

## BÀI 13. SỰ PHỤ THUỘC CHU KÌ CON LẮC ĐƠN VÀO NGOẠI LỰC (TÀI LIỆU BÀI GIẢNG)

Giáo viên: Lê Tiến Hà

Đây là tài liệu tóm lược các kiến thức đi kèm với bài giảng “Sự phụ thuộc chu kỳ con lắc đơn vào ngoại lực” thuộc “Khóa học Luyện thi THPT quốc gia PEN - C: Môn Vật lý (Thầy Lê Tiến Hà)” tại website Hocmai.vn. Để có thể nắm vững kiến thức phần “Sự phụ thuộc chu kỳ con lắc đơn vào ngoại lực”, Bạn cần kết hợp xem tài liệu cùng với bài giảng này.

### DẠNG 4. SỰ PHỤ THUỘC CHU KÌ CON LẮC ĐƠN VÀO NGOẠI LỰC

#### 1. Lí thuyết

+ Chu kỳ của con lắc đơn khi không chịu tác dụng của ngoại lực:  $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$  trong đó  $\vec{g} = -\frac{\vec{T}_{VTCB}}{m}$

+ Khi có tác dụng của ngoại lực  $\vec{F}$  ta có

$$\text{Ở VTCB: } \vec{P} + \vec{T}_{VTCB} + \vec{F} = \vec{0} \Rightarrow -\vec{T}_{VTCB} = \vec{P} + \vec{F} \Rightarrow \vec{g}_{hd} = \frac{\vec{P} + \vec{F}}{m} = \vec{g}_0 + \vec{a}$$

$$\Rightarrow \vec{g}_{hd} = \vec{g}_0 + \vec{a} \Rightarrow \begin{cases} g_{hd} = \sqrt{g_0^2 + a^2 + 2g_0 \cdot a \cdot \cos\varphi} \\ g_{hd} \angle \varphi = g_0 \angle 0 + a \angle \varphi_0 \end{cases}$$

+ Chu kỳ của con lắc đơn khi chịu tác dụng của ngoại lực:  $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g_{hd}}} = T_0\sqrt{\frac{g}{g_{hd}}}$

#### Các trường hợp đặc biệt

$$\textcircled{1} \varphi = 0: g_{hd} = g + a \Rightarrow T = T_0\sqrt{\frac{g}{g+a}}$$

→ Thang máy đi lên nhanh dần đều

→ Thang máy đi xuống chậm dần đều

→ Vật tích điện dương, véc tơ cường độ điện trường hướng thẳng đứng xuống dưới ( $q^+, \vec{E} \downarrow$ )

→ Vật tích điện âm, véc tơ cường độ điện trường hướng thẳng đứng lên trên ( $q^-, \vec{E} \uparrow$ )

$$\textcircled{2} \varphi = \pi: g_{hd} = |g - a| \Rightarrow T = T_0\sqrt{\frac{g}{|g-a|}}$$

→ Thang máy đi lên chậm dần đều

→ Thang máy đi xuống nhanh dần đều

→ Vật tích điện dương, véc tơ cường độ điện trường hướng thẳng đứng lên trên ( $q^+, \vec{E} \uparrow$ )

→ Vật tích điện âm, véc tơ cường độ điện trường hướng thẳng đứng xuống dưới ( $q^-, \vec{E} \downarrow$ )

$$\textcircled{3} \varphi = \frac{\pi}{2}: g_{hd} = \sqrt{g^2 + a^2} \Rightarrow T = T_0\sqrt{\frac{g}{\sqrt{g^2 + a^2}}}$$

→ Vật tích điện, véc tơ cường độ điện trường hướng theo phương nằm ngang ( $q^+, \vec{E} \rightarrow$ )

→ Vật chịu tác dụng của lực quán tính theo phương nằm ngang

## 2. Các ví dụ minh họa

**Ví dụ 1:** Cho một con lắc đơn có chu kỳ dao động  $T_0 = 2$  s, được gắn lên trần một thang máy đang chuyển động. Xác định chu kỳ dao động của con lắc trong các trường hợp sau

