

Some Topics in Elementary Physics/Grade 12

Nguyễn Quân Bá Hồng*

Ngày 6 tháng 10 năm 2022

Tóm tắt nội dung

Mục lục

1	Động Lực Học Vật Rắn	4
1.1	Chuyển Động Quay của Vật Rắn Quanh 1 Trục Cố Định	4
1.2	Phương Trình Động Lực Học của Vật Rắn Quay Quanh 1 Trục Cố Định	4
1.3	Momen Động Lượng. Định Luật Bảo Toàn Momen Động Lượng	4
1.4	Động Năng của Vật Rắn Quay Quanh 1 Trục Cố Định	4
1.5	Bài Tập về Động Lực Học Vật Rắn	4
1.6	Tóm Tắt Chương I	4
2	Dao Động Cơ	4
2.1	Dao Động Điều Hòa	4
2.1.1	Dao động	4
2.1.2	Thiết lập phương trình động lực học của vật dao động trong con lắc lò xo	5
2.1.3	Nghiệm của phương trình động lực học: phương trình dao động điều hòa	5
2.1.4	Các đại lượng đặc trưng của dao động điều hòa	6
2.1.5	Đồ thị (ly độ) của dao động điều hòa	6
2.1.6	Chu kỳ & tần số của dao động điều hòa	6
2.1.7	Vận tốc trong dao động điều hòa	7
2.1.8	Gia tốc trong dao động điều hòa	7
2.1.9	Biểu diễn dao động điều hòa bằng vector quay	7
2.1.10	Điều kiện ban đầu: sự kích thích dao động	8
2.1.11	Cân ở nơi không có trọng lượng	8
2.2	Con Lắc Đơn. Con Lắc Vật Lý	8
2.2.1	Con lắc đơn	8
2.2.2	Phương trình động lực học	9
2.2.3	Nghiệm của phương trình $s'' + \omega^2 s$	9
2.2.4	Con lắc vật lý	10
2.2.5	Hệ dao động	10
2.3	Năng Lượng trong Dao Động Điều Hòa	10
2.3.1	Sự bảo toàn cơ năng	11
2.3.2	Biểu thức của thế năng	11
2.3.3	Biểu thức của động năng	11
2.3.4	Biểu thức của cơ năng	12
2.4	Bài Tập về Dao Động Điều Hòa	14
2.5	Dao Động Tắt Dần & Dao Động Duy Trì	14
2.6	Dao Động Cường Bức. Cộng Hưởng	14
2.7	Tổng Hợp Dao Động	14
2.8	Thực Hành: Xác Định Chu Kỳ Dao Động của Con Lắc Đơn hoặc Con Lắc Lò Xo & Gia Tốc Trọng Trường	14
2.9	Tóm Tắt Chương II	14
3	Sóng Cơ	14

*Independent Researcher, Ben Tre City, Vietnam

e-mail: nguyenquanbahong@gmail.com; website: <https://nqbh.github.io>.

3.1	Sóng Cơ. Phương Trình Sóng	14
3.2	Phản Xạ Sóng. Sóng Dừng	14
3.3	Giao Thoa Sóng	14
3.4	Sóng Âm. Nguồn Nhạc Âm	14
3.5	Hiệu Ứng Doppler	14
3.6	Bài Tập về Sóng Cơ	14
3.7	Thực Hành: Xác Định Tốc Độ Truyền Âm	14
3.7.1	Tóm Tắt Chương III	14
4	Dao Động & Sóng Điện Từ	14
4.1	Dao Động Điện Từ	14
4.2	Bài Tập về Dao Động Điện Từ	14
4.3	Điện Từ Trường	14
4.4	Sóng Điện Từ	14
4.5	Truyền Thông bằng Sóng Điện Từ	14
4.6	Bộ Dao Động Thạch Anh (Quartz)	14
4.7	Tóm Tắt chương IV	14
5	Dòng Điện Xoay Chiều	14
5.1	Dòng Điện Xoay Chiều. Mạch Điện Xoay Chiều Chỉ Có Điện Trở Thuần	14
5.2	Mạch Điện Xoay Chiều Chỉ Có Tự Điện, Cuộn Cảm	14
5.3	Mạch Có R, L, C Mắc Nối Tiếp. Công Hưởng Điện	14
5.4	Công Suất của Dòng Điện Xoay Chiều. Hệ Số Công Suất	14
5.5	Máy Phát Điện Xoay Chiều	14
5.6	Động Cơ Không Đồng Bộ 3 Pha	14
5.7	Máy Biến Áp. Truyền Tải Điện Năng	14
5.8	Bài Tập về Dòng Điện Xoay Chiều	14
5.9	Sản Xuất Điện	14
5.10	Thực Hành: Khảo Sát Đoạn Mạch Điện Xoay Chiều có R, L, C Mắc Nối Tiếp	14
5.11	Tóm Tắt Chương V	14
6	Sóng Ánh Sáng	14
6.1	Tán Sắc Ánh Sáng	14
6.2	Nhiều Xạ Ánh Sáng. Giao Thoa Ánh Sáng	14
6.3	Khoảng Vân. Bước Sóng & Màu Sắc Ánh Sáng	14
6.4	Bài Tập về Giao Thoa Ánh Sáng	14
6.5	Máy Quang Phổ. Các Loại Quang Phổ	14
6.6	Tia Hồng Ngoại. Tia Tử Ngoại	14
6.7	Tia X. Thuyết Điện Từ Ánh Sáng. Thang Sóng Điện Từ	14
6.8	Cầu Vồng	14
6.9	Thực Hành: Xác Định Bước Sóng Ánh Sáng	14
6.10	Tóm Tắt Chương VI	14
7	Lượng Tử Ánh Sáng	14
7.1	Hiện Tượng Quang Điện Ngoại. Các Định Luật Quang Điện	14
7.2	Thuyết Lượng Tử Ánh Sáng. Lượng Tính Sóng - Hạt của Ánh Sáng	14
7.3	Bài Tập về Hiện Tượng Quang Điện	14
7.4	Hiện Tượng Quang Điện Trong. Quang Điện Trở & Pin Quang Điện	14
7.5	Mẫu Nguyên Tử Bo & Quang Phổ Vạch của Nguyên Tử Hydro	14
7.6	Hấp Thụ & Phản Xạ Lọc Lựa Ánh Sáng. Màu Sắc Các Vật	14
7.7	Sự Phát Quang. Sơ Lược về Laze	14
7.8	Cấu Tạo & Hoạt Động của Laze	14
7.9	Tóm Tắt Chương VII	14
8	Sơ Lược về Thuyết Tương Đối Hẹp	14
8.1	Thuyết Tương Đối Hẹp	14
8.2	Hệ Thức Einstein Giữa Khối Lượng & Năng Lượng	14

