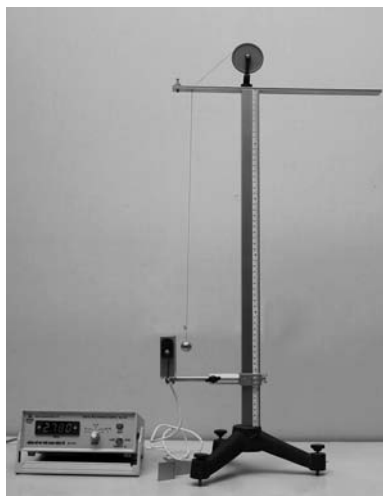


# 6

## THỰC HÀNH : KHẢO SÁT THỰC NGHIỆM CÁC ĐỊNH LUẬT DAO ĐỘNG CỦA CON LẮC ĐƠN



Hình 6.1

### I - MỤC ĐÍCH

Khảo sát thực nghiệm để phát hiện ảnh hưởng của biên độ, khối lượng, chiều dài con lắc đơn đối với chu kỳ dao động  $T$ . Từ đó tìm ra công thức tính

chu kỳ  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ , và ứng dụng tính gia tốc trọng trường  $g$  tại nơi làm thí nghiệm.

### II - DỤNG CỤ THÍ NGHIỆM

Ba quả nặng có móc treo 50 g ; một sợi dây mảnh dài 1 m ; một giá thí nghiệm dùng treo con lắc đơn, có cơ cấu điều chỉnh chiều dài con lắc đơn ; một đồng hồ bấm giây (sai số  $\pm 0,2$  s) hoặc đồng hồ đo thời gian hiện số có cổng quang điện ; một thước 500 mm ; một tờ giấy kẻ ô milimét (hoặc giấy kẻ ô vuông).

### III - TIẾN HÀNH THÍ NGHIỆM

#### 1. Chu kỳ dao động $T$ của con lắc đơn phụ thuộc vào biên độ dao động như thế nào ?

– Chọn quả nặng có khối lượng  $m = 50$  g, mắc vào đầu tự do của sợi dây mảnh không dẫn treo trên giá thí nghiệm để tạo thành con lắc đơn. Điều chỉnh chiều dài con lắc đơn (tính từ điểm treo cố định đến trọng tâm của quả nặng) đúng bằng 50,0 cm.

Kéo quả nặng lệch khỏi vị trí cân bằng một khoảng  $A = 3\text{ cm}$  cho dây treo con lắc nghiêng đi một góc  $\alpha$  so với phương thẳng đứng rồi thả cho nó tự do dao động. Đo thời gian  $t$  con lắc thực hiện 10 dao động toàn phần và ghi kết quả đo vào Bảng 6.1.

– Thực hiện phép đo trên với các giá trị khác nhau của biên độ  $A$  ( $A = 3, 6, 9, 18\text{ cm}$ ) rồi ghi tiếp các kết quả đo vào Bảng 6.1.

**Bảng 6.1**  $m = 50\text{ g}, l = 50,0\text{ cm}$

$A\text{ (cm)}$	$\sin \alpha = \frac{A}{l}$	Góc lệch $\alpha\text{ (}^\circ\text{)}$	Thời gian 10 dao động $t\text{ (s)}$	Chu kì $T\text{ (s)}$
$A_1 = 3,0$	.....	.....	$t_1 = \text{.....} \pm \text{.....}$	$T_1 = \text{.....} \pm \text{.....}$
$A_2 = 6,0$	.....	.....	$t_2 = \text{.....} \pm \text{.....}$	$T_2 = \text{.....} \pm \text{.....}$
$A_3 = 9,0$	.....	.....	$t_3 = \text{.....} \pm \text{.....}$	$T_3 = \text{.....} \pm \text{.....}$
$A_4 = 18$	.....	.....	$t_4 = \text{.....} \pm \text{.....}$	$T_4 = \text{.....} \pm \text{.....}$

Tính các giá trị  $\sin \alpha, \alpha, t, T$  theo Bảng 6.1, từ đó rút ra *định luật về chu kì của con lắc đơn dao động với biên độ nhỏ*.

