

Tổng hợp kiến thức về Gia tốc rơi tự do

Chuyển động của các vật rơi trong không khí luôn là một hiện tượng quen thuộc trong cuộc sống. Tuy nhiên, dưới góc độ Vật lý, chuyển động này có những đặc điểm và quy luật rất thú vị. Bài viết này sẽ tổng hợp toàn bộ kiến thức trọng tâm về sự rơi tự do, gia tốc rơi tự do và các công thức liên quan, giúp các bạn học sinh lớp 10 nắm vững chủ đề quan trọng này.

1. Sự rơi tự do là gì?

1.1. Định nghĩa

Trong thực tế, khi một vật rơi, nó chịu tác dụng của lực hút Trái Đất (trọng lực) và lực cản của không khí. Lực cản này phụ thuộc vào hình dạng, kích thước và vận tốc của vật. Để đơn giản hóa việc nghiên cứu, các nhà khoa học đã đưa ra một mô hình lý tưởng.

Sự rơi tự do là sự rơi của một vật chỉ dưới tác dụng của trọng lực. Khi đó, mọi ảnh hưởng của các lực khác (như lực cản không khí) đều được bỏ qua.

Ví dụ:

- Một viên bi sắt được thả rơi trong một ống đã hút chân không.
- Khi thả một hòn đá và một chiếc lông vũ có cùng khối lượng trong môi trường chân không, chúng sẽ rơi xuống đất cùng một lúc.

1.2. Thí nghiệm của Ga-li-lê

Nhà bác học Ga-li-lê đã thực hiện nhiều thí nghiệm và đi đến kết luận rằng: *Nếu loại bỏ được ảnh hưởng của không khí thì mọi vật, dù nặng hay nhẹ, đều rơi nhanh như nhau.* Chuyển động của chúng khi đó được gọi là sự rơi tự do.

2. Đặc điểm của chuyển động rơi tự do

Chuyển động rơi tự do là một trường hợp đặc biệt của chuyển động thẳng nhanh dần đều. Nó có các đặc điểm sau:

- **Phương chuyển động:** Thẳng đứng (phương của dây dọi).
- **Chiều chuyển động:** Từ trên xuống dưới, hướng về tâm Trái Đất.
- **Tính chất chuyển động:** Là chuyển động thẳng nhanh dần đều.
- **Vận tốc ban đầu (v_0):** Thường bằng 0 khi vật được "thả rơi". Nếu vật được "ném" xuống thì $v_0 > 0$.

3. Gia tốc rơi tự do (g)

3.1. Khái niệm

Vì rơi tự do là chuyển động thẳng nhanh dần đều, vật phải có một gia tốc không đổi. Gia tốc này được gọi là **gia tốc rơi tự do**.

- **Ký hiệu:** g
- **Đặc điểm:** Tại một nơi nhất định trên Trái Đất và ở gần mặt đất, mọi vật đều rơi tự do với cùng một gia tốc g . Gia tốc g có phương thẳng đứng, chiều hướng từ trên xuống dưới.

3.2. Giá trị của gia tốc rơi tự do

Giá trị của g phụ thuộc vào vị trí địa lý. Tuy nhiên, trong các bài toán phổ thông, nếu không có yêu cầu đặc biệt, chúng ta thường lấy giá trị trung bình:

- $g \approx 9,8 \text{ m/s}^2$ hoặc $g \approx 9,81 \text{ m/s}^2$
- Để tính toán đơn giản, người ta thường cho phép làm tròn: $g \approx 10 \text{ m/s}^2$

Ví dụ 1: Một vật được thả rơi tự do. Lấy $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Điều này có nghĩa là cứ sau mỗi giây, vận tốc của vật lại tăng thêm $9,8 \text{ m/s}$.

- Tại $t = 0\text{s}$, $v = 0 \text{ m/s}$.
- Tại $t = 1\text{s}$, $v = 9,8 \text{ m/s}$.
- Tại $t = 2\text{s}$, $v = 19,6 \text{ m/s}$.

