



LỚP
12

Chủ đề:

DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA



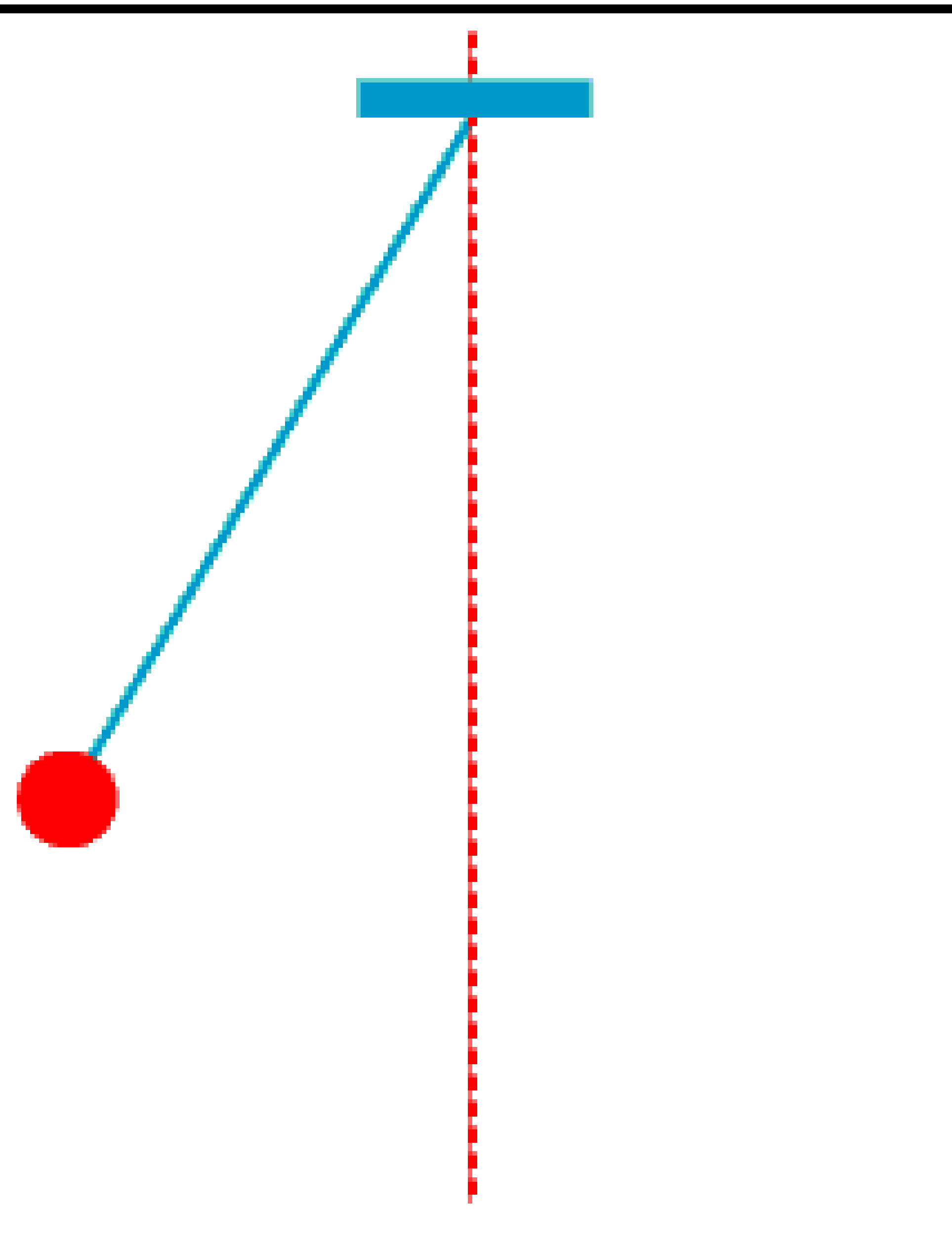
LỚP
12

CHƯƠNG I

Chủ đề: DAO ĐỘNG CƠ

III

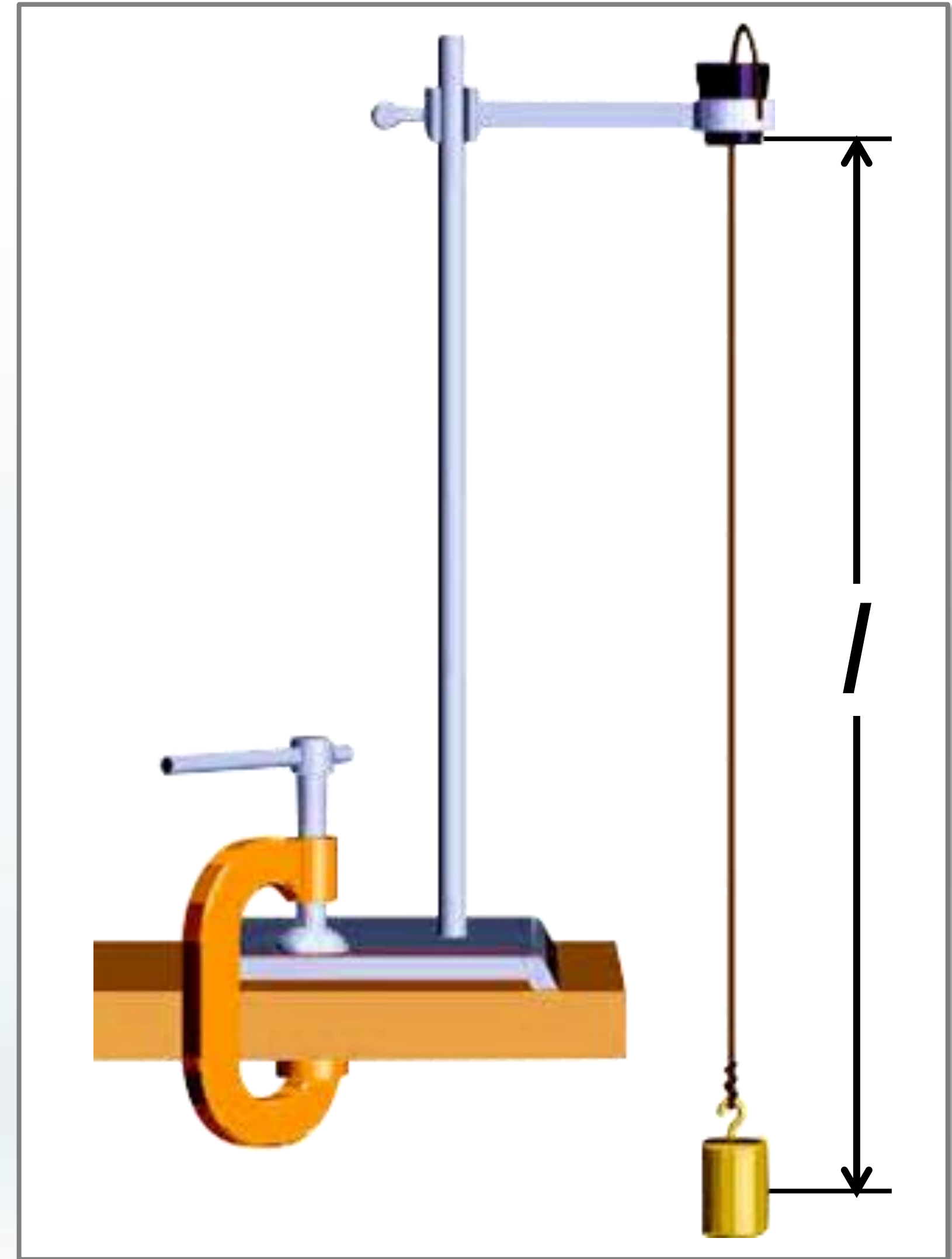
CON LẮC ĐƠN



1 MÔ TẢ CON LẮC ĐƠN

» Cấu tạo

Con lắc đơn gồm một vật nhỏ khối lượng m , treo ở đầu một sợi dây không dẫn, khối lượng không đáng kể, chiều dài l , được treo ở nơi có trọng lực.