8.3	Tóm Tắt Chương VIII	14
9	Hạt Nhân Nguyên Tử	14
9.1	Cấu Tạo của Hạt Nhân Nguyên tử. Độ Hụt Khối	14
9.2	Phóng Xạ	14
9.3	Phản Ứng Hạt Nhân	14
9.4	Bài Tập về Phóng Xạ & Phản Ứng Hạt Nhân	14
9.5	Phản Ứng Phân Hạch	14
9.6	Phản Ứng Nhiệt Hạch	14
9.7	Tóm Tắt Chương IX	14
10	Từ Vi Mô đến Vi Mô	14
10.1	Các Hạt Sơ Cấp	14
10.2	Mặt Trời. Hệ Mặt Trời	14
10.3	Sao. Thiên Hà	14
10.4	Thuyết Big Bang	14
10.5	Liệu Có – Hoặc Đã Từng Có – Sự Sống trên Hỏa Tinh hay không?	14
10.6	Tóm Tắt Chương X	14
	Tài liệu	14

1 Động Lực Học Vật Rắn

1.1 Chuyển Động Quay của Vật Rắn Quanh 1 Trục Cố Định

1.2 Phương Trình Động Lực Học của Vật Rắn Quay Quanh 1 Trục Cố Định

1.3 Momen Động Lượng. Định Luật Bảo Toàn Momen Động Lượng

1.4 Động Năng của Vật Rắn Quay Quanh 1 Trục Cố Định

1.5 Bài Tập về Động Lực Học Vật Rắn

1.6 Tóm Tắt Chương I

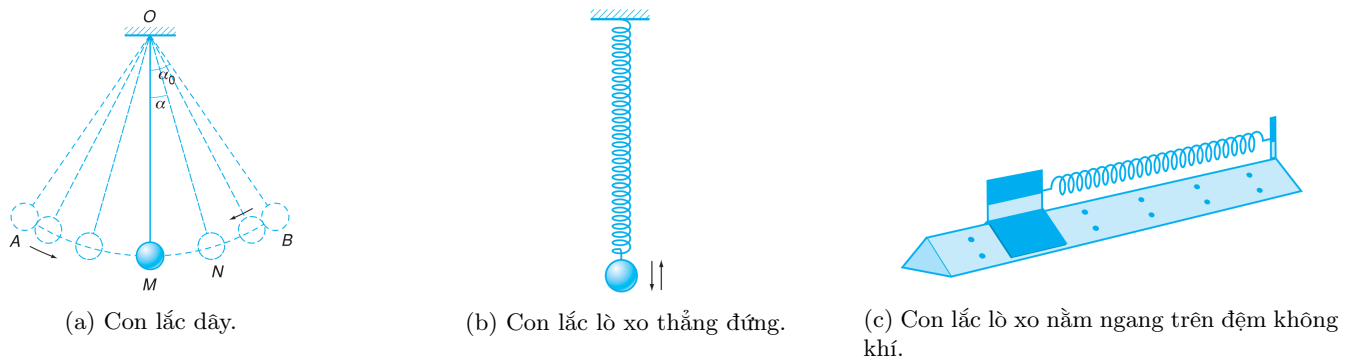
2 Dao Động Cơ

Nội dung. Các mô hình cơ học của dao động điều hòa: con lắc lò xo, con lắc đơn; các đặc trưng của dao động điều hòa; dao động tắt dần, dao động cưỡng bức, cộng hưởng; vector quay, phương pháp giản đồ Frenen.

“Hằng ngày, chúng ta thấy rất nhiều chuyển động đư đưa, vật chuyển động luôn luôn thay đổi chiều, đi qua đi lại quanh 1 vị trí cân bằng, đó là *chuyển động dao động*.” “khảo sát chuyển động dao động điều hòa, đưa ra các đại lượng đặc trưng cho chuyển động ấy: biên độ, tần số, pha, pha ban đầu, ly độ, vận tốc, gia tốc. Ngoài ra, chúng ta còn xét xem khi nào thì xảy ra dao động điều hòa, dao động tắt dần, dao động duy trì, dao động cưỡng bức.” – Khôi, Khiết, et al., 2022, p. 28

2.1 Dao Động Điều Hòa

2.1.1 Dao động



Hình 1: 1 số dao động điều hòa, Khôi, Khiết, et al., 2022, Hình 6.1, p. 28.

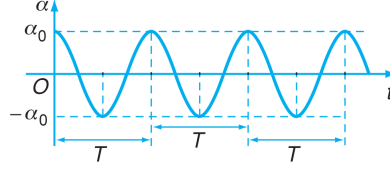
“... quan sát chuyển động của vật nặng trong con lắc dây (a), con lắc lò xo thẳng đứng (b) & con lắc lò xo nằm ngang trên đệm không khí (c) ở Fig. 1. Từ sự quan sát, có thể rút ra các nhận xét sau đây về chuyển động của vật nặng trong cả 3 trường hợp trên: • Có 1 vị trí cân bằng. • Nếu đưa vật nặng ra khỏi vị trí cân bằng rồi thả cho vật tự do thì vật sẽ *chuyển động qua lại quanh vị trí cân bằng*.

Định nghĩa 2.1 (Dao động). *Chuyển động qua lại quanh 1 vị trí cân bằng được gọi là dao động.*

Dao động có thể là tuần hoàn, có thể không tuần hoàn. *Dao động tuần hoàn:* Xét Fig. 1(a), nếu thả vật từ B thì vật đi sang trái qua M, tới A thì dừng lại, rồi đi ngược lại về phía phải qua M & trở lại B. Sau đó, *chuyển động được lặp lại như thế liên tiếp & mãi mãi*. Chuyển động như vậy được gọi là *dao động tuần hoàn*. Giai đoạn chuyển động BMAMB nói trên được lặp lại đúng như trước. Đó là giai đoạn nhỏ nhất được lặp lại trong *dao động tuần hoàn*. Ta gọi giai đoạn đó là *1 dao động toàn phần* hay *1 chu trình*. Thời gian thực hiện 1 dao động toàn phần được gọi là *chu kỳ* (ký hiệu là T) của dao động tuần hoàn. Đơn vị của chu kỳ là giây (s). Trong 1 giây, chuyển động thực hiện được $f = \frac{1}{T}$ dao động toàn phần, f được gọi là *tần số* của dao động tuần hoàn. Đơn vị của tần số là $\frac{1}{s}$, gọi là héc (ký hiệu Hz).” – Khôi, Khiết, et al., 2022, pp. 28–29