Ví dụ 2: Một quả táo rơi từ trên cây xuống. Bỏ qua sức cản không khí. Chuyển động của quả táo là rơi tự do với gia tốc $g \approx 9,8 \text{ m/s}^2$.

4. Các yếu tố ảnh hưởng đến gia tốc rơi tự do

Giá trị của gia tốc rơi tự do không phải là hằng số ở mọi nơi. Nó thay đổi phụ thuộc vào độ cao và vĩ độ địa lý.

4.1. Ảnh hưởng của độ cao (h)

Gia tốc rơi tự do được tính theo công thức của lực hấp dẫn:

$$g = G * M / (R + h)^2$$

Trong đó:

- G là hằng số hấp dẫn ($G \approx 6,67.10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$).

- **M** là khối lượng của Trái Đất ($M \approx 5,97.10^{24}$ kg).
- **R** là bán kính của Trái Đất ($R \approx 6.400$ km).
- **h** là độ cao của vật so với mặt đất.

Từ công thức trên, ta thấy rằng khi độ cao **h** càng tăng, giá trị của **g** càng giảm. Tức là, càng lên cao so với mặt đất, vật rơi càng chậm hơn.

Ví dụ 1: So sánh gia tốc rơi tự do ở mặt đất ($h = 0$) và ở độ cao 10 km (độ cao của máy bay dân dụng).

- Ở mặt đất: $g_0 = G \cdot M / R^2$

- Ở độ cao $h = 10\text{km}$: $g_h = G \cdot M / (R + h)^2$

Vì $(R+h) > R$ nên $g_h < g_0$. Gia tốc rơi tự do ở độ cao 10km nhỏ hơn một chút so với ở mặt đất.

Ví dụ 2: Tính gia tốc rơi tự do ở độ cao bằng một nửa bán kính Trái Đất ($h = R/2$). Biết gia tốc tại mặt đất là $g_0 = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Ta có: $g_0 = G \cdot M / R^2$

$g_h = G \cdot M / (R + R/2)^2 = G \cdot M / (3R/2)^2 = (4/9) \cdot (G \cdot M / R^2) = (4/9) \cdot g_0$

$g_h = (4/9) \cdot 9,8 \approx 4,36 \text{ m/s}^2$. Rõ ràng g đã giảm đi đáng kể.

4.2. Ảnh hưởng của vĩ độ địa lý (φ)

Giá trị của g cũng thay đổi theo vĩ độ vì hai lý do chính:

1. **Hình dạng Trái Đất:** Trái Đất không phải là hình cầu hoàn hảo mà hơi dẹt ở hai cực và phình ra ở xích đạo. Bán kính Trái Đất ở xích đạo ($R_{\text{xđ}}$) lớn hơn bán kính ở địa cực ($R_{\text{cực}}$). Do g tỉ lệ nghịch với bình phương bán kính, nên g ở địa cực lớn hơn g ở xích đạo.

2. **Lực quán tính ly tâm:** Do sự tự quay của Trái Đất quanh trục của nó, mọi vật trên bề mặt Trái Đất (trừ ở hai cực) đều chịu thêm tác dụng của lực quán tính ly tâm, có xu hướng kéo vật ra xa tâm quay. Lực này ngược hướng với trọng lực và có giá trị lớn nhất ở xích đạo, bằng không ở hai cực. Do đó, nó làm giảm giá trị của gia tốc hiệu dụng g . Hiệu ứng này làm cho g ở xích đạo càng nhỏ hơn.

Kết hợp cả hai yếu tố, ta có bảng so sánh sau:

Vị trí	Bán kính Trái Đất	Lực ly tâm	Giá trị của g
Địa cực (Vĩ độ 90°)	Nhỏ nhất	Bằng 0	Lớn nhất ($\approx 9,832 \text{ m/s}^2$)
Xích đạo (Vĩ độ 0°)	Lớn nhất	Lớn nhất	Nhỏ nhất ($\approx 9,780 \text{ m/s}^2$)

Ví dụ: Gia tốc rơi tự do tại Hà Nội (vĩ độ $\sim 21^\circ$ Bắc) sẽ có giá trị khác với gia tốc rơi tự do tại TP. Hồ Chí Minh (vĩ độ $\sim 10^\circ$ Bắc).