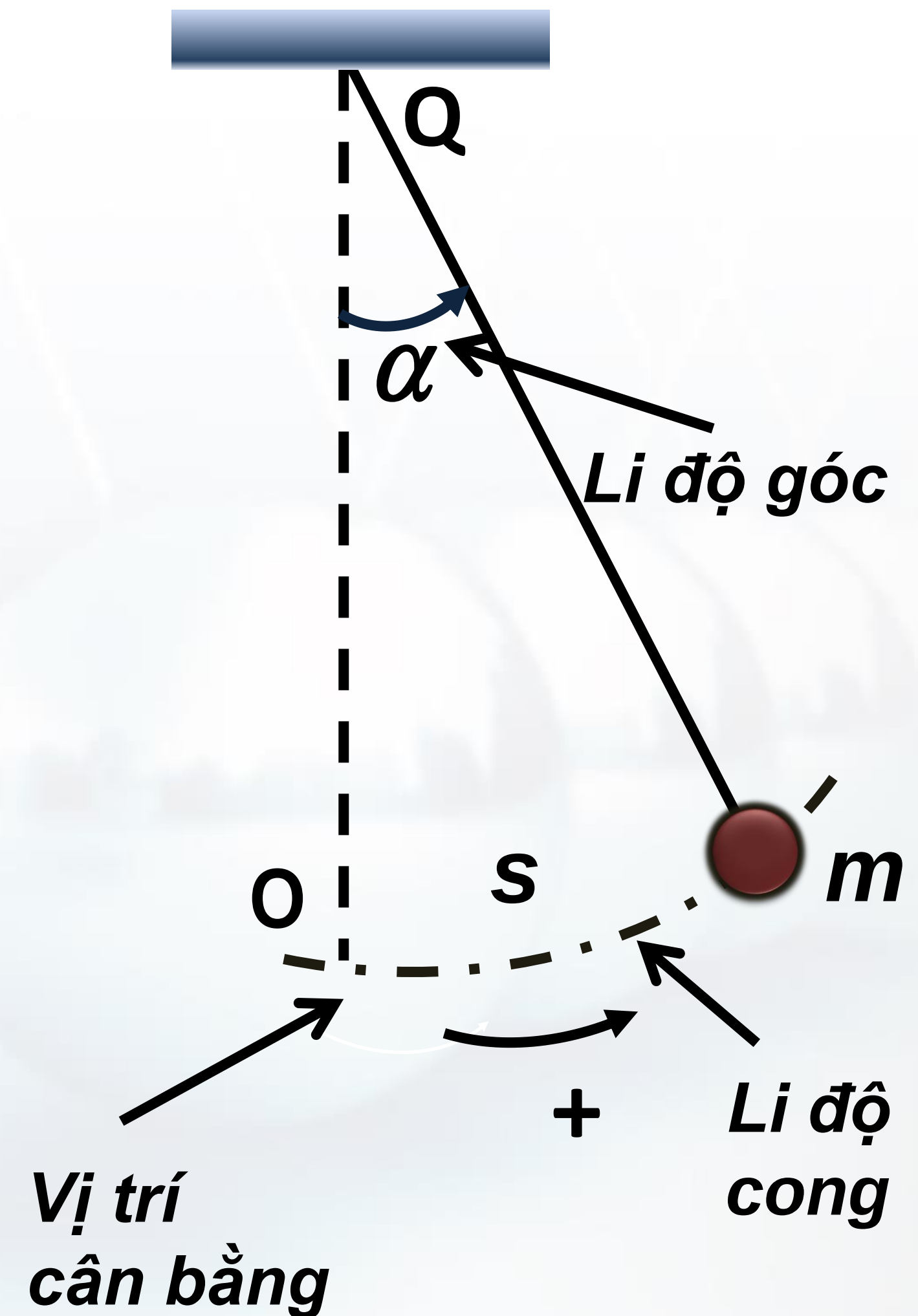
1 MÔ TẢ CON LẮC ĐƠN

» Mô tả dao động

Vị trí của vật m ở thời điểm t xác định bởi:

- Li độ góc: α (rad)
 - Li độ cong: s (m)
- $$\left. \begin{array}{l} \bullet \text{ Li độ góc: } \alpha \text{ (rad)} \\ \bullet \text{ Li độ cong: } s \text{ (m)} \end{array} \right\} \alpha = \frac{s}{l}$$

Vị trí cân bằng là vị trí dây treo thẳng đứng.