“**Thí nghiệm về tính tuần hoàn của chuyển động con lắc dây (Fig. 1(a)).** Lấy 1 vật mốc có dạng đoạn thẳng đặt song song với dây treo, ở phía sau dây treo. Dùng đồng hồ bấm giây đo khoảng thời gian giữa 2 lần liên tiếp dây treo đi ngang qua vật mốc theo cùng 1 chiều & ghi lại kết quả. Trong phạm vi sai số, những khoảng thời gian đó bằng nhau & bằng chu kỳ dao động. **Đồ thị dao động.** Nếu gọi N là vị trí của vật vào thời điểm t & ký hiệu α là góc hợp bởi đường thẳng

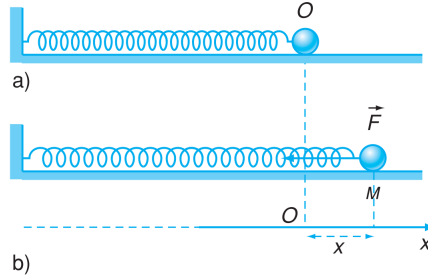
đứng OM & dây treo ON , thì đồ thị sự phụ thuộc của α vào thời gian là 1 đồ thị biểu diễn dao động của vật (Fig. 2).” – Khôi, Khiết, et al., 2022, p. 28



Hình 2: Đồ thị biểu diễn dao động của vật, Khôi, Khiết, et al., 2022, Hình 6.2, p. 29.

2.1.2 Thiết lập phương trình động lực học của vật dao động trong con lắc lò xo

“Xét chuyển động của vật nặng trong con lắc lò xo nằm ngang (Fig. 3).



Hình 3: Con lắc lò xo. (a) Vật nặng ở vị trí cân bằng O , lò xo không dãn. (b) Vật nặng ở vị trí M , ly độ x , vật chịu tác dụng của lực đàn hồi $F = -kx$ của lò xo, Khôi, Khiết, et al., 2022, Hình 6.3, p. 29.

Con lắc lò xo gồm 1 vật nặng gắn vào đầu 1 lò xo có khối lượng không đáng kể, đầu kia của lò xo cố định. Trục x như hình vẽ, gốc O ứng với vị trí cân bằng. Tọa độ x của vật tính từ vị trí cân bằng gọi là *ly độ*. Lực F tác dụng lên vật nặng là lực đàn hồi của lò xo, lực này luôn hướng về O (trái dấu với ly độ) & có độ lớn tỷ lệ với ly độ, nên: $F = -kx$, hệ số tỷ lệ k là *độ cứng* của lò xo. Lực F luôn luôn hướng về vị trí cân bằng nên được gọi là *lực kéo về* hay *lực hồi phục*. Gia tốc của vật nặng (khối lượng m) bằng đạo hàm bậc 2 của ly độ theo thời gian x'' . Bỏ qua ma sát & áp dụng định luật II Newton, ta có: $mx'' = -kx$, hay là

$$x'' + \frac{k}{m}x = 0. \quad (2.1)$$

Đặt $\omega^2 = \frac{k}{m}$, phương trình (2.1) trở thành:

$$x'' + \omega^2 x = 0. \quad (2.2)$$

Phương trình (2.1) hoặc (2.2) được gọi là *phương trình động lực học* của dao động.” – Khôi, Khiết, et al., 2022, pp. 29–30

“Xét 1 vật có 1 vị trí cân bằng xác định & 1 khi dời khỏi vị trí này 1 đoạn thẳng có độ dài x thì vật chịu tác dụng của 1 lực hướng về vị trí cân bằng & có độ lớn tỷ lệ với x (cũng gọi là *lực kéo về*). Ta thiết lập được phương trình (2.1) cho chuyển động của vật theo cách hoàn toàn tương tự như đối với vật nặng của con lắc lò xo. Như vậy, vật mà ta xét sẽ dao động điều hòa.” – Khôi, Khiết, et al., 2022, p. 30

2.1.3 Nghiệm của phương trình động lực học: phương trình dao động điều hòa

“Toán học cho biết nghiệm của phương trình (2.2) có dạng:

$$x = A \cos(\omega t + \varphi), \quad (2.3)$$

trong đó A & φ là 2 hằng số bất kỳ.” “Về phải của phương trình (2.3) là $A \cos(\omega t + \varphi)$ còn gọi là *biểu thức của dao động*.” “Có thể thử lại điều đó bằng cách tính đạo hàm của x : $x' = -\omega A \sin(\omega t + \varphi)$, $x'' = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi) = -\omega^2 x$. Thay biểu thức cuối của x'' vào phương trình (2.2), ta thấy rằng phương trình này được nghiệm đúng. Phương trình (2.3) cho sự phụ thuộc của ly độ x vào thời gian, gọi là *phương trình dao động*.”

Định nghĩa 2.2. *Dao động mà phương trình có dạng (2.3), i.e., về phải là hàm cosin hay sin của thời gian nhân với 1 hằng số, được gọi là dao động điều hòa.*

Bằng phép biến đổi lượng giác, bất kỳ hàm cosin nào cũng có thể đổi thành hàm sin & ngược lại, e.g., $A \cos(\omega t + \varphi) = A \sin(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2})$. Vì thế cả hàm cosin & hàm sin đều gọi chung là *hàm dạng sin*.” – Khôi, Khiết, et al., 2022, pp. 30–31

2.1.4 Các đại lượng đặc trưng của dao động điều hòa

“Với giá trị của $A > 0$ trong (2.3): • A được gọi là *biên độ*, đó là giá trị cực đại của ly độ x ứng với lúc $\cos(\omega t + \varphi) = 1$. Biên độ luôn luôn dương. • $(\omega t + \varphi)$ được gọi là *pha* của dao động tại thời điểm t , pha chính là đối số của hàm cosin & là 1 góc. Với 1 biên độ đã cho thì pha xác định ly độ x của dao động. • φ là *pha ban đầu*, i.e., pha $\omega t + \varphi$ vào thời điểm $t = 0$. • ω gọi là *tần số góc* của dao động. ω là tốc độ biến đổi của góc pha, có đơn vị là rad/s hoặc °/s. Với 1 con lắc lò xo đã cho thì tần số góc ω chỉ có 1 giá trị xác định cho bởi $\omega^2 = \frac{k}{m}$.

