

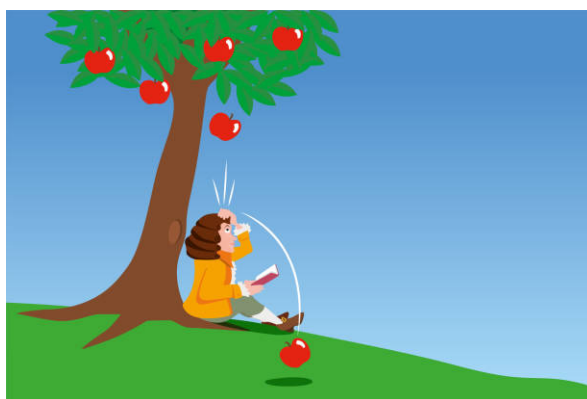
PHẦN 1

TỔNG HỢP KIẾN THỨC

| | |
|--|---|
| CHỦ ĐỀ 0. CHUYÊN ĐỀ TRƯỜNG HẤP DẪN | 2 |
| CHỦ ĐỀ 1. DAO ĐỘNG. | 9 |

CHUYÊN ĐỀ TRƯỜNG HẤP DẪN

| | |
|--|---|
| Tóm tắt lý thuyết và công thức | 3 |
| Câu hỏi ôn tập | 5 |



Tóm tắt lý thuyết và công thức

1. Định luật vạn vật hấp dẫn

Lực hấp dẫn giữa hai chất điểm tỉ lệ thuận với tích hai khối lượng và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng.

$$F_{\text{hấp dẫn}} = G \frac{m_A m_B}{r^2}$$

với:

- m_A, m_B : khối lượng hai chất điểm, đơn vị trong hệ SI là kilogram (kg),
- r : khoảng cách giữa hai chất điểm, đơn vị trong hệ SI là mét (m),
- G : hằng số hấp dẫn, có giá trị thực nghiệm $G = 6,68 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$.

2. Trường hấp dẫn

2.1. Định nghĩa

Trường hấp dẫn là trường vật chất bao quanh một vật có khối lượng và là môi trường truyền tương tác giữa các vật có khối lượng. Tính chất cơ bản của trường hấp dẫn là tác dụng lực hấp dẫn lên vật có khối lượng khác đặt trong nó.

2.2. Tính chất

Trường hấp dẫn của một vật khối lượng M có các tính chất:

- Tương tác hấp dẫn là tương tác hút.
- Các đường sức của trường hấp dẫn luôn hướng vào tâm của vật sinh ra trường hấp dẫn.
- Phạm vi tác dụng của trường hấp dẫn rất lớn. Tuy nhiên, càng ra xa vật M thì độ lớn của lực hấp dẫn càng giảm.
- Trường hấp dẫn chỉ được xem gần đúng là trường đều khi xét trong vùng không gian rất nhỏ.

3. Cường độ trường hấp dẫn

Cường độ trường hấp dẫn là đại lượng đặc trưng cho trường hấp dẫn về phương diện tác dụng lực lên các vật có khối lượng đặt trong trường hấp dẫn.

$$g = \frac{GM}{r^2}$$

với:

- G : hằng số hấp dẫn, có giá trị thực nghiệm $G = 6,68 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$,
- M : khối lượng vật thể gây ra trường hấp dẫn, đơn vị trong hệ SI là kilogram (kg),
- r : khoảng cách từ chất điểm M đến điểm đang xét, đơn vị trong hệ SI là mét (m).

Nếu xem Trái Đất dạng hình cầu đồng nhất khối lượng M_{TD} và bán kính R_{TD} thì cường độ trường hấp dẫn của một điểm trên mặt cầu này là

$$g = G \frac{M_{\text{TD}}}{(R_{\text{TD}} + h)^2}$$

Tại điểm ở gần mặt đất ($h = 0$) thì

$$g_0 = G \frac{M_{\text{TD}}}{R_{\text{TD}}^2} \approx 9,81 \text{ m/s}^2.$$

4. Thế năng hấp dẫn - Thế hấp dẫn

4.1. Thế năng hấp dẫn

Thế năng hấp dẫn là đại lượng đặc trưng cho năng lượng tương tác hấp dẫn giữa vật có khối lượng M và vật có khối lượng m .

Thế năng hấp dẫn tại một điểm trong trường hấp dẫn do vật có khối lượng M sinh ra là công cần thực hiện để dịch chuyển một vật có khối lượng m từ điểm đó ra xa vô cùng

$$W = -G \frac{mM}{r}$$

với r là khoảng cách giữa hai vật.

4.2. Thế hấp dẫn

Thế hấp dẫn tại một điểm trong trường hấp dẫn của một vật có khối lượng M gây ra là đại lượng đặc trưng cho khả năng tạo ra thế năng hấp dẫn cho các vật khác đặt tại điểm đó

$$\Phi = -G \frac{M}{r}$$

với r là khoảng cách từ M đến điểm đang xét.

Thế năng hấp dẫn của vật có khối lượng m đặt tại một điểm trong trường hấp dẫn được xác định

$$W = m\Phi.$$

Câu hỏi ôn tập

Câu 1. Câu nào sau đây là đúng khi nói về lực hấp dẫn do Trái Đất tác dụng lên Mặt Trời và do Mặt Trời tác dụng lên Trái Đất?

- A. Hai lực này cùng phương, cùng chiều.
- B. Hai lực này cùng chiều, cùng độ lớn.
- C. Hai lực này cùng phương, ngược chiều, cùng độ lớn.**
- D. Phương của hai lực này luôn thay đổi và không trùng nhau.

Lời giải.

Chọn đáp án **C** □

Câu 2. Với G là hằng số hấp dẫn, M là khối lượng Trái Đất, R là bán kính Trái Đất, h là độ cao của vật nặng, m là khối lượng vật nặng thì gia tốc rơi tự do của một vật ở gần mặt đất được tính bởi công thức

- A. $g = \frac{GM}{R^2}$.**
- B. $g = \frac{GM}{(R+h)^2}$.
- C. $g = \frac{GMm}{R^2}$.
- D. $g = \frac{GMm}{(R+h)^2}$.

Lời giải.

Chọn đáp án **A** □

Câu 3. Đơn vị của hằng số hấp dẫn là

- A. kgm/s^2 .
- B. Nm^2/kg^2 .**
- C. m/s^2 .
- D. Nm/s .

Lời giải.

