

MỤC LỤC

CHƯƠNG 0. CÁC PHƯƠNG PHÁP GIẢI VẬT LÝ 13

A. Phương pháp số phức 13

- I. Cơ sở phương pháp 13
- II. Sử dụng máy tính thực hiện phép toán về số phức 14
- III. Vận dụng phương pháp trong bài toán tổng hợp dao động 14
- IV. Vận dụng phương pháp giải bài toán điện xoay chiều 19
- V. Lời kết về phương pháp số phức 25

B. Phương pháp giản đồ vectơ 25

- I. Cơ sở phương pháp 25
- II. Ví dụ minh họa 27
- III. Lời kết về phương pháp giản đồ vectơ 34
- IV. Bài tập tự luyện 35

C. Phương pháp chuẩn hóa 38

- I. Lịch sử phương pháp 38
- II. Cơ sở phương pháp 38
- III. Ví dụ minh họa 39
- IV. Chuẩn hóa trong bài toán tần số (hoặc tần số góc) biến thiên 43
- V. Chuẩn hóa trong truyền tải điện năng 47
- VI. Chuẩn hóa trong bài toán liên quan đến máy phát điện xoay chiều một pha 52
- VII. Một số bài tập vận dụng và nâng cao có đáp án 56
- VIII. Lời kết về phương pháp chuẩn hóa 60

CHƯƠNG 1. DAO ĐỘNG CƠ 61

A. Lí thuyết 61

- I. Dao động 61
- II. Dao động tuần hoàn 61
- III. Dao động điều hòa 61
- IV. Các phương trình độc lập thời gian 64
- V. Con lắc lò xo 65
- VI. Tổng hợp dao động 68
- VII. Con lắc đơn 69
- VIII. Các loại dao động 70

B. Phân dạng bài tập và phương pháp giải 78

- I. Trắc nghiệm lí thuyết 78
 - 1. Ví dụ minh họa 78
 - 2. Trắc nghiệm tự luyện 83

II. Bài tập về con lắc lò xo	84
1. Bài toán đại cương về dao động điều hòa và con lắc lò xo	84
2. Bài toán về cắt ghép lò xo	94
3. Bài toán thời gian	101
4. Bài toán quãng đường	117
5. Bài toán vận tốc, tốc độ	125
6. Bài toán lực đàn hồi, lực hồi phục	133
7. Bài toán năng lượng trong dao động điều hòa	142
8. Bài toán viết phương trình dao động	144
9. Bài toán tổng hợp dao động	152
10. Bài toán hai vật dao động	155
11. Các bài toán tổng hợp	168
III. Bài tập về con lắc đơn	172
1. Bài toán đại cương về con lắc đơn	172
2. Bài toán năng lượng, vận tốc, gia tốc, lực căng dây của con lắc đơn	181
3. Con lắc chịu tác dụng của lực ngoài	194
Đề kiểm tra chương 1	208

CHƯƠNG 2. SÓNG CƠ 216

A. Lí thuyết	216
I. Sóng cơ học và các đặc trưng	216
II. Phương trình sóng	217
III. Giao thoa sóng	218
IV. Sóng dừng	222
V. Sóng âm	227
B. Phân dạng bài tập và phương pháp giải	229
I. Bài tập đại cương sóng cơ	229
1. Bài toán sự truyền sóng	230
2. Bài toán liên quan đến độ lệch pha của hai phần tử môi trường	231
3. Bài toán tìm số điểm dao động lệch pha so với một điểm nào đó	232
II. Bài tập giao thoa	234
1. Bài toán đại cương giao thoa sóng	234
2. Bài toán điểm dao động với biên độ cực đại (cực tiểu) hoặc biên độ bất kì	238
3. Bài toán điểm dao động lệch pha so với một điểm nào đó	245
4. Bài toán điểm dao động với biên độ cực đại (cực tiểu) đồng thời lệch pha so với một điểm nào đó	246
5. Bài toán cực trị trong giao thoa	249
6. Bài tập tự luyện	257
III. Bài tập sóng dừng	261

1. Bài tập đại cương về sóng dừng	261
2. Bài toán về độ lệch pha giữa các phần tử trong sóng dừng	270
IV. Bài tập sóng âm	275
1. Bài toán liên quan đến cường độ âm, mức cường độ âm	275
2. Bài toán liên quan đến dây đàn, sáo	287
Đề kiểm tra chương 2	290
CHƯƠNG 3. DAO ĐỘNG VÀ SÓNG ĐIỆN TỪ	296
A. Lí thuyết	296
I. Dao động điện từ trong mạch LC	296
II. Điện từ trường – Sóng điện từ	297
III. Trắc nghiệm lí thuyết	301
B. Phân dạng bài tập và phương pháp giải	307
I. Bài toán đại cương về dao động và sóng điện từ	307
1. Phương pháp	307
2. Ví dụ minh họa	308
II. Bài toán viết biểu thức q, i, u	312
1. Phương pháp	312
2. Ví dụ minh họa	312
3. Bài tập tự luyện	314
III. Bài toán năng lượng trong mạch dao động LC	316
1. Phương pháp	316
2. Ví dụ minh họa	316
3. Bài tập tự luyện	319
IV. Bài toán về truyền thông sóng điện từ	322
1. Phương pháp	322
2. Ví dụ minh họa	322
CHƯƠNG 4. DÒNG ĐIỆN XOAY CHIỀU	325
A. Lí thuyết	325
I. Nguyên tắc tạo ra dòng điện xoay chiều	325
II. Các giá trị hiệu dụng của dòng điện xoay chiều	326
III. Định luật Ôm cho các loại đoạn mạch điện xoay chiều. Cộng hưởng điện	326
IV. Công suất của dòng điện xoay chiều	328
V. Máy biến áp, truyền tải điện năng	329
VI. Động cơ không đồng bộ ba pha	330
B. Phân dạng bài tập và phương pháp giải	331
I. Bài toán đại cương về điện xoay chiều	331
1. Phương pháp	331
2. Ví dụ minh họa	331

3. Bài tập tự luyện	335
II. Bài toán viết biểu thức cường độ dòng điện, hiệu điện thế	343
III. Bài toán liên quan đến các giá trị tức thời u, i	343
1. Phương pháp	343
2. Ví dụ minh họa	344
3. Bài tập tự luyện	356
IV. Bài toán công suất tiêu thụ, hệ số công suất	359
1. Phương pháp	359
2. Ví dụ minh họa	359
3. Bài tập tự luyện	364
V. Bài toán điện trở R biến thiên	375
VI. Bài toán cuộn cảm L biến thiên	379
1. Phương pháp	379
2. Ví dụ minh họa	386
3. Bài tập tự luyện	389
VII. Bài toán điện dung C biến thiên	394
1. Phương pháp	394
2. Ví dụ minh họa	401
3. Bài tập tự luyện	410
VIII. Bài toán tần số f biến thiên	417
IX. Bài toán về máy biến áp, truyền tải điện năng	428
1. Phương pháp	428
2. Ví dụ minh họa	428
3. Bài tập tự luyện	441
Đề kiểm tra chương 4	446

CHƯƠNG 5. SÓNG ÁNH SÁNG 452

A. Lí thuyết	452
I. Hiện tượng tán sắc ánh sáng	452
II. Hiện tượng giao thoa ánh sáng	452
III. Quang phổ	453
IV. Các loại tia	455
V. Thang sóng điện từ	455
VI. Câu hỏi trắc nghiệm lí thuyết	456
B. Phân dạng bài tập và phương pháp giải	462
I. Bài toán về tán sắc ánh sáng	462
1. Phương pháp	462
2. Ví dụ minh họa	462
3. Bài tập tự luyện	467

II. Giao thoa với ánh sáng đơn sắc	469
1. Bài toán vị trí vân sáng, vân tối, khoảng vân	469
2. Bài toán xác định số vân sáng, vân tối	479
III. Giao thoa với ánh sáng hỗn hợp	488
1. Giao thoa với ánh sáng trắng	488
2. Giao thoa với hai ánh sáng đơn sắc	494
3. Giao thoa với ba ánh sáng đơn sắc	503
4. Bài tập tự luyện	507

CHƯƠNG 6. LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG 513

A. Lí thuyết	513
I. Hiện tượng quang điện (ngoài)	513
II. Thuyết lượng tử ánh sáng (thuyết photon)	513
III. Giải thích các định luật quang điện	514
IV. Hiện tượng quang điện trong	515
V. So sánh hiện tượng quang điện ngoài và quang điện trong	515
VI. Hiện tượng quang – phát quang	515
VII. Mẫu nguyên tử Bo	515
VIII. Quang phổ vạch của nguyên tử hiđrô	516
IX. Sơ lược về laze	517
B. Phân dạng bài tập và phương pháp giải	518
I. Trắc nghiệm lí thuyết	518
1. Ví dụ minh họa	518
2. Bài tập tự luyện	520
II. Bài tập về hiện tượng quang điện	524
1. Bài toán sử dụng công thức Anhxtanh về hiện tượng quang điện	524
2. Bài toán hiệu điện thế hãm, hiệu điện thế giữa anot và catot trong tế bào quang điện	525
3. Bài toán về hiệu suất lượng tử	532
4. Bài toán về chiếu đồng thời hai bức xạ vào tế bào quang điện	534
5. Bài tập tự luyện	535
III. Bài tập về quang phổ vạch của nguyên tử Hydro	540
1. Phương pháp	540
2. Ví dụ minh họa	541
3. Bài tập tự luyện	547
IV. Bài tập về tia Rơnghen (tia X)	552
1. Bước sóng nhỏ nhất, tần số lớn nhất của tia X	552
2. Vận tốc cực đại của electron khi đập vào anot	554
Đề kiểm tra chương 6	556

CHƯƠNG 7. SƠ LƯỢC VỀ THUYẾT TƯƠNG ĐỐI HẸP 562

A. Lí thuyết	562
I. Thuyết tương đối hẹp	562
II. Hệ thức Anh-xtanh giữa năng lượng và khối lượng	562
III. So sánh giữa cơ học Newton và cơ học tương đối tính	563
B. Bài tập	563
I. Bài tập về hai tiên đề của Anhtanh	563
II. Bài tập về hệ thức Anhtanh giữa năng lượng và khối lượng	565

CHƯƠNG 8. HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ 568

A. Lí thuyết	568
I. Cấu tạo hạt nhân nguyên tử	568
II. Hiện tượng phóng xạ	569
III. Phản ứng hạt nhân	570
IV. Phản ứng phân hạch, phản ứng nhiệt hạch	572
B. Phân dạng bài tập và phương pháp giải	573
I. Bài tập về hiện tượng phóng xạ	573
1. Bài toán tìm lượng chất phóng xạ	573
2. Bài toán tìm chu kì phóng xạ	577
3. Bài toán tính tuổi thọ của cổ vật	578
4. Bài toán tính độ phóng xạ	580
II. Bài tập về hạt nhân, phản ứng hạt nhân	581
1. Bài toán đại cương về hạt nhân, phản ứng hạt nhân	581
2. Bài toán năng lượng, các định luật bảo toàn trong phản ứng hạt nhân	590
Đề kiểm tra chương 8	605

CHƯƠNG 9. BÀI TẬP CHUYÊN ĐỀ ĐỒ THỊ 610

CHƯƠNG 10. CHUYÊN ĐỀ THÍ NGHIỆM THỰC HÀNH 633

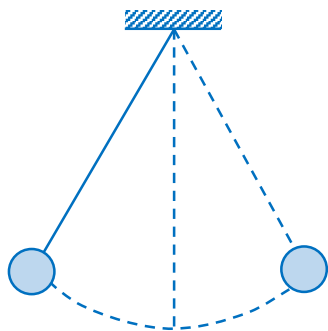
A. Sai số trong thí nghiệm thực hành	633
I. Phép đo	633
II. Các loại sai số	633
III. Cách tính giá trị trung bình và sai số trực tiếp	634
IV. Ghi kết quả	634
V. Sai số tỉ đối	635
VI. Cách tính sai số gián tiếp	635
B. Bài tập tự luyện	636

Tài liệu tham khảo	639
---------------------------------	------------

CHƯƠNG 1. DAO ĐỘNG CƠ

A. LÝ THUYẾT

I. DAO ĐỘNG



Dao động của con lắc đơn

Dao động là chuyển động qua lại quanh một vị trí cân bằng của vật.

Quả lắc của đồng hồ treo tường đung đưa sang trái, sang phải quanh một vị trí cân bằng (là vị trí thấp nhất của quả lắc) nên ta nói quả lắc đồng hồ đang *dao động*.

Trên mặt hồ gợn sóng, mẫu gỗ nhỏ bồng bênh, nhấp nhô tại vị trí của nó trên mặt hồ. Ta nói mẫu gỗ nhỏ đang *dao động*.

II. DAO ĐỘNG TUẦN HOÀN

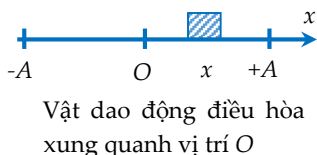
Dao động tuần hoàn là dao động mà trạng thái chuyển động của vật được lặp lại như cũ sau những khoảng thời gian bằng nhau xác định.

Ví dụ: Xét một con lắc đơn trong môi trường chân không. Ta kéo con lắc ra khỏi vị trí cân bằng của nó sao cho dây treo hợp với phương thẳng đứng một góc $\alpha > 10^\circ$ nào đó rồi thả nhẹ. Ta sẽ quan sát thấy con lắc chuyển động qua lại quanh vị trí cân bằng (vị trí thấp nhất của con lắc) của nó mãi. Và sau khi thả, ta thấy cứ sau một khoảng thời gian bằng nhau và bằng T nào đó, con lắc lại trở lại vị trí ban đầu. Ta nói con lắc đang *dao động tuần hoàn*.

III. DAO ĐỘNG ĐIỀU HÒA

1. Định nghĩa

Xét một vật dao động trên trục Ox xung quanh vị trí cân bằng của vật tại O . Trong quá trình vật chuyển động, vị trí của vật được xác định bởi tọa độ x gọi là li độ.



Vật dao động điều hòa xung quanh vị trí O

Chú ý

Dao động điều hòa là một trường hợp riêng của dao động tuần hoàn, dao động tuần hoàn có thể không điều hòa.

Dao động điều hòa là dao động mà li độ của vật là một hàm cosin (hay sin) của thời gian nhân với một hằng số.

2. Phương trình dao động

Một vật dao động điều hòa thì có phương trình dao động là

$$x = A \cos(\omega t + \varphi).$$

3. Các đại lượng đặc trưng của dao động điều hòa

- x là **li độ của vật** (li độ là tọa độ x của vật trên trục tọa độ Ox). Đơn vị chuẩn là mét (m), thường dùng là centimet (cm).
- A là **biên độ**, là **giá trị cực đại** của li độ x ứng với lúc $\cos(\omega t + \varphi) = 1$. Biên độ luôn dương, và có đơn vị của li độ.
- $(\omega t + \varphi)$ được gọi là **pha** của dao động tại thời điểm t . Pha chính là đối số của hàm cosin và là một góc. Đơn vị là độ hoặc rad.
- φ là **pha ban đầu** của dao động, tức là *pha* dao động tại thời điểm $t = 0$.
- ω gọi là **tần số góc của dao động**. Là tốc độ biến đổi của góc pha, có đơn vị là rad/s hoặc độ/s.
- Chu kì T** là thời gian mà vật thực hiện được một dao động toàn phần.