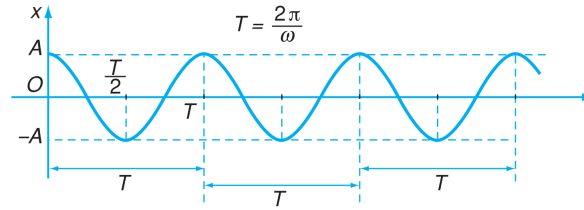
Nếu trong (2.3), $A < 0$ thì ta viết lại như sau: $x = A \cos(\omega t + \varphi) = -|A| \cos(\omega t + \varphi) = |A| \cos(\omega t + \varphi + \pi)$. Biên độ dao động điều hòa là $|A|$ (luôn luôn dương) & pha ban đầu là $\varphi + \pi$.” – Khôi, Khiết, et al., 2022, p. 31

2.1.5 Đồ thị (ly độ) của dao động điều hòa

“Xuất phát từ phương trình dao động (2.3), cho $\varphi = 0$ để đơn giản. Lập bảng biến thiên của ly độ x theo thời gian t (xem Bảng 1) & vẽ đường biểu diễn x theo t (Fig. 4).

t	0	$\frac{\pi}{2\omega}$	$\frac{\pi}{\omega}$	$\frac{3\pi}{2\omega}$	$\frac{2\pi}{\omega}$
ωt	0	$\frac{\pi}{2}$	π	$\frac{3\pi}{2}$	2π
x	A	0	$-A$	0	A

Bảng 1: Biến thiên của x theo t , Khôi, Khiết, et al., 2022, Bảng 6.1, p. 31.



Hình 4: Đường biểu diễn $x = A \cos(\omega t + \varphi)$ với $\varphi = 0$. Trục hoành biểu diễn thời gian t , trục tung biểu diễn ly độ x . A là giá trị cực đại của ly độ x , Khôi, Khiết, et al., 2022, Hình 6.4, p. 31.

Từ đồ thị ta thấy rằng, dao động điều hòa là chuyển động tuần hoàn.” – Khôi, Khiết, et al., 2022, pp. 31–32

2.1.6 Chu kỳ & tần số của dao động điều hòa

“Từ đồ thị ly độ của dao động điều hòa (Fig. 4) ta thấy rằng, nếu tịnh tiến đoạn đồ thị $(9, \frac{2\pi}{\omega})$ 1 đoạn $\frac{2\pi}{\omega}$ theo trục t , ta sẽ được đoạn đồ thị tiếp theo. Như vậy, giai đoạn chuyển động từ thời điểm $t = 0$ đến thời điểm $t = \frac{2\pi}{\omega}$ là giai đoạn ngắn nhất được lặp lại liên tục & mãi mãi, đó là 1 dao động toàn phần hay 1 chu trình. Thời gian $\frac{2\pi}{\omega}$ thực hiện dao động toàn phần là chu kỳ T của dao động điều hòa.

$$T = \frac{2\pi}{\omega}. \quad (2.4)$$

Tần số f của dao động điều hòa, theo định nghĩa, là:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}. \quad (2.5)$$

Chứng minh tính chất tuần hoàn. Vào thời điểm t bất kỳ, vật có ly độ cho bởi (2.3). Vào thời điểm $t + T$ vật có ly độ:

$$x(t + T) = x\left(t + \frac{2\pi}{\omega}\right) = A \cos\left[\omega\left(t + \frac{2\pi}{\omega}\right) + \varphi\right] = A \cos(\omega t + 2\pi + \varphi) = A \cos(\omega t + \varphi) = x(t),$$

đúng bằng ly độ vào thời điểm t . Điều này chứng tỏ rằng $T = \frac{2\pi}{\omega}$ cũng là chu kỳ của dao động điều hòa. \square

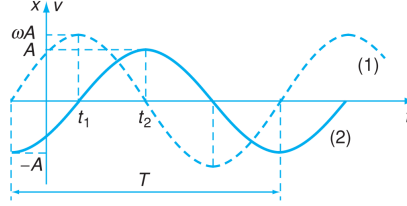
3 đại lượng: chu kỳ T , tần số f , & tần số góc ω liên quan với nhau theo (2.4)–(2.5) cùng đặc trưng cho 1 tính chất biến đổi nhanh hay chậm của pha. Chỉ dùng 1 trong 3 đại lượng đó là đủ.” – Khôi, Khiết, et al., 2022, p. 32

2.1.7 Vận tốc trong dao động điều hòa

“Vận tốc bằng đạo hàm của ly độ theo thời gian:

$$v = x' = -\omega A \sin(\omega t + \varphi) = \omega A \cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right), \quad (2.6)$$

như vậy là vận tốc cũng biến đổi điều hòa & có cùng chu kỳ với ly độ. Đồ thị vận tốc (đường đứt nét) đối chiếu với đồ thị ly độ (đường liền nét) được vẽ trên Fig. 5. Chú ý: Ở vị trí giới hạn $x = \pm A$ thì vận tốc có giá trị bằng 0. Ở vị trí cân bằng $x = 0$ thì vận tốc v có độ lớn cực đại bằng ωA .



Hình 5: Đồ thị vận tốc & đồ thị ly độ (pha ban đầu $\varphi \neq 0$), Khôi, Khiết, et al., 2022, Hình 6.5, p. 32.

Trục hoành biểu diễn thời gian t . Nếu trục tung biểu diễn ly độ x thì đường liền nét (2) biểu diễn x theo t (đồ thị ly độ). Nếu trục tung biểu diễn vận tốc v thì đường đứt nét (1) biểu diễn v theo t (đồ thị vận tốc). Khi $t = t_1$ thì $x = 0$ thì $v = v_{\max} = \omega A$. Khi $t = t_1 + \frac{T}{4} = t_2$ thì $x = x_{\max} = A$, $v = 0$.” – Khôi, Khiết, et al., 2022, p. 32

2.1.8 Gia tốc trong dao động điều hòa

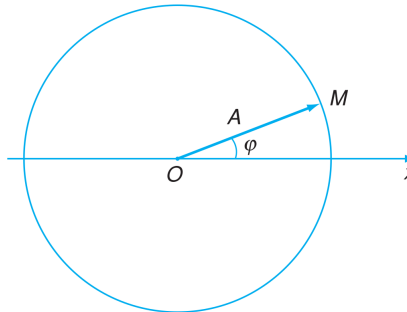
“Gia tốc a bằng đạo hàm của vận tốc theo thời gian:

$$a = v' = x'' = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi) = -\omega^2 x. \quad (2.7)$$