## 2. Chu kì dao động của con lắc đơn phụ thuộc vào khối lượng $m$ của con lắc như thế nào ?

Mắc thêm các quả nặng để thay đổi khối lượng của con lắc đơn ( $m = 50, 100, 150\text{ g}$ ), đồng thời điều chỉnh độ dài dây treo để giữ cho độ dài  $l$  của con lắc đơn không thay đổi vẫn đúng bằng  $50,0\text{ cm}$  (lưu ý rằng khi thay đổi hoặc thêm bớt quả nặng thì trọng tâm của  $m$  đương nhiên sẽ thay đổi). Đo thời gian  $t$  con lắc thực hiện 10 dao động toàn phần với biên độ đủ nhỏ (xác định theo kết quả đo trên Bảng 6.1) ứng với mỗi trường hợp, rồi ghi kết quả vào Bảng 6.2.

**Bảng 6.2**  $l = 50,0\text{ cm}, A = \text{..... cm}$

$m\text{ (g)}$	Thời gian 10 dao động $t\text{ (s)}$	Chu kì $T\text{ (s)}$
50	.....	$T_A = \text{.....} \pm \text{..... (s)}$
100	.....	$T_B = \text{.....} \pm \text{..... (s)}$
150	.....	$T_C = \text{.....} \pm \text{..... (s)}$

Tính chu kì  $T$  theo Bảng 6.2, so sánh  $T_A$  với  $T_B$  và  $T_C$  để rút ra định luật về khối lượng của con lắc đơn.

Phát biểu định luật về khối lượng của con lắc đơn dao động nhỏ ( $\alpha < 10^\circ$ ) : .....

.....

### 3. Chu kì dao động của con lắc đơn phụ thuộc chiều dài con lắc như thế nào ?

– Dùng con lắc đơn có  $m = 50$  g, chiều dài  $l_1 = 50,0$  cm và đo thời gian 10 dao động toàn phần để xác định chu kì  $T_1$ . Ghi vào Bảng 6.3.

– Thay con lắc đơn có chiều dài lần lượt là  $l_2$  rồi  $l_3$  (thay đổi tùy chọn từ 40 cm đến 60 cm) để đo thời gian 10 dao động toàn phần và xác định chu kì  $T_2$  và  $T_3$ .

– Tính bình phương các chu kì  $T_1^2, T_2^2, T_3^2$  và các tỉ số

$$\frac{T_1^2}{l_1}, \frac{T_2^2}{l_2}, \frac{T_3^2}{l_3}$$

– Ghi các kết quả đo và tính được vào Bảng 6.3.

**Bảng 6.3**

Chiều dài $l$ (cm)	Thời gian $t = 10T$ (s)	Chu kì $T$ (s)	$T^2$ (s <sup>2</sup> )	$\frac{T^2}{l}$ (s <sup>2</sup> /cm)
$l_1 = \dots \pm \dots$	$t_1 = \dots \pm \dots$	$T_1 = \dots \pm \dots$	$T_1^2 = \dots \pm \dots$	$\frac{T_1^2}{l_1} = \dots \pm \dots$
$l_2 = \dots \pm \dots$	$t_2 = \dots \pm \dots$	$T_2 = \dots \pm \dots$	$T_2^2 = \dots \pm \dots$	$\frac{T_2^2}{l_2} = \dots \pm \dots$
$l_3 = \dots \pm \dots$	$t_3 = \dots \pm \dots$	$T_3 = \dots \pm \dots$	$T_3^2 = \dots \pm \dots$	$\frac{T_3^2}{l_3} = \dots \pm \dots$

– Vẽ đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của  $T$  vào chiều dài  $l$  của con lắc đơn. Rút ra nhận xét.

– Vẽ đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của  $T^2$  vào chiều dài  $l$  của con lắc đơn. Rút ra nhận xét.