- Thang máy đi lên nhanh dần đều với gia tốc  $A = g_0/2$
- Thang máy đi lên chậm dần đều với gia tốc  $A = 3g_0/4$
- Thang máy đi xuống nhanh dần đều với gia tốc  $A = g_0/2$
- Thang máy đi lên nhanh dần đều với gia tốc  $A = 2g_0/3$
- Thang máy bị đứt cáp

### Hướng dẫn:

➤ Khi gắn con lắc vào cơ hệ khác:  $\vec{F} = \vec{F}_{qt} = -m\vec{A} \Rightarrow \vec{a} = -\vec{A} \Rightarrow \vec{g}_{hd} = \vec{g}_0 - \vec{A}$

a) Thang máy đi lên nhanh dần đều với gia tốc  $A = g_0/2$

$$g_a = g_0 + A = \frac{3}{2}g_0 \Rightarrow T_a = T_0 \sqrt{\frac{g_0}{g_a}} = \sqrt{\frac{2}{3}}T_0 = \frac{2\sqrt{6}}{3}s$$

b) Thang máy đi lên chậm dần đều với gia tốc  $A = 3g_0/4$

$$g_b = g_0 - A = \frac{1}{4}g_0 \Rightarrow T_b = T_0 \sqrt{\frac{g_0}{g_b}} = 2T_0 = 4s$$

c) Thang máy đi xuống nhanh dần đều với gia tốc  $A = g_0/2$

$$g_c = g_0 - A = \frac{1}{2}g_0 \Rightarrow T_c = T_0 \sqrt{\frac{g_0}{g_c}} = \sqrt{2}T_0 = 2\sqrt{2}s$$

d) Thang máy đi lên nhanh dần đều với gia tốc  $A = 2g_0/3$

$$g_d = g_0 + A = \frac{5}{3}g_0 \Rightarrow T_d = T_0 \sqrt{\frac{g_0}{g_d}} = \sqrt{\frac{3}{5}}T_0 = \frac{2\sqrt{15}}{5}s$$

e) Thang máy bị đứt cáp

$$g_e = g_0 - g_0 = 0 \Rightarrow T_e = T_0 \sqrt{\frac{g_0}{g_e}} = \sqrt{\frac{1}{0}}T_0 = \infty$$

Vật không dao động.

**Ví dụ 2:** Cho một con lắc đơn được gắn lên trần một thang máy đang chuyển động. Khi thang máy đi lên nhanh dần đều với gia tốc  $a$  thì chu kỳ dao động của con lắc là  $T = T_1 = 1,5$  s. Khi thang máy đi lên chậm dần đều với gia tốc  $a$  thì chu kỳ dao động của con lắc là  $T = T_2 = 1,8$  s. Khi thang máy không chuyển động thì chu kỳ của con lắc là bao nhiêu?

### Hướng dẫn:

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g_0}} \Rightarrow \begin{cases} T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g_0 + a}} \\ T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g_0 - a}} \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{T_1^2} + \frac{1}{T_2^2} = \frac{2}{T_0^2} \Rightarrow T_0 \approx 1,63s$$

**Ví dụ 3:** Cho một con lắc đơn được gắn lên trần một thang máy đang chuyển động. Khi thang máy đi lên nhanh dần đều với gia tốc  $2a_0$  thì chu kỳ dao động của con lắc là  $T = T_1 = 1,8$  s. Khi thang máy đi lên chậm dần đều với gia tốc  $a_0$  thì chu kỳ dao động của con lắc là  $T = T_2 = 2,4$  s. Khi thang máy không chuyển động thì chu kỳ của con lắc là bao nhiêu?