Chọn đáp án **B** □

Câu 4. Hai tàu thủy, mỗi chiếc có khối lượng 50000 tấn ở cách nhau 1 km. So sánh lực hấp dẫn giữa chúng với trọng lượng của một quả cân có khối lượng 20 g. Lấy $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- A. Nhỏ hơn.**
- B. Bằng nhau.
- C. Lớn hơn.
- D. Chưa đủ dữ kiện để xác định.

Lời giải.

Lực hấp dẫn giữa hai tàu thủy:

$$F = \frac{Gm^2}{r^2} = (6,68 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2) \cdot \frac{(5 \cdot 10^7 \text{ kg})^2}{(1000 \text{ m})^2} = 0,167 \text{ N}$$

Trọng lượng của vật nặng 20 g:

$$P = mg = (20 \cdot 10^{-3} \text{ kg}) \cdot (10 \text{ m/s}^2) = 0,2 \text{ N}$$

Vậy lực hấp dẫn giữa hai tàu thủy nhỏ hơn trọng lượng của vật có khối lượng 20 g.

Chọn đáp án **A** □

Câu 5. Chọn phát biểu **sai**.

- A. Các hành tinh đều chuyển động trên các quỹ đạo elip với mặt trời là một tiêu điểm.
- B. Coi quỹ đạo chuyển động của các hành tinh gần đúng là tròn thì lực hấp dẫn tác dụng lên hành tinh đã gây ra gia tốc hướng tâm.
- C. Tốc độ tối thiểu để đưa vệ tinh lên quỹ đạo tròn quanh Trái Đất là tốc độ vũ trụ cấp I.
- D. Nếu tốc độ đầu để đưa vệ tinh lên quỹ đạo lớn hơn tốc độ vũ trụ cấp I thì vệ tinh sẽ đi xa khỏi Trái Đất theo quỹ đạo parabol.**

Lời giải.

Đáp án D sai vì nếu tốc độ đầu của vệ tinh lớn hơn tốc độ vũ trụ cấp I nhưng chưa đạt đến tốc độ vũ trụ cấp II thì vệ tinh chưa thoát ra khỏi trường hấp dẫn của Trái Đất, do đó nó sẽ chuyển động xung quanh Trái Đất.

Chọn đáp án **(D)** □

Câu 6. Khi khối lượng của hai vật và khoảng cách giữa chúng đều giảm đi phân nửa thì lực hấp dẫn giữa chúng có độ lớn

- A. giảm đi 8 lần. B. giảm đi một nửa. **(C) giữ nguyên như cũ.** D. tăng gấp đôi.

Lời giải.

$$\frac{F'}{F} = \frac{m'_1 m'_2}{m_1 m_2} \cdot \left(\frac{r}{r'}\right)^2 = \frac{1}{4} \cdot 2^2 = 1$$

Chọn đáp án **(C)** □

Câu 7. Chỉ ra kết luận **sai** trong các kết luận sau đây

- A. Trọng lực của một vật được xem gần đúng là lực hút của Trái Đất tác dụng lên vật đó.
B. Trọng lực có chiều hướng về phía Trái Đất.
C. Trọng lực của một vật giảm khi đưa vật lên cao hoặc đưa vật từ cực bắc trở về xích đạo.
(D) Trên Mặt Trăng, nhà du hành vũ trụ có thể nhảy lên rất cao so với khi nhảy ở Trái Đất vì ở đó khối lượng và trọng lượng của nhà du hành giảm.

Lời giải.

Khi lên Mặt Trăng, gia tốc trọng trường giảm dẫn đến trọng lượng của nhà du hành giảm, khối lượng của nhà du hành không thay đổi.

Chọn đáp án **(D)** □

Câu 8. Một vật ở trên mặt đất có trọng lượng 9 N. Khi ở một điểm cách tâm Trái Đất $3R$ (R là bán kính Trái Đất) thì nó có trọng lượng là

- A. 81 N. B. 27 N. C. 3 N. **(D) 1 N.**

Lời giải.

$$\frac{P'}{P} = \frac{g'}{g} = \left(\frac{r}{r'}\right)^2 = \left(\frac{1}{3}\right)^2 = \frac{1}{9} \Rightarrow P' = \frac{P}{9} = 1 \text{ N.}$$

Chọn đáp án **(D)** □

Câu 9. Gia tốc rơi tự do ở bề mặt Mặt Trăng là g_0 và bán kính Mặt Trăng là 1740 km. Ở độ cao $h = 3480$ km so với bề mặt Mặt Trăng thì gia tốc rơi tự do bằng

- (A) $g_0/9$.** B. $g_0/3$. C. $3g_0$. D. $9g_0$.

Lời giải.

$$\frac{g}{g_0} = \left(\frac{R}{R+h}\right)^2 = \left(\frac{1740 \text{ km}}{1740 \text{ km} + 3480 \text{ km}}\right)^2 = \frac{1}{9} \Rightarrow g = \frac{g_0}{9}.$$

Chọn đáp án **(A)** □

Câu 10. Biết bán kính Trái Đất là R . Lực hút của Trái Đất đặt vào một vật khi vật đó ở trên mặt đất là 45 N. Khi lực hút do Trái Đất tác dụng lên vật là 5 N thì vật ở độ cao bằng

- (A) $2R$.** B. $9R$. C. $\frac{2R}{3}$. D. $\frac{R}{9}$.

Lời giải.

$$\frac{F'}{F} = \left(\frac{R}{R+h}\right)^2 \Leftrightarrow \frac{R}{R+h} = \frac{1}{3} \Rightarrow h = 2R.$$

Chọn đáp án **(A)** □

Câu 11. Hãy tính gia tốc rơi tự do trên bề mặt của Mộc Tinh. Biết gia tốc rơi tự do trên bề mặt Trái Đất là $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, khối lượng của Mộc Tinh bằng 318 lần khối lượng của Trái Đất, đường kính của Mộc Tinh và của Trái Đất lần lượt là 142 980 km và 12 750 km.

- A. $278,2 \text{ m/s}^2$. **B** $24,8 \text{ m/s}^2$. C. $3,88 \text{ m/s}^2$. D. $6,2 \text{ m/s}^2$.

Lời giải.