LỚP
12

CHƯƠNG I

Chủ đề: DAO ĐỘNG CƠ

2

KHẢO SÁT CON LẮC ĐƠN VỀ MẶT ĐỘNG LỰC HỌC

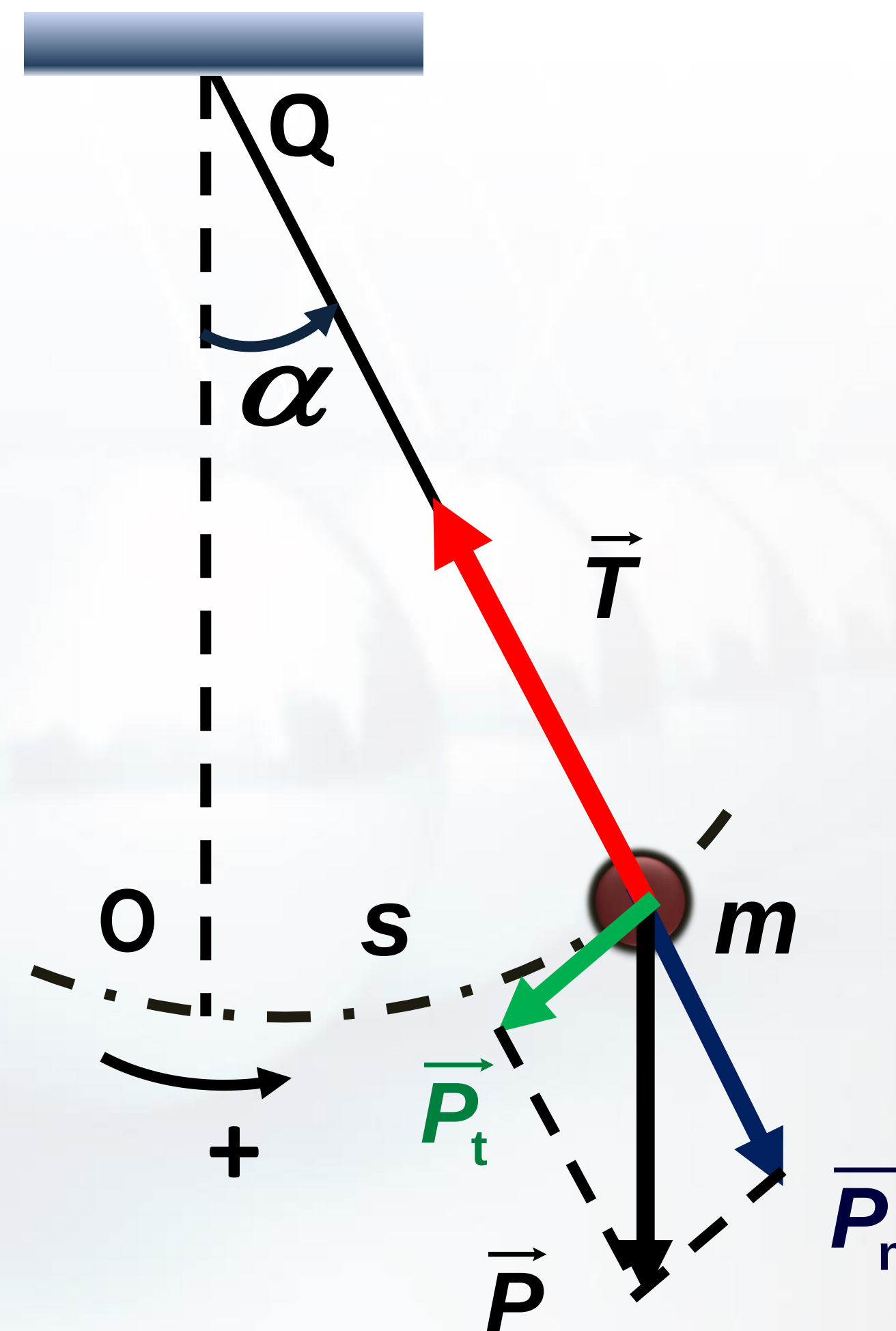
2 KHẢO SÁT CON LẮC ĐƠN VỀ MẶT ĐỘNG LỰC HỌC

» Phân tích lực

Thành phần $\vec{P}_n$ và lực căng $\vec{T}$ có phương vuông góc với quỹ đạo nên *không làm thay đổi tốc độ* của vật.

Hợp lực của chúng là lực hướng tâm, giữ cho vật chuyển động trên quỹ đạo tròn.

Trong quá trình dao động, ta thấy lực làm cho quả nặng tiến về VTGB chính là thành phần $\vec{P}_t$ của trọng lực $\vec{P}$.



2 KHẢO SÁT CON LẮC ĐƠN VỀ MẶT ĐỘNG LỰC HỌC

» Phân tích lực

$\vec{P}_t$ đóng vai trò như lực kéo về và có biểu thức:

$$P_t = -P \sin \alpha = -mg \sin \alpha$$

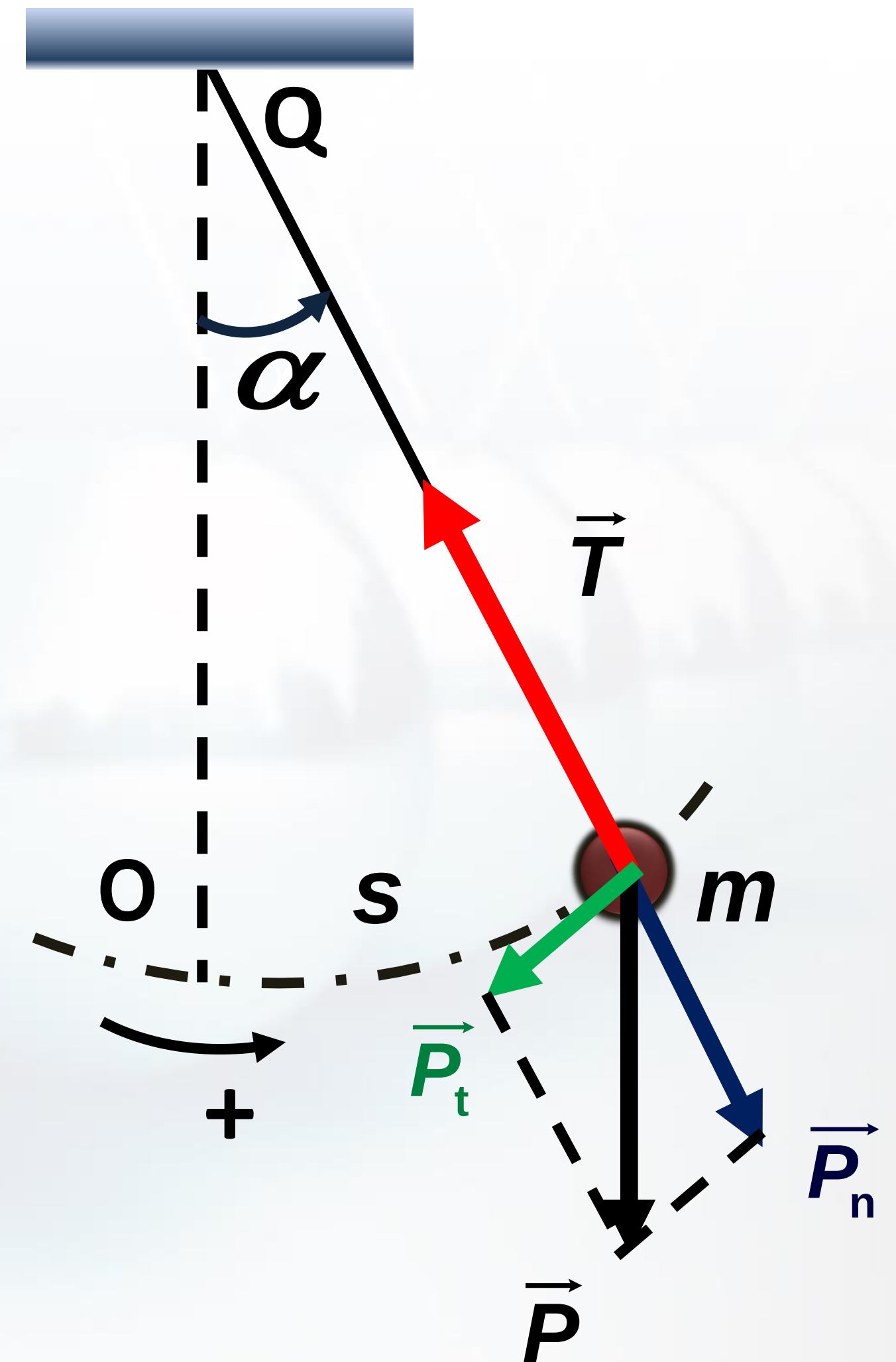
Theo Định luật II Newton, ta có:

$$P_t = ma \Rightarrow -mg \sin \alpha = ma \Rightarrow a = -g \sin \alpha$$

Nếu góc lệch của dây treo nhỏ thì $\sin \alpha \approx \alpha$:

$$a = -g \alpha \Rightarrow a = -\frac{g}{l} s$$

$$\text{Đặt: } \omega^2 = \frac{g}{l} \Rightarrow a = -\omega^2 s$$





LỚP
12

CHƯƠNG I

Chủ đề: DAO ĐỘNG CƠ

2 KHẢO SÁT CON LẮC ĐƠN VỀ MẶT ĐỘNG LỰC HỌC

» Kết luận

$$a = -\omega^2 s$$

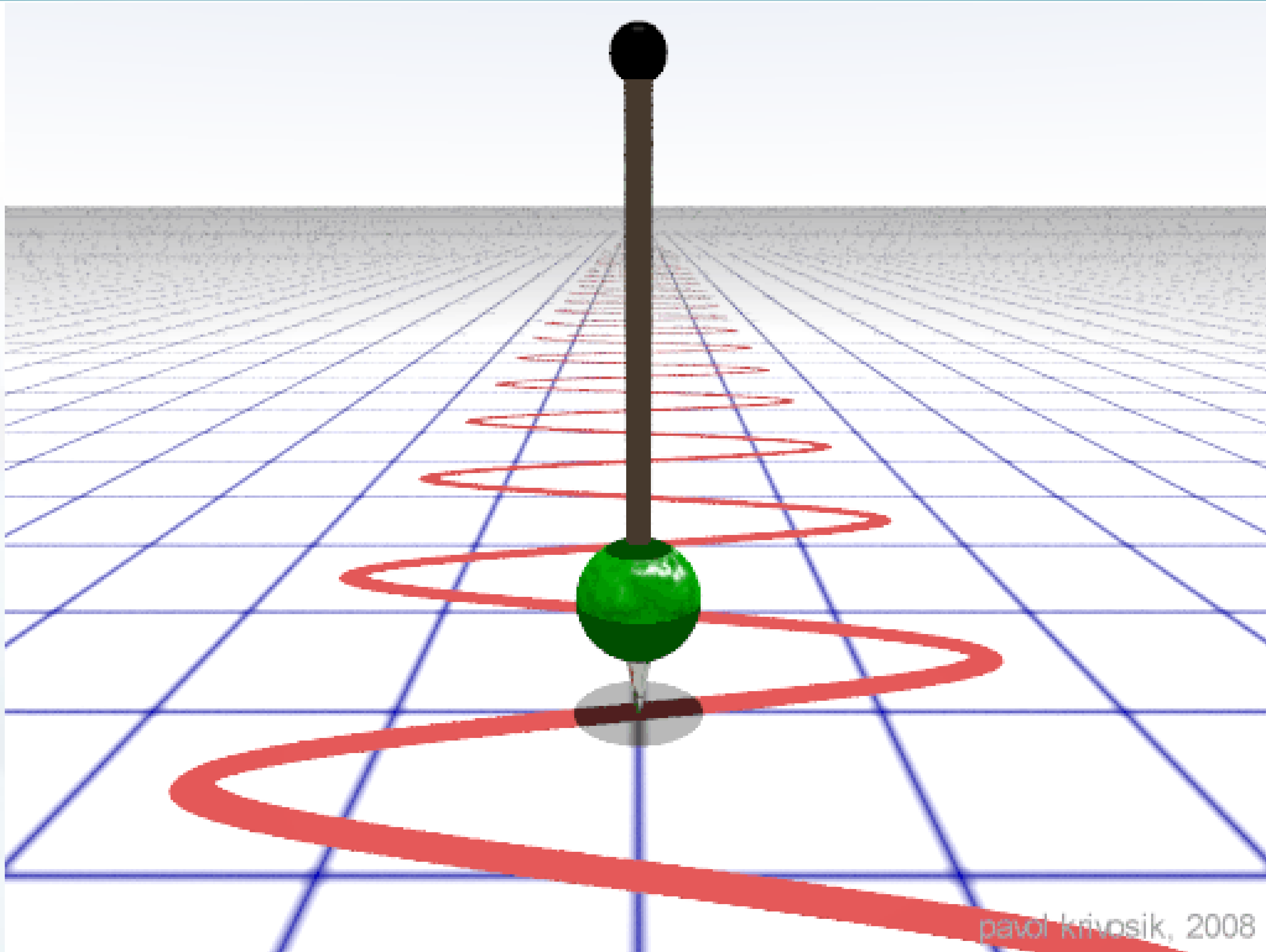
Dao động của con lắc đơn với biên độ nhỏ là dao động điều hòa.