STUDY TIP

Độ lớn của li độ $|x|$ là khoảng cách từ vật đến vị trí cân bằng.

$$T = \frac{2\pi}{\omega}. \text{ Chu kì có đơn vị là giây (s)}$$

- **Tần số f** là số dao động vật thực hiện được trong một đơn vị thời gian.

Đơn vị là Héc (Hz) hay $\frac{1}{s}$.

$$f = \frac{\text{Số dao động thực hiện được trong khoảng thời gian } t}{\text{Thời gian } t \text{ thực hiện số dao động đó}} = \frac{1}{T}$$

Ví dụ: Một vật dao động điều hòa, người ta thấy trong 10s vật thực hiện được 20 dao động. Khi đó:

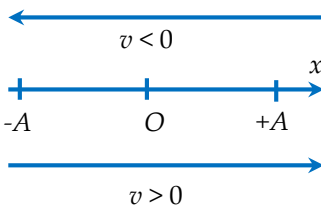
- Tần số f của vật: $f = \frac{20}{10} = 2 \text{ (Hz)}$.

- Chu kì dao động: $T = \frac{10}{20} = 0,5 \text{ (s)}$.

4. Phương trình vận tốc

Vận tốc bằng đạo hàm của li độ theo thời gian.

$$\begin{aligned} v &= x' = -\omega A \sin(\omega t + \varphi) \\ &= \omega A \sin(\omega t + \varphi + \pi) \\ &= \omega A \cos\left(\omega t + \varphi + \pi - \frac{\pi}{2}\right) \\ &= \omega A \cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right) \end{aligned}$$



Nhận xét

Vận tốc mang dấu dương (+) khi vật chuyển động theo chiều dương của trục tọa độ Ox . Vận tốc mang dấu âm (-) khi vật chuyển động theo chiều âm của trục tọa độ Ox .

Nhận xét:

- Vận tốc biến đổi điều hòa, và cùng tần số góc (cùng chu kì, tần số) với li độ của vật.
- Vận tốc có chiều là chiều chuyển động của vật.

- Xét độ lệch pha giữa vận tốc và li độ, tức xét hiệu số pha giữa pha của vận tốc và pha của li độ:

$$\Delta\varphi_{vx} = \varphi_v - \varphi_x = \left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right) - (\omega t + \varphi) = \frac{\pi}{2} > 0$$

Từ đó ta có $\varphi_v > \varphi_x$ và $\varphi_v = \varphi_x + \frac{\pi}{2}$ nên ta nói rằng: **vận tốc sớm pha hơn li độ và**

sớm pha hơn một góc là $\frac{\pi}{2}$.

Ngược lại, nếu ta xét độ lệch pha giữa li độ và vận tốc, thì ta có

$$\Delta\varphi_{xv} = -\frac{\pi}{2} < 0$$

hay $\varphi_x < \varphi_v$ và $\varphi_x = \varphi_v - \frac{\pi}{2}$ nên ta nói rằng: **li độ trễ pha so với vận tốc một góc**

bằng $\frac{\pi}{2}$.

Ngoài ra, nếu không xét đến đại lượng nào sớm hay trễ hơn so với đại lượng còn lại, thì ta nói **x vuông pha với v hoặc v vuông pha với x .**

STUDY TIP

Chú ý rằng theo Toán học, ta

$$\text{có: } -1 \leq \cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right) \leq 1$$

nên do đó:

$$-\omega A \leq v \leq \omega A.$$

Vận tốc cực đại

Ta có $v = \omega A$ khi $\cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right) = 1 \Leftrightarrow \omega t + \varphi + \frac{\pi}{2} = k2\pi \Leftrightarrow \omega t + \varphi = -\frac{\pi}{2} + k2\pi$, $k \in \mathbb{Z}$ (khi đó $x = 0$, $v > 0$, tức là khi vật đang đi qua vị trí cân bằng theo chiều dương) nên vận tốc cực đại của vật là $v_{\max} = \omega A$ khi vật đi qua vị trí cân bằng theo chiều dương.

Vận tốc cực tiểu

Ta có $v = -\omega A$ khi

$$\cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right) = -1 \Leftrightarrow \omega t + \varphi + \frac{\pi}{2} = \pi + k2\pi \Leftrightarrow \omega t + \varphi = +\frac{\pi}{2} + k2\pi, k \in \mathbb{Z}$$

(khi đó $x = 0$, $v < 0$, tức là khi vật đang đi qua vị trí cân bằng theo chiều âm) nên vận tốc cực tiểu của vật là $v_{\min} = -\omega A$ khi vật đi qua vị trí cân bằng theo chiều âm.

Chú ý

Chúng ta cần phân biệt giữa vận tốc và tốc độ. Tốc độ là độ lớn của vận tốc, là $|v|$. Do đó:

$$0 \leq |v| \leq \omega A$$

Nhận xét:

+ Tốc độ cực đại bằng ωA khi:

$$\left|\cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right)\right| = 1 \Leftrightarrow \sin\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right) = 0$$

$$\Leftrightarrow \omega t + \varphi + \frac{\pi}{2} = k\pi \Leftrightarrow \omega t + \varphi = -\frac{\pi}{2} + k\pi, k \in \mathbb{Z} \Leftrightarrow x = 0$$

Khi đó, vật đi qua vị trí cân bằng (không kể chiều).

+ Tốc độ cực tiểu bằng 0, khi:

$$\left|\cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right)\right| = 0 \Leftrightarrow \omega t + \varphi + \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{2} + k\pi \Leftrightarrow \omega t + \varphi = k\pi, k \in \mathbb{Z}$$

$$\Leftrightarrow x = \pm A$$

Khi đó, vật ở một trong hai vị trí biên.

5. Phương trình gia tốc

Gia tốc a của vật dao động điều hòa bằng đạo hàm của vận tốc theo thời gian, hay là đạo hàm bậc 2 của li độ x theo thời gian.

$$a = v'(t) = x''(t) = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi) = \omega^2 A \cos(\omega t + \varphi + \pi) = -\omega^2 x.$$

Nhận xét:

- Gia tốc biến đổi điều hòa cùng tần số góc (cùng chu kì, tần số) với vận tốc và li độ của vật.
- Gia tốc có chiều ngược với chiều chuyển động của vật $a = -\omega^2 x$ và luôn có chiều hướng về vị trí cân bằng.

Xét độ lệch pha giữa gia tốc và vận tốc, gia tốc và li độ ta thấy:

- Gia tốc sớm pha $\frac{\pi}{2}$ so với vận tốc, hay vận tốc trễ pha $\frac{\pi}{2}$ so với gia tốc.
- Gia tốc sớm pha π so với li độ, hay nói cách khác, gia tốc ngược pha so với li độ.

Gia tốc cực đại

Khi $x = -A$ (vật ở biên âm) thì $a = \omega^2 A$ nên gia tốc cực đại là $a_{\max} = \omega^2 A$.

Gia tốc cực tiểu

Khi $x = +A$ (vật ở biên dương) thì $a = -\omega^2 A$ nên gia tốc cực tiểu là $a_{\min} = -\omega^2 A$.

Nhận xét

Vì $-A \leq x \leq A$ nên ta có:
 $-\omega^2 A \leq a \leq \omega^2 A$.

IV. CÁC PHƯƠNG TRÌNH ĐỘC LẬP THỜI GIAN

Phương trình độc lập thời gian là phương trình liên hệ giữa các đại lượng như li độ x , vận tốc v và gia tốc a mà không phụ thuộc vào thời gian t .

1. Phương trình độc lập thời gian giữa v và x

Ta có

$$\begin{cases} x = A \cos(\omega t + \varphi) \\ v = -\omega A \sin(\omega t + \varphi) \end{cases}$$

Mặt khác, trong toán học, ta luôn có $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$ nên

$$\begin{cases} \cos(\omega t + \varphi) = \frac{x}{A} \\ \sin(\omega t + \varphi) = -\frac{v}{\omega A} \end{cases} \Rightarrow \left(\frac{x}{A}\right)^2 + \left(-\frac{v}{\omega A}\right)^2 = \cos^2(\omega t + \varphi) + \sin^2(\omega t + \varphi) = 1$$

Suy ra:

$$x^2 + \frac{v^2}{\omega^2} = A^2$$

Nhận xét:

- Phương trình trên cho phép ta tính được một trong bốn đại lượng x, v, A, ω khi biết ba đại lượng còn lại.
- Nếu A và ω cho trước thì đồ thị (v, x) là đường Elip

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{v^2}{(\omega A)^2} = 1$$

- Nhận thấy rằng vì x và v vuông pha nên ta có thể sử dụng được đẳng thức lượng giác: $\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$

STUDY TIP

Tổng quát lên, với hai đại lượng biến thiên điều hòa m và n vuông pha với nhau thì ta luôn có:

$$\left(\frac{m}{m_{\max}}\right)^2 + \left(\frac{n}{n_{\max}}\right)^2 = 1$$

Chú ý

Ngoài cách sử dụng tính chất vuông pha để suy ra biểu thức trên, ta có thể làm

cách sau: thay $x = \frac{-a}{\omega^2}$ vào

phương trình độc lập thời gian giữa x và v ta được

$$\begin{aligned} \left(\frac{a}{\omega^2 A}\right)^2 + \left(\frac{v}{\omega A}\right)^2 &= 1 \\ \Leftrightarrow \frac{a^2}{\omega^4 A^2} + \frac{v^2}{\omega^2 A^2} &= 1 \end{aligned}$$

2. Phương trình độc lập thời gian giữa a và v

Vì gia tốc a và vận tốc v vuông pha với nhau, nên ta có

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

Nhận xét:

- Phương trình độc lập thời gian giữa a và v cho phép ta tính được một trong bốn đại lượng a, v, ω, A khi biết ba đại lượng còn lại.
- Nếu A và ω cho trước thì đồ thị (v, a) là đường Elip

$$\frac{a^2}{\omega^4 A^2} + \frac{v^2}{\omega^2 A^2} = 1$$

3. Phương trình độc lập thời gian giữa x và a

Phương trình độc lập thời gian giữa x và a là

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

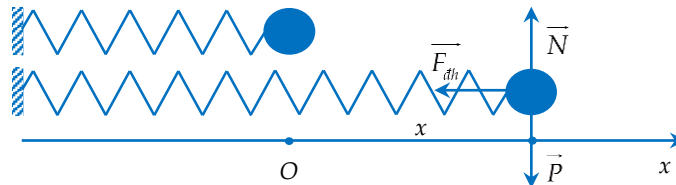
V. CON LẮC Lò xo

Con lắc lò xo gồm một lò xo có độ cứng k , khối lượng không đáng kể, một đầu gắn cố định, đầu kia gắn với vật nặng khối lượng m được đặt theo phương ngang hoặc treo thẳng đứng.

1. Con lắc lò xo nằm ngang

Xét chuyển động của vật nặng trong con lắc lò xo nằm ngang. Vật chuyển động trên một mặt phẳng ngang không có ma sát.

Chọn gốc tọa độ O tại vị trí lò xo không biến dạng. Chiều Ox hướng từ trái sang phải.



Khi vật ở vị trí có li độ x thì các lực tác dụng lên vật gồm:

- Trọng lực $\vec{P}$.
- Phản lực $\vec{N}$ do mặt phẳng tác dụng lên vật.
- Lực đàn hồi của lò xo $\vec{F}_{dh}$.

Xét các giá trị đại số của các vectơ trên trục Ox . Ta có:

- Trọng lực $\vec{P}$ có phương vuông góc với Ox nên giá trị đại số trên trục Ox bằng 0.
- Phản lực $\vec{N}$ do mặt phẳng tác dụng lên vật cũng có phương vuông góc với Ox nên giá trị đại số trên trục Ox bằng 0.
- Lực đàn hồi của lò xo $\vec{F}_{dh}$ có giá trị đại số là $F_{dh} = -k\Delta l = -kx$. (Dấu trừ biểu thị lực đàn hồi luôn có chiều ngược với chiều biến dạng của lò xo)

Bây giờ, theo định luật II Newton thì tổng tất cả các lực tác dụng lên vật sẽ bằng $m\vec{a}$, nhưng theo phương Ox thì trọng lực bằng không, phản lực bằng không, gia tốc $\vec{a}$ có giá trị đại số là $a = x''$ nên ta có

$$F_{dh} = ma \Leftrightarrow -kx = mx'' \Leftrightarrow x'' + \frac{k}{m}x = 0$$

Đặt $\omega^2 = \frac{k}{m}$, khi đó phương trình có dạng:

$$x'' + \omega^2 x = 0$$

có nghiệm là $x = A \cos(\omega t + \varphi)$. (Nếu không tin đó là nghiệm, thì bạn đọc có thể thay ngược trở lại phương trình để kiểm chứng).

Kết luận:

+ Con lắc lò xo nằm ngang ta đang xét dao động điều hòa, với tần số góc:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

+ Chu kì và tần số dao động lần lượt là:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

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

Chú ý

$\Delta l = l - l_0$ là **độ biến dạng**

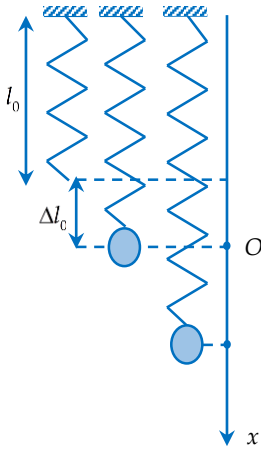
đại số của lò xo:

- $\Delta l > 0$ thì lò xo dãn
- $\Delta l < 0$ thì lò xo nén
- $\Delta l = x$ thì con lắc lò xo nằm ngang

Nhận xét

$x'' + \omega^2 x = 0$ là phương trình vi phân. Chúng ta sẽ học trong Toán cao cấp trên bậc Đại học. Ở đây, ta chỉ cần biết nó giải được và có nghiệm như bên.

2. Con lắc lò xo thẳng đứng



Vật chịu tác dụng của các lực:

- Trọng lực $\vec{P}$.
- Lực đàn hồi của lò xo $\vec{F}_{dh}$.

Xét chuyển động của vật nặng trong con lắc lò xo đặt thẳng đứng. Bỏ qua lực cản của không khí.

Chọn gốc tọa độ O tại vị trí cân bằng của vật. Chiều dương Ox hướng từ trên xuống dưới.

Ban đầu, khi chưa kích thích cho vật dao động thì vật cân bằng, nên $\vec{P} + \vec{F}_{dh} = 0$, do đó độ lớn $P = F_{dh}$, tức là

$$mg = k\Delta l_0.$$

Ở đây k là độ cứng của lò xo, Δl_0 là độ biến dạng của lò xo khi vật ở vị trí cân bằng.

Lúc sau, kích thích cho vật dao động. Khi vật ở vị trí có li độ x thì các lực tác dụng lên vật gồm:

- Trọng lực $\vec{P}$.
- Lực đàn hồi của lò xo $\vec{F}_{dh}$.