Gia tốc rơi tự do ở bề mặt hành tinh

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

Như vậy:

$$\frac{g'}{g} = \frac{M_{\text{Mộc Tinh}}}{M_{\text{TD}}} \cdot \left(\frac{R_{\text{TD}}}{R_{\text{Mộc Tinh}}} \right)^2 = \frac{M_{\text{Mộc Tinh}}}{M_{\text{TD}}} \cdot \left(\frac{D_{\text{TD}}}{D_{\text{Mộc Tinh}}} \right)^2 = 318 \cdot \left(\frac{12\,750 \text{ km}}{142\,980 \text{ km}} \right)^2 = 2,53$$

$$\Rightarrow g' = 24,8 \text{ m/s}^2.$$

Chọn đáp án **B** □

Câu 12. Người ta phóng một con tàu vũ trụ từ Trái Đất bay về hướng Mặt Trăng. Biết rằng khoảng cách từ tâm Trái Đất đến tâm Mặt Trăng gấp 60 lần bán kính R của Trái Đất, khối lượng của Mặt Trăng nhỏ hơn khối lượng Trái Đất 81 lần. Hỏi ở cách tâm Trái Đất là bao nhiêu thì lực hút của Trái Đất và của Mặt Trăng lên con tàu vũ trụ sẽ cân bằng nhau?

- A. $50R$. B. $60R$. **C** $54R$. D. $6R$.

Lời giải.

Gọi R_1 là khoảng cách từ tàu vũ trụ đến tâm Trái Đất và R_2 là khoảng cách từ tàu vũ trụ đến tâm Mặt Trăng.

Lực hút của Trái Đất và của Mặt Trăng lên con tàu vũ trụ cân bằng nhau thì

$$G \frac{mM_{\text{TD}}}{R_1^2} = G \frac{mM_{\text{MT}}}{R_2^2} \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{M_{\text{TD}}}{M_{\text{MT}}}} = 9 \quad (1)$$

Mà

$$R_1 + R_2 = 60R \quad (2)$$

Từ (1) và (2) ta thu được $R_1 = 54R$ và $R_2 = 6R$.

Chọn đáp án **C** □

Câu 13. Một vệ tinh chuyển động tròn quanh tâm Trái Đất với bán kính quỹ đạo 6600 km với chu kỳ 89 phút. Biết hằng số hấp dẫn $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$. Khối lượng Trái Đất là

- A. $5 \cdot 10^{20} \text{ kg}$. **B** $6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$. C. $3 \cdot 10^{25} \text{ kg}$. D. $8 \cdot 10^{26} \text{ kg}$.

Lời giải.

Vệ tinh chuyển động tròn xung quanh tâm Trái Đất, lực hấp dẫn do Trái Đất tác dụng lên vệ tinh đóng vai trò là lực hướng tâm

$$F_{\text{hd}} = ma_{\text{ht}}$$

$$\Leftrightarrow G \frac{mM}{R^2} = m\omega^2 R = m \cdot \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 R$$

$$\Rightarrow M = \frac{1}{G} \cdot \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 R^3 \approx 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

Chọn đáp án **B** □

Câu 14. Trái Đất quay quanh Mặt Trời trên một quỹ đạo gần tròn có bán kính trung bình $150 \cdot 10^6 \text{ km}$. Biết khối lượng của Mặt Trời là $1,97 \cdot 10^{30} \text{ kg}$. Lấy $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$. Với các dữ kiện như trên thì chuyển động của Trái Đất quanh Mặt Trời là bao lâu?

- A. 365 ngày. B. 366 ngày. C. 367 ngày. **D 368 ngày.**

Lời giải.

Lực hấp dẫn do Mặt Trời tác dụng lên Trái Đất đóng vai trò là lực hướng tâm làm cho Trái Đất chuyển động trên quỹ đạo tròn xung quanh Mặt Trời

$$F_{\text{hd}} = ma_{\text{ht}}$$

$$\Leftrightarrow G \frac{mM_S}{R^2} = m\omega^2 R = m \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R$$

$$\Rightarrow T = \sqrt{\frac{4\pi^2 R^3}{GM_S}} \approx 31,84 \cdot 10^6 \text{ s} = 368,56 \text{ ngày.}$$

Chọn đáp án **D** □

Câu 15. Một vệ tinh chuyển động trên quỹ đạo tròn bán kính bằng nửa bán kính quỹ đạo của Mặt Trăng quay xung quanh Trái Đất. Biết chu kì quay của Mặt Trăng xung quanh Trái Đất là 27,5 ngày. Chu kì quay của vệ tinh nói trên xung quanh Trái Đất là bao lâu?

- A. 5,3 ngày. B. 6,4 ngày. C. 8,2 ngày. **D 9,7 ngày.**

Lời giải.

Vệ tinh chuyển động tròn xung quanh tâm Trái Đất, lực hấp dẫn do Trái Đất tác dụng lên vệ tinh đóng vai trò là lực hướng tâm

$$F_{\text{hd}} = ma_{\text{ht}}$$

$$\Leftrightarrow G \frac{mM}{R^2} = m\omega^2 R = m \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 R$$

$$\Rightarrow \frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{GM} = \text{const}$$

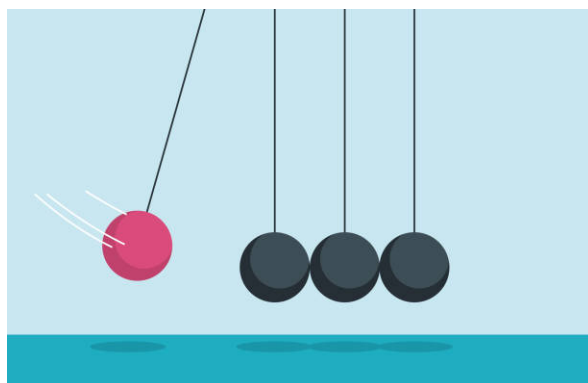
Như vậy:

$$\frac{T_{\text{vệ tinh}}^2}{R_{\text{vệ tinh}}^3} = \frac{T_{\text{MT}}^2}{R_{\text{MT}}^3} \Rightarrow T_{\text{vệ tinh}} = T_{\text{MT}} \cdot \left(\frac{R_{\text{vệ tinh}}}{R_{\text{MT}}}\right)^{\frac{3}{2}} = T_{\text{MT}} \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{2}} \approx 9,7 \text{ ngày.}$$

Chọn đáp án **D** □

DAO ĐỘNG

| | |
|-----------------------------|----|
| Tóm tắt lý thuyết | 10 |
| Tóm tắt công thức | 12 |
| Câu hỏi ôn tập | 16 |



Tóm tắt lý thuyết

1. Mô tả dao động

1.1. Định nghĩa dao động cơ, dao động tuần hoàn và dao động điều hoà

- Dao động cơ là sự chuyển động qua lại quanh vị trí cân bằng.
- Dao động tuần hoàn là dao động mà trạng thái chuyển động của vật được lặp lại như cũ sau những khoảng thời gian bằng nhau.
- Dao động điều hoà là dao động tuần hoàn mà li độ của vật dao động là một hàm cosin (hoặc sin) theo thời gian.

