

1. Nguyên tắc chung khi áp dụng Định luật II Newton cho hệ vật

Khi một hệ gồm nhiều vật chuyển động có liên kết với nhau (bằng dây nối, thanh nối, hoặc tiếp xúc trực tiếp), chúng sẽ có cùng một độ lớn gia tốc. Để giải bài toán động lực học cho hệ vật, ta cần áp dụng Định luật II Newton cho từng vật riêng lẻ trong hệ, sau đó kết hợp các phương trình để tìm ra các đại lượng cần thiết như gia tốc của hệ, lực căng dây, lực tương tác...

Các bước giải tổng quát

1. Bước 1: Chọn hệ quy chiếu

Thường chọn hệ quy chiếu gắn với mặt đất, với trục Ox trùng với phương chuyển động và chiều dương là chiều chuyển động dự kiến của hệ. Trục Oy vuông góc với phương chuyển động.

2. Bước 2: Phân tích các lực tác dụng lên từng vật

Vẽ sơ đồ biểu diễn tất cả các ngoại lực và nội lực (lực căng dây, lực tương tác) tác dụng lên mỗi vật trong hệ. Các lực cơ bản gồm: trọng lực (P), phản lực (N), lực ma sát (F_{ms}), lực kéo/đẩy (F), lực căng dây (T).

3. Bước 3: Viết phương trình Định luật II Newton cho từng vật

Áp dụng công thức $\vec{F}_{hl} = m\vec{a}$ cho từng vật.

Ví dụ, với vật 1: $\vec{P}_1 + \vec{N}_1 + \vec{F}_{ms1} + \vec{T}_1 + \dots = m_1\vec{a}$

4. Bước 4: Chiếu các phương trình lên các trục tọa độ

Chiếu các phương trình vector ở Bước 3 lên các trục Ox và Oy đã chọn. Ta sẽ thu được một hệ các phương trình đại số. Lưu ý về dấu của các thành phần lực khi chiếu.

5. Bước 5: Giải hệ phương trình

Giải hệ phương trình đại số thu được để tìm các ẩn số của bài toán (gia tốc a , lực căng T , ...).

Lưu ý quan trọng:

- **Dây nối không dẫn, khối lượng không đáng kể:** Lực căng dây ở hai đầu dây tác dụng lên hai vật có cùng độ lớn ($T_1 = T_2 = T$). Các vật trong hệ có cùng độ lớn gia tốc.
- **Ròng rọc có khối lượng không đáng kể, không ma sát:** Lực căng dây ở hai nhánh dây vắt qua ròng rọc có độ lớn bằng nhau.

2. Các dạng bài tập thường gặp

Dạng 1: Hệ hai vật nối với nhau bằng dây trên mặt phẳng ngang

Xét hệ gồm hai vật m_1, m_2 nối với nhau bằng một sợi dây, được kéo bởi một lực $\vec{F}$ nằm ngang.

Phương pháp giải

- Phân tích lực tác dụng lên từng vật: Trọng lực P , phản lực N , lực kéo F , lực căng dây T , lực ma sát F_{ms} (nếu có).
- Viết phương trình định luật II Newton cho m_1 và m_2 .

- Chiếu lên trục Ox (phương chuyển động) và Oy (phương thẳng đứng).
- Giải hệ phương trình tìm gia tốc a và lực căng dây T .

Ví dụ minh họa

Ví dụ 1 (Không ma sát): Hai vật có khối lượng $m_1 = 2 \text{ kg}$, $m_2 = 3 \text{ kg}$ được nối với nhau bằng một sợi dây nhẹ không dẫn. Kéo vật m_2 bằng một lực $F = 10 \text{ N}$ theo phương ngang. Bỏ qua ma sát. Tìm gia tốc của hệ và lực căng dây.