Theo định luật II Newton ta có (dạng véc-tơ): $\vec{P} + \vec{F}_{dh} = m\vec{a}$

Viết dưới dạng đại số, ta có:

$$mg - k\Delta l = mx''$$

Trong đó $\Delta l = \Delta l_0 + x$ là độ giãn đại số của lò xo, k là độ cứng của lò xo. Khi đó ta có:

$$mg - k(\Delta l_0 + x) = mx'' \Leftrightarrow mx'' + kx = (mg - k\Delta l_0) = 0 \Leftrightarrow x'' + \frac{k}{m}x = 0$$

Đặt $\omega^2 = \frac{k}{m}$, khi đó phương trình có dạng

$$x'' + \omega^2 x = 0.$$

Phương trình này giống như phương trình thu được ở con lắc lò xo nằm ngang nên phương trình này cũng có nghiệm là

$$x = A \cos(\omega t + \varphi).$$

Kết luận:

+ Con lắc lò xo thẳng đứng cũng dao động điều hòa, với tần số góc:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

+ Chu kì và tần số dao động lần lượt là:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

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

3. Năng lượng của con lắc lò xo

Xét con lắc lò xo dao động với phương trình $x = A \cos(\omega t + \varphi)$.

Chọn gốc tọa độ tại vị trí cân bằng của con lắc.

Vận tốc của con lắc là $v = -\omega A \sin(\omega t + \varphi)$.

3.1. Động năng

Động năng của vật dao động điều hòa được xác định bởi

$$W_d = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m[-\omega A \sin(\omega t + \varphi)]^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \varphi)$$

Vì $0 \leq \sin^2(\omega t + \varphi) \leq 1$ nên $0 \leq W_d \leq \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$. Do đó:

STUDY TIPS

- $W_{d\max} = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$ khi $x = 0$
- $W_{d\min} = 0$ khi $x = \pm A$

Chú ý

Trong chương trình Vật lí phổ thông, nếu đề bài không nói gì về mốc thế năng, thì ta hiểu là ta đã chọn mốc thế năng đàn hồi và mốc thế năng trọng trường tại vị trí cân bằng của con lắc. Do đó, thế năng của con lắc trong trường hợp con lắc lò xo nằm ngang cũng như thẳng đứng đều là

$$W_t = \frac{1}{2}kx^2.$$

STUDY TIPS

- $W_{t\max} = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$ khi $x = \pm A$
- $W_{t\min} = 0$ khi $x = 0$
- Động năng và thế năng biến thiên tuần hoàn với tần số góc gấp 2 lần tần số góc của vật

$$\omega' = 2\omega$$

- $W_{d\max} = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$ khi $\sin^2(\omega t + \varphi) = 1 \Leftrightarrow \cos^2(\omega t + \varphi) = 0 \Rightarrow x = 0$ tức là khi vật ở vị trí cân bằng.
- $W_{d\max} = 0$ khi $\sin^2(\omega t + \varphi) = 0 \Rightarrow \omega t + \varphi = k\pi, k \in \mathbb{Z} \Rightarrow x = \pm A$ tức là khi vật ở một trong hai vị trí biên.

Ngoài ra, khi sử dụng công thức hạ bậc, ta có

$$W_d = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \varphi) = \frac{1}{4}m\omega^2 A^2 [1 - \cos 2(\omega t + \varphi)]$$

Do đó, động năng biến thiên tuần hoàn với tần số góc $\omega' = 2\omega$.

3.2. Thế năng

Thế năng của con lắc bao gồm **thế năng đàn hồi** và **thế năng trọng trường**.

Chọn mốc tính thế năng đàn hồi và mốc tính thế năng trọng trường tại vị trí cân bằng của con lắc, thì:

- Trong trường hợp con lắc lò xo nằm ngang, thế năng của con lắc chỉ có thế năng đàn hồi là $W_t = \frac{1}{2}kx^2$ (thế năng trọng trường bằng 0).
- Trong trường hợp con lắc lò xo thẳng đứng, thế năng của con lắc bao gồm thế năng trọng trường và thế năng đàn hồi, tổng lại vẫn bằng $W_t = \frac{1}{2}kx^2$ (ta hoàn toàn có thể chứng minh điều này).

Như vậy, thế năng của con lắc lò xo trong cả 2 trường hợp đều được xác định bởi

$$W_t = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}k[A \cos(\omega t + \varphi)]^2 = \frac{1}{2}kA^2 \cos^2(\omega t + \varphi)$$

Vì $0 \leq \cos^2(\omega t + \varphi) \leq 1$ nên $0 \leq W_d \leq \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$. Do đó:

- $W_{t\max} = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$ khi $\cos^2(\omega t + \varphi) = 1 \Leftrightarrow \sin^2(\omega t + \varphi) = 0 \Rightarrow x = \pm A$ tức là khi **vật ở một trong hai vị trí biên**
- $W_{t\min} = 0$ khi $\cos^2(\omega t + \varphi) = 0 \Rightarrow x = 0$ tức là khi **vật ở vị trí cân bằng**.

Ngoài ra, sử dụng công thức hạ bậc, ta có

$$W_t = \frac{1}{2}kA^2 \cos^2(\omega t + \varphi) = \frac{1}{4}kA^2 [1 + \cos 2(\omega t + \varphi)]$$

Do đó, thế năng biến thiên tuần hoàn với tần số góc $\omega' = 2\omega$.

3.3. Cơ năng

Cơ năng của con lắc lò xo là tổng của động năng và thế năng

$$\begin{aligned} W &= W_d + W_t = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \varphi) + \frac{1}{2}kA^2 \cos^2(\omega t + \varphi) \\ &= \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \varphi) + \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \cos^2(\omega t + \varphi) \\ &= \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 [\sin^2(\omega t + \varphi) + \cos^2(\omega t + \varphi)] = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 = \frac{1}{2}kA^2 \end{aligned}$$

Nhận xét:

- Cơ năng của vật luôn luôn không đổi và tỉ lệ với bình phương biên độ.
- Cơ năng của vật bằng động năng của vật khi vật ở vị trí cân bằng.
- Cơ năng của vật bằng thế năng của vật khi vật ở một trong hai vị trí biên
- Cơ năng của vật bằng động năng cực đại và cũng bằng thế năng cực đại của vật.

VI. TỔNG HỢP DAO ĐỘNG

1. Mối quan hệ giữa chuyển động tròn đều và dao động điều hòa

Một chất điểm chuyển động tròn đều với tốc độ góc ω thì hình chiếu của nó trên đường kính dao động điều hòa với tần số góc ω .

Xét một chất điểm M chuyển động tròn đều trên một đường tròn lượng giác có bán kính là A .

Điểm M chuyển động với tốc độ góc (tốc độ quay của $\overrightarrow{OM}$ trên đường tròn) là ω (rad/s).

- Tại thời điểm ban đầu $t = 0$, $\overrightarrow{OM}$ hợp với Ox một góc φ .

- Tại thời điểm t bất kì, góc tạo bởi $\overrightarrow{OM_t}$ và Ox là $\omega t + \varphi$.

Hình chiếu của điểm M_t trên trục Ox là điểm P_t với

$$\overline{OP_t} = x_{P_t} = A \cos(\omega t + \varphi).$$

Từ đây, ta có nhận xét sau:

- Điểm P dao động điều hòa.
- Thời gian để M quay hết một vòng (2π) là $\frac{2\pi}{\omega}$, khi đó P dao động được một chu kỳ T hay P thực hiện được một dao động toàn phần.
- Giả sử ở thời điểm t_1 , điểm P có li độ là x_1 , ứng với điểm H trên đường tròn; thời điểm t_2 , điểm P có li độ là x_2 , ứng với điểm G trên đường tròn thì: thời gian P đi từ x_1 đến x_2 bằng thời gian M chuyển động tròn đều từ H đến G .

Nhận xét trên này rất quan trọng giúp ta có thể giải bài toán tính thời gian trong dao động điều hòa một cách dễ dàng.

2. Tổng hợp dao động bằng phương pháp véc tơ quay

Xét hai dao động điều hòa cùng phương cùng tần số

$$\begin{cases} x_1 = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1) \\ x_2 = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2) \end{cases}$$

Khi đó phương trình dao động tổng hợp là

$$x = x_1 + x_2$$

Để tổng hợp, ta có thể làm một trong các cách sau đây:

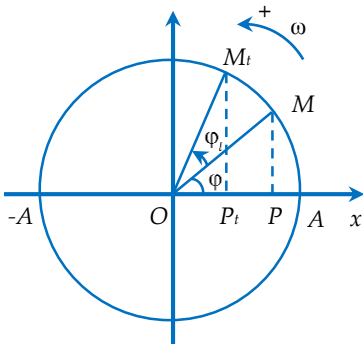
Cách 1: Nếu hai vật có cùng biên độ dao động, $A_1 = A_2 = A$ thì ta sẽ tổng hợp

bằng cách sử dụng công thức cộng lượng giác $\cos a + \cos b = 2 \cos \frac{a+b}{2} \cos \frac{a-b}{2}$

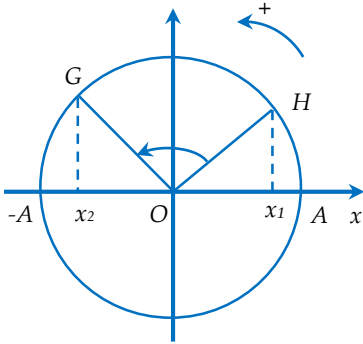
$$\begin{aligned} x = x_1 + x_2 &= A [\cos(\omega t + \varphi_1) + \cos(\omega t + \varphi_2)] \\ &= 2A \cos\left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}\right) \cos\left(\omega t + \frac{\varphi_2 + \varphi_1}{2}\right) \end{aligned}$$

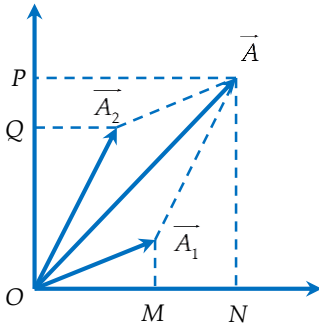
Cách 2: Nếu hai vật biên độ khác nhau nhau, ta dùng phương pháp véc tơ quay như sau:

- Vẽ các véc tơ $\overrightarrow{A_1}, \overrightarrow{A_2}$ tỉ lệ với các độ lớn của biên độ A_1, A_2 . Tại thời điểm ban đầu $t = 0$, các véc tơ này hợp với Ox các góc lần lượt φ_1 và φ_2 .



Lưu ý: Quy ước chiều chuyển động của M là chiều ngược chiều kim đồng hồ.





- Vẽ véc tơ $\vec{A} = \vec{A}_1 + \vec{A}_2$ thì tại thời điểm ban đầu véc tơ tổng hợp tạo với trục tọa độ một góc đúng bằng pha ban đầu của dao động tổng hợp φ .

- Cho các véc tơ $\vec{A}_1, \vec{A}_2$ quay đều với tốc độ góc ω theo chiều dương quy ước (chiều ngược chiều kim đồng hồ). Khi đó véc tơ $\vec{A}$ có độ lớn không đổi và quay theo với tốc độ góc đúng bằng ω .

Từ hình vẽ, ta có biên độ của dao động tổng hợp là

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \Delta\varphi$$

Pha ban đầu φ xác định bởi

$$\tan \varphi = \frac{AN}{ON} = \frac{PQ + QO}{OM + MN} = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}$$

Sau khi xác định biên độ A và pha ban đầu φ thì ta sẽ có phương trình của dao động tổng hợp

$$x = A \cos(\omega t + \varphi).$$

Nhận xét: Ngoài cách tổng hợp dao động bằng phương pháp đại số như trên, ta còn một phương pháp nữa để tổng hợp dao động, đó là phương pháp số phức (sẽ được trình bày trong phần bài tập).

VII. CON LẮC ĐƠN

1. Cấu tạo

- Con lắc đơn gồm sợi dây nhẹ không dẫn có chiều dài l , đầu trên được treo cố định đầu dưới được gắn với vật nặng có khối lượng m .

- Vật m có kích thước không đáng kể so với chiều dài của sợi dây, còn sợi dây có khối lượng không đáng kể so với khối lượng của vật nặng m .

2. Thí nghiệm

Kéo con lắc lệch khỏi vị trí cân bằng góc α_0 ($\alpha_0 \leq 10^\circ$) rồi buông tay không vận tốc đầu, trong môi trường không có ma sát (mọi lực cản không đáng kể) thì con lắc đơn dao động điều hòa với biên độ góc α_0 .

3. Phương trình dao động của con lắc đơn

Con lắc đơn dao động điều hòa với phương trình li độ dài hoặc li độ góc

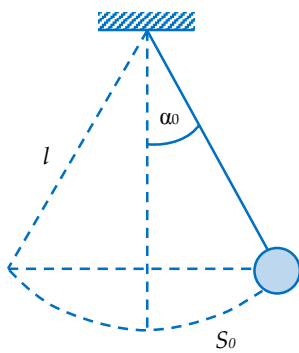
$$\begin{cases} s = S_0 \cos(\omega t + \varphi) \\ \alpha = \alpha_0 \cos(\omega t + \varphi) \end{cases}$$

Với $s = l\alpha$. Trong đó

- l chiều dài dây treo (m)
- s là li độ dài (cm, m, ...).
- S_0 là biên độ dài (cm, m, ...)
- α là li độ góc (rad).
- α_0 là biên độ góc (rad).
- $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$ (rad/s) (g là gia tốc trọng trường m/s^2 , l là chiều dài dây treo (m)).
- $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ (s) là chu kì của con lắc đơn.

Chú ý

Con lắc đơn chỉ được coi là dao động điều hòa nếu có biên độ góc $\alpha_0 \leq 10^\circ$ hay $\alpha_0 \leq 0,1745$ rad.



- $f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$ (Hz) là tần số của con lắc đơn.

4. Phương trình vận tốc trong dao động điều hòa của con lắc đơn

Tương tự như trong dao động điều hòa, vận tốc của con lắc đơn

$$v = s' = -\omega S_0 \sin(\omega t + \varphi).$$

Các nhận xét tương tự như nhận xét đối với vận tốc trong dao động điều hòa.

5. Phương trình gia tốc trong dao động điều hòa của con lắc đơn

$$a = v' = s'' = -\omega^2 S_0 \cos(\omega t + \varphi) = -\omega^2 s$$

Các nhận xét tương tự như nhận xét đối với gia tốc trong dao động điều hòa.

6. Các phương trình độc lập thời gian

Ta có các phương trình độc lập thời gian giống như phần dao động điều hòa đã trình bày. Ở đây li độ dài s giống với x .

$$\begin{cases} S_0^2 = s^2 + \frac{v^2}{\omega^2} = \frac{a^2}{\omega^4} + \frac{v^2}{\omega^2} \\ a = -\omega^2 s \end{cases} \xrightarrow{s=al} \begin{cases} \alpha_0^2 = \alpha^2 + \frac{v^2}{l^2 \omega^2} = \frac{a^2}{l^2 \omega^4} + \frac{v^2}{l^2 \omega^2} \\ \frac{a}{l} = -\omega^2 \alpha \end{cases}$$

7. Năng lượng của con lắc đơn

- **Động năng:** Động năng của con lắc đơn là động năng của vật (coi là chất điểm):

$$W_d = \frac{1}{2}mv^2$$

- **Thế năng:** Thế năng của con lắc đơn là thế năng trọng trường của vật. Nếu chọn mốc tính thế năng là vị trí cân bằng thì thế năng của con lắc đơn ở li độ góc α là

$$W_t = mgl(1 - \cos \alpha)$$

- **Cơ năng:** Nếu bỏ qua mọi ma sát thì cơ năng của con lắc đơn được bảo toàn

$$W = W_d + W_t = \frac{1}{2}mv^2 + mgl(1 - \cos \alpha) = \text{const}$$

VIII. CÁC LOẠI DAO ĐỘNG

1. Dao động tự do

Dao động tự do là dao động mà chu kỳ của hệ chỉ phụ thuộc vào đặc tính bên trong của hệ mà không phụ thuộc vào các yếu tố bên ngoài.

