CHỦ ĐỀ 3. CON LẮC ĐƠN

BÀI TOÁN LIÊN QUAN ĐẾN DAO ĐỘNG CON LẮC ĐƠN CÓ THÊM TRƯỜNG LỰC

Phương pháp giải

+ Khi chưa có $\vec{F}$ dao động của con lắc đơn bị chi phối bởi trọng lực $\vec{P}$

- Tại VTCB, phương của dây treo song song với phương $\vec{P}$ (hay $\vec{g}$)

- Chu kì dao động: $T = 2\pi.\sqrt{\frac{l}{g}}$

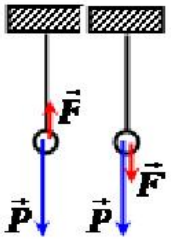
+ Khi có thêm $\vec{F}$ dao động của con lắc đơn bị chi phối bởi trọng lực hiệu dụng (còn gọi là trọng lực biểu kiến): $\vec{P'} = \vec{P} + \vec{F}$. $\vec{P'}$ có vai trò như $\vec{P}$. Gia tốc trọng trường hiệu dụng (biểu kiến): $\vec{g'} = \frac{\vec{P'}}{m} = \vec{g} + \frac{\vec{F}}{m}$. Lúc này:

- Tại VTCB, phương của dây treo song song với phương $\vec{P'}$ (hay $\vec{g'}$).

- Chu kì dao động: $T' = 2\pi.\sqrt{\frac{l}{g'}}$

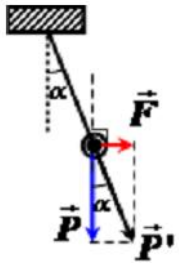
Vì $\vec{P}$ (hay $\vec{g}$) có hướng thẳng đứng trên xuống nên để thực hiện các phép cộng các véc tơ $\vec{P'} = \vec{P} + \vec{F}$ hay $\vec{g'} = \vec{g} + \frac{\vec{F}}{m}$ ta phân biệt các trường hợp: $\vec{F}$ hướng thẳng đứng, hướng ngang và hướng xiên. Cần lưu ý $\vec{P'}$ (hay $\vec{g'}$) có phương trùng với sợi dây và có chiều sao cho nó luôn có xu hướng kéo căng sợi dây!

+ Khi $\vec{F}$ hướng thẳng đứng



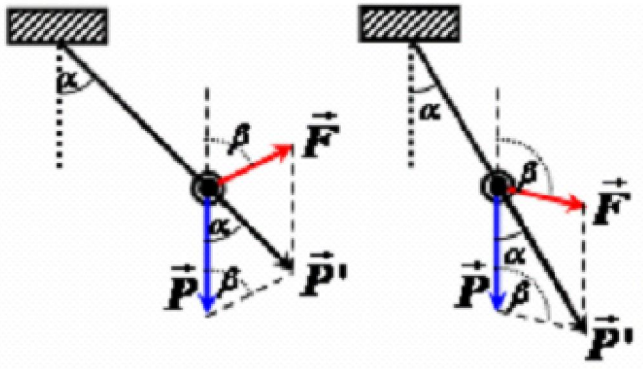
$$\vec{g'} = \vec{g} + \frac{\vec{F}}{m} \xrightarrow{\vec{F} \text{ hướng thẳng đứng}} \begin{cases} \xrightarrow{\text{xuống}} g' = g + \frac{F}{m} \\ \xrightarrow{\text{lên và } g > \frac{F}{m}} g' = g - \frac{F}{m} \end{cases}$$

+ Khi $\vec{F}$ hướng ngang



$$\vec{g'} = \vec{g} + \frac{\vec{F}}{m} \xrightarrow{\vec{F} \text{ hướng ngang}} \begin{cases} \tan\alpha = \dfrac{F}{P} \\ g' = \sqrt{g^2 + \left(\dfrac{F}{m}\right)^2} = \dfrac{g}{\cos\alpha} \end{cases}$$