! CHÚ Ý

Nếu biên độ góc lớn hơn 10° thì dao động của con lắc đơn được xem là dao động tuần hoàn chứ không phải dao động điều hòa.

Nếu bỏ qua ma sát thì dao động của con lắc lò xo là hoàn toàn điều hòa, nhưng con lắc đơn chỉ là một dao động điều hòa gần đúng.

Chủ đề: DAO ĐỘNG CƠ



2 KHẢO SÁT CON LẮC ĐƠN VỀ MẶT ĐỘNG LỰC HỌC

» Phương trình dao động và các giá trị đặc biệt

Phương trình li độ cong và phương trình li độ góc

$$s = s_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

$$\alpha = \alpha_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

Phương trình vận tốc $v = s' = -\omega s_0 \sin(\omega t + \varphi)$

Hệ thức liên hệ giữa li độ, vận tốc, tần số góc $s_0^2 = s^2 + \frac{v^2}{\omega^2}$

Các giá trị đặc biệt: • ở vị trí cân bằng $|v|_{\max} = \omega s_0 = \sqrt{\frac{g}{l}} \alpha_0 l = \alpha_0 \sqrt{gl}$

• ở vị trí biên $|v|_{\min} = 0$



LỚP
12

CHƯƠNG I

Chủ đề: DAO ĐỘNG CƠ

2 KHẢO SÁT CON LẮC ĐƠN VỀ MẶT ĐỘNG LỰC HỌC

» Vận tốc. Lực căng dây

Trong trường hợp tổng quát, nghĩa là con lắc đơn dao động tuần hoàn hoặc dao động điều hoà, thì vận tốc của vật nặng có thể được xác định bằng công thức

$$v^2 = 2gl(\cos \alpha - \cos \alpha_0)$$

Lực căng dây treo trong quá trình dao động được xác định bởi công thức:

$$T = mg(3\cos \alpha - 2\cos \alpha_0)$$

- Ở vị trí biên $T_{\min} = mg\cos \alpha_0 < mg$
- Ở vị trí cân bằng $T_{\max} = mg(3 - 2\cos \alpha_0) > mg$



LỚP
12

CHƯƠNG I

Chủ đề: DAO ĐỘNG CƠ

2 KHẢO SÁT CON LẮC ĐƠN VỀ MẶT ĐỘNG LỰC HỌC

» Tần số góc. Chu kì. Tần số

Tần số góc



$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

Chu kì



$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Tần số



$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$$

Đơn vị:

l : m

g : m/s²

T : giây (s)