Ví dụ:

- Con lắc lò xo dao động với chu kỳ $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ chỉ phụ thuộc vào đặc tính riêng của hệ là m và k .

- Con lắc đơn có chu kỳ $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ chỉ phụ thuộc vào đặc tính riêng của hệ là l và g .

2. Dao động tắt dần

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

- **Nguyên nhân:** Do ma sát, lực cản (độ nhớt) của môi trường gây ra.

- **Ứng dụng:** Sử dụng trong các thiết bị đóng cửa tự động, giảm xóc ô tô,...

STUDY TIP

- Dao động tắt dần càng nhanh khi ma sát càng lớn.
- Khi ma sát nhỏ, dao động tắt dần có thể coi gần đúng là tuần hoàn với tần số góc bằng tần số góc của dao động điều hòa khi không có ma sát.

3. Dao động duy trì

Dao động duy trì là dao động tắt dần được cung cấp năng lượng đúng bằng phần năng lượng bị tiêu hao do ma sát sau mỗi chu kì, hay nói cách khác, dao động được duy trì bằng cách giữ cho biên độ không đổi mà không làm thay đổi chu kì dao động riêng gọi là dao động duy trì.

- **Ứng dụng:** Chế tạo đồng hồ quả lắc.

4. Dao động cưỡng bức. Sự cộng hưởng

4.1. Định nghĩa

Dao động cưỡng bức là dao động của một vật chịu sự tác dụng của ngoại lực cưỡng bức biến thiên tuần hoàn theo thời gian.

$$F = F_0 \cos(\Omega t + \varphi).$$

4.2. Đặc điểm

Khác với dao động tắt dần, dao động cưỡng bức có các đặc điểm sau đây:

- Biên độ của dao động cưỡng bức không đổi.
- Tần số của dao động cưỡng bức bằng tần số của lực cưỡng bức

$$f = f_F = \frac{\Omega}{2\pi}.$$

Trong đó f là tần số của dao động cưỡng bức, f_F là tần số của lực cưỡng bức.

- Biên độ của dao động cưỡng bức A_{cb} phụ thuộc vào:

+ Biên độ của lực cưỡng bức F_0 .

+ Độ chênh lệch giữa tần số của lực cưỡng bức và tần số riêng (f_0) của hệ

$$|f - f_0|.$$

Độ chênh lệch này càng nhỏ thì biên độ của dao động cưỡng bức càng lớn.

+ Lực cản môi trường. Lực cản môi trường càng lớn thì biên độ của dao động cưỡng bức càng nhỏ và ngược lại.

4.3. Hiện tượng cộng hưởng

Hiện tượng cộng hưởng là hiện tượng biên độ dao động cưỡng bức tăng đến giá trị cực đại khi tần số f_F của lực cưỡng bức bằng tần số dao động riêng của hệ f_0 .

$$f_F = f_0.$$

5. Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Một vật dao động tắt dần có các đại lượng giảm liên tục theo thời gian là:

- | | |
|---------------------------|-----------------------|
| A. biên độ và gia tốc. | B. li độ và tốc độ. |
| C. biên độ và năng lượng. | D. biên độ và tốc độ. |

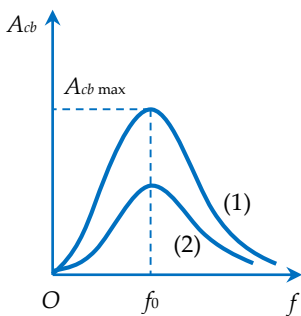
Lời giải

Theo định nghĩa về dao động tắt dần thì biên độ và năng lượng giảm liên tục theo thời gian.

Đáp án C.

Ví dụ 2: Phát biểu nào sau đây là sai khi nói về dao động cơ học?

- A. Hiện tượng cộng hưởng (sự cộng hưởng) xảy ra khi tần số của ngoại lực điều hoà bằng tần số dao động riêng của hệ.



Đường (1) ứng với ma sát nhỏ hơn so với đường (2)

- B.** Biên độ dao động cưỡng bức của một hệ cơ học khi xảy ra hiện tượng cộng hưởng (sự cộng hưởng) không phụ thuộc vào lực cản của môi trường.
- C.** Tần số dao động cưỡng bức của một hệ cơ học bằng tần số của ngoại lực điều hoà tác dụng lên hệ ấy.
- D.** Tần số dao động tự do của một hệ cơ học là tần số dao động riêng của hệ ấy.

Lời giải

- A.** Đúng. Khi tần số của ngoại lực điều hoà bằng tần số dao động riêng của hệ thì hiện tượng cộng hưởng xảy ra
- B.** Sai. Biên độ dao động cưỡng bức của một hệ cơ học khi xảy ra hiện tượng cộng hưởng (sự cộng hưởng) phụ thuộc vào lực cản của môi trường.
- C.** Đúng. Trong dao động cưỡng bức thì tần số dao động cưỡng bức của một hệ cơ học bằng tần số của ngoại lực điều hoà tác dụng lên hệ ấy.
- D.** Đúng. Trong dao động tự do thì tần số của dao động tự do chính là tần số riêng của hệ đó.

Đáp án B.

Ví dụ 3: Khi xảy ra hiện tượng cộng hưởng cơ thì vật tiếp tục dao động:

- A.** với tần số bằng tần số dao động riêng.
- B.** mà không chịu ngoại lực tác dụng.
- C.** với tần số lớn hơn tần số dao động riêng.
- D.** với tần số nhỏ hơn tần số dao động riêng.

Lời giải

Khi xảy ra hiện tượng cộng hưởng cơ thì mặc dù vật dao động với biên độ cực đại nhưng nó vẫn dao động với tần số bằng tần số dao động riêng.

Đáp án A.

Ví dụ 4: Khi nói về một hệ dao động cưỡng bức ở giai đoạn ổn định, phát biểu nào dưới đây là sai?

- A.** Tần số của hệ dao động cưỡng bức bằng tần số của ngoại lực cưỡng bức.
- B.** Tần số của hệ dao động cưỡng bức luôn bằng tần số dao động riêng của hệ.
- C.** Biên độ của hệ dao động cưỡng bức phụ thuộc vào tần số của ngoại lực cưỡng bức.
- D.** Biên độ của hệ dao động cưỡng bức phụ thuộc vào biên độ của ngoại lực cưỡng bức.

Lời giải

B sai vì tần số của hệ dao động cưỡng bức chỉ bằng tần số dao động riêng của hệ khi hiện tượng cộng hưởng xảy ra.

Đáp án B.

Ví dụ 5: Phát biểu nào sau đây là đúng khi nói về dao động tắt dần?

- A.** Dao động tắt dần có biên độ giảm dần theo thời gian.
- B.** Cơ năng của vật dao động tắt dần không đổi theo thời gian.
- C.** Lực cản môi trường tác dụng lên vật luôn sinh công dương.
- D.** Dao động tắt dần là dao động chỉ chịu tác dụng của nội lực.

Lời giải

- A.** Đúng. Theo định nghĩa: Dao động tắt dần có biên độ và năng lượng giảm dần theo thời gian.
- B.** Sai, vì biên độ giảm dần theo thời gian nên cơ năng của vật dao động cũng giảm dần theo thời gian.
- C.** Sai, vì lực cản môi trường tác dụng lên vật luôn sinh công âm.
- D.** Sai, vì dao động tắt dần là dao động chịu tác dụng của ngoại lực như ma sát, lực cản môi trường.

Đáp án A.

Ví dụ 6: Khi nói về dao động cưỡng bức, phát biểu nào sau đây là đúng?

- A.** Dao động của con lắc đồng hồ là dao động cưỡng bức.
- B.** Biên độ của dao động cưỡng bức là biên độ của lực cưỡng bức.
- C.** Dao động cưỡng bức có biên độ không đổi và có tần số bằng tần số của lực cưỡng bức.
- D.** Dao động cưỡng bức có tần số nhỏ hơn tần số của lực cưỡng bức.

Lời giải

- A.** Sai, vì dao động của con lắc đồng hồ là dao động duy trì.
- B.** Sai, vì biên độ dao động cưỡng bức phụ thuộc vào biên độ của lực cưỡng bức chứ không phải là biên độ của lực cưỡng bức.
- C.** Đúng.
- D.** Sai, dao động cưỡng bức có tần số bằng tần số của lực cưỡng bức.

Đáp án C.

Ví dụ 7: Một tấm ván có tần số riêng là 2Hz. Hỏi trong một 1 phút một người đi qua tấm ván phải đi bao nhiêu bước để tấm ván rung mạnh nhất:

- A.** 60 bước. **B.** 30 bước. **C.** 80 bước. **D.** 120 bước.

Lời giải

Để tấm ván rung mạnh nhất thì hiện tượng cộng hưởng xảy ra, khi đó tần số riêng của tấm ván bằng tần số của dao động cưỡng bức do người tạo ra trên tấm ván $f_0 = f = 2 \text{ Hz}$.

Gọi số bước của người đó là x thì ta có $\frac{x}{60} = 2$ suy ra $x = 120$

Đáp án D.

Ví dụ 8: Một con lắc lò xo có $k = 100 \text{ N/m}$, vật có khối lượng 1 kg, treo lò xo lên tàu biết mỗi thanh ray cách nhau 12,5m. Tính vận tốc của con tàu để vật dao động mạnh nhất.

- A.** 19,89 m/s. **B.** 22 m/s. **C.** 22 km/h. **D.** 19,89 km/s.

Lời giải

Để vật trên con tàu dao động mạnh nhất thì xảy ra hiện tượng cộng hưởng, tần số riêng của con lắc phải bằng tần số dao động của con tàu. Khi đó ta có

$$f = f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} = 1,59$$

Từ đó $T = 0,63 \text{ s}$ và $T = \frac{L}{v}$ nên $v = 19,89 \text{ m/s}$.

Đáp án A.

Ví dụ 9: Một con lắc lò xo có độ cứng $k = 400 \text{ N/m}$; $m = 0,1 \text{ kg}$ được kích thích bởi hai ngoại lực sau:

- Nếu chỉ kích thích bởi ngoại lực 1 có phương trình $f_1 = F \cos\left(8\pi t + \frac{\pi}{3}\right) \text{ cm}$ thì biên độ dao động là A_1

- Nếu chỉ kích thích bởi ngoại lực 2 có phương trình $f_2 = F \cos(6\pi t + \pi) \text{ cm}$ thì biên độ dao động là A_2 .

Tìm nhận xét đúng.

A. $A_1 = A_2$

B. $A_1 > A_2$

C. $A_1 < A_2$

D. A và B đều đúng

Lời giải

Biên độ dao động không phụ thuộc vào pha ban đầu của ngoại lực, vậy để so sánh A_1 và A_2 ta sẽ so sánh tần số của f_1 và f_2 .

Vì biên độ dao động cưỡng bức phụ thuộc vào độ chênh lệch $|f - f_0|$, mà f tỉ lệ thuận với ω nên biên độ dao động cưỡng bức cũng phụ thuộc vào $|\omega - \omega_0|$.

Ta có

$$\begin{cases} \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{400}{0,1}} = 20\pi \\ |\omega - \omega_1| = |20\pi - 8\pi| = 12\pi \Rightarrow |\omega - \omega_1| < |\omega - \omega_2| \\ |\omega - \omega_2| = |20\pi - 6\pi| = 14\pi \end{cases}$$

Từ đó suy ra $A_1 > A_2$ (vì độ chênh lệch càng nhỏ thì biên độ càng lớn).

Đáp án B.

6. Trắc nghiệm tự luyện

Câu 1: Nhận định nào sau đây là sai khi nói về hiện tượng cộng hưởng trong một hệ cơ học.

A. Tần số dao động của hệ bằng với tần số của ngoại lực.

B. Khi có cộng hưởng thì dao động của hệ không phải là điều hòa.

C. Biên độ dao động lớn khi lực cản môi trường nhỏ.

D. Khi có cộng hưởng thì dao động của hệ là dao động điều hòa.

Câu 2: Nhận xét nào sau đây về dao động tắt dần là đúng?

A. Có tần số và biên độ giảm dần theo thời gian.

B. Môi trường càng nhớt thì dao động tắt dần càng nhanh.

C. Có năng lượng dao động luôn không đổi theo thời gian.

D. Biên độ không đổi nhưng tốc độ dao động thì giảm dần.

Câu 3: Chọn phát biểu sai về dao động duy trì.

A. Có chu kỳ bằng chu kỳ dao động riêng của hệ.

B. Năng lượng cung cấp cho hệ đúng bằng phần năng lượng mất đi trong mỗi chu kỳ.

C. Có tần số dao động không phụ thuộc năng lượng cung cấp cho hệ.

D. Có biên độ phụ thuộc vào năng lượng cung cấp cho hệ trong mỗi chu kỳ.

Câu 4: Phát biểu nào dưới đây sai?

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

B. Dao động cưỡng bức có tần số bằng tần số của ngoại lực.

C. Dao động duy trì có tần số phụ thuộc vào năng lượng cung cấp cho hệ dao động.

D. Cộng hưởng có biên độ phụ thuộc vào lực cản của môi trường.

Câu 5: Hiện tượng cộng hưởng thể hiện càng rõ nét khi

A. Biên độ của lực cưỡng bức nhỏ.

B. Độ nhớt của môi trường càng lớn.

C. Tần số của lực cưỡng bức lớn.

D. Lực cản, ma sát của môi trường nhỏ.

Câu 6: Để duy trì dao động cho một cơ hệ ta phải

A. Làm nhẵn, bôi trơn để giảm ma sát.

B. Tác dụng vào nó một lực không đổi theo thời gian.

C. Tác dụng lên hệ một ngoại lực tuần hoàn.

D. Cho hệ dao động với biên độ nhỏ để giảm ma sát.

Câu 7: Chọn câu sai khi nói về dao động cưỡng bức

A. Tần số dao động bằng tần số của ngoại lực.

B. Biên độ dao động phụ thuộc vào tần số của ngoại lực.

C. Dao động theo quy luật hàm sin của thời gian.

D. Tần số ngoại lực tăng thì biên độ dao động tăng.

Câu 8: Để duy trì dao động cho một cơ hệ mà không làm thay đổi chu kì riêng của nó, ta phải

A. tác dụng vào vật dao động một ngoại lực không thay đổi theo thời gian.

B. tác dụng vào vật dao động một ngoại lực biến thiên tuần hoàn theo thời gian.

C. làm nhẵn, bôi trơn để giảm ma sát.

D. tác dụng ngoại lực vào vật dao động cùng chiều với chuyển động trong một phần của từng chu kì.

Câu 9: Sau khi xảy ra hiện tượng cộng hưởng nếu

A. Tăng độ lớn lực ma sát thì biên độ tăng.

B. Tăng độ lớn lực ma sát thì biên độ giảm.

C. Giảm độ lớn lực ma sát thì chu kì tăng.

D. Giảm độ lớn lực ma sát thì tần số tăng.

Câu 10: Chọn nhận định sai

A. Trong sự tự dao động, hệ tự điều khiển sự bù đắp năng lượng từ từ cho con lắc.

B. Trong sự tự dao động, dao động duy trì theo tần số riêng của hệ.

C. Trong dao động cưỡng bức, biên độ phụ thuộc vào hiệu số tần số cưỡng bức và tần số riêng.

D. Biên độ dao động cưỡng bức không phụ thuộc vào cường độ của ngoại lực.

Câu 11: Phát biểu nào sau đây là đúng?