1.2. Chu kỳ, tần số, pha dao động, tần số góc

- Chu kì dao động là khoảng thời gian để vật thực hiện được một dao động:

$$T = \frac{\Delta t}{N}.$$

Trong đó N là số dao động toàn phần thực hiện được trong khoảng thời gian Δt .

Trong hệ SI, chu kì có đơn vị là giây (s).

- Tần số dao động là số dao động toàn phần mà vật thực hiện được trong một giây:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{N}{\Delta t}.$$

Trong hệ SI, tần số có đơn vị là Hertz (Hz).

- Pha dao động là đại lượng đặc trưng cho trạng thái của vật trong quá trình dao động.
- Tần số góc của dao động là đại lượng đặc trưng cho tốc độ biến thiên của pha dao động. Đối với dao động điều hoà, tần số góc có giá trị không đổi và được xác định bằng:

$$\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T}.$$

Trong hệ SI, tần số góc có đơn vị là radian trên giây (rad/s).

2. Phương trình dao động điều hoà

2.1. Li độ

Phương trình li độ của vật dao động điều hoà:

$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

Trong đó:

- x : li độ dao động (toạ độ của vật mà gốc toạ độ được chọn trùng với VTCB), đơn vị trong hệ SI là mét (m);
- A : biên độ dao động (giá trị cực đại của li độ), đơn vị trong hệ SI là mét (m);
- ω : tần số góc, đơn vị trong hệ SI là radian trên giây (rad/s);
- φ_0 : pha ban đầu, đơn vị trong hệ SI là radian (rad).

2.2. Phương trình vận tốc

$$v = -\omega A \sin(\omega t + \varphi_0) = \omega A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

- Vật ở VTCB ($x = 0$), vật đạt tốc độ cực đại: $v_{\max} = \omega A$;
- Vật ở vị trí biên ($x = \pm A$), vật đạt tốc độ cực tiểu $v = 0$.

2.3. Gia tốc

$$a = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi_0) = -\omega^2 x$$

- Vật ở VTCB ($x = 0$): $a = 0$;
- Vật ở biên ($x = \pm A$), gia tốc có độ lớn cực đại $|a| = \omega^2 A$
 - Vật ở vị trí biên dương ($x = A$), gia tốc cực tiểu: $a_{\min} = -\omega^2 A$;
 - Vật ở biên âm ($x = -A$), gia tốc cực đại: $a_{\max} = \omega^2 A$.

3. Năng lượng trong dao động điều hoà

- Thế năng:

$$W_t = \frac{1}{2} K x^2 = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \cos^2(\omega t + \varphi_0)$$

- Động năng:

$$W_d = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \varphi_0)$$

- Cơ năng:

$$W = W_t + W_d = \frac{1}{2} m \omega^2 A^2$$

4. Dao động tắt dần và hiện tượng cộng hưởng

4.1. Dao động tắt dần

Dao động tắt dần là dao động có biên độ giảm dần theo thời gian.

4.2. Dao động cưỡng bức

Dao động của vật dưới tác dụng của ngoại lực điều hoà trong giai đoạn ổn định được gọi là dao động cưỡng bức. Ngoại lực điều hoà tác dụng vào vật khi này được gọi là lực cưỡng bức.

Tần số góc của vật dao động cưỡng bức bằng tần số góc của ngoại lực cưỡng bức.

4.3. Hiện tượng cộng hưởng

Hiện tượng cộng hưởng xảy ra khi tần số góc của lực cưỡng bức bằng tần số góc riêng của hệ dao động. Khi này, biên độ dao động cưỡng bức của hệ đạt giá trị cực đại A_{\max} .

Tuỳ trường hợp mà hiện tượng cộng hưởng có thể có lợi hoặc có thể có hại.

Tóm tắt công thức

1. Chu kì, tần số, tần số góc của vật dao động điều hoà

$$T = \frac{\Delta t}{N}, \quad f = \frac{N}{\Delta t} = \frac{1}{T}, \quad \omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f.$$

2. Phương trình dao động điều hoà

2.1. Phương trình li độ

$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

2.2. Phương trình vận tốc

$$v = -\omega A \sin(\omega t + \varphi_0) = \omega A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$v_{\max} = \omega A$$

2.3. Phương trình gia tốc

$$a = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi_0) = -\omega^2 x$$

$$a_{\max} = \omega^2 A = \omega v_{\max}$$

3. Quãng đường đi được

- Quãng đường đi được trong 1 chu kì dao động: $s = 4A$,
- Quãng đường đi được trong N chu kì dao động: $s = N \cdot 4A$,
- Quãng đường đi được trong nửa chu kì dao động: $s = 2A$,
- Quãng đường cực đại/cực tiểu trong khoảng thời gian $\Delta t < \frac{T}{2}$:

$$s_{\max} = 2A \sin \frac{\omega \Delta t}{2}, \quad s_{\min} = 2A \left(1 - \cos \frac{\omega \Delta t}{2}\right).$$

4. Mối liên hệ giữa các đại lượng trong dao động điều hoà

- Vận tốc sớm pha $\frac{\pi}{2}$ rad so với li độ:

$$\left(\frac{x}{A}\right)^2 + \left(\frac{v}{v_{\max}}\right)^2 = 1 \Leftrightarrow x^2 + \frac{v^2}{\omega^2} = A^2.$$

- Gia tốc ngược pha với li độ:

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

- Gia tốc sớm pha $\frac{\pi}{2}$ rad so với vận tốc:

$$\left(\frac{a}{a_{\max}}\right)^2 + \left(\frac{v}{v_{\max}}\right)^2 = 1 \Leftrightarrow \frac{v^2}{\omega^2} + \frac{a^2}{\omega^4} = A^2.$$

5. Một số dao động điều hoà thường gặp

5.1. Con lắc lò xo

5.1.1. Chu kì, tần số, tần số góc

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}, \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}, \quad f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

5.1.2. Năng lượng dao động

$$\begin{aligned} W_t &= \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}m\omega^2x^2 = \frac{1}{2}m\omega^2A^2\cos^2(\omega t + \varphi_0) \\ W_d &= \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\omega^2A^2\sin^2(\omega t + \varphi_0) \\ W &= W_t + W_d = \frac{1}{2}m\omega^2A^2 \end{aligned}$$

5.1.3. Lực đàn hồi và lực kéo về

$$F_{dh} = -k\Delta\ell, \quad F_{kv} = -kx$$

5.1.4. Chiều dài lò xo

Chọn gốc toạ độ tại vị trí cân bằng của vật nặng, chiều dương cùng chiều lò xo giãn.