### Hướng dẫn:

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g_0}} \Rightarrow \begin{cases} T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g_0 + 2a_0}} \\ T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g_0 - a_0}} \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{T_1^2} + \frac{2}{T_2^2} = \frac{3}{T_0^2} \Rightarrow T_0 \approx 2,14s$$

**Ví dụ 4:** Cho một con lắc đơn gồm một sợi dây có chiều dài  $l_0$  gắn với vật có khối lượng 20 g, đang dao động điều hòa với chu kỳ  $T_0 = 2$  s. Tích điện  $q = 2 \cdot 10^{-6}$  C cho vật rồi đặt trong điện trường đều  $\vec{E}$ . Tính chu kỳ dao động của vật trong các trường hợp sau:

- $E = 5 \cdot 10^4$  V/m hướng thẳng đứng lên trên
- $E = 5 \cdot 10^4$  V/m hướng thẳng đứng xuống dưới
- $E = 10^5$  V/m theo phương nằm ngang
- $E = 10^5$  V/m hướng lên trên hợp với phương ngang một góc  $\alpha = 30^\circ$
- $E = 10^5$  V/m hướng xuống dưới hợp với phương ngang một góc  $\alpha = 30^\circ$

**Hướng dẫn:**

+ Gia tốc:  $a = \frac{qE}{m}$

**a)**  $a = \frac{qE}{m} = 5 \text{ m/s}^2 = \frac{g_0}{2} \Rightarrow g_a = g_0 - a = \frac{1}{2} g_0 \Rightarrow T_a = T_0 \sqrt{\frac{g_0}{g_a}} = \sqrt{2} T_0 = 2\sqrt{2} \text{ s}$

**b)**  $a = \frac{qE}{m} = 5 \text{ m/s}^2 = \frac{g_0}{2} \Rightarrow g_b = g_0 + a = \frac{3}{2} g_0 \Rightarrow T_b = T_0 \sqrt{\frac{g_0}{g_b}} = \sqrt{\frac{2}{3}} T_0 = \frac{2\sqrt{6}}{3} \text{ s}$

**c)**  $a = \frac{qE}{m} = 10 \text{ m/s}^2 = g_0$

$$g_c = g_0 \angle 0 + g_0 \angle 90^\circ = \sqrt{2} g_0 \angle 45^\circ \Rightarrow T_c = T_0 \sqrt{\frac{1}{\sqrt{2}}} = \frac{2}{4\sqrt{2}} = 4\sqrt{8} \text{ s}$$

**d)**  $a = \frac{qE}{m} = 10 \text{ m/s}^2 = g_0$

$$g_d = g_0 \angle 0 + g_0 \angle 120^\circ = g_0 \angle 60^\circ \Rightarrow T_d = T_0 = 2 \text{ s}$$

**e)**  $a = \frac{qE}{m} = 10 \text{ m/s}^2 = g_0$

$$g_e = g_0 \angle 0 + g_0 \angle 60^\circ = \sqrt{3} g_0 \angle 30^\circ \Rightarrow T_e = \frac{T_0}{4\sqrt{3}} = \frac{2}{4\sqrt{3}} \text{ s}$$

**Ví dụ 5:** Cho một con lắc đơn có chu kỳ dao động điều hòa  $T_0 = 1$  s. Tích điện cho vật rồi đặt trong điện trường đều  $\vec{E}$  có phương thẳng đứng. Khi tích điện  $q_1$  vật dao động với chu kỳ  $T_1 = 1,2$  s. Khi vật được tích điện  $q_2$  thì vật dao động với chu kỳ  $T_2 = 0,8$  s. Tìm  $\frac{q_2}{q_1}$

**Hướng dẫn:**

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g_0}} = 1 \text{ s}$$

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g_0 + a_1}} = 1,2 \text{ s}$$

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g_0 + a_2}} = 0,8 \text{ s}$$

$$\Rightarrow \left[ \begin{aligned} \left(\frac{T_0}{T_1}\right)^2 &= \frac{g_0 + a_1}{g_0} = 1 + \frac{a_1}{g_0} = \frac{25}{36} \Rightarrow a_1 = -\frac{11}{36} g_0 \\ \left(\frac{T_0}{T_2}\right)^2 &= \frac{g_0 + a_2}{g_0} = 1 + \frac{a_2}{g_0} = \frac{25}{16} \Rightarrow a_2 = \frac{9}{16} g_0 \end{aligned} \right.$$

$$\Rightarrow \frac{q_2}{q_1} = \frac{a_2}{a_1} = \frac{\frac{q_2 E}{m}}{\frac{q_1 E}{m}} = \frac{\frac{9}{16}}{\frac{11}{36}} = \frac{81}{44}$$