A. Dao động duy trì là dao động tắt dần mà người ta đã kích thích lại dao động sau khi dao động bị tắt hẳn.

B. Dao động duy trì là dao động tắt dần mà người ta đã làm mất lực cản của môi trường đối với vật dao động.

C. Dao động duy trì là dao động tắt dần mà người ta đã tác dụng ngoại lực vào vật dao động cùng chiều với chiều chuyển động trong một phần của từng chu kỳ.

D. Dao động duy trì là dao động tắt dần mà người ta đã tác dụng ngoại lực biến đổi điều hoà theo thời gian vào vật dao động.

Câu 12: Chọn phát biểu sai:

A. Hai dao động điều hoà cùng tần số, ngược pha thì li độ của chúng luôn luôn đối nhau.

B. Khi vật nặng của con lắc lò xo đi từ vị trí biên đến vị trí cân bằng thì vectơ vận tốc và vectơ gia tốc luôn luôn cùng chiều.

C. Trong dao động điều hoà, khi độ lớn của gia tốc tăng thì độ lớn của vận tốc giảm.

D. Dao động tự do là dao động có tần số chỉ phụ thuộc đặc tính của hệ, không phụ thuộc các yếu tố bên ngoài.

Câu 13: Chọn câu sai khi nói về dao động:

A. Dao động của cây khi có gió thổi là dao động cưỡng bức.

B. Dao động của đồng hồ quả lắc là dao động duy trì.

C. Dao động của pittông trong xilanh của xe máy khi động cơ hoạt động là dao động điều hoà.

D. Dao động của con lắc đơn khi bỏ qua ma sát và lực cản môi trường luôn là dao động điều hoà.

Câu 14: Nhận xét nào sau đây là không đúng?

A. Dao động duy trì có chu kì bằng chu kì dao động riêng của con lắc.

B. Dao động tắt dần càng nhanh nếu lực cản của môi trường càng lớn.

C. Biên độ dao động cưỡng bức không phụ thuộc vào tần số lực cưỡng bức.

D. Dao động cưỡng bức có tần số bằng tần số của lực cưỡng bức.

Câu 15: Một vật dao động riêng với tần số là $f = 10$ Hz. Nếu tác dụng vào vật ngoại lực có tần số $f_1 = 5$ Hz thì biên độ là A_1 . Nếu tác dụng vào vật ngoại lực có tần số biến đổi là $f_2 = 8$ Hz và cùng giá trị biên độ với ngoại lực thứ nhất thì vật dao động với biên độ A_2 (mọi điều kiện khác không đổi). Tìm phát biểu đúng?

- A.** Biên độ thứ hai bằng biên độ thứ nhất.
- B.** Biên độ thứ hai lớn hơn biên độ thứ nhất.
- C.** Biên độ dao động thứ nhất lớn hơn.
- D.** Không kết luận được.

Câu 16: Một tấm ván có tần số riêng là 2Hz. Hỏi trong một 1 phút một người đi qua tấm ván phải đi bao nhiêu bước để tấm ván rung mạnh nhất:

- A.** 60 bước.
- B.** 30 bước.
- C.** 80 bước.
- D.** 120 bước.

Câu 17: Một con lắc đơn có $l = 1$ m; $g = 10$ m/s² được treo trên một xe ô tô, khi xe đi qua phần đường mấp mô, cứ 12m lại có một chỗ gồ ghề, tính vận tốc của vật để con lắc dao động mạnh nhất.

- A.** 6m/s.
- B.** 6 km/h.
- C.** 60 km/h.
- D.** 36 km/s.

Câu 18: Một con lắc lò xo có $K = 100$ N/m, vật có khối lượng 1kg, treo lò xo lên tàu biết mỗi thanh ray cách nhau 12,5m. Tính vận tốc của con tàu để vật dao động mạnh nhất.

- A.** 19,89m/s.
- B.** 22m/s.
- C.** 22km/h.
- D.** 19,89km/s.

Câu 19: Một con lắc lò xo có $k = 50$ N/m. Tính khối lượng của vật treo vào lò xo biết rằng mỗi thanh ray dài 12,5m và khi vật chuyển động với $v = 36$ km/h thì con lắc dao động mạnh nhất.

- A.** 1,95kg.
- B.** 1,90 kg.
- C.** 15,9kg.
- D.** Đáp án khác.

Câu 20: Một con lắc lò xo có độ cứng $k = 400$ N/m; $m = 0,1$ kg được kích thích bởi hai ngoại lực sau

- Nếu chỉ kích thích bởi ngoại lực 1 có phương trình

$$f_1 = F \cos\left(8\pi t + \frac{\pi}{3}\right) \text{ cm} \text{ thì biên độ dao động là } A_1.$$

- Nếu chỉ kích thích bởi ngoại lực 2 có phương trình

$$f_2 = F \cos(6\pi t + \pi) \text{ cm} \text{ thì biên độ dao động là } A_2.$$

Tìm nhận xét đúng

- A.** $A_1 = A_2$.
- B.** $A_1 > A_2$.
- C.** $A_1 < A_2$.
- D.** A và B đều đúng.

Câu 21: Một con lắc lò xo, nếu chịu tác dụng của hai ngoại lực $f_1 = 6$ Hz và $f_2 = 10$ Hz có cùng độ lớn biên độ thì thấy biên độ dao động cưỡng bức là như nhau và là A_1 . Nếu dùng ngoại lực $f_3 = 8$ Hz có biên độ như ngoại lực 1 và 2 thì biên độ dao động cưỡng bức sẽ là A_2 . Tìm nhận xét đúng?

- A.** $A_1 = A_2$.
- B.** $A_1 > A_2$.
- C.** $A_1 < A_2$.
- D.** Không thể kết luận.

Câu 22: Một con lắc lò xo có độ cứng $k = 100$ N/m và vật nặng $m = 0,1$ kg. Hãy tìm nhận xét đúng

A. Khi tần số ngoại lực < 10 Hz thì khi tăng tần số biên độ dao động cưỡng bức tăng lên.

B. Khi tần số ngoại lực < 5 Hz thì khi tăng tần số biên độ dao động cưỡng bức tăng lên.

C. Khi tần số ngoại lực > 5 Hz thì khi tăng tần số biên độ dao động cưỡng bức tăng lên.

D. Khi tần số ngoại lực > 10 Hz thì khi tăng tần số biên độ dao động cưỡng bức tăng lên.

Câu 23: Phát biểu nào sau đây là sai khi nói về dao động cơ học?

A. Hiện tượng cộng hưởng (sự cộng hưởng) xảy ra khi tần số của ngoại lực điều hoà bằng tần số dao động riêng của hệ.

B. Biên độ dao động cưỡng bức của một hệ cơ học khi xảy ra hiện tượng cộng hưởng (sự cộng hưởng) không phụ thuộc vào lực cản của môi trường.

C. Tần số dao động cưỡng bức của một hệ cơ học bằng tần số của ngoại lực điều hoà tác dụng lên hệ ấy.

D. Tần số dao động tự do của một hệ cơ học là tần số dao động riêng của hệ ấy.

Câu 24: Khi xảy ra hiện tượng cộng hưởng cơ thì vật tiếp tục dao động

- A. với tần số bằng tần số dao động riêng.
- B. mà không chịu ngoại lực tác dụng.
- C. với tần số lớn hơn tần số dao động riêng.
- D. với tần số nhỏ hơn tần số dao động riêng.

Câu 25: Nhận định nào sau đây sai khi nói về dao động cơ học tắt dần?

- A. Dao động tắt dần có động năng giảm dần còn thế năng biến thiên điều hòa.
- B. Dao động tắt dần là dao động có biên độ giảm dần theo thời gian.
- C. Lực ma sát càng lớn thì dao động tắt càng nhanh.
- D. Trong dao động tắt dần, cơ năng giảm dần theo thời gian.

Câu 26: Một con lắc lò xo gồm viên bi nhỏ khối lượng m và lò xo khối lượng không đáng kể có độ cứng 10 N/m . Con lắc dao động cưỡng bức dưới tác dụng của ngoại lực tuần hoàn có tần số góc ω_F . Biết biên độ của ngoại lực tuần hoàn không thay đổi. Khi thay đổi ω_F thì biên độ dao động của viên bi thay đổi và khi $\omega_F = 10 \text{ rad/s}$ thì biên độ dao động của viên bi đạt giá trị cực đại. Khối lượng m của viên bi bằng

- A. 40 gam.
- B. 10 gam.
- C. 120 gam.
- D. 100 gam.

Câu 27: Khi nói về một hệ dao động cưỡng bức ở giai đoạn ổn định. Phát biểu nào dưới đây là sai?

- A. Tần số của hệ dao động cưỡng bức bằng tần số của ngoại lực cưỡng bức.
- B. Tần số của hệ dao động cưỡng bức luôn bằng tần số dao động riêng của hệ.
- C. Biên độ của hệ dao động cưỡng bức phụ thuộc vào tần số của ngoại lực cưỡng bức.
- D. Biên độ của hệ dao động cưỡng bức phụ thuộc biên vào độ của ngoại lực cưỡng bức.

Câu 28: Phát biểu nào sau đây là đúng khi nói về dao động tắt dần?

- A. Dao động tắt dần có biên độ giảm dần theo thời gian.
- B. Cơ năng của vật dao động tắt dần không đổi theo thời gian.
- C. Lực cản môi trường tác dụng lên vật luôn sinh công dương.
- D. Dao động tắt dần là dao động chỉ chịu tác dụng của nội lực.

Câu 29: Khi nói về dao động cưỡng bức, phát biểu nào sau đây là đúng?

- A. Dao động của con lắc đồng hồ là dao động cưỡng bức.
- B. Biên độ của dao động cưỡng bức là biên độ của lực cưỡng bức.
- C. Dao động cưỡng bức có biên độ không đổi và có tần số bằng tần số của lực cưỡng bức.
- D. Dao động cưỡng bức có tần số nhỏ hơn tần số của lực cưỡng bức.

Câu 30: Khi một vật dao động điều hòa thì

- A. lực kéo về tác dụng lên vật có độ lớn cực đại khi vật ở vị trí cân bằng.
- B. gia tốc của vật có độ lớn cực đại khi vật ở vị trí cân bằng.
- C. lực kéo về tác dụng lên vật có độ lớn tỉ lệ với bình phương biên độ.
- D. vận tốc của vật có độ lớn cực đại khi vật ở vị trí cân bằng.

Câu 31: Một vật dao động tắt dần có các đại lượng giảm liên tục theo thời gian là

- A. biên độ và gia tốc.
- B. li độ và tốc độ.
- C. biên độ và năng lượng.
- D. biên độ và tốc độ

ĐÁP ÁN

1.B	2.B	3.D	4.C	5.D	6.C	7.D	8.D	9.B	10.D
11.C	12.A	13.D	14.C	15.B	16.D	17.A	18.A	19.A	20.B
21.C	22.B	23.B	24.A	25.A	26.D	27.B	28.A	29.C	30.D
31.C									

B. PHÂN DẠNG BÀI TẬP VÀ PHƯƠNG PHÁP GIẢI

I. TRẮC NGHIỆM LÝ THUYẾT

1. Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Vật dao động điều hòa với phương trình $x = A \cos(\omega t + \varphi)$. Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của vận tốc dao động v vào li độ x có dạng nào

- A. Đường tròn. B. Đường thẳng. C. Elip. D. Parabol.

Lời giải

Ta có phương trình độc lập thời gian phụ thuộc giữa v và x là

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

Có dạng $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$ nên đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của vận tốc dao động vào li độ có dạng elip.

Đáp án C.

Ví dụ 2: Một vật dao động điều hoà, li độ x , gia tốc a . Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của li độ x và gia tốc a có dạng nào?

- A. Đoạn thẳng đi qua gốc tọa độ. B. Đường thẳng không qua gốc tọa độ.
C. Đường tròn. D. Đường hypebol.

Lời giải

Biểu thức độc lập thời gian phụ thuộc giữa x và a là $a = -\omega^2 x, -A \leq x \leq A$ (có dạng $y = ax$) nên đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của li độ x và gia tốc a có dạng đoạn thẳng đi qua gốc tọa độ.

Đáp án A.

Ví dụ 3: Một vật dao động điều hòa, khi vật đi từ vị trí cân bằng ra điểm giới hạn thì

- A. Chuyển động của vật là chậm dần đều.
B. Thế năng của vật giảm dần.
C. Vận tốc của vật giảm dần.
D. Lực hồi phục có độ lớn tăng dần.

Lời giải

Khi vật đi từ cân bằng ra điểm giới hạn thì độ lớn li độ $|x|$ tăng dần, khi đó:

- A. Sai. Chuyển động của vật là chậm dần (chứ không phải chậm dần đều vì gia tốc của dao động điều hòa không phải là một hằng số mà nó biến thiên).
B. Sai. Thế năng của vật tỉ lệ với bình phương li độ, nên thế năng tăng dần.
C. Sai. Vì nếu vật đi từ vị trí cân bằng theo chiều âm (vận tốc min bằng $-\omega A$) đến biên âm (vận tốc bằng 0) thì vận tốc của vật tăng dần.
D. Đúng. Vì độ lớn lực hồi phục là $F = k|x|$ tỉ lệ với độ lớn li độ.

Đáp án D.

Ví dụ 4: Tìm phát biểu đúng về dao động điều hòa?

- A. Trong quá trình dao động của vật gia tốc luôn cùng pha với li độ.
B. Trong quá trình dao động của vật gia tốc luôn ngược pha với vận tốc.
C. Trong quá trình dao động của vật gia tốc luôn cùng pha với vận tốc.
D. Không có phát biểu đúng.

Nhận xét

Hai đại lượng vuông pha với nhau thì đồ thị sự phụ thuộc của đại lượng này vào đại lượng kia có dạng Elip.

Lời giải

- A. Sai vì gia tốc luôn ngược pha với li độ.
 B, C. Sai vì gia tốc sớm pha $\frac{\pi}{2}$ so với vận tốc.

Đáp án D.

Ví dụ 5: Cơ năng của một vật dao động điều hòa

- A. biến thiên tuần hoàn theo thời gian với chu kỳ bằng một nửa chu kỳ dao động của vật.
 B. tăng gấp đôi khi biên độ dao động của vật tăng gấp đôi.
 C. bằng động năng của vật khi vật tới vị trí cân bằng.
 D. biến thiên tuần hoàn theo thời gian với chu kỳ bằng chu kỳ dao động của vật.

Lời giải

- A. Sai, cơ năng luôn không đổi, không biến thiên
 B. Sai, cơ năng tỉ lệ thuận với bình phương biên độ nên khi biên độ tăng gấp đôi thì cơ năng tăng gấp 4 lần.
 C. Đúng, khi vật ở vị trí cân bằng thì tốc độ lớn nhất nên động năng cực đại, động năng cực đại bằng cơ năng.
 D. Sai, cơ năng luôn không đổi, không biến thiên.

Đáp án C.

Ví dụ 6: Khi nói về năng lượng của một vật dao động điều hòa, phát biểu nào sau đây là đúng?

- A. Cứ mỗi chu kỳ dao động của vật, có bốn thời điểm thế năng bằng động năng.
 B. Thế năng của vật đạt cực đại khi vật ở vị trí cân bằng.
 C. Động năng của vật đạt cực đại khi vật ở vị trí biên.
 D. Thế năng và động năng của vật biến thiên cùng tần số với tần số của li độ.