- **Con lắc lò xo nằm ngang**

- Ở VTCB lò xo không biến dạng: $\Delta\ell_0 = 0$;
- Ở vị trí li độ x , độ biến dạng của lò xo: $\Delta\ell = x$;
- Chiều dài lò xo:

$$\ell = \ell_0 + x \Rightarrow \begin{cases} \ell_{\max} = \ell_0 + A \\ \ell_{\min} = \ell_0 - A \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \ell_0 = \frac{\ell_{\max} - \ell_{\min}}{2} \\ A = \frac{\ell_{\max} - \ell_{\min}}{2} \end{cases}$$

- Độ lớn lực đàn hồi:

$$F_{dh \max} = kA \text{ (vật ở biên)}, \quad F_{dh \min} = 0 \text{ (vật ở VTCB)}.$$

- **Con lắc lò xo treo thẳng đứng**

- Ở VTCB lò xo bị giãn: $\Delta\ell_0 = \frac{mg}{k}$;
- Ở vị trí li độ x , độ biến dạng của lò xo: $\Delta\ell = \Delta\ell_0 + x$;
- Chiều dài lò xo:

;

$$\begin{cases} \ell_{CB} = \ell_0 + \Delta\ell_0 \\ \ell = \ell_{CB} + x \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \ell_{\max} = \ell_{CB} + A \\ \ell_{\min} = \ell_{CB} - A \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \ell_{CB} = \frac{\ell_{\max} - \ell_{\min}}{2} \\ A = \frac{\ell_{\max} - \ell_{\min}}{2} \end{cases}$$

– Tần số góc, chu kì, tần số:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{\Delta\ell_0}}, \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{\Delta\ell_0}{g}}, \quad f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{\Delta\ell_0}}$$

– Độ lớn lực đàn hồi:

$$F_{\text{dh max}} = k(A + \Delta\ell_0) \text{ (vật ở biên dương)}$$

$$F_{\text{dh min}} = 0 \text{ (nếu } A > \Delta\ell_0 \text{ và vật ở vị trí lò xo không biến dạng)}$$

$$F_{\text{dh min}} = k(A - \Delta\ell_0) \text{ (nếu } A < \Delta\ell_0 \text{ và vật ở biên âm)}$$

5.2. Con lắc đơn

Nếu biên độ góc $\theta_0 > 10^\circ$ con lắc dao động tuần hoàn. Nếu $\theta_0 \leq 10^\circ$, con lắc dao động điều hoà.

5.2.1. Chu kì, tần số, tần số góc

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{\ell}}, \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}, \quad f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{\ell}}$$

5.2.2. Phương trình dao động

$$\theta = \theta_0 \cos(\omega t + \varphi_0), \quad s = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

với $A = \theta_0\ell$ và $s = \theta\ell$.

5.2.3. Lực kéo về

$$F_{kv} = -mg \sin \theta = -mg\theta = -mg\frac{s}{\ell}$$

với $\theta \leq 10^\circ$

5.2.4. Năng lượng dao động

| Góc lớn ($\theta_0 > 10^\circ$) | Góc bé ($\theta_0 \leq 10^\circ$) |
|---|--|
| $W_t = mg\ell(1 - \cos \theta)$ | $W_t = \frac{1}{2}mg\ell\theta^2$ |
| $W_d = \frac{1}{2}mv^2 = mg\ell(\cos \theta - \cos \theta_0)$ | $W_d = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mg\ell(\theta_0^2 - \theta^2)$ |
| $W = mg\ell(1 - \cos \theta_0)$ | $W = \frac{1}{2}mg\ell\theta_0^2$ |

5.2.5. Lực căng dây và tốc độ

Lực căng dây treo tại vị trí có li độ góc θ :

$$T = mg(3 \cos \theta - 2 \cos \theta_0)$$

$$T_{\max} = T_{\text{VTCB}} = mg(3 - 2 \cos \theta_0); \quad T_{\min} = T_{\text{biên}} = mg \cos \theta_0$$

Tốc độ của vật nặng:

$$v = \sqrt{2gl(\cos \theta - \cos \theta_0)}$$

$$v_{\max} = v_{\text{VTCB}} = \sqrt{2gl(1 - \cos \theta_0)}$$

6. Dao động tắt dần và hiện tượng cộng hưởng

6.1. Năng lượng tiêu hao trong dao động tắt dần

Nếu sau mỗi chu kỳ biên độ còn lại $\alpha\%$ thì

- Biên độ còn lại sau N chu kỳ dao động:

$$A_N = (\alpha\%)^N A$$

- Cơ năng còn lại sau N chu kỳ:

$$W_N = (\alpha\%)^{2N} W.$$

6.2. Điều kiện xảy ra cộng hưởng

Hiện tượng cộng hưởng xảy ra khi tần số ngoại lực cưỡng bức f bằng tần số dao động riêng của hệ:

$$f = f_0$$

6.3. Dao động tắt dần của con lắc lò xo có ma sát trên mặt phẳng ngang

- Độ giảm biên độ sau mỗi nửa chu kỳ: $\Delta A_{0,5T} = \frac{2\mu mg}{k}$,
- Độ giảm biên độ sau 1 chu kỳ: $\Delta A = \frac{4\mu mg}{k}$,
- Tổng số dao động toàn phần thực hiện được:

$$N = \frac{A}{\Delta A} = \frac{kA}{4\mu mg} = \frac{\omega^2 A}{4\mu g},$$

- Tổng quãng đường từ lúc bắt đầu dao động đến khi dừng hẳn:

$$\frac{1}{2}kA^2 = F_{ms}s \Rightarrow s = \frac{kA^2}{2\mu mg} = \frac{\omega^2 A^2}{2\mu g},$$

- Tốc độ cực đại:

$$v_{\max} = \omega \left(A - \frac{\mu mg}{k} \right).$$

Câu hỏi ôn tập

Câu 1. Thí nghiệm nào tạo được dao động của vật?