## GAME “GIẢI MÃ V.LÝ 500+”

**Bài 1.** Cho một con lắc đơn có chu kì  $T_0 = 1$  s khi treo trên trần một thang máy đang chuyển động thẳng đều. Khi thang máy đi lên nhanh dần đều với gia tốc  $a$  thì chu kì dao động của con lắc là  $T_1 = 0,8$  s. Khi thang máy đi lên chậm dần đều với gia tốc  $a$  thì chu kì dao động của con lắc là bao nhiêu?

**Bài 2.** Cho một con lắc đơn có chu kì  $T_0 = 2$  s khi không tích điện. Khi tích điện  $q_0 > 0$  cho vật và đặt trong điện trường đều  $\vec{E}$  hướng thẳng đứng lên trên thì con lắc dao động với chu kì 2,5 s. Hỏi nếu đổi chiều cường độ điện trường  $\vec{E}$  theo hướng thẳng đứng xuống dưới thì con lắc dao động với chu kì bao nhiêu?

**Bài 3.** Cho một con lắc đơn gồm một sợi dây có chiều dài  $l$ , treo vật  $m$  được tích điện  $q$ . Khi đặt con lắc trong điện trường đều  $\vec{E}$  hướng thẳng đứng xuống dưới thì con lắc dao động với chu kì  $\frac{\sqrt{10}}{2}$  s. Khi đặt con lắc trong điện trường đều  $\vec{E}$  hướng thẳng đứng lên trên thì con lắc dao động với chu kì  $\sqrt{10}$  s.

- a) Tìm chu kì dao động của con lắc khi đặt trong điện trường đều  $\vec{E}$  theo phương nằm ngang
- b) Tìm chu kì dao động của con lắc khi điện trường triệt tiêu

**Bài 4.** Cho một con lắc đơn gồm một sợi dây có chiều dài  $l$ , treo tại một điểm trong không gian, đặt trong điện trường  $\vec{E}$  hướng thẳng đứng lên trên. Khi không tích điện cho vật, con lắc dao động với chu kì  $T_0 = 2$  s. Khi tích điện  $q_1$  vật dao động với chu kì  $T_1 = 1,5$  s. Khi vật được tích điện  $q_2$  thì vật dao động với chu kì  $T_2 = 2,5$  s. Tìm  $\frac{q_2}{q_1}$ .

**Bài 5.** Một con lắc đơn được treo lên trần một chiếc ô tô đang chuyển động thẳng đều trên mặt phẳng, con lắc dao động với chu kì  $T_0 = 2$  s. Khi ô tô xuống dốc với góc nghiêng  $\alpha = 30^\circ$  thì con lắc dao động với chu kì là bao nhiêu (cho chuyển động của xe là chuyển động lăn không trượt, không ma sát)

**Bài 6.** Cho một con lắc đang dao động với chu kì  $T_0 = 2$  s. Tích điện cho vật và đặt con lắc vào một điện trường đều  $\vec{E}$  theo phương nằm ngang thì dây hợp với phương thẳng đứng một góc  $\varphi = 30^\circ$ . Tìm chu kì dao động của con lắc.

**Đáp án và lời giải các em gửi về theo địa chỉ:**

**Mail:** [haletienvn@gmail.com](mailto:haletienvn@gmail.com)

**Facebook:** <https://www.facebook.com/ltienha?fref=ts>

**Group học tập:** <https://www.facebook.com/groups/178147399266215/>

**Giáo viên: Lê Tiến Hà**

**Nguồn:**  [Hocmai.vn](https://www.hocmai.vn)