{x} = C_1; \quad x = C_1 t + C_2$$

$$\dot{y} = -gt + C_3; \quad y = -\frac{gt^2}{2} + C_3 t + C_4$$



Dựa vào điều kiện đầu của bài toán, ta dễ dàng xác định được các hằng số tích phân:

$$C_1 = v_0 \cos \alpha; C_2 = C_4 = 0; C_3 = v_0 \sin \alpha$$

Cuối cùng phương trình chuyển động của điểm có dạng:

$$x = (v_0 \cos \alpha)t$$

$$y = (v_0 \sin \alpha)t - \frac{gt^2}{2}$$

Quỹ đạo của điểm là một đường parabol. Điểm chuyển động đều theo phương nằm ngang, biến đổi đều theo phương thẳng đứng.

III. ĐỊNH LÝ ĐỘNG NĂNG

⇒ Đây là một định lý tổng quát của động lực học, nêu mối quan hệ giữa động năng (đặc trưng cho chuyển động của vật chất) và công (đặc trưng cho tác dụng của lực trong không gian).

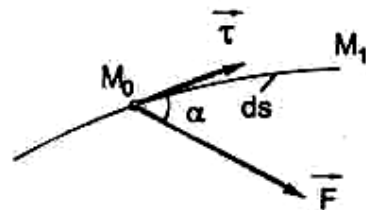
1. Công của lực

⇒ Công nguyên tố dA của lực \vec{F} trên chuyển vị vô cùng bé $d\vec{r}$ là:

$$dA = \vec{F} d\vec{r}$$

Trong hệ tọa độ Đề các ta có: $dA = Xdx + Ydy + Zdz$

⇒ Công của lực trên quãng đường hữu hạn do điểm đặt của lực đó vạch ra bằng tích phân công nguyên tố trên quãng đường ấy, tức là: $A = \int_{M_0 M_1} dA$



2. Công suất

⇒ Công suất là công của lực sinh ra trong một đơn vị thời gian, ký hiệu là N :

$$N = \frac{dA}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}$$

3. Động năng

⇒ Động năng của chất điểm có khối lượng m chuyển động với vận tốc \vec{v} là lượng vô hướng $T = \frac{mv^2}{2}$.

⇒ Động năng của hệ chất điểm là tổng động năng của các chất điểm trong hệ:

$$T = \sum_{k=1}^n \frac{m_k v_k^2}{2}$$

4. Định lý động năng

\Rightarrow Định lý 1: Vi phân động năng của chất điểm bằng tổng đại số công nguyên tố của các lực tác dụng lên chất điểm ấy.

$$d\left(\frac{1}{2}mv^2\right) = \sum_k dA_k$$

\Rightarrow Định lý 2: Vi phân động năng của cơ hệ bằng tổng đại số công nguyên tố của các ngoại lực và nội lực trên các chất điểm của hệ.

$$dT = \sum_k dA_k^e + \sum_k dA_k^i$$

\Rightarrow Định lý 3: Biến thiên động năng của chất điểm trong một dịch chuyển nào đấy bằng tổng đại số công của các lực tác dụng lên chất điểm trong chuyển dịch ấy.

$$\frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} = \sum_k A_k$$

\Rightarrow Định lý 4: Biến thiên động năng của hệ trong một dịch chuyển nào đấy bằng tổng đại số công của ngoại lực và nội lực trong dịch chuyển ấy.

$$T_1 - T_0 = \sum_k dA_k^e + \sum_k dA_k^i$$