f : Hz



LỚP
12

CHƯƠNG I

Chủ đề: DAO ĐỘNG CƠ

3

KHẢO SÁT CON LẮC ĐƠN VỀ MẶT NĂNG LƯỢNG

3 KHẢO SÁT CON LẮC ĐƠN VỀ MẶT NĂNG LƯỢNG

» Động năng

Biểu thức động năng của quả nặng m

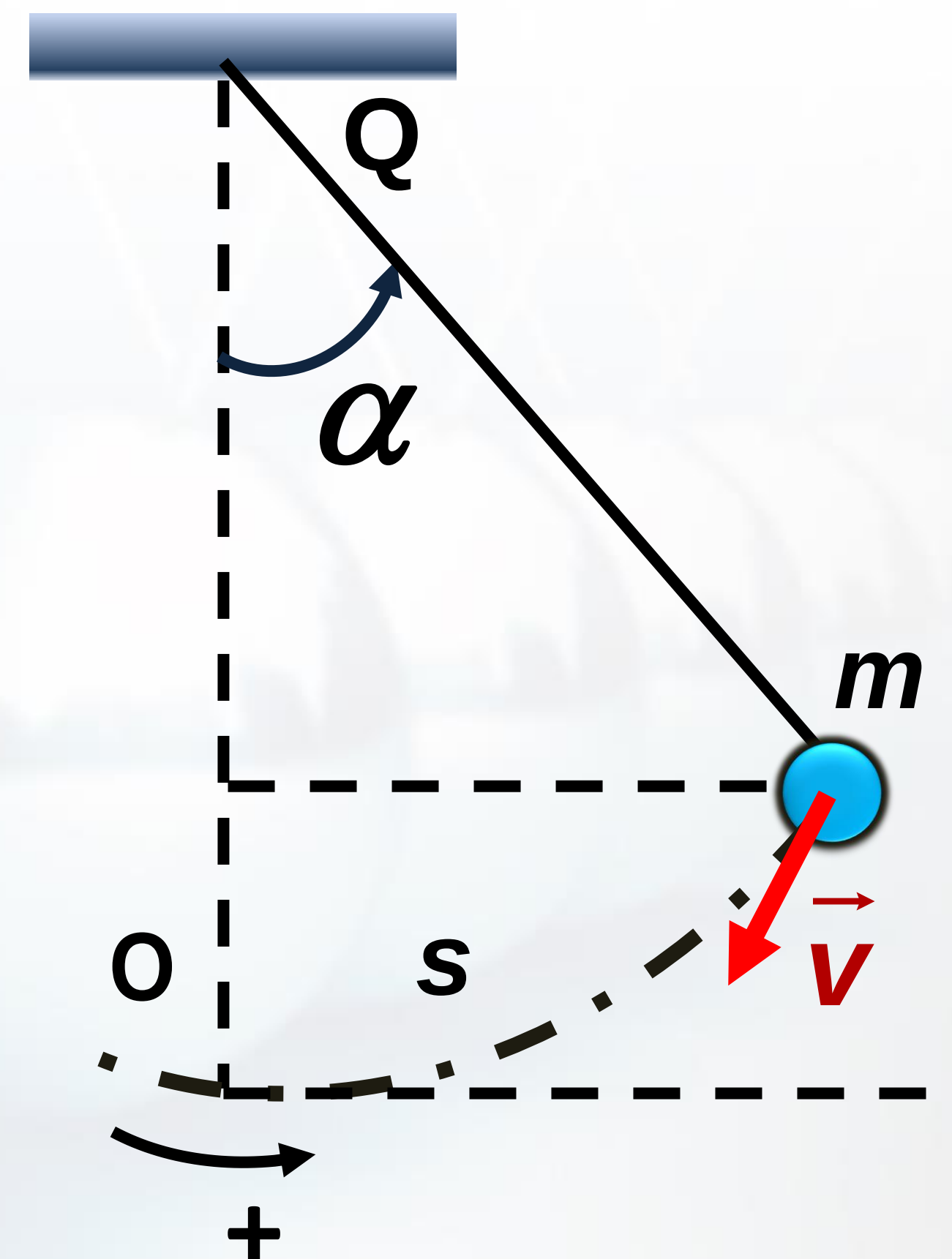
$$W_{đ} = \frac{1}{2}mv^2$$

Biểu thức của vận tốc

$$v = s' = -s_0\omega \sin(\omega t + \varphi)$$

Biểu thức động năng

$$W_{đ} = \frac{1}{2}m\omega^2 s_0^2 \sin^2(\omega t + \varphi)$$



3 KHẢO SÁT CON LẮC ĐƠN VỀ MẶT NĂNG LƯỢNG

» Thế năng

Biểu thức thế năng của quả nặng m :