- A. Thả vật chuyển động trên mặt phẳng ngang.
- B. Thả vật chuyển động từ trên xuống.
- C. Kéo con lắc lò xo chuyển động đều.
- D. Kéo vật nặng của con lắc lò xo khỏi vị trí cân bằng rồi buông nhẹ.**

Lời giải.

Chọn đáp án **D** ☐

Câu 2. Chuyển động của vật nào dưới đây **không phải** là dao động cơ?

- A. Chuyển động của pittong trong xilanh khi động cơ hoạt động.
- B. Chuyển động của con lắc đồng hồ gắn trong đồng hồ quả lắc.
- C. Chuyển động của chiếc lá nổi trên mặt nước khi có sóng truyền qua.
- D. Chuyển động của một vật trượt trên mặt phẳng nghiêng.**

Lời giải.

Chọn đáp án **D** ☐

Câu 3. Dao động điều hòa là dao động trong đó li độ của vật

- A. là một hàm bậc nhất của thời gian.
- B. là một hàm bậc hai của thời gian.
- C. là một hàm cosin (hay sin) của thời gian.**
- D. là một hàm tan của thời gian.

Lời giải.

Chọn đáp án **C** ☐

Câu 4. Chọn phát biểu **sai**. Một vật dao động điều hòa với phương trình $x = A \cos(\omega t + \varphi)$ thì

- A. A là biên độ dao động hay li độ cực đại.
- B. ω là tần số dao động.**
- C. $(\omega t + \varphi)$ là pha dao động ở thời điểm t .
- D. φ là pha dao động ban đầu.

Lời giải.

ω là tần số góc của dao động.

Chọn đáp án **B** ☐

Câu 5. Chu kì dao động của chất điểm là T thì tần số góc trong dao động của chất điểm là

- A. $\frac{1}{T}$.
- B. $\frac{2\pi}{\sqrt{T}}$.
- C. $\frac{2\pi}{T}$.**
- D. $\frac{1}{\sqrt{T}}$.

Lời giải.

Chọn đáp án **C** ☐

Câu 6. Chọn phát biểu **sai**. Hệ dao động tắt dần

- A. có biên độ giảm dần theo thời gian.
- B. không phải là dao động điều hòa.
- C. có cơ năng giảm dần theo thời gian.
- D. có tần số giảm dần theo thời gian.**

Lời giải.

Chọn đáp án **D** ☐

Câu 7. Hiện tượng cộng hưởng thể hiện rõ nét khi

- A. tần số lực cưỡng bức nhỏ.
- B. biên độ lực cưỡng bức nhỏ.
- C. lực cản môi trường nhỏ.**
- D. tần số lực cưỡng bức lớn.

Lời giải.

Chọn đáp án **C** ☐

Câu 8. Biên độ của một dao động cưỡng bức **không** phụ thuộc vào

- A. lực cản môi trường. B. biên độ của ngoại lực tuần hoàn.
C. tần số của ngoại lực tuần hoàn. **D** pha ban đầu của ngoại lực.

Lời giải.

Biên độ của dao động cưỡng bức phụ thuộc vào lực cản môi trường, tần số ngoại lực cưỡng bức, biên độ của ngoại lực cưỡng bức.

Biên độ của dao động cưỡng bức không phụ thuộc vào pha ban đầu của ngoại lực cưỡng bức.

Chọn đáp án **D** □

Câu 9. Theo một tiêu chuẩn kĩ thuật về hệ thống treo (giảm xóc) của xe khách, tần số dao động riêng của xe ở trạng thái đầy tải không vượt quá 2,5 Hz. Với một xe khác có khối lượng toàn tải 16 tấn thì độ cứng của hệ thống treo có giá trị lớn nhất bằng bao nhiêu mà vẫn đảm bảo tiêu chuẩn trên?

- A** $3,95 \cdot 10^6 \text{ N/m}$. B. $4,25 \cdot 10^6 \text{ N/m}$. C. $6,85 \cdot 10^5 \text{ N/m}$. D. $5,26 \cdot 10^5 \text{ N/m}$.

Lời giải.

Tần số dao động của xe:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \leq 2,5 \text{ Hz} \Rightarrow k \leq 3,95 \cdot 10^6 \text{ N/m}.$$

Chọn đáp án **A** □

Câu 10. Con lắc đơn chiều dài $\ell = 1 \text{ m}$, khối lượng vật nặng 200 g, dao động với biên độ góc 0,15 rad tại nơi có gia tốc trọng trường $g = 10 \text{ m/s}^2$. Ở li độ góc bằng $\frac{2}{3}\alpha_0$, con lắc có động năng bằng

- A. $352 \cdot 10^{-4} \text{ J}$. B. $625 \cdot 10^{-4} \text{ J}$. C. $255 \cdot 10^{-4} \text{ J}$. **D** $125 \cdot 10^{-4} \text{ J}$.

Lời giải.

Động năng của con lắc ở vị trí có li độ góc $\alpha = \frac{2}{3}\alpha_0$:

$$W_d = \frac{1}{2}mg\ell(\alpha_0^2 - \alpha^2) = 125 \cdot 10^{-4} \text{ J}.$$

Chọn đáp án **D** □

Câu 11. Một vật dao động điều hoà với phương trình $x = 8 \cos\left(5\pi t - \frac{\pi}{3}\right) \text{ cm}$ (t tính bằng giây) thì pha ban đầu của dao động là

- A. $5\pi \text{ rad}$. B. $\left(10t - \frac{\pi}{3}\right) \text{ rad}$. **C** $-\frac{\pi}{3} \text{ rad}$. D. $\frac{\pi}{3} \text{ rad}$.

Lời giải.

Chọn đáp án **C** □

Câu 12. Một vật nặng có khối lượng m đang dao động điều hoà với phương trình $x = A \cos \omega t$. Mốc thế năng ở vị trí cân bằng. Động năng của vật là

- A. $m\omega A^2$. **B** $\frac{1}{2}m\omega^2(A^2 - x^2)$. C. $m\omega^2 A^2$. D. $\frac{1}{2}m\omega^2 A^2$.

Lời giải.