Gia tốc luôn luôn trái dấu với ly độ & có độ lớn tỷ lệ với độ lớn của ly độ. Người ta nói rằng, gia tốc ngược pha với ly độ.” “Từ (2.3) & (2.6), ta thấy rằng ly độ x & vận tốc v đều là hàm cosin với cùng tần số góc ω , pha ban đầu của v là $\varphi + \frac{\pi}{2}$, lớn hơn pha ban đầu của x . Người ta nói rằng vận tốc v sớm pha $\frac{\pi}{2}$ so với ly độ x , hoặc ly độ x trễ pha $\frac{\pi}{2}$ so với vận tốc v .” – Khôi, Khiết, et al., 2022, p. 33

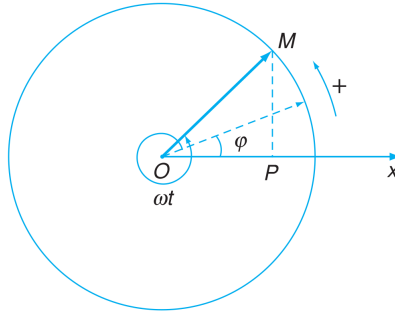
2.1.9 Biểu diễn dao động điều hòa bằng vector quay

“Để biểu diễn dao động điều hòa (2.3) người ta dùng 1 vector \overrightarrow{OM} có độ dài là A (biên độ), quay đều quanh điểm O trong mặt phẳng chứa trục Ox với tốc độ góc là ω . Ở thời điểm ban đầu $t = 0$, góc giữa trục Ox & \overrightarrow{OM} là φ (pha ban đầu) (Fig. 6).



Hình 6: Vector quay vào thời điểm $t = 0$, Khôi, Khiết, et al., 2022, Hình 6.6, p. 33.

Ở thời điểm t , góc giữa trục Ox & \overrightarrow{OM} sẽ là $\omega t + \varphi$ (Fig. 7), góc đó chính là pha của dao động.



Hình 7: Vector quay vào thời điểm t bất kỳ, Khôi, Khiết, et al., 2022, Hình 6.7, p. 33.

Độ dài đại số của hình chiếu vector quay \overrightarrow{OM} trên trục x sẽ là:

$$\text{ch}_x \overrightarrow{OM} = \overline{OP} = A \cos(\omega t + \varphi), \quad (2.8)$$

đó chính là biểu thức trong vế phải của (2.3) & là ly độ x của dao động. Như vậy: *Độ dài đại số của hình chiếu trên trục x của vector quay \overrightarrow{OM} biểu diễn dao động điều hòa chính là ly độ x của dao động.* Đẳng thức (2.8) cũng thể hiện mối quan hệ giữa dao động điều hòa & chuyển động tròn đều: Điểm P dao động điều hòa trên trục Ox với biên độ A & tần số góc ω có thể coi như hình chiếu lên Ox của 1 điểm M chuyển động tròn đều với tốc độ góc ω trên quỹ đạo tròn tâm O , bán kính A . Trục Ox trùng với 1 đường kính của quỹ đạo đó.” – Khôi, Khiết, et al., 2022, p. 33

2.1.10 Điều kiện ban đầu: sự kích thích dao động

“Xét 1 vật dao động, e.g., vật nặng trong con lắc lò xo. Trong phần trước, ta đã tìm được phương trình dao động của vật, trong đó có 2 hằng số A & φ . Trong 1 chuyển động cụ thể thì A & φ có giá trị xác định, tùy theo cách kích thích dao động. Giả thiết rằng vật nặng đứng yên ở vị trí cân bằng, nó sẽ đứng yên mãi. Ta có thể kích thích dao động của vật bằng cách đưa nó ra khỏi vị trí cân bằng 1 đoạn x_0 rồi thả tự do (vận tốc ban đầu bằng 0). Dưới tác dụng của lực đàn hồi của lò xo, vật sẽ dao động. Nếu chọn gốc thời gian $t = 0$ là lúc thả vật tự do ở ly độ x_0 , ta sẽ có *điều kiện ban đầu* sau đây: $x(0) = x_0$ & $v(0) = 0$. Cho $t = 0$ trong công thức (2.3) của ly độ x & trong công thức (2.6) của vận tốc, thì: $x(0) = A \cos \varphi = x_0$, $v(0) = -\omega A \sin \varphi = 0$. Từ phương trình sau, ta suy ra $\sin \varphi = 0$, $\varphi = 0$. Thay vào phương trình trước, ta có $A = x_0$. Vậy, phương trình của dao động điều hòa được kích thích như trên sẽ là: $x = x_0 \cos \omega t$.” – Khôi, Khiết, et al., 2022, pp. 33–34

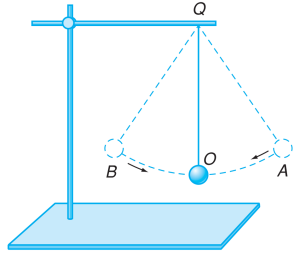
2.1.11 Cân ở nơi không có trọng lượng

“Để biết diễn biến sức khỏe của nhà du hành vũ trụ, người ta theo dõi xem nhà du hành tăng cân hay giảm cân. Khi tập luyện trên mặt đất, bác sĩ dùng 1 cái cân thông thường để đo trọng lượng nhà du hành, rồi từ đó suy ra khối lượng. Khi bay trên con tàu vũ trụ, nhà du hành ở trạng thái không trọng lượng, không có cân nào hoạt động được nữa. *Vậy làm thế nào để đo khối lượng nhà du hành?* Lúc này phải dựa vào quán tính để đo khối lượng. Nhà du hành ngồi & buộc mình vào 1 cái ghế, ghế gắn vào đầu 1 lò xo, đầu kia của lò xo gắn chặt vào 1 điểm. Cho ghế dao động ở đầu lò xo. 1 đồng hồ điện tử đo chu kỳ của dao động. Từ chu kỳ dao động có thể tính được khối lượng của nhà du hành.” – Khôi, Khiết, et al., 2022, p. 35

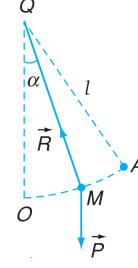
2.2 Con Lắc Đơn. Con Lắc Vật Lý

2.2.1 Con lắc đơn

“Con lắc đơn gồm 1 vật nặng có kích thước nhỏ, có khối lượng m , treo ở đầu 1 sợi dây mềm không dẫn có độ dài l & có khối lượng không đáng kể. Vị trí cân bằng của con lắc đơn là vị trí mà dây treo thẳng đứng QO , vật nặng ở vị trí O thấp nhất. Nếu đưa vật nặng ra khỏi vị trí cân bằng, ví dụ tới vị trí A trên quỹ đạo tròn tâm Q bán kính l với $\widehat{OA} = s_0$, rồi thả tự do thì vật nặng dao động trên cung tròn AOB , qua lại quanh vị trí cân bằng O (Fig. 8(a)).” – Khôi, Khiết, et al., 2022, p. 36



(a) Con lắc đơn.