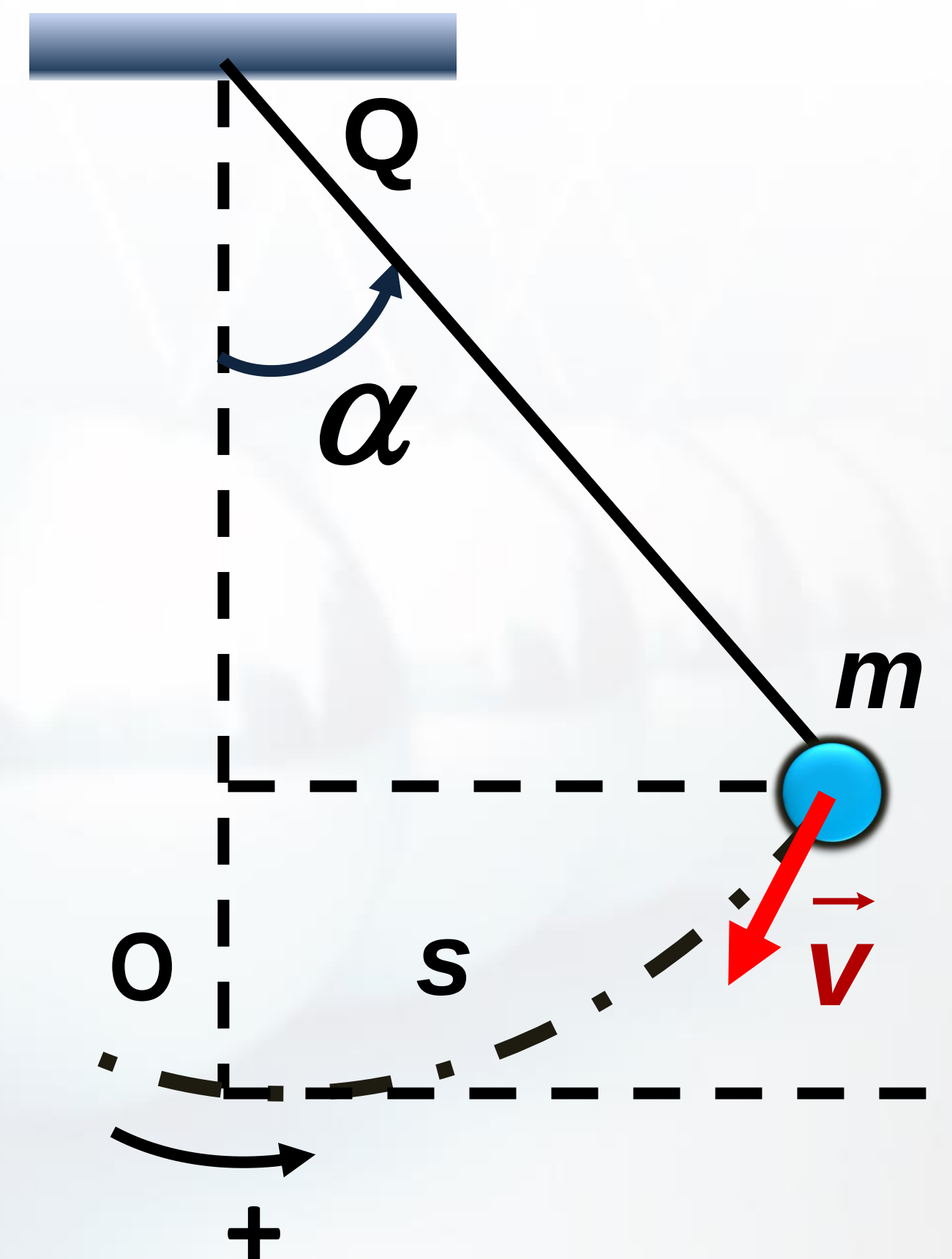
$$W_t = \frac{1}{2} m \omega^2 s^2$$

Biểu thức li độ cung:

$$s = s_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

Biểu thức thế năng:

$$W_t = \frac{1}{2} m \omega^2 s_0^2 \cos^2(\omega t + \varphi)$$



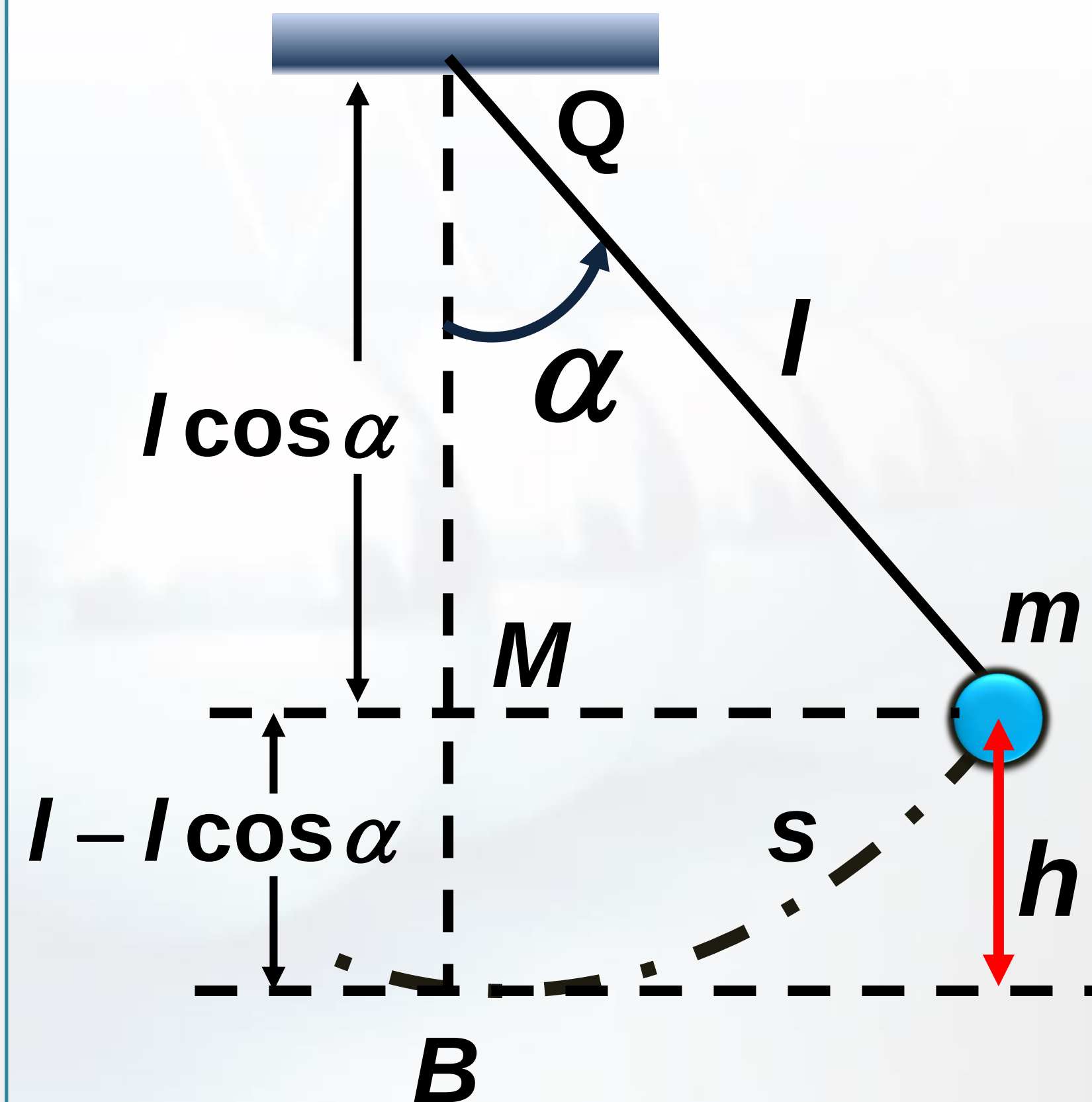
3 KHẢO SÁT CON LẮC ĐƠN VỀ MẶT NĂNG LƯỢNG

» Cơ năng

$$W = W_{\text{đ}} + W_{\text{t}} = \frac{1}{2} mgl\alpha_0^2$$

Trong trường hợp tổng quát, nghĩa là con lắc đơn dao động tuần hoàn hoặc dao động điều hoà, thì thế năng W_{t} (gốc thế năng được chọn tại vị trí cân bằng của vật nặng) và động năng $W_{\text{đ}}$ của con lắc lần lượt được xác định bằng các công thức sau:

$$W_{\text{t}} = mgl(1 - \cos \alpha) \quad W_{\text{đ}} = mgl(1 - \cos \alpha_0)$$





LỚP
12

CHƯƠNG I

Chủ đề: DAO ĐỘNG CƠ

4

BÀI TẬP VẬN DỤNG



LỚP
12

CHƯƠNG I

Chủ đề: DAO ĐỘNG CƠ

4 BÀI TẬP VẬN DỤNG

-  **Bài tập 1** Một con lắc đơn có chiều dài $l = 1$ m treo ở nơi có gia tốc trọng trường $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.
- a) Tính chu kỳ con lắc đơn tại địa điểm này.
 - b) Nếu tăng chiều dài con lắc đơn lên bốn lần thì chu kỳ con lắc là bao nhiêu?