Chọn đáp án **B** □

Câu 13. Khi nói về một vật dao động điều hoà, phát biểu nào sau đây là **sai**?

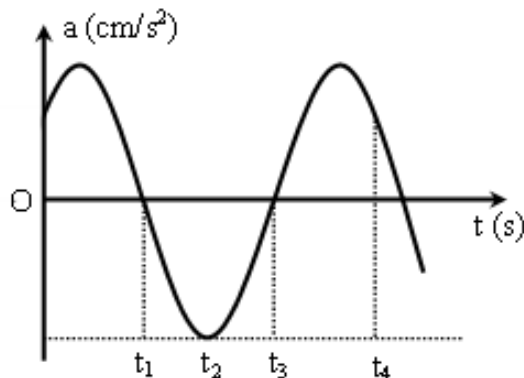
- A. Thế năng của vật biến thiên tuần hoàn theo thời gian.
B. Động năng của vật biến thiên tuần hoàn theo thời gian.
C. Vận tốc của vật biến thiên điều hòa theo thời gian.
D Cơ năng của vật biến thiên tuần hoàn theo thời gian.

Lời giải.

Vật dao động điều hoà thì cơ năng của vật bảo toàn.

Chọn đáp án **D** □

Câu 14. Một vật dao động điều hoà có đồ thị li độ - thời gian như hình bên. Tại thời điểm



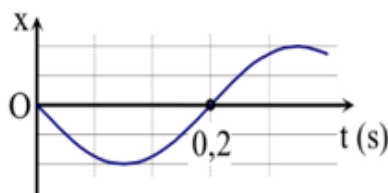
- A.** t_1 chất điểm bắt đầu chuyển động chậm dần. **B.** t_2 vận tốc chất điểm cực đại.
C. t_3 chất điểm bắt đầu chuyển động nhanh dần. **D.** t_4 chất điểm có thế năng tăng.

Lời giải.

Tại thời điểm t_1 gia tốc của chất điểm bằng 0, chất điểm chuyển động từ VTCB ra biên \Rightarrow chất điểm chuyển động chậm dần.

Chọn đáp án **A** □

Câu 15. Một vật dao động điều hoà trên trục Ox . Hình bên là đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của li độ x vào thời gian t . Tần số f của dao động là



- A.** 10 rad/s. **B.** 10π rad/s. **C.** 5π rad/s. **D.** 5 rad/s.

Lời giải.

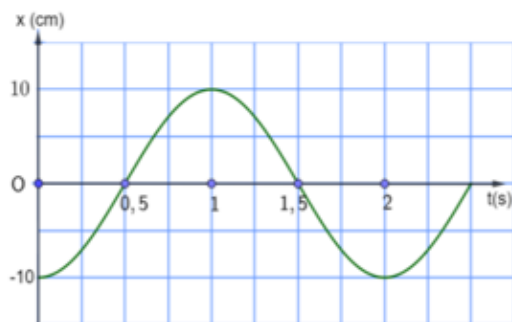
Ta có $\frac{T}{2} = 0,2 \text{ s} \Rightarrow T = 0,4 \text{ s}$.

Tần số góc của dao động:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 5\pi \text{ rad/s.}$$

Chọn đáp án **C** □

Câu 16. Đồ thị biểu diễn li độ theo thời gian của một vật dao động điều hoà được thể hiện như hình bên. Biên độ dao động là



A. 5 cm.

B. -5 cm.

C. 10 cm.

D. -10 cm.

Lời giải.

Chọn đáp án **C** □

Câu 17. Một chất điểm dao động điều hoà, trong 10 dao động toàn phần chất điểm đi được quãng đường 120 cm. Quỹ đạo của dao động có chiều dài

A. 6 cm.

B. 12 cm.

C. 3 cm.

D. 9 cm.

Lời giải.

Sau mỗi chu kì dao động chất điểm đi được quãng đường $4A$, sau 10 dao động toàn phần chất điểm đi được quãng đường

$$s = 10 \cdot 4A = 120 \text{ cm} \Rightarrow A = 3 \text{ cm}$$

Chiều dài quỹ đạo:

$$L = 2A = 6 \text{ cm.}$$

Chọn đáp án **A** □

Câu 18. Một vật dao động điều hoà có phương trình $x = 5 \cos \left(2\pi t - \frac{\pi}{6} \right)$ cm. Lấy $\pi^2 = 10$. Vận tốc của vật khi có li độ $x = 3$ cm là

A. $v = 25,12 \text{ cm/s}$.

B. $v = \pm 25,12 \text{ cm/s}$.

C. $v = \pm 12,56 \text{ cm/s}$.

D. $v = 12,56 \text{ cm/s}$.

Lời giải.

Áp dụng phương trình độc lập thời gian:

$$x^2 + \frac{v^2}{\omega^2} = A^2 \Rightarrow v = \pm \omega \sqrt{A^2 - x^2} = \pm 25,12 \text{ cm/s.}$$

Chọn đáp án **B** □

Câu 19. Một con lắc lò xo gồm lò xo có độ cứng $k = 40 \text{ N/m}$ gắn với quả cầu nhỏ. Cho quả cầu dao động với biên độ 5 cm. Động năng của quả cầu ở vị trí li độ 3 cm là

A. 0,032 J.

B. 320 J.

C. 0,018 J.

D. 180 J.

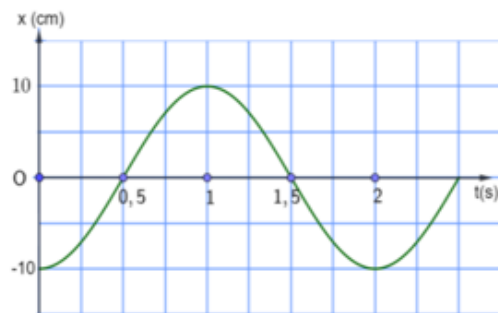
Lời giải.

Động năng của quả cầu ở vị trí li độ $x = 3 \text{ cm}$ là

$$W_d = \frac{1}{2}k(A^2 - x^2) = 0,032 \text{ J.}$$

Chọn đáp án **A** □

Câu 20. Một vật dao động điều hoà có đồ thị li độ - thời gian được cho như hình bên. Lấy $\pi^2 = 10$. Gia tốc của vật tại thời điểm $t = 1 \text{ s}$ là



A -100 cm/s^2 .

B. 100 cm/s^2 .

C. -10 cm/s^2 .

D. 10 cm/s^2 .

Lời giải.