(b) Sơ đồ con lắc đơn.

Hình 8: Con lắc đơn & sơ đồ, Khôi, Khiết, et al., 2022, Hình 7.2, p. 36.

2.2.2 Phương trình động lực học

“Vật nặng ở vị trí M xác định bởi $\widehat{OM} = s$ (Fig. 8(b)), s được gọi là *ly độ cong*. Dây treo ở QM xác định bởi góc $\widehat{OQM} = \alpha$ được gọi là *ly độ góc*. Chiều dương để tính s & α là chiều từ O đến A . Hệ thức giữa s & α là: $s = l\alpha$. Các lực tác dụng lên vật là: • Trọng lực \vec{P} có độ lớn mg & hướng thẳng đứng xuống dưới. • Phản lực \vec{R} của dây hướng theo MQ . Ta phân tích trọng lực \vec{P} thành 2 phần: thành phần \vec{P}_n theo phương của dây treo QM & vuông góc với quỹ đạo tròn, thành phần \vec{P}_t theo phương tiếp tuyến với quỹ đạo. $\vec{P} = \vec{P}_n + \vec{P}_t$. Thành phần \vec{P}_n của trọng lực & phản lực \vec{R} của dây treo cùng tác dụng lên vật, nhưng vì chúng vuông góc với quỹ đạo nên không làm thay đổi tốc độ của vật. Hợp lực của chúng là lực hướng tâm giữ cho vật chuyển động trên quỹ đạo tròn. Thành phần \vec{P}_t của trọng lực luôn có khuynh hướng kéo vật về vị trí cân bằng O , giống như lực kéo về trong con lắc lò xo. Với những dao động nhỏ, i.e., ly độ góc $\alpha \ll 1$ rad, còn ly độ cong $s \ll l$, thì có thể coi gần đúng cung \widehat{OM} là đoạn thẳng. Fig. 8 cho thấy lực \vec{P}_t có độ lớn $mg \sin \alpha$ & luôn hướng về O , nên $P_t = -mg \sin \alpha$. Ngoài ra, $\alpha \ll 1$ rad nên có thể coi gần đúng $\sin \alpha \approx \alpha$. Áp dụng định luật II Newton, ta có: $ms'' = -mg \sin \alpha \approx -mg\alpha = -mg \frac{s}{l}$. Từ đây, suy ra:

$$s'' + \frac{g}{l}s = 0. \quad (2.9)$$

Đó là *phương trình động lực học của dao động của con lắc đơn* với ly độ cong s nhỏ (so với l). Đặt

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}, \quad (2.10)$$

ta lại có phương trình giống như phương trình (2.2) đối với dao động của con lắc lò xo: $s'' + \omega^2 s = 0$. “Nếu chọn ly độ góc α để xác định vị trí của vật nặng thì ta thay s bằng $l\alpha$ trong (2.9) & sẽ được: $\alpha'' + \frac{g}{l}\alpha = 0$ & tiếp theo: $\alpha'' + \omega^2 \alpha = 0$.” – Khôi, Khiết, et al., 2022, pp. 36–37

2.2.3 Nghiệm của phương trình $s'' + \omega^2 s$

“Phương trình dao động của con lắc là:

$$s = A \cos(\omega t + \varphi). \quad (2.11)$$

Với cách kích thích đưa vật nặng về phía phải, ở ly độ cong s_0 rồi thả tự do & gốc thời gian chọn vào lúc thả vật nặng, ta có điều kiện ban đầu: Khi $t = 0$ thì $s = s_0$ & $v = s' = 0$. Vận dụng điều kiện ban đầu cho nghiệm (2.11), ta có: $A \cos \varphi = s_0$ & $-\omega A \sin \varphi = 0$ từ đó, suy ra: $\varphi = 0$ & $A = s_0$. Vậy, nếu kích thích đưa vật nặng về phía phải, ở ly độ cong s_0 rồi thả tự do thì:

$$s = s_0 \cos \omega t. \quad (2.12)$$

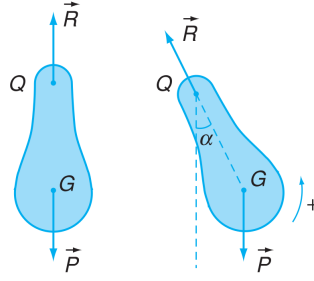
Có thể chọn góc lệch α của dây treo làm thông số xác định vị trí (tọa độ góc), khi đó

$$\alpha = \alpha_0 \cos \omega t. \quad (2.13)$$

Cả 2 phương trình (2.12) & (2.13) đều mô tả cùng 1 chuyển động dao động của con lắc đơn. Đó là 1 dao động điều hòa. *Dao động của con lắc đơn với góc lệch nhỏ là dao động điều hòa quanh vị trí cân bằng với tần số góc ω cho bởi (2.10)*. Tần số góc ω không phụ thuộc khối lượng m của vật nặng. Chu kỳ T của dao động nhỏ là: $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$. – Khôi, Khiết, et al., 2022, pp. 37–38

2.2.4 Con lắc vật lý

“Con lắc vật lý là 1 vật rắn quay được quanh 1 trục nằm ngang cố định không đi qua trọng tâm của vật. Trong Fig. 9, trục đi qua Q & vuông góc với mặt phẳng của hình vẽ. G là trọng tâm của vật, α là góc lệch của QG so với đường thẳng đứng. Chiều dương là chiều mũi tên.



Hình 9: Con lắc vật lý, G là trọng tâm của con lắc, $d = QG$, Khôi, Khiết, et al., 2022, Hình 7.3, p. 39.