Lời giải

- A. Đúng, vì ta có
$$\begin{cases} W_d = W_t \\ W_d + W_t = W \end{cases} \Rightarrow 2W_t = W \Rightarrow x = \pm \frac{A}{\sqrt{2}}.$$
 Có 2 vị trí cho động năng bằng thế năng, trong một chu kỳ, vật sẽ đi qua mỗi vị trí đó 2 lần nên có 4 thời điểm thế năng bằng động năng.
 B. Sai, khi ở vị trí cân bằng thì li độ bằng 0, nên thế năng bằng 0.
 C. Sai, khi ở vị trí biên thì tốc độ bằng 0, nên động năng bằng 0.
 D. Sai, thế năng và động năng của vật biến thiên với tần số gấp 2 lần tần số của li độ (xem phần lí thuyết đã chứng minh).

Đáp án A.

Ví dụ 7: Một vật dao động điều hòa theo một trục cố định (mốc thế năng ở vị trí cân bằng) thì

- A. động năng của vật cực đại khi gia tốc của vật có độ lớn cực đại.
 B. khi vật đi từ vị trí cân bằng ra biên, vận tốc và gia tốc của vật luôn cùng dấu.
 C. khi ở vị trí cân bằng, thế năng của vật bằng cơ năng.
 D. thế năng của vật cực đại khi vật ở vị trí biên.

Lời giải

- A. Sai, vì động năng của vật cực đại tại vị trí cân bằng mà tại vị trí cân bằng thì gia tốc của vật có độ lớn bằng 0.

- B.** Sai, vì khi vật đi từ vị trí cân bằng ra biên thì vận tốc có hướng theo chiều chuyển động của vật nên có chiều từ VTCB ra biên mà gia tốc luôn hướng về VTCB nên gia tốc và vận tốc của vật luôn ngược dấu.
- C.** Sai, vì khi ở vị trí cân bằng, động năng của vật cực đại bằng cơ năng.
- D.** Đúng, vì thế năng của vật cực đại khi vật ở vị trí biên.

Đáp án D.

Ví dụ 8: Khi một vật dao động điều hòa thì

- A.** lực kéo về tác dụng lên vật có độ lớn cực đại khi vật ở vị trí cân bằng.
- B.** gia tốc của vật có độ lớn cực đại khi vật ở vị trí cân bằng.
- C.** lực kéo về tác dụng lên vật có độ lớn tỉ lệ với bình phương biên độ.
- D.** vận tốc của vật có độ lớn cực đại khi vật ở vị trí cân bằng.

Lời giải

Lực kéo về $F = -kx$ có độ lớn $|F| = k|x|$

- A.** Sai, vì lực kéo về tác dụng lên vật có độ lớn cực đại khi vật ở vị trí biên.
- B.** Sai, vì gia tốc của vật có độ lớn cực đại khi vật ở vị trí biên.
- C.** Sai, vì lực kéo về tác dụng lên vật có độ lớn tỉ lệ với độ lớn li độ.
- D.** Đúng, vì vận tốc của vật có độ lớn cực đại khi vật ở vị trí cân bằng.

Đáp án D.

Ví dụ 9: Lực kéo về tác dụng lên một chất điểm dao động điều hòa có độ lớn

- A.** tỉ lệ với độ lớn của li độ và luôn hướng về vị trí cân bằng.
- B.** tỉ lệ với bình phương biên độ.
- C.** không đổi nhưng hướng thay đổi.
- D.** và hướng không đổi.

Lời giải

Lực kéo về $F = -kx$ có độ lớn $|F| = k|x|$

- A.** Đúng vì lực kéo về $F = -kx$ luôn ngược chiều li độ, tức là luôn hướng về vị trí cân bằng. Có độ lớn $|F| = k|x|$ tỉ lệ với độ lớn của li độ.
- B.** Sai, vì độ lớn tỉ lệ với độ lớn của li độ.
- C.** Sai, vì lực kéo về có độ lớn và hướng thay đổi theo thời gian.
- D.** Sai, vì lực kéo về có hướng về vị trí cân bằng, nên khi qua vị trí cân bằng thì lực kéo về đổi hướng.

Đáp án A.

Ví dụ 10: Hình chiếu của một chất điểm chuyển động tròn đều lên một đường kính quỹ đạo có chuyển động là dao động điều hòa. Phát biểu nào sau đây sai ?

- A.** Tần số góc của dao động điều hòa bằng tốc độ góc của chuyển động tròn đều.
- B.** Biên độ của dao động điều hòa bằng bán kính của chuyển động tròn đều.
- C.** Lực kéo về trong dao động điều hòa có độ lớn bằng độ lớn lực hướng tâm trong chuyển động tròn đều.
- D.** Tốc độ cực đại của dao động điều hòa bằng tốc độ dài của chuyển động tròn đều.

Lời giải

- A.** Đúng, tần số góc của dao động điều hòa bằng tốc độ góc của chuyển động tròn đều.

B. Đúng, biên độ của dao động điều hòa bằng bán kính của chuyển động tròn đều

C. Sai, lực kéo về trong dao động điều hòa có độ lớn $|F| = k|x| = m\omega^2 x$ còn lực hướng tâm trong chuyển động tròn đều có độ lớn

$$F_{ht} = m \frac{v^2}{R} = m\omega^2 R = m\omega^2 A = F_{hp}^{\max}$$

tức là bằng độ lớn cực đại của lực hồi phục trong dao động điều hòa.

D. Đúng, vì tốc độ cực đại của dao động điều hòa là ωA và tốc độ dài của chuyển động tròn đều là $\omega R = \omega A$

Đáp án C.

Ví dụ 11: Khi nói về dao động điều hòa, phát biểu nào sau đây đúng?

- A.** Dao động của con lắc lò xo luôn là dao động điều hòa.
- B.** Cơ năng của vật dao động điều hòa không phụ thuộc vào biên độ dao động.
- C.** Hợp lực tác dụng lên vật dao động điều hòa luôn hướng về vị trí cân bằng.
- D.** Dao động của con lắc đơn luôn là dao động điều hòa.

Lời giải

A. Sai, vì dao động của con lắc lò xo chỉ là dao động điều hòa khi bỏ qua lực cản của môi trường và con lắc phải dao động trong giới hạn đàn hồi của lò xo.

B. Sai, vì cơ năng của vật dao động điều hòa tỉ lệ với bình phương biên độ dao động.

C. Đúng, vì hợp lực tác dụng lên vật dao động điều hòa chính là lực kéo về mà lực kéo về luôn hướng về vị trí cân bằng.

D. Sai. Vì dao động của con lắc đơn chỉ là dao động điều hòa khi bỏ qua lực cản của môi trường và biên độ góc dao động phải nhỏ.

Đáp án C.

Ví dụ 12: Khi nói về một vật dao động điều hòa, phát biểu nào sau đây sai?

- A.** Lực kéo về tác dụng lên vật biến thiên điều hòa 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

A. Đúng, lực kéo về $F = -kx = -kA \cos(\omega t + \varphi)$ biến thiên điều hòa theo thời gian.

B. Đúng, động năng của vật biến thiên tuần hoàn theo thời gian.

C. Đúng, vận tốc của vật biến thiên điều hòa theo thời gian.

D. Sai, vì cơ năng luôn không đổi và không biến thiên

Đáp án D.

Ví dụ 13: Một chất điểm dao động điều hòa trên trục Ox . Vector gia tốc của chất điểm có

- A.** độ lớn cực đại ở vị trí biên, chiều luôn hướng ra biên.
- B.** độ lớn cực tiểu khi qua vị trí cân bằng luôn cùng chiều với vector vận tốc.
- C.** độ lớn không đổi, chiều luôn hướng về vị trí cân bằng.
- D.** độ lớn tỉ lệ với độ lớn của li độ, chiều luôn hướng về vị trí cân bằng.

Lời giải

- A.** Sai, vì vectơ gia tốc của chất điểm có độ lớn cực đại ở vị trí biên nhưng chiều luôn hướng về vị trí cân bằng.
- B.** Sai, vì vectơ gia tốc của chất điểm có độ lớn cực tiểu khi qua vị trí cân bằng và chỉ cùng chiều với vectơ vận tốc khi vật đi từ biên về vị trí cân bằng.
- C.** Sai, vì vectơ gia tốc của chất điểm dao động điều hòa nên biến đổi theo quy luật hình sin nên độ lớn thay đổi, chiều luôn hướng về vị trí cân bằng.
- D.** Đúng, vì $a = -\omega^2 x$ nên gia tốc có độ lớn tỉ lệ với độ lớn của li độ và có chiều luôn hướng về vị trí cân bằng.

Đáp án D.

Ví dụ 14: Một con lắc lò xo đang dao động điều hòa theo phương ngang. Khi vật nặng của con lắc đi qua vị trí cân bằng thì nó va chạm và dính vào một vật nhỏ đang đứng yên. Sau đó:

- A.** Biên độ dao động của con lắc tăng.
- B.** Năng lượng dao động của con lắc tăng.
- C.** Chu kì dao động của con lắc giảm.
- D.** Tần số dao động của con lắc giảm.

Lời giải

Do $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$. Khi khối lượng tăng thì tần số giảm.

Đáp án D.

Ví dụ 15: Có 2 vật dao động điều hoà, biết gia tốc vật 1 cùng pha với li độ của vật 2. Khi vật 1 qua vị trí cân bằng theo chiều dương thì vật 2

- A.** Qua vị trí cân bằng theo chiều âm.
- B.** Qua vị trí cân bằng theo chiều dương.
- C.** Qua vị trí biên có li độ âm.
- D.** Qua vị trí biên có li độ dương.

Lời giải

Gia tốc vật 1 ngược pha so với li độ vật 1. Mà gia tốc vật 1 lại cùng pha với li độ vật 2 nên li độ vật 1 ngược pha với li độ vật 2. Khi vật 1 qua vị trí cân bằng theo chiều dương thì dựa vào đường tròn ta thấy vật 2 đi qua vị trí cân bằng theo chiều âm.

Đáp án A.

Ví dụ 16: Trong dao động điều hoà, đại lượng không phụ thuộc vào điều kiện kích thích ban đầu là

- A.** Biên độ. **B.** Pha ban đầu. **C.** Chu kì. **D.** Năng lượng.

Lời giải

Chu kì chỉ phụ thuộc vào đặc tính của hệ, không phụ thuộc vào điều kiện kích thích.

Đáp án C.

4. Bài toán quỹ đạo

4.1. Phương pháp

a) Phương pháp truyền thống

Chú ý

Trong dao động điều hòa:
 + Trong một chu kì, vật luôn đi được quãng đường là $4A$.
 + Trong nửa chu kì, vật luôn đi được quãng đường là $2A$.
 + Thế nhưng, trong một phần tư chu kì chẳng hạn, vật chưa chắc đi được quãng đường là A (câu trả lời vì sao dành cho bạn đọc, và bạn đọc nên chú ý điều này kéo nhầm lẫn)!!!

Bài toán: Một vật dao động điều hòa với phương trình $x = A\cos(\omega t + \varphi)$. Tính quãng đường vật đi được trong khoảng thời gian từ t_1 đến t_2 ?

Lời giải

Ta sẽ sử dụng đường tròn để giải.

Trước khi dùng đường tròn, hãy luôn ghi nhớ là nếu đề bài cho phương trình dạng sin thì ta phải chuyển về phương trình dạng cos để giải.

- **Bước 1:** Xác định xem tại thời điểm t_1 vật đang ở đâu (x_1 bằng bao nhiêu?) và đang đi theo chiều nào (v_1 âm hay dương?). Biểu diễn chất điểm tương ứng trên đường tròn.

- **Bước 2:** Xác định góc quét được trong khoảng thời gian t_1 đến t_2 . Góc quét được là: $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = (\omega t_2 + \varphi) - (\omega t_1 + \varphi) \Rightarrow \Delta\varphi = \omega(t_2 - t_1)$.

- **Bước 3:** Phân tích $\Delta\varphi = k.2\pi + \alpha$ với k nguyên và α gọi là góc dư.

- **Bước 4:** Quãng đường đi được $s = k.4A + S_0$ trong đó S_0 là quãng đường vật đi được ứng với góc dư α , S_0 được xác định dựa trên đường tròn.

Ta qua ví dụ cụ thể để hiểu rõ hơn.

b) Biểu thức tổng quát tính quãng đường

Bài toán: Một vật dao động điều hòa với phương trình $x = A\cos(\omega t + \varphi)$. Tính quãng đường vật đi được trong khoảng thời gian từ t_1 đến t_2 ?

Lời giải

Xét trong khoảng thời gian rất nhỏ dt , ta có thể coi tốc độ của vật là không đổi. Quãng đường vật đi được trong khoảng thời gian dt là

$$ds = |dx| = |v|dt = |\omega A \sin(\omega t + \varphi)|dt = |\omega A \sin(\omega t + \varphi)|dt$$

Lấy tích phân hai vế ta được quãng đường S vật đi được từ thời điểm t_1 đến thời điểm t_2 là:

$$S = \int_{t_1}^{t_2} ds = \int_{t_1}^{t_2} |\omega A \sin(\omega t + \varphi)|dt. (*)$$

c) Quãng đường lớn nhất, nhỏ nhất vật đi được trong một khoảng thời gian nào đó

* Xét khoảng thời gian $t < \frac{T}{2}$.

+ Quãng đường lớn nhất:

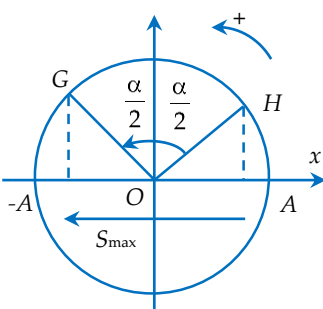
Để đi được quãng đường lớn nhất thì thứ nhất vật phải đi qua nơi có tốc độ lớn nhất (vị trí cân bằng), thứ hai là vị trí đầu và vị trí cuối đối xứng qua vị trí cân bằng (ta có thể hoàn toàn chứng minh được điều này).

Dựa vào hình vẽ, ta thấy quãng đường lớn nhất vật đi được là

$$s = A \cos\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\alpha}{2}\right) + A \cos\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\alpha}{2}\right) = 2A \sin \frac{\alpha}{2}.$$

STUDY TIP

Tích phân (*) tính khá phức tạp. Ta có thể sử dụng máy tính cầm tay Casio hoặc Vinacal tính tích phân này. Tuy nhiên, việc tính toán sẽ rất lâu (tầm hơn 1 phút thậm chí hơn 2 phút, tùy thuộc vào các đời máy). Vậy nên, phương pháp này không khuyến khích học sinh sử dụng mặc dù ta chỉ phải tính quãng đường nhờ đúng một phép tính!



Trong đó α là góc mà vật quét được trong khoảng thời gian t .

Tóm lại, cách tính quãng đường lớn nhất là:

- Xác định góc quét α : $\alpha = \omega t$.

- Xác định quãng đường lớn nhất thông qua biểu thức $S_{\max} = 2A \sin \frac{\alpha}{2}$.

+ **Quãng đường nhỏ nhất:**

Để đi được quãng đường nhỏ nhất thì thứ nhất vật phải đi qua nơi có tốc độ nhỏ nhất (một trong hai vị trí biên), thứ hai là vị trí đầu và vị trí cuối cách đều vị trí biên (ta có thể hoàn toàn chứng minh được điều này).