Chu kì dao động:

$$T = 2 \text{ s} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = \pi \text{ rad/s}$$

Gia tốc của vật tại thời điểm $t = 1 \text{ s}$ là:

$$a = -\omega^2 x = -(\pi \text{ rad/s})^2 \cdot (10 \text{ cm}) = -100 \text{ cm/s}^2.$$

Chọn đáp án **A** ☐

Câu 21. Một vật dao động điều hoà với phương trình $x = 5 \cos \pi t \text{ cm}$. Tốc độ trung bình của chất điểm trong khoảng thời gian bằng $\frac{1}{4}$ chu kì dao động kể từ lúc $t = 0 \text{ s}$ là

A. 1 cm/s .

B. 2 cm/s .

C 10 cm/s .

D. 20 cm/s .

Lời giải.

Chu kì dao động của vật:

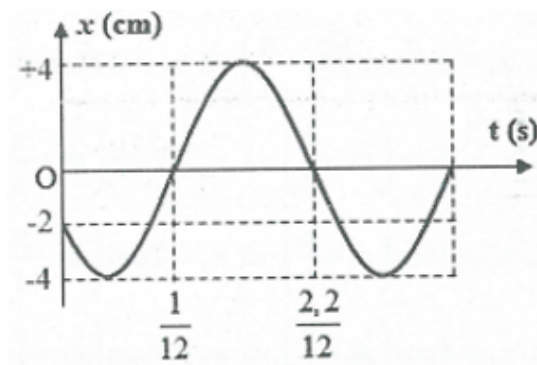
$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2 \text{ s}.$$

Tại thời điểm ban đầu vật đang ở vị trí biên dương, sau $\frac{1}{4}$ chu kì dao động vật đi được quãng đường $s = A = 5 \text{ cm}$. Tốc độ trung bình:

$$v_{tb} = \frac{s}{t} = \frac{A}{\frac{T}{4}} = 10 \text{ cm/s}.$$

Chọn đáp án **C** ☐

Câu 22. Hình vẽ bên là đồ thị li độ theo thời gian của một vật dao động. Phương trình dao động của vật là



A $x = 4 \cos \left(10\pi t + \frac{2\pi}{3} \right) \text{ cm}.$

B. $x = 4 \cos \left(20\pi t + \frac{2\pi}{3} \right) \text{ cm}.$

C. $x = 4 \cos \left(10\pi t + \frac{5\pi}{6} \right) \text{ cm.}$

D. $x = 4 \cos \left(20\pi t - \frac{\pi}{3} \right) \text{ cm.}$

Lời giải.

Ta có:

$$\begin{cases} A = 4 \text{ cm} \\ \frac{T}{2} = \frac{2,2 - 1}{12} \text{ s} \Rightarrow T = 0,2 \text{ s} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{T} = 10\pi \text{ rad/s} \end{cases}$$

Tại thời điểm $t = 0 \text{ s}$ ta có

$$\begin{cases} x = -2 \text{ cm} = -\frac{A}{2} \\ v < 0 \end{cases} \Rightarrow \varphi_0 = \frac{2\pi}{3} \text{ rad}$$

Phương trình dao động của chất điểm là $x = 4 \cos \left(10\pi t + \frac{2\pi}{3} \right) \text{ cm.}$

Chọn đáp án **A** □

Câu 23. Một con lắc dao động tắt dần trong môi trường với lực ma sát nhỏ. Cứ sau mỗi chu kì, phần năng lượng của con lắc bị mất đi 8 %. Trong một dao động toàn phần, biên độ giảm đi

A. $2\sqrt{2} \%$.

B 4 %.

C. 6 %.

D. 1,6 %.

Lời giải.

Năng lượng còn lại sau mỗi chu kì:

$$W' = 0,92W$$

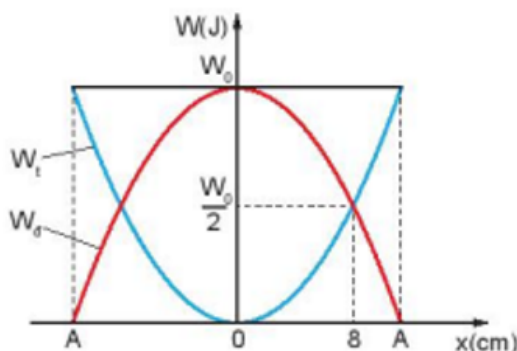
Biên độ dao động còn lại sau mỗi chu kì:

$$A' = \sqrt{0,92}A = 0,96A = 96 \% \cdot A$$

Như vậy, sau mỗi chu kì dao động biên độ của con lắc giảm đi 4 %.

Chọn đáp án **B** □

Câu 24. Một con lắc lò xo có độ cứng $k = 100 \text{ N/m}$ dao động điều hoà. Gọi W_t , W_d , W_0 lần lượt là thế năng, động năng và cơ năng của vật nặng. Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của thế năng W_t và động năng W_d của con lắc vào li độ như hình vẽ. Giá trị W_0 là



A. 0,32 J.

B. 0,45 J.

C. 0,96 J.

D 0,64 J.

Lời giải.

Nhận thấy khi $x = 8 \text{ cm}$ thì $W_t = \frac{W_0}{2}$

$$\Leftrightarrow A^2 = 2x^2 \Rightarrow A = x\sqrt{2} = 8\sqrt{2} \text{ cm}$$

Cơ năng của vật nặng:

$$W_0 = \frac{1}{2}kA^2 = 0,64 \text{ J.}$$

Chọn đáp án **(D)** ☐

Câu 25. Một tàu hoả chạy trên một đường ray, cứ cách khoảng 6,4 m trên đường ray lại có một rãnh nhỏ giữa chỗ nối các thanh ray. Chu kì dao động riêng của khung tàu trên các lò xo giảm xóc là 1,6 s. Tàu bị xóc mạnh nhất khi chạy với tốc độ bằng

A. 10,0 km/h.

B 14,4 km/h.

C. 16,0 km/h.

D. 20,0 km/h..

Lời giải.

Tàu bị xóc mạnh nhất khi thời gian vật đi hết đường ray bằng chu kì dao động riêng của khung tàu:

$$v = \frac{\ell}{T} = \frac{6,4 \text{ m}}{1,6 \text{ s}} = 4 \text{ m/s} = 14,4 \text{ km/h.}$$

Chọn đáp án **(B)** ☐