Phương trình dao động của con lắc vật lý là: $\alpha = \alpha_0 \cos(\omega t + \varphi)$ trong đó tần số góc ω cho bởi: $\omega = \sqrt{\frac{mgd}{I}}$ với m là khối lượng của vật rắn, d là khoảng cách QG , I là momen quán tính của vật rắn đối với trục quay. Chu kỳ T của con lắc vật lý cho bởi:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgd}}. \quad (2.14)$$

Ứng dụng con lắc vật lý: Dùng con lắc vật lý đo gia tốc trọng trường g . Đặt con lắc tại 1 vị trí, đo chu kỳ T của con lắc dao động. Dùng công thức (2.14) suy ra gia tốc g của trọng trường tại vị trí đặt con lắc. Biết giá trị của g tại các vị trí khác nhau trong 1 vùng, có thể suy ra phân bố khối lượng khoáng vật ở dưới mặt đất trong vùng đó (giúp cho việc tìm mỏ dầu, nguồn nước dưới đất, ...). “Dưới tác dụng của trọng lực \vec{P} , con lắc vật lý dao động. Chọn góc lệch α của QG so với đường thẳng đứng làm tọa độ góc. Lực tác dụng lên vật rắn là trọng lực \vec{P} & phản lực \vec{R} đặt tại Q do trục quay tác dụng lên vật rắn. Momen của lực đối với trục quay đi qua Q : $M(\vec{P}) = -Pd \sin \alpha = -mgd \sin \alpha$, $M(\vec{R}) = 0$. Phương trình động lực học: Tổng momen của lực = Momen quán tính \times Gia tốc góc. Ký hiệu I là momen quán tính của vật rắn đối với trục đi qua Q , phương trình động lực học trở thành: $-mgd \sin \alpha = I\alpha''$ với dao động nhỏ thì $\sin \alpha \approx \alpha$, ta có: $\alpha'' + \frac{mgd}{I}\alpha = 0$. Đặt $\omega = \sqrt{\frac{mgd}{I}}$, ta có phương trình tương tự như $\alpha'' + \omega^2\alpha = 0$ với nghiệm là: $\alpha = \alpha_0 \cos(\omega t + \varphi)$. Từ đây, có thể thấy rằng con lắc vật lý dao động nhỏ với tần số góc cho bởi $\omega = \sqrt{\frac{mgd}{I}}$.” – Khôi, Khiết, et al., 2022, pp. 38–39

2.2.5 Hệ dao động

“Nếu xét vật dao động cùng với vật tác dụng lực kéo về lên vật dao động thì ta có 1 hệ gọi là *hệ dao động*. E.g.: vật nặng gắn vào lò xo có 1 đầu cố định (con lắc lò xo) là 1 hệ dao động, con lắc đơn (hoặc con lắc vật lý) cùng với Trái Đất là 1 hệ dao động. Như vậy, lực đàn hồi tác dụng lên vật nặng trong con lắc lò xo là nội lực của hệ, trọng lực tác dụng lên vật nặng trong con lắc đơn cũng là nội lực của hệ. Dao động của hệ xảy ra dưới tác dụng chỉ của nội lực thì gọi là *dao động tự do* hoặc *dao động riêng*. Từ đầu chương II tới đây ta mới chỉ xét dao động tự do.

Mọi dao động tự do của 1 hệ dao động đều có cùng 1 tần số góc xác định, được gọi là *tần số góc riêng* của vật hay hệ ấy. E.g., tần số góc riêng của con lắc lò xo là $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$, của con lắc đơn & Trái Đất là $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$.” “Có thể coi con lắc đơn là trường hợp riêng của con lắc vật lý với $d = l$, $I = ml^2$. Từ công thức $\omega = \sqrt{\frac{mgd}{I}}$, suy ra công thức (2.10) $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$.”

Lưu ý 2.1. “Con lắc lò xo, kể cả đầu cố định của lò xo, là 1 hệ dao động. Đầu cố định gắn với Trái Đất, cho nên thực ra có thể coi hệ dao động bao gồm cả Trái Đất. Lực hút của Trái Đất lên vật nặng luôn luôn bị cân bằng bởi phản lực của giá đỡ vật (trong con lắc nằm ngang) hoặc bởi lực đàn hồi do độ giãn ban đầu của lò xo (trong con lắc thẳng đứng). Vì vậy, không cần nói đến Trái Đất trong hệ.” – Khôi, Khiết, et al., 2022, pp. 39–40

2.3 Năng Lượng trong Dao Động Điều Hòa

“Khi 1 vật dao động, vị trí & vận tốc của nó luôn luôn thay đổi theo thời gian, vì thế mà thế năng & động năng của vật cũng luôn luôn biến đổi.” – Khôi, Khiết, et al., 2022, p. 41

2.3.1 Sự bảo toàn cơ năng

“Trong các con lắc mà ta đã xét ở chương này thì vật nặng chịu tác dụng của lực đàn hồi ($F = -kx$) hoặc trọng lực ($P = mg$). Các lực này là *lực thế*. Ở Khôi, Tư, et al., 2008, cơ năng (động năng + thế năng) của 1 vật chuyển động trong trường lực thế được bảo toàn. Như vậy: *Cơ năng của vật dao động được bảo toàn*. Ta sẽ xem xét chi tiết sự biến đổi từng thành phần của cơ năng, i.e., động năng & thế năng, của vật nặng trong con lắc lò xo & thử lại rằng cơ năng được bảo toàn.” – Khôi, Khiết, et al., 2022, p. 41

2.3.2 Biểu thức của thế năng

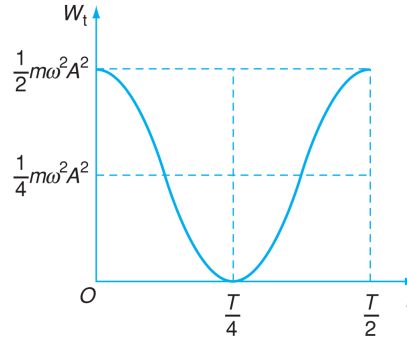
“Thế năng W_t của vật nặng dưới tác dụng của lực đàn hồi cũng chính là thế năng đàn hồi của lò xo. Xét vật nặng trong con lắc lò xo, vật dao động với tần số góc ω & biên độ A , ly độ của vật là:

$$x = A \cos(\omega t + \varphi). \quad (2.15)$$

Lực đàn hồi của lò xo tác dụng lên vật là $F = -kx$. Dưới tác dụng của lực này, thế năng của vật là: $W_t = \frac{1}{2}kx^2$. Thay x từ (2.15), ta có: $W_t = \frac{1}{2}kA^2 \cos^2(\omega t + \varphi)$ mà $\omega^2 = \frac{k}{m}$, i.e., $k = m\omega^2$, do đó:

$$W_t = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \cos^2(\omega t + \varphi). \quad (2.16)$$

Đây là *biểu thức của thế năng phụ thuộc vào thời gian*. Từ đây có thể khảo sát sự biến đổi của thế năng theo thời gian (xem Fig. 10).