Dựa vào hình vẽ, ta thấy quãng đường nhỏ nhất vật đi được là

$$s = \left(A - A \cos \frac{\alpha}{2} \right) + \left(A - A \cos \frac{\alpha}{2} \right) = 2A \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right).$$

Trong đó α là góc mà vật quét được trong khoảng thời gian t .

Tóm lại, cách tính quãng đường nhỏ nhất là:

- Xác định góc quét α : $\alpha = \omega t$.

- Xác định quãng đường nhỏ nhất thông qua biểu thức $S_{\min} = 2A \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right)$.

* Xét khoảng thời gian $t > \frac{T}{2}$.

Tách $t = k \frac{T}{2} + t'$, trong đó $k \in \mathbb{N}^*$; $0 < t' < \frac{T}{2}$

- Trong thời gian $k \frac{T}{2}$ quãng đường vật đi được luôn là $k2A$.

- Trong thời gian $0 < t' < \frac{T}{2}$ thì quãng đường lớn nhất, nhỏ nhất tính như phần trên. Do đó quãng đường lớn nhất và nhỏ nhất của chất điểm dao động điều hòa đi được trong thời gian $t > \frac{T}{2}$ là:

$$\begin{cases} S_{\max} = k2A + 2A \sin \frac{\alpha}{2} \\ S_{\min} = k2A + 2A \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) \end{cases}$$

4.2. Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Vật dao động điều hòa theo phương trình $x = 10 \cos \left(\pi t - \frac{\pi}{3} \right)$ cm. Quãng

đường vật đi được trong khoảng thời gian từ $t_1 = \frac{3}{2}$ s đến $t_2 = \frac{14}{3}$ s là:

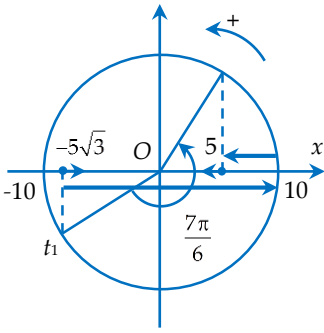
- A. $55 + 5\sqrt{3}$ cm B. $40 + 5\sqrt{3}$ cm C. $50 + 5\sqrt{2}$ cm D. $60 - 5\sqrt{3}$ cm

Lời giải

Cách 1: Truyền thống

+ Tại thời điểm t_1 ta có $x_1 = 10 \cos \left(\pi \cdot 1,5 - \frac{\pi}{3} \right) = -5\sqrt{3}$ và có

$v_1 = -10\pi \sin \left(\pi \cdot 1,5 - \frac{\pi}{3} \right) > 0$ nên vật đang đi qua $x_1 = -5\sqrt{3}$ theo chiều dương.



+ Góc quét $\Delta\varphi = \omega(t_2 - t_1) = \pi\left(\frac{14}{3} - 1,5\right) = \frac{19\pi}{6} = 2\pi + \frac{7\pi}{6}$.

+ Dựa vào đường tròn, quãng đường đi được khi quét thêm $\frac{7\pi}{6}$ là

$$S_0 = \frac{A\sqrt{3}}{2} + A + \frac{A}{2} = 5\sqrt{3} + 10 + 5 = 15 + 5\sqrt{3} \text{ cm.}$$

+ Vậy tổng quãng đường đi được là $s = 4A + S_0 = 4 \cdot 10 + 15 + 5\sqrt{3} = 55 + 5\sqrt{3} \text{ cm.}$

Cách 2: Sử dụng máy tính

Sử dụng máy tính để tính tích phân sau đây ta cũng thu được kết quả tương tự.

$$\int_{1,5}^{\frac{14}{3}} 10\pi \left(\pi t - \frac{\pi}{3} \right) \approx 63,66 = 55 + 5\sqrt{3}$$

Đáp án A.

Ví dụ 2: Vật dao động điều hòa với biên độ A và chu kì T . Tính

1. Quãng đường lớn nhất, nhỏ nhất vật đi được trong khoảng thời gian $T/4$
2. Quãng đường lớn nhất, nhỏ nhất vật đi được trong khoảng thời gian $5T/6$

Lời giải

1. Quãng đường lớn nhất vật đi được trong khoảng thời gian $\frac{T}{4}$

- Góc quét $\alpha = \frac{T}{4} \cdot \frac{2\pi}{T} = \frac{\pi}{2}$.

- Quãng đường lớn nhất $S_{\max} = 2A \sin \frac{\alpha}{2} = 2A \sin \frac{\pi}{4} = A\sqrt{2}$.

Quãng đường nhỏ nhất vật đi được trong khoảng thời gian $\frac{T}{4}$

- Góc quét $\alpha = \frac{T}{4} \cdot \frac{2\pi}{T} = \frac{\pi}{2}$.

- Quãng đường nhỏ nhất $S_{\min} = 2A \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) = 2A \left(1 - \cos \frac{\pi}{4} \right) = 2A - A\sqrt{2}$.

2. Quãng đường lớn nhất, nhỏ nhất vật đi được trong khoảng thời gian $\frac{5T}{6}$

Ta có $\frac{5T}{6} = \frac{T}{3} + \frac{T}{2}$. Trong khoảng thời gian $\frac{T}{3}$ ta có góc quét $\frac{T}{3} \cdot \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{3}$.

Do đó, quãng đường lớn nhất và quãng đường nhỏ nhất vật đi được trong

khoảng thời gian $\frac{5T}{6}$ lần lượt là

$$\begin{cases} S_{\max} = 2A + 2A \sin \frac{2\pi}{3} = (2 + \sqrt{3})A \\ S_{\min} = 2A + 2A \left(1 - \cos \frac{2\pi}{3} \right) = 3A \end{cases}$$

Nhận xét: Đó là những bài toán xuôi về quãng đường lớn nhất, nhỏ nhất. Ta chuyển sang ví dụ tiếp theo: bài toán ngược về quãng đường lớn nhất, nhỏ nhất.

Ví dụ 3: Một vật dao động điều hoà với $A = 4$ cm, xét trong khoảng thời gian 3,2s thấy quãng đường dài nhất là 18 cm. Nếu xét trong cùng khoảng thời gian 2,3s thì quãng đường ngắn nhất vật đi được là bao nhiêu?

- A. 10,83 cm. B. 9,2 cm. C. 12,8 cm. D. 16 cm.

Lời giải

Xét trong khoảng thời gian 3,2 s thì quãng đường lớn nhất là $S_{\max} = 18 = 2.2A + 2$

Do đó $3,2 = 2 \cdot \frac{T}{2} + t$, trong đó quãng đường lớn nhất vật đi được trong khoảng

thời gian t là 2 cm. Góc quét $\alpha = \omega t = \frac{2\pi}{T} \cdot t$ nên

$$S_{\max} = 2A \sin \frac{\alpha}{2} \Leftrightarrow 2 = 2.4 \cdot \sin \frac{\pi t}{T} \Leftrightarrow \frac{\pi t}{T} = 0,253 \Leftrightarrow t = 0,08T$$

Từ đó ta có $3,2 = 2 \cdot \frac{T}{2} + 0,08T$ suy ra $T = 2,962$ s.

Nếu xét trong cùng khoảng thời gian 2,3 s thì ta có $2,3 = \frac{T}{2} + 0,819$ nên do đó

$$S_{\min} = k2A + 2A \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) = 1.2.4 + 2.4 \left(1 - \cos \frac{\pi \cdot 0,819}{2,962} \right) = 10,83.$$

Đáp án A.

Ví dụ 4: Một vật dao động điều hòa với biên độ 6 cm. Quãng đường nhỏ nhất mà vật đi được trong một giây là 18 cm. Hỏi ở thời điểm kết thúc quãng đường đó thì tốc độ của vật là bao nhiêu?

- A. 20,20 cm/s. B. 25,20 cm/s. C. 27,20 cm/s. D. 28,20 cm/s.

Lời giải

Ta có $18 = 2A + 6$ nên $1s = \frac{T}{2} + t$ trong đó quãng đường nhỏ nhất vật đi được trong thời gian t là 6 cm.

$$Ta \text{ có } 6 = 2A \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) \Leftrightarrow 6 = 2.6 \left(1 - \cos \frac{\pi t}{T} \right) \Leftrightarrow t = \frac{T}{3}.$$

Từ đó $1s = \frac{T}{2} + \frac{T}{3}$ suy ra $T = 1,2s$.

Vật kết thúc quãng đường tại vị trí $x = A \cos \alpha = A \cos \frac{\pi t}{T} = \frac{A}{2} = 3$.

Từ đó tốc độ của vật khi đó là

$$|v| = \omega \sqrt{A^2 - x^2} = \frac{2\pi}{T} \sqrt{A^2 - x^2} = \frac{2\pi}{1,2} \sqrt{6^2 - 3^2} = 27,2.$$

Đáp án C.

Ví dụ 5: Cho vật dao động điều hòa với phương trình $x = 2 \cos \left(2\pi t + \frac{\pi}{3} \right)$ cm.

Cho $\pi^2 = 10$. Tìm vận tốc sau khi vật đi được quãng đường 74,5 cm kể từ thời điểm ban đầu ($t = 0$)?

- A. $v = -\pi\sqrt{7}$ cm/s. B. $v = -2\pi\sqrt{2}$ cm/s.
C. $v = \pi\sqrt{7}$ cm/s. D. $v = 2\pi\sqrt{7}$ cm/s.

STUDY TIP

Muốn tính tốc độ tại thời điểm kết thúc quãng đường thì ta phải tính được tại thời điểm đó vật có li độ là bao nhiêu, và phải tính được để sử dụng công thức độc lập thời gian.

Lời giải

Muốn tìm được vận tốc của vật, ta phải tìm được vị trí và chiều của vật (dựa vào biểu thức độc lập thời gian giữa v và x).

Để tìm được vị trí của vật sau khi đi được quãng đường 74,5, ta sẽ dùng đường tròn. Ta có: $74,5 = 9.4.2 + 2,5 = 9.4A + 2,5$

Tức là từ thời điểm ban đầu, để đi được 74,5 cm thì vật đi hết 9 chu kì (vị trí lúc này của vật là vị trí ban đầu) và đi thêm 2,5 cm.

Dựa vào đường tròn, ta có vị trí của vật sau khi đi được 74,5 cm là $x = -1,5$ cm (hình vẽ).

Lúc này vật đang đi theo chiều âm nên $v < 0$, ta có vận tốc của vật là

$$v = -\omega\sqrt{A^2 - x^2} = -2\pi\sqrt{2^2 - 1,5^2} = -\pi\sqrt{7}.$$

Đáp án A.

Ví dụ 6: Một vật dao động điều hòa với biên độ A , ban đầu vật đứng tại vị trí có li độ $x = -5$ cm. Sau khoảng thời gian t_1 vật về đến vị trí $x = 5$ cm nhưng chưa đổi chiều chuyển động. Tiếp tục chuyển động thêm 18 cm nữa vật về đến vị trí ban đầu và đủ một chu kỳ. Hãy xác định biên độ dao động của vật?

A. 7 cm.

B. 10 cm.

C. 5 cm.

D. 6 cm.

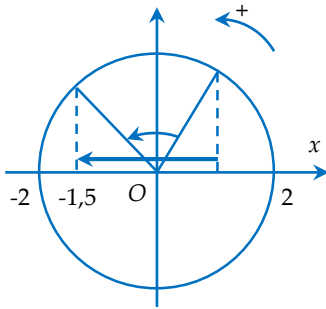
Lời giải

Sau khoảng thời gian t_1 vật về đến vị trí $x = 5$ cm nhưng chưa đổi chiều chuyển động tức là vật đi từ $x = -5$ cm đến $x = 5$ cm chưa đổi chiều. Giả sử vật đi theo chiều dương thì quãng đường đi từ $x = -5$ cm đến $x = 5$ cm là 10 cm.

Tiếp theo, vật từ $x = 5$ cm đi theo chiều dương, đến biên dương. Từ biên dương về biên âm rồi từ biên âm về $x = -5$ cm theo chiều dương thì đủ một chu kì kể từ lúc bắt đầu xuất phát. Mà theo bài ra quãng đường này bằng 18 cm nên quãng đường vật đi được trong một chu kì là $4A = 10 + 18$.

Từ đó suy ra biên độ $A = 7$ cm.

Đáp án A.



4.3. Bài tập tự luyện

Câu 1: Một vật dao động điều hòa với phương trình $x = 6 \cos\left(4\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$ cm. Tính quãng đường vật đi được sau 1 s kể từ thời điểm ban đầu.

- A. 24 cm. B. 60 cm. C. 48 cm. D. 64 cm.

Câu 2: Một vật dao động điều hòa với phương trình $x = 6 \cos\left(4\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$ cm. Tính quãng đường vật đi được sau 2,125 s kể từ thời điểm ban đầu?

- A. 104,00 cm. B. 104,78 cm.
C. 104,20 cm. D. 100,00 cm.

Câu 3: Một vật dao động điều hòa với phương trình $x = 6 \cos\left(4\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$ cm. Tính quãng đường vật đi được từ thời điểm $t = 2,125$ s đến $t = 3$ s?

- A. 38,42 cm. B. 39,99 cm.
C. 39,80 cm. D. Đáp án khác.

Câu 4: Vật dao động điều hòa theo phương trình $x = 10 \cos\left(\pi t - \frac{\pi}{2}\right)$ cm. Quãng đường vật đi được trong khoảng thời gian từ $t_1 = \frac{3}{2}$ s $\rightarrow t_2 = \frac{13}{3}$ s là:

- A. $50 + 5\sqrt{3}$ cm. B. $40 + 5\sqrt{3}$ cm.
C. $50 + 5\sqrt{2}$ cm. D. $60 - 5\sqrt{3}$ cm.

Câu 5: Một vật dao động điều hòa với phương trình $x = 5 \cos\left(4\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$ cm. Xác định quãng đường vật đi được sau $\frac{7T}{12}$ s kể từ thời điểm ban đầu?

- A. 12,0 cm. B. 10,0 cm. C. 20,0 cm. D. 12,5 cm.

Câu 6: Vật dao động điều hòa với phương trình $x = A \cos\left(8\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$ cm. Tính quãng đường vật đi được sau khoảng thời gian $\frac{T}{8}$ kể từ thời điểm ban đầu?

- A. $A\frac{\sqrt{2}}{2}$. B. $\frac{A}{2}$. C. $A\frac{\sqrt{3}}{2}$. D. $A\sqrt{2}$.

Câu 7: Vật dao động điều hòa với phương trình $x = A \cos\left(8\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$ cm. Tính quãng đường vật đi được sau khoảng thời gian kể từ thời điểm ban đầu?

- A. $A\frac{\sqrt{2}}{2}$. B. $\frac{A}{2}$. C. $A\frac{\sqrt{3}}{2}$. D. $A\sqrt{2}$.

Câu 8: Vật dao động điều hòa với phương trình $x = A \cos\left(8\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$ cm. Sau một phần tư chu kỳ kể từ thời điểm ban đầu vật đi được quãng đường là bao nhiêu?

- A. $\frac{A}{2} + \frac{A\sqrt{3}}{2}$. B. $\frac{A}{2} + \frac{A\sqrt{2}}{2}$.

- C. $\frac{A}{2} + A$. D. $\frac{A\sqrt{3}}{2} - \frac{A}{2}$.

Câu 9: Vật dao động điều hòa với phương trình $x = 5 \cos\left(4\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$ cm. Tìm quãng đường lớn nhất vật đi được trong khoảng thời gian $\frac{T}{6}$

- A. 5 cm. B. $5\sqrt{2}$ cm. C. $5\sqrt{3}$ cm. D. 10 cm.