- Chọn chiều dương là chiều chuyển động.
- **Vật m_1 :** Chịu tác dụng của lực căng dây $\vec{T}$.
 Phương trình ĐL II: $\vec{T} = m_1 \vec{a}$
 Chiếu lên Ox: $T = m_1 a = 2a \quad (1)$
- **Vật m_2 :** Chịu tác dụng của lực kéo $\vec{F}$ và lực căng dây $\vec{T}'$.
 Phương trình ĐL II: $\vec{F} + \vec{T}' = m_2 \vec{a}$
 Chiếu lên Ox: $F - T = m_2 a \Rightarrow 10 - T = 3a \quad (2)$
- Thay (1) vào (2): $10 - 2a = 3a \Rightarrow 5a = 10 \Rightarrow a = 2 \text{ m/s}^2$.
- Thay a vào (1): $T = 2 * 2 = 4 \text{ N}$.

Ví dụ 2 (Có ma sát): Tương tự Ví dụ 1, nhưng hệ số ma sát trượt giữa hai vật và mặt sàn là $\mu = 0,1$. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- Lực ma sát tác dụng lên mỗi vật:

$$F_{ms1} = \mu N_1 = \mu m_1 g = 0,1 * 2 * 10 = 2 \text{ N}$$

$$F_{ms2} = \mu N_2 = \mu m_2 g = 0,1 * 3 * 10 = 3 \text{ N}$$

- **Vật m_1 :** Chiếu lên Ox: $T - F_{ms1} = m_1 a \Rightarrow T - 2 = 2a \quad (1)$

- **Vật m_2 :** Chiều lên Ox: $F - T - F_{ms2} = m_2 a \Rightarrow 10 - T - 3 = 3a \Rightarrow 7 - T = 3a$
(2)
- Lấy (1) + (2) vế theo vế: $(T - 2) + (7 - T) = 2a + 3a \Rightarrow 5 = 5a \Rightarrow a = 1 \text{ m/s}^2$.
- Thay a vào (1): $T - 2 = 2 * 1 \Rightarrow T = 4 \text{ N}$.

Dạng 2: Hệ vật gồm vật trên mặt ngang và vật treo qua ròng rọc

Xét hệ gồm vật m_1 trên mặt phẳng ngang, nối với vật m_2 treo thẳng đứng qua một ròng rọc cố định.

Phương pháp giải

- Giả sử chiều chuyển động là m_1 sang phải và m_2 đi xuống. Chọn đây là chiều dương.
- Phân tích lực và viết phương trình ĐL II Newton cho từng vật.
- **Vật m_1 (trên bàn):** Các lực gồm P_1, N_1, T_1, F_{ms1} (nếu có).
Chiều Ox: $T_1 - F_{ms1} = m_1 a$
Chiều Oy: $N_1 - P_1 = 0$
- **Vật m_2 (treo):** Các lực gồm P_2, T_2 .
Chiều lên phương thẳng đứng (chiều dương hướng xuống): $P_2 - T_2 = m_2 a$
- Vì dây không dẫn, ròng rọc nhẹ: $T_1 = T_2 = T$. Giải hệ phương trình để tìm a và T.

Ví dụ minh họa

Ví dụ 3: Cho hệ như hình vẽ, $m_1 = 3 \text{ kg}$, $m_2 = 2 \text{ kg}$. Bỏ qua ma sát, khối lượng ròng rọc và dây. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$. Tìm gia tốc và lực căng dây.

- Hệ chuyển động theo chiều m_2 đi xuống.
- **Vật m_1** : Chiều lên Ox: **$T = m_1 a = 3a$ (1)**
- **Vật m_2** : Chiều lên phương thẳng đứng (chiều dương hướng xuống):

$$P_2 - T = m_2 a \Rightarrow m_2 g - T = m_2 a \Rightarrow 2 \cdot 10 - T = 2a \Rightarrow 20 - T = 2a$$
 (2)
- Thay (1) vào (2): $20 - 3a = 2a \Rightarrow 5a = 20 \Rightarrow a = 4 \text{ m/s}^2$.
- Thay a vào (1): **$T = 3 \cdot 4 = 12 \text{ N}$** .

Dạng 3: Hệ hai vật treo qua ròng rọc (Máy Atwood)

Hệ gồm hai vật m_1, m_2 được nối với nhau bằng sợi dây vắt qua một ròng rọc cố định. Giả sử $m_1 > m_2$.