Hình 10: Đường biểu diễn biến đổi thế năng theo thời gian ($\varphi = 0$), Khôi, Khiết, et al., 2022, Hình 8.1, p. 41.

Biến đổi của thế năng theo thời gian. Dựa vào công thức (2.16) & dùng biến đổi lượng giác $\cos^2 a = \frac{1+\cos 2a}{2}$, ta có:

$$W_t = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \frac{1 + \cos 2(\omega t + \varphi)}{2} = \frac{1}{4}m\omega^2 A^2 + \frac{1}{4}m\omega^2 A^2 \cos 2(\omega t + \varphi).$$

Chọn gốc thời gian sao cho $\varphi = 0$, ta có đường biểu diễn của $W_t(t)$ ở Fig. 10.” – Khôi, Khiết, et al., 2022, p. 41

2.3.3 Biểu thức của động năng

“Theo định nghĩa, động năng của vật nặng là: $W_d = \frac{1}{2}mv^2$. Vận tốc v có thể tính được theo công thức (2.15) của ly độ x : $v = x' = -\omega A \sin(\omega t + \varphi)$. Thay vào biểu thức trên của động năng, ta có:

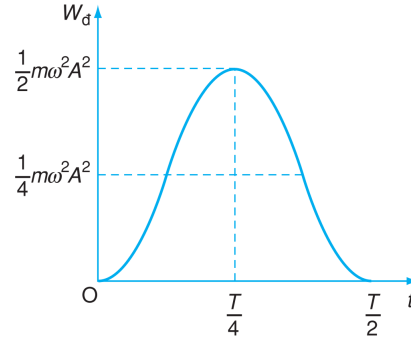
$$W_d = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \varphi). \quad (2.17)$$

Đây là *biểu thức của động năng phụ thuộc vào thời gian*. Từ đây có thể khảo sát sự biến đổi của động năng theo thời gian (xem cột bên trái). Vì khối lượng của lò xo rất nhỏ so với khối lượng của vật nên có thể bỏ qua động năng của lò xo. Như thế, động năng của vật cũng là động năng của cả con lắc lò xo.

Biến đổi của động năng theo thời gian. Dùng công thức $\sin^2 a = \frac{1-\cos 2a}{2}$, ta có thể biến đổi (2.17) như sau:

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

Với $\varphi = 0$, ta có đồ thị ở Fig. 11.” – Khôi, Khiết, et al., 2022, p. 42



Hình 11: Đường biểu diễn biến đổi động năng theo thời gian, Khôi, Khiết, et al., 2022, Hình 8.2, p. 42.

2.3.4 Biểu thức của cơ năng

“Cơ năng W của vật nặng bằng tổng động năng & thế năng của vật, đó cũng là cơ năng của con lắc lò xo: $W = W_d + W_t = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 [\cos^2(\omega t + \varphi) + \sin^2(\omega t + \varphi)]$ suy ra:

$$W = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2. \quad (2.18)$$

Từ (2.18) ta thấy rằng, cơ năng W không phụ thuộc thời gian. Vậy, cơ năng của vật nặng dao động, i.e., cơ năng của con lắc lò xo, được bảo toàn. Chú ý rằng $k = m\omega^2$, ta có:

$$W = \frac{1}{2}kA^2. \quad (2.19)$$

Cơ năng tỷ lệ với bình phương biên độ A của dao động.

Lưu ý 2.2. Sự bảo toàn cơ năng đã được thử lại cho trường hợp con lắc lò xo. Có thể thử lại cho dao động của các con lắc khác.” – Khôi, Khiết, et al., 2022, pp. 42–43

2.4 Bài Tập về Dao Động Điều Hòa

2.5 Dao Động Tắt Dần & Dao Động Duy Trì

2.6 Dao Động Cường Bức. Cộng Hưởng

2.7 Tổng Hợp Dao Động

2.8 Thực Hành: Xác Định Chu Kỳ Dao Động của Con Lắc Đơn hoặc Con Lắc Lò Xo & Gia Tốc Trọng Trường

2.9 Tóm Tắt Chương II

3 Sóng Cơ

3.1 Sóng Cơ. Phương Trình Sóng

3.2 Phản Xạ Sóng. Sóng Dừng

3.3 Giao Thoa Sóng

3.4 Sóng Âm. Nguồn Nhạc Âm

3.5 Hiệu Ứng Doppler

3.6 Bài Tập về Sóng Cơ

3.7 Thực Hành: Xác Định Tốc Độ Truyền Âm

3.7.1 Tóm Tắt Chương III

4 Dao Động & Sóng Điện Từ

4.1 Dao Động Điện Từ

4.2 Bài Tập về Dao Động Điện Từ

4.3 Điện Từ Trường

4.4 Sóng Điện Từ

4.5 Truyền Thông bằng Sóng Điện Từ

4.6 Bộ Dao Động Thạch Anh (Quartz)

4.7 Tóm Tắt chương IV

5 Dòng Điện Xoay Chiều

5.1 Dòng Điện Xoay Chiều. Mạch Điện Xoay Chiều Chỉ Có Điện Trở Thuần

5.2 Mạch Điện Xoay Chiều Chỉ Có Tự Điện, Cuộn Cảm

5.3 Mạch Có R, L, C Mắc Nối Tiếp. Cộng Hưởng Điện

5.4 Công Suất của Dòng Điện Xoay Chiều. Hệ Số Công Suất

5.5 Máy Phát Điện Xoay Chiều

5.6 Động Cơ Không Đồng Bộ 3 Pha

5.7 Máy Biến Áp. Truyền Tải Điện Năng

5.8 Bài Tập về Dòng Điện Xoay Chiều

5.9 Sản Xuất Điện

5.10 Thực Hành: Khảo Sát Đoạn Mạch Điện Xoay Chiều có R, L, C Mắc Nối Tiếp

5.11 Tóm Tắt Chương V

Khôi, Nguyễn Thế, Phạm Quý Tư, et al. (2008). *Vật Lý 10 nâng cao*. Tái bản lần thứ 4. Nhà Xuất Bản Giáo Dục Việt Nam, p. 333.