+ Khi $\vec{F}$ hướng xiên



$$\vec{g'} = \vec{g} + \frac{\vec{F}}{m} \xrightarrow{\vec{F} \text{ hướng xiên}} \begin{cases} g' = \sqrt{g^2 + \left(\dfrac{F}{m}\right)^2 - 2g\dfrac{F}{m}\cos\beta} \\ \dfrac{P'}{\sin\beta} = \dfrac{F}{\sin\alpha} \Rightarrow \sin\alpha = \dfrac{F}{mg'}.\sin\beta \end{cases}$$

Ta xét các loại lực $\vec{F}$ phổ biến:

* Lực điện trường: $\vec{F} = q\vec{E}$, độ lớn $F = |q|.E$ (Nếu $q > 0 \Rightarrow \vec{F} \uparrow\uparrow \vec{E}$, còn nếu $q < 0 \Rightarrow \vec{F} \uparrow\downarrow \vec{E}$).

* Lực đẩy Ácsimét: $\vec{F_A}$ luôn thẳng đứng hướng lên và có độ lớn $F_A = \rho g V$. Trong đó: ρ là khối lượng riêng của chất lỏng hay chất khí, g là gia tốc rơi tự do và V là thể tích của phần vật chìm trong chất lỏng hay chất khí đó.

* Lực quán tính: $\vec{F} = -m\vec{a}$, độ lớn $F = ma$, $\left(\vec{F} \uparrow\downarrow \vec{a}\right)$

Ta xét chi tiết các trường hợp nói trên

1) Khi $\vec{F}$ hướng thẳng đứng xuống thì $\vec{P'}$ cũng có hướng thẳng đứng xuống và độ lớn $P' = P + F$ nên $g' = g + \frac{F}{m}$. Khi $\vec{F}$ hướng thẳng đứng lên mà $F < P$ thì $\vec{P'}$ có hướng thẳng đứng xuống và độ lớn $P' = P - F$ nên $g' = g - \frac{F}{m}$. Còn khi $\vec{F}$ hướng thẳng đứng lên mà $F > P$ thì $\vec{P'}$ có hướng thẳng đứng lên và độ lớn $P' = F - P$ nên $g' = \frac{F}{m} - g$.

Ví dụ 1: Một con lắc đơn có vật nhỏ bằng sắt nặng m = 10 g đang dao động điều hòa. Đặt trên con lắc một nam châm thì vị trí cân bằng không thay đổi. Biết lực hút của nam châm tác dụng lên vật dao động của con lắc là 0,02 N. Lấy g = 10m/s^2. Chu kì dao động bé tăng hay giảm bao nhiêu phần trăm so với lúc đầu?

A. tăng 11,8%. **B.** giảm 11,8%. **C.** tăng 8,7%. **D.** giảm 8,7%.

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

Vì nam châm luôn hút sắt nên $\vec{F}$ hướng thẳng đứng lên mà $F < P$ thì $\vec{P'}$ có hướng thẳng đứng xuống và độ lớn $P' = P - F$ nên $g' = g - \frac{F}{m} = 8\left(m/s^2\right)$

$$\Rightarrow \frac{T'}{T} = \frac{2\pi\sqrt{\frac{l}{g'}}}{2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}} = \sqrt{\frac{g}{g'}} = \sqrt{\frac{10}{8}} = 1 + 0{,}118 = 100\% + 11{,}8\%$$

Ví dụ 2: Một con lắc đơn có vật nhỏ bằng sắt nặng m = 10 g đang dao động điều hòa. Đặt dưới con lắc một nam châm thì vị trí cân bằng không thay đổi nhưng chu kì dao động bé của nó thay đổi 0,1% so với khi không có nam châm. Lấy g = 10m/s^2. Lực hút của nam châm tác dụng lên vật dao động của con lắc là

A. 2.10^{-3} N. **B.** 2.10^{-4} N. **C.** 0,2 N. **D.** 0,02 N.

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

$$\vec{g'} = \frac{\vec{F} + m\vec{g}}{m} = \vec{g} + \frac{\vec{F}}{m} \xrightarrow{\vec{F} \uparrow\uparrow m\vec{g}} g' = g + \frac{F}{m} \uparrow \Rightarrow T' \downarrow \Rightarrow T' = T - 0{,}1\%T = 0{,}99T$$

$$\frac{1}{0{,}99} = \frac{T}{T'} = \sqrt{\frac{g'}{g}} = \sqrt{1 + \frac{F}{mg}} = 1 + \frac{1}{2}\frac{F}{0{,}01.10} \Rightarrow F = 2.10^{-3}\left(N\right)$$

Ví dụ 3: Một con lắc đơn dao động điều hòa tại một nơi nhất định với chu kì T. Nếu tại đó có thêm trường ngoại lực không đổi có hướng thẳng đứng từ trên xuống thì chu kì dao động nhỏ của con lắc là 1,15 s. Nếu đổi chiều ngoại lực thì chu kì dao động 1,99 s. Tính T.