Phương pháp giải

- Do $m_1 > m_2$, hệ sẽ chuyển động theo chiều m_1 đi xuống và m_2 đi lên. Chọn chiều này là chiều dương cho mỗi vật.
- **Vật m_1** : Chiều lên phương thẳng đứng (chiều dương hướng xuống): **$P_1 - T = m_1 a$**
- **Vật m_2** : Chiều lên phương thẳng đứng (chiều dương hướng lên): **$T - P_2 = m_2 a$**
- Cộng hai phương trình vế theo vế, ta có: $P_1 - P_2 = (m_1 + m_2)a$.
- Công thức tính nhanh gia tốc: **$a = (m_1 - m_2)g / (m_1 + m_2)$**
- Thay a vào một trong hai phương trình trên để tìm T.

Ví dụ minh họa

Ví dụ 4: Hai vật có khối lượng $m_1 = 5 \text{ kg}$ và $m_2 = 3 \text{ kg}$ được nối với nhau bằng một sợi dây vắt qua ròng rọc. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$. Tính gia tốc của hệ và lực căng dây.

- Áp dụng công thức tính nhanh gia tốc:

$$a = (m_1 - m_2)g / (m_1 + m_2) = (5 - 3) \cdot 10 / (5 + 3) = 20 / 8 = 2.5 \text{ m/s}^2.$$

- Xét vật m_2 (chuyển động đi lên):

$$T - P_2 = m_2 a \Rightarrow T = P_2 + m_2 a = m_2 g + m_2 a = m_2 (g + a)$$

$$T = 3 \cdot (10 + 2.5) = 3 \cdot 12.5 = 37.5 \text{ N}.$$

Dạng 4: Hệ vật trên mặt phẳng nghiêng

Dạng toán này phức tạp hơn do cần phân tích trọng lực thành hai thành phần: song song và vuông góc với mặt phẳng nghiêng.

Phương pháp giải

- Chọn hệ trục tọa độ Oxy với Ox song song mặt phẳng nghiêng, Oy vuông góc với mặt phẳng nghiêng.

- Phân tích trọng lực $\vec{P}$ của vật trên mặt nghiêng thành hai thành phần:

$$P_x = P \sin(\alpha) = mg \sin(\alpha) \text{ (thành phần song song, kéo vật xuống)}$$

$$P_y = P \cos(\alpha) = mg \cos(\alpha) \text{ (thành phần vuông góc, ép vào mặt phẳng nghiêng)}$$

- Phản lực N có độ lớn bằng P_y : $N = mg \cos(\alpha)$.
- Lực ma sát (nếu có): $F_{ms} = \mu N = \mu mg \cos(\alpha)$.
- Viết phương trình ĐL II cho từng vật và chiếu lên các trục tọa độ đã chọn.

Ví dụ minh họa

Ví dụ 5: Cho hệ vật như hình vẽ, $m_1 = 4 \text{ kg}$ đặt trên mặt phẳng nghiêng góc $\alpha = 30^\circ$, $m_2 = 6 \text{ kg}$ được treo thẳng đứng. Bỏ qua ma sát. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$. Tìm gia tốc và lực căng dây.

- Lực kéo m_1 xuống mặt phẳng nghiêng: $P_{1x} = m_1 g \sin(30^\circ) = 4 * 10 * 0.5 = 20 \text{ N}$.
- Trọng lực của m_2 : $P_2 = m_2 g = 6 * 10 = 60 \text{ N}$.
- Vì $P_2 > P_{1x}$ ($60 \text{ N} > 20 \text{ N}$), nên hệ sẽ chuyển động theo chiều m_2 đi xuống, m_1 đi lên mặt phẳng nghiêng. Chọn đây là chiều dương.
- **Vật m_1 :** Chiếu lên phương song song mặt nghiêng:
$$T - P_{1x} = m_1 a \Rightarrow T - 20 = 4a \quad (1)$$
- **Vật m_2 :** Chiếu lên phương thẳng đứng:
$$P_2 - T = m_2 a \Rightarrow 60 - T = 6a \quad (2)$$
- Lấy (1) + (2) vế theo vế: $(T - 20) + (60 - T) = 4a + 6a \Rightarrow 40 = 10a \Rightarrow a = 4 \text{ m/s}^2$.
- Thay a vào (1): $T - 20 = 4 * 4 = 16 \Rightarrow T = 36 \text{ N}$.