Câu 10: Vật dao động điều hòa với phương trình $x = 5 \cos\left(4\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$ cm. Tìm quãng đường lớn nhất vật đi được trong khoảng thời gian $\frac{T}{4}$

- A. 5 cm. B. $5\sqrt{2}$ cm. C. $5\sqrt{3}$ cm. D. 10 cm.

Câu 11: Vật dao động điều hòa với phương trình $x = 5 \cos\left(4\pi t + \frac{\pi}{6}\right)$ cm. Tìm quãng đường lớn nhất vật đi được trong khoảng thời gian $\frac{T}{3}$

- A. 5 cm. B. $5\sqrt{2}$ cm. C. $5\sqrt{3}$ cm. D. 10 cm.

Câu 12: Một vật dao động điều hòa với phương trình $x = A \cos\left(6\pi t + \frac{\pi}{4}\right)$ cm. Sau $\frac{T}{4}$ s kể từ thời điểm ban đầu vật đi được quãng đường là 10 cm. Tìm biên độ dao động của vật?

- A. 5 cm. B. $4\sqrt{2}$ cm. C. $5\sqrt{2}$ cm. D. 8 cm.

Câu 13: Vật dao động điều hòa với phương trình $x = A \cos\left(6\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$ cm. Sau $\frac{7T}{12}$ vật đi được 10 cm. Tính biên độ dao động của vật.

- A. 5 cm. B. 4 cm. C. 3 cm. D. 6 cm.

Câu 14: Một vật dao động điều hòa với biên độ A . Tìm quãng đường lớn nhất vật đi được trong khoảng thời gian $\frac{2T}{3}$.

- A. $2A$. B. $3A$. C. $3,5A$. D. $4A$.

Câu 15: Một vật dao động điều hòa với biên độ A . Tìm quãng đường nhỏ nhất vật đi được trong khoảng thời gian $\frac{2T}{3}$.

- A. $2A$ B. $3A$ C. $3,5A$ D. $(4 - \sqrt{3})A$

Câu 16: Li độ của một vật dao động điều hòa có biểu thức $x = 8 \cos(2\pi t - \pi)$ cm. Độ dài quãng đường mà vật đi được trong khoảng thời gian $\frac{8}{3}$ s tính từ thời điểm ban đầu là:

- A. 80 cm. B. 82 cm.
C. 84 cm. D. $80 + 2\sqrt{3}$ cm.

Câu 17: Chất điểm có phương trình dao động $x = 8 \sin\left(2\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$ cm. Quãng đường mà chất điểm đó đi được từ $t_0 = 0 \rightarrow t_1 = 1,5$ s là:

- A. 0,48 m. B. 32 cm. C. 40 cm. D. 0,56 m.

Câu 18: Một vật dao động điều hòa với phương trình $x = 10 \cos\left(5\pi t - \frac{\pi}{2}\right)$ cm. Quãng đường vật đi được trong khoảng thời gian 1,55 s tính từ lúc xét dao động là:

- A. $140 + 5\sqrt{2}$ cm. B. $150\sqrt{2}$ cm.
C. $160 - 5\sqrt{2}$ cm. D. $160 + 5\sqrt{2}$ cm.

Câu 19: Vật dao động điều hòa theo phương trình $x = 2 \cos\left(10\pi t - \frac{\pi}{3}\right)$ cm. Quãng đường vật đi được trong 1,1 s đầu tiên là:

- A. $S = 40\sqrt{2}$ cm. B. $S = 44$ cm.
C. $S = 40$ cm. D. $S = 40 + \sqrt{3}$ cm.

Câu 20: Quả cầu của con lắc lò xo dao động điều hòa theo phương trình $x = 4 \cos\left(\pi t - \frac{\pi}{2}\right)$ cm. Quãng đường quả cầu đi được trong 2,25 s đầu tiên là:

- A. $S = 16 + \sqrt{2}$ cm. B. $S = 18$ cm.
C. $S = 16 + 2\sqrt{2}$ cm. D. $S = 16 + 2\sqrt{3}$ cm.

Câu 21: Một con lắc lò xo dao động điều hòa quanh vị trí cân bằng O giữa hai vị trí biên A và B. Độ cứng của lò xo là $k = 250$ N/m, vật $m = 100$ g, biên độ dao động 12 cm. Chọn gốc tọa độ tại vị trí cân bằng. Gốc thời gian là lúc vật tại vị trí A. Quãng đường mà vật đi được trong khoảng thời gian $\frac{\pi}{12}$ s đầu tiên là:

- A. 97,6 cm. B. 1,6 cm. C. 94,4 cm. D. 49,6 cm.

Câu 22: Một vật dao động điều hòa với chu kỳ 2 s, biên độ $A = 5$ cm. Xác định quãng đường lớn nhất vật đi được trong $\frac{1}{3}$ s.

- A. 5 cm. B. 10 cm. C. $5\sqrt{3}$ cm. D. 2,5 cm.

Câu 23: Một vật dao động điều hòa với biên độ A, ban đầu vật đứng tại vị trí có li độ $x = -5$ cm. Sau khoảng thời gian t_1 vật về đến vị trí $x = 5$ cm nhưng chưa đổi chiều chuyển động. Tiếp tục chuyển động thêm 18 cm nữa vật về đến vị trí ban đầu và đủ một chu kỳ. Hãy xác định biên độ dao động của vật?

- A. 7 cm. B. 10 cm. C. 5 cm. D. 6 cm.

ĐÁP ÁN

1.C	2.C	3.C	4.A	5.D	6.A	7.D	8.A	9.A	10.B
11.C	12.C	13.B	14.B	15.D	16.C	17.A	18.C	19.B	20.C
21.A	22.A	23.A							

HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT

Câu 1: Đáp án C.

Phương trình dao động: $x = 6 \cos\left(4\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$.

Sau 1 giây thì vectơ $\vec{A}$ quay được góc: $\alpha = \omega \Delta t = 4\pi \cdot 1 = 4\pi$ (rad). Vậy quãng đường vật đi được là:

$$S = 4 \cdot 2A = 8A = 8 \cdot 6 = 48 \text{ cm.}$$

Câu 2: Đáp án C.

Phương trình dao động của vật: $x = 6 \cos\left(4\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$.

Sau 2,125 s thì $\vec{A}$ quay được góc: $\alpha = \omega \Delta t = 4\pi \cdot 2,125 = \frac{17}{2}\pi = 8\pi + \frac{\pi}{2}$ nên quãng đường vật đi được sẽ là:

$$S = 8 \cdot 2A + \frac{A}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2}A = 104,196 \text{ cm.}$$

Câu 3: Đáp án C.

Phương trình dao động: $x = 6 \cos\left(4\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$. Sau 3 s thì

vectơ $\vec{A}$ sẽ quay được góc: $\alpha = 4\pi \cdot 3 = 12\pi$ nên quãng đường vật đi được trong 3 giây là:

$$S = 12 \cdot 2A = 24A = 144 \text{ cm.}$$

Vậy quãng thời gian vật đi được khi di chuyển từ thời điểm $t = 2,125$ s đến thời điểm $t = 3$ s:

$$S = S_{(3)} - S_{(2,125)} = 144 - 104,196 = 39,804 \text{ (cm).}$$

Câu 4: Đáp án A.

Phương trình dao động của vật: $x = 10 \cos\left(\pi t - \frac{\pi}{2}\right)$.

Ban đầu vật đang ở vị trí cân bằng theo chiều dương sau $t = \frac{3}{2}$ s thì vật chuyển động đến vị trí biên âm.

Trong khoảng thời gian từ: $t = \frac{3}{2}$ s đến $t = \frac{13}{3}$ s thì vật

quay được góc: $\alpha = \omega \Delta t = \pi \cdot \left(\frac{13}{3} - \frac{3}{2}\right) = \frac{17\pi}{6} = 2\pi + \frac{5\pi}{6}$.

Vậy quãng đường vật đi được là:

$$S = 4A + \frac{\sqrt{3}}{2}A + A = 50 + 5\sqrt{3} \text{ (cm).}$$

Câu 5: Đáp án D.

Ta có: $\Delta t = \frac{7T}{12} = \frac{T}{2} + \frac{T}{12}$ nên quãng đường vật đi được

là: $S = 2A + \frac{A}{2} = 2,5A = 12,5 \text{ cm.}$

Câu 6: Đáp án A.

Sau khoảng thời gian $\Delta t = \frac{T}{8}$ thì vật quay được một

góc là: $\alpha = \frac{\pi}{4}$ nên nếu xét từ thời điểm ban đầu thì vật

đi được quãng đường là: $S = \frac{\sqrt{2}}{2}A$.

Câu 7: Đáp án D.

Sau khoảng thời gian $\Delta t = \frac{T}{4}$ thì vật quay được góc:

$\alpha = \frac{\pi}{2}$ và tính từ thời điểm ban đầu vật đang có vị trí

$\varphi_0 = \frac{\pi}{4}$ nên quãng đường vật đi được là:

$$S = 2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} A = \sqrt{2} A.$$

Câu 8: Đáp án A.

Sau một phần tư chu kỳ kể từ thời điểm ban đầu thì vật sẽ quay được một góc $\alpha = \frac{\pi}{2}$. Vì tính từ thời điểm ban

đầu nên quãng đường vật đi được là: $S = \frac{A}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} A$.

Câu 9: Đáp án A.

Quãng đường lớn nhất vật đi được trong khoảng thời gian $\frac{T}{6}$ là: $S_{\max} = 2A \sin\left(\frac{\pi \Delta t}{T}\right) = 2A \sin\left(\frac{\pi}{6}\right) = A = 5 \text{ cm}$.

Câu 10: Đáp án B.

Quãng đường lớn nhất vật đi được trong khoảng thời gian $\frac{T}{4}$ là: $S = 2A \sin\left(\frac{\pi \Delta t}{T}\right) = 2A \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) = \sqrt{2} A = 5\sqrt{2} \text{ cm}$.

Câu 11: Đáp án C.

Quãng đường lớn nhất vật đi được trong khoảng thời gian $\frac{T}{3}$ là: $S = 2A \sin\left(\frac{\pi \Delta t}{T}\right) = 2A \sin\left(\frac{\pi}{3}\right) = A\sqrt{3} = 5\sqrt{3} \text{ cm}$.

Câu 12: Đáp án C.

Sau $\frac{T}{4}$ kể từ thời điểm ban đầu vật đi được quãng đường là 10cm nên ta có: $A\sqrt{2} = 10 \Rightarrow A = 5\sqrt{2} \text{ cm}$.

Câu 13: Đáp án B.

Sau khoảng thời gian $\frac{7T}{12}$ kể từ thời điểm ban đầu thì quãng đường vật đi được là: $2A + \frac{A}{2} = 10 \text{ cm} \Rightarrow A = 4 \text{ cm}$.

Câu 14: Đáp án B.

Ta có: $\Delta t = \frac{2T}{3} = \frac{T}{2} + \frac{T}{6}$ nên để quãng đường đi được lớn nhất trong khoảng thời gian này thì quãng đường đi được trong $\frac{T}{3}$ sẽ lớn nhất:

$$S_3 = 2A \sin\left(\frac{\pi \Delta t}{T}\right) = 2A \sin\left(\frac{\pi}{6}\right) = A$$

Vậy quãng đường lớn nhất đi được là: $S = 2A + A = 3A$

Câu 15: Đáp án D.

Phân tích thời gian tương tự như câu 14 thì để quãng đường đi được trong khoảng thời gian đó ngắn nhất thì quãng đường đi được trong $\frac{T}{6}$ phải ngắn nhất.

Quãng đường ngắn nhất trong thời gian $\frac{T}{6}$ là:

$$S = 2A \left(1 - \cos\left(\frac{\pi \Delta t}{T}\right)\right) = 2A \left(1 - \frac{\sqrt{3}}{2}\right) = 2A - \sqrt{3} A.$$

Vậy tổng quãng đường ngắn nhất đi được trong khoảng thời gian đó là: $S = 2A + 2A - \sqrt{3} A = (4 - \sqrt{3}) A$

Câu 16: Đáp án C.

Sau $\Delta t = 8/3 \text{ s}$ thì vật quay được góc quay là: $\alpha = \omega \Delta t = \frac{8\pi}{3} \cdot 2 = 5\pi + \frac{\pi}{3}$. Vì vật xuất phát từ vị trí biên âm nên

quãng đường vật đi được trong khoảng thời gian này là: $S = 5.2A + \frac{1}{2} A = 10.5A = 84 \text{ cm}$.

Câu 17: Đáp án A.

Trong khoảng thời gian $t_0 = 0$ đến $t_1 = 1.5 \text{ s}$ thì vật quay được góc quay là: $\alpha = 1.5.2\pi = 3\pi$.

Nên quãng đường vật đi được trong khoảng thời gian này là: $S = 3.2A = 6A = 48 \text{ cm} = 0.48 \text{ m}$.

Câu 18: Đáp án C.

Trong khoảng thời gian 1.55s thì vật quay được góc: $\alpha = 1.55.2\pi = \frac{31\pi}{4} = 7\pi + \frac{3\pi}{4}$. Vậy quãng đường vật đi được trong khoảng thời gian này là:

$$S = 7.2A + A + A - \frac{\sqrt{2}}{2} A = 16A - \frac{\sqrt{2}}{2} A = 160 - 5\sqrt{2} (\text{cm})$$

Câu 19: Đáp án B.

Trong 1.1s đầu tiên vật quay được một góc: $\alpha = 1.1.2\pi = 2.2\pi$ nên quãng đường vật đi được trong khoảng thời gian này là: $S = 11.2A = 22A = 44 \text{ cm}$.

Câu 20: Đáp án C.

Trong 2.25s đầu tiên thì vật quay được góc quay là: $\alpha = 2.25.2\pi = 4.5\pi = 2\pi + \frac{\pi}{2}$ nên quãng đường vật đi được là:

$$S = 4A + \frac{\sqrt{2}}{2} A = 16 + 2\sqrt{2} (\text{cm}).$$

Câu 21: Đáp án A.

Tần số góc của con lắc dao động là: $\omega = \sqrt{\frac{K}{m}} = 50 (\text{rad})$.

Chọn gốc tọa độ tại vị trí cân bằng và gốc thời gian là lúc vật tại vị trí biên nên A nên sau $\frac{\pi}{12} \text{ s}$ đầu tiên thì vật

quay góc $\alpha = \frac{\pi}{12} \cdot 50 = \frac{25}{6} \pi = 4\pi + \frac{\pi}{6}$.

Vậy quãng đường vật đi được là:

$$S = 4.2A + A - \frac{\sqrt{3}}{2} A = 9A - \frac{\sqrt{3}}{2} A = 97.6 \text{ cm}.$$

Câu 22: Đáp án A.

Quãng đường lớn nhất mà vật đi được trong khoảng thời gian $\frac{1}{3} \text{ s}$ là: $S = 2A \sin\left(\frac{\pi \Delta t}{T}\right) = A = 5 \text{ cm}$.

Câu 23: Đáp án A.

Ban đầu vật đang ở vị trí $x = -5 \text{ cm}$ sau đó vật chuyển đến vị trí $x = 5 \text{ cm}$ và vẫn chưa đổi chiều chuyển động nên ban đầu vật đang chuyển động theo chiều dương trục Ox. Sau đó đi được 18cm và quay trở lại vị trí ban đầu thì đúng một chu kỳ nên:

$$S = 2.5 + 18 = 4A \Rightarrow A = 7 \text{ cm}.$$