A. 0,58 s. **B.** 1,41 s. **C.** 1,15 s. **D.** 1,99 s.

Hướng dẫn: Chọn đáp án B

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}};\ T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g + \frac{F}{m}}};\ T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g - \frac{F}{m}}}$$

$$\Rightarrow \frac{2}{T^2} = \frac{1}{T_1^2} + \frac{1}{T_2^2} \Rightarrow T = \frac{T_1 T_2\sqrt{2}}{\sqrt{T_1^2 + T_2^2}} = 1{,}41\left(s\right)$$

Ví dụ 4: (ĐH-2010)Một con lắc đơn có chiều dài dây treo 50 cm và vật nhỏ có khối lượng 0,01 kg mang điện tích $q = +5.10^{-6}C$ được coi là điện tích điểm. Con lắc dao động điều hoà trong điện trường đều mà vectơ cường độ điện trường có độ lớn E = 10^4 V/m và hướng thẳng đứng xuống dưới . Lấy g = 10 m/s^2, π = 3,14. Chu kì dao động điều hoà của con lắc là

A. 0,58 s. **B.** 1,40 s. **C.** 1,15 s. **D.** 1,99 s.

Hướng dẫn: Chọn đáp án C

Vì $q > 0$ nên lực điện trường tác dụng lên vật: $\vec{F} = q\vec{E}$ cùng hướng với $\vec{E}$ tức là $\vec{F}$ cùng hướng với $\vec{P}$. Do đó, $\vec{P'}$ cũng có hướng thẳng đứng xuống và độ lớn $P' = P + F$ nên $g' = g + \frac{F}{m}$ hay

$$g' = g + \frac{qE}{m} = 10 + \frac{5.10^{-6}.10^4}{0,01} = 15\left(m/s^2\right) \Rightarrow T' = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g'}} = 1,15\left(s\right)$$

Ví dụ 5: Có ba con lắc đơn cùng chiều dài cùng khối lượng cùng được treo trong điện trường đều có hướng thẳng đứng. Con lắc thứ nhất và thứ hai tích điện q_1 và q_2, con lắc thứ ba không tích điện (sao cho $|qE| < mg$). Chu kì dao động nhỏ của chúng lần lượt là T_1, T_2, T_3 sao cho $T_1 = \frac{T_3}{3}, T_2 = \frac{5T_3}{3}$. Tỉ số $\frac{q_1}{q_2}$ là:

A. -12,5. **B.** -8. **C.** 12,5. **D.** 8

Hướng dẫn: Chọn đáp án A

Vì $T_1 < T_3$ nên gia tốc tăng và vì $T_2 > T_3$ nên gia tốc giảm !

$$\begin{cases} T_1 = 2\pi\sqrt{\dfrac{1}{g + \dfrac{|q_1|.E}{m}}} \\ T_2 = 2\pi\sqrt{\dfrac{1}{g - \dfrac{|q_2|.E}{m}}} \\ T_3 = 2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g}} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 3 = \dfrac{T_3}{T_1} = \sqrt{1 + \dfrac{|q_1|.E}{mg}} \Rightarrow \dfrac{|q_1|.E}{mg} = 8 \\ 0,6 = \dfrac{T_3}{T_2} = \sqrt{1 - \dfrac{|q_2|E}{mg}} \Rightarrow \dfrac{|q_2|.E}{mg} = 0,64 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} = 12,5 \Rightarrow \frac{q_1}{q_2} = -12,5$$

Ví dụ 6: Một con lắc đơn, khối lượng vật nặng tích điện Q, treo trong một điện trường đều có phương thẳng đứng. Tỉ số chu kì dao động nhỏ khi điện trường hướng lên và hướng xuống là 7/6. Điện tích Q là điện tích