5. Các công thức của chuyển động rơi tự do

Áp dụng các công thức của chuyển động thẳng biến đổi đều vào chuyển động rơi tự do, ta chọn trục tọa độ Oy thẳng đứng, chiều dương hướng xuống, gốc O tại vị trí bắt đầu rơi. Khi đó: $a = g$, $s = h$ (quãng đường đi được hay độ sâu vật rơi được).

5.1. Trường hợp vật được thả rơi (vận tốc ban đầu $v_0 = 0$)

- Công thức tính vận tốc (tại thời điểm t):

$$v = g * t$$

- Công thức tính quãng đường đi được (sau thời gian t):

$$h = (1/2) * g * t^2$$

- Hệ thức độc lập với thời gian:

$$v^2 = 2 * g * h$$

Ví dụ 1: Một hòn đá được thả rơi từ độ cao 45 m xuống đất. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$.

a) Tính thời gian hòn đá rơi đến khi chạm đất.

b) Tính vận tốc của hòn đá khi chạm đất.

Giải:

a) Áp dụng công thức $h = (1/2)gt^2 \Rightarrow t = \sqrt{2h/g} = \sqrt{2*45/10} = \sqrt{9} = 3 \text{ s}$.

b) Áp dụng công thức $v = gt = 10 * 3 = 30 \text{ m/s}$. (Hoặc $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2*10*45} = \sqrt{900} = 30 \text{ m/s}$).

Ví dụ 2: Một vật rơi tự do trong giây cuối cùng đi được quãng đường 25m. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$. Tính độ cao từ đó vật bắt đầu rơi.

Giải:

Gọi t là tổng thời gian rơi. Quãng đường vật đi được trong t giây là $h = (1/2)gt^2$.

Quãng đường vật đi được trong $(t-1)$ giây đầu là $h' = (1/2)g(t-1)^2$.

Quãng đường đi trong giây cuối cùng: $\Delta h = h - h' = 25 \text{ m}$.

$$\Rightarrow (1/2)gt^2 - (1/2)g(t-1)^2 = 25$$

$$\Rightarrow (1/2)*10*[t^2 - (t^2 - 2t + 1)] = 25$$

$$\Rightarrow 5*(2t - 1) = 25 \Rightarrow 2t - 1 = 5 \Rightarrow t = 3 \text{ s}.$$

Độ cao ban đầu: $h = (1/2)gt^2 = (1/2)*10*3^2 = 45\text{m}$.

5.2. Trường hợp vật được ném thẳng đứng xuống dưới (vận tốc ban đầu $v_0 \neq 0$)

Khi vật được ném xuống, nó có vận tốc ban đầu v_0 cùng chiều với chiều chuyển động.

- Công thức tính vận tốc (tại thời điểm t):

$$v = v_0 + g * t$$

- Công thức tính quãng đường đi được (sau thời gian t):

$$h = v_0*t + (1/2) * g * t^2$$

- Hệ thức độc lập với thời gian:

$$v^2 - v_0^2 = 2 * g * h$$

Ví dụ: Từ một cây cầu cao 20m so với mặt nước, một người ném một hòn sỏi theo phương thẳng đứng xuống dưới với vận tốc ban đầu 5 m/s. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$. Tính vận tốc của hòn sỏi khi nó chạm mặt nước.

Giải:

Áp dụng hệ thức độc lập thời gian: $v^2 - v_0^2 = 2gh$

$$\Rightarrow v^2 = v_0^2 + 2gh = 5^2 + 2*10*20 = 25 + 400 = 425$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{425} \approx 20,6 \text{ m/s}.$$