Gợi ý

a)
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{1}{9,8}} = 2,007 \text{ s}$$

b)
$$\frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{l_2}{l_1}} = \sqrt{\frac{4l_1}{l_1}} = 2$$

$$\Rightarrow T_2 = 2T_1 = 2 \times 2,007 = 4,014 \text{ s}$$



LỚP
12

CHƯƠNG I

Chủ đề: DAO ĐỘNG CƠ

4 BÀI TẬP VẬN DỤNG

 **Bài tập 2** Hai con lắc đơn ở cùng một địa điểm. Con lắc đơn A có chiều dài l_1 dao động với chu kì $T_1 = 1,6$ s, con lắc đơn B có chiều dài l_2 dao động với chu kì $T_2 = 1,2$ s. Hỏi con lắc đơn C có chiều dài bằng tổng hoặc hiệu hai chiều dài l_1 và l_2 thì dao động với chu kì là bao nhiêu? (giả sử $l_1 > l_2$)



LỚP
12

CHƯƠNG I

Chủ đề: DAO ĐỘNG CƠ

4 BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài tập 2

$$l_1 : T_1 = 1,6 \text{ s}$$

$$l_2 : T_2 = 1,2 \text{ s}$$

$$l_3 = l_1 + l_2; T_3 = ?$$

$$l_4 = l_1 - l_2; T_4 = ?$$

$$l_1 > l_2$$



Gợi ý

$$\Rightarrow T_1^2 = 4\pi^2 \frac{l_1}{g} \quad (1)$$

$$\bullet T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{l_2}{g}} \Rightarrow T_2^2 = 4\pi^2 \frac{l_2}{g} \quad (2)$$

$$\bullet T_3 = 2\pi \sqrt{\frac{l_1 + l_2}{g}} \Rightarrow T_3^2 = 4\pi^2 \frac{l_1 + l_2}{g} \quad (3)$$

$$\bullet T_4 = 2\pi \sqrt{\frac{l_1 - l_2}{g}} \Rightarrow T_4^2 = 4\pi^2 \frac{l_1 - l_2}{g} \quad (4)$$

So sánh (1), (2), (3), (4) ta thấy:

$$\bullet T_3 = \sqrt{T_1^2 + T_2^2} = \sqrt{1,6^2 + 1,2^2} = 2 \text{ s}$$

$$\bullet T_4 = \sqrt{T_1^2 - T_2^2} = \sqrt{1,6^2 - 1,2^2} = 1,06 \text{ s}$$



LỚP
12

CHƯƠNG I

Chủ đề: DAO ĐỘNG CƠ

4 BÀI TẬP VẬN DỤNG

 **Bài tập 3** Một con lắc đơn có độ dài $l = 64$ cm dao động điều hoà tại nơi có gia tốc trọng trường $g = 9,86$ m/ s² (coi bằng $g = \pi^2$ m/ s²) với biên độ cong $s_0 = 5$ cm, khối lượng quả nặng là $m = 10$ g.

- Tính vận tốc của vật nặng của con lắc đơn tại vị trí có li độ cong bằng 3 cm.
- Tính cơ năng của con lắc khi dao động.



LỚP
12

CHƯƠNG I

Chủ đề: DAO ĐỘNG CƠ

4 BÀI TẬP VẬN DỤNG

Bài tập 3 a) Tần số góc

Cách 1:

$$\boxed{} = \sqrt{\frac{\pi^2}{0,64}} = \frac{5\pi}{4} \text{ rad / s}$$

Hệ thức độc lập $s = s_0 + \frac{v^2}{\omega^2}$

$$\Rightarrow v = \pm \omega \sqrt{s_0^2 - s^2} = \pm \frac{5\pi}{4} \sqrt{5^2 - 3^2} \\ = \pm 15,7 \text{ cm / s}$$

Cách 2:

Biên độ góc và li độ góc tương ứng

$$\bullet \alpha_0 = \frac{s_0}{l} = \frac{5}{64} \text{ rad} \quad \bullet \alpha = \frac{s}{l} = \frac{3}{64} \text{ rad}$$

Áp dụng công thức $v^2 = 2gl(\cos \alpha - \cos \alpha_0)$

$$\Rightarrow v = \pm \sqrt{2gl(\cos \alpha - \cos \alpha_0)}$$

$$= \pm \sqrt{2\pi^2 \times 64 \left(\cos \frac{3}{64} - \cos \frac{5}{64} \right)}$$

$$= \pm 15,7 \text{ cm / s}$$



LỚP
12

CHƯƠNG I

Chủ đề: DAO ĐỘNG CƠ

4 BÀI TẬP VẬN DỤNG



Bài tập 3

b) Cơ năng

$$\begin{aligned} W &= \frac{1}{2} m \omega^2 s_0^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 0,01 \times \left(\frac{5\pi}{4} \right)^2 \times 0,05^2 \\ &= 1,92 \cdot 10^{-4} \text{ J} \end{aligned}$$

Hoặc

$$\begin{aligned} W &= mgl(1 - \cos \alpha_0) \\ &= 0,01 \times 9,86 \times 0,64 \times \left(1 - \cos \frac{5}{64} \right) \\ &= 1,92 \cdot 10^{-4} \text{ J} \end{aligned}$$



LỚP
12

CHƯƠNG I

Chủ đề: DAO ĐỘNG CƠ



TÓM TẮT BÀI HỌC

» Tần số góc

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

» Phương trình dao động

$$s = s_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

» Lực kéo về

$$P_t = -mg \sin \alpha$$

» Năng lượng

$$W = mgl(1 - \cos \alpha) = \frac{1}{2} mgl \alpha_0^2$$