– Phát biểu định luật về chiều dài của con lắc đơn :

.....  
.....  
.....

#### 4. Kết luận

a) Từ các kết quả nhận được ở trên suy ra : Chu kì dao động của con lắc đơn dao động với biên độ nhỏ, tại cùng một nơi, không phụ thuộc vào ..... mà tỉ lệ với ..... của con lắc theo công thức :  $T = a.\sqrt{l}$  , trong đó kết quả thí nghiệm cho ta giá trị  $a = \dots\dots\dots$

b) Theo công thức lí thuyết về chu kì dao động của con lắc đơn dao động với biên độ (góc lệch) nhỏ :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (*)$$

trong đó  $\frac{2\pi}{\sqrt{g}} \approx 2$  (với  $g$  lấy bằng  $9,8 \text{ m/s}^2$ )

So sánh kết quả đo  $a$  cho thấy công thức (\*) đã được (không được) nghiệm đúng.

c) Tính gia tốc trọng trường  $g$  tại nơi làm thí nghiệm theo giá trị  $a$  thu được từ thực nghiệm.

## BÁO CÁO THỰC HÀNH

# KHẢO SÁT THỰC NGHIỆM

## CÁC ĐỊNH LUẬT DAO ĐỘNG CỦA CON LẮC ĐƠN

Họ và tên : .....Lớp : ..... Tổ : .....

Ngày làm thực hành : .....

### I - MỤC ĐÍCH THỰC HÀNH

.....

### II - CƠ SỞ LÝ THUYẾT : Trả lời các câu hỏi sau.

1. Con lắc đơn có cấu tạo như thế nào ? Chiều dài  $l$  của con lắc đơn được đo như thế nào ?
2. Cần làm thế nào để phát hiện ra sự phụ thuộc của chu kỳ dao động  $T$  của con lắc đơn dao động với biên độ nhỏ vào biên độ dao động ?
3. Cần làm thế nào để phát hiện ra sự phụ thuộc của chu kỳ dao động  $T$  của con lắc đơn dao động với biên độ nhỏ vào chiều dài  $l$  của con lắc đơn ?
4. Làm cách nào để xác định chu kỳ  $T$  với sai số  $\Delta T = 0,02$  s khi dùng đồng hồ có kim giây ? Cho biết sai số khi dùng đồng hồ này là  $\pm 0,2$  s (gồm sai số chủ quan khi bấm và sai số dụng cụ).

### III - KẾT QUẢ

#### 1. Khảo sát ảnh hưởng của biên độ dao động đối với chu kỳ $T$ của con lắc đơn

– Chu kỳ  $T_1 = \frac{t_1}{10} = \dots$  ;  $T_2 = \frac{t_2}{10} = \dots$  ;  $T_3 = \frac{t_3}{10} = \dots$

– Phát biểu định luật về chu kỳ của con lắc đơn dao động với biên độ nhỏ :

.....

## 2. Khảo sát ảnh hưởng của khối lượng con lắc $m$ đối với chu kì dao động $T$

Con lắc khối lượng  $m_A$  có chu kì  $T_A = \dots \pm \dots$  (s).

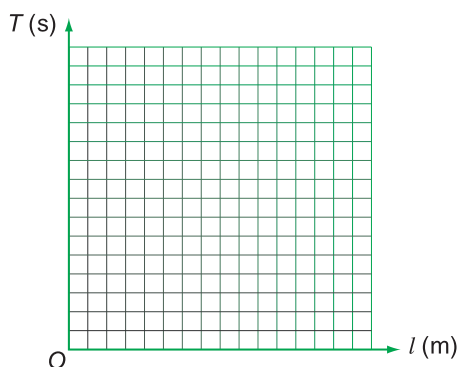
Con lắc khối lượng  $m_B$  có chu kì  $T_B = \dots \pm \dots$  (s).

Con lắc khối lượng  $m_C$  có chu kì  $T_C = \dots \pm \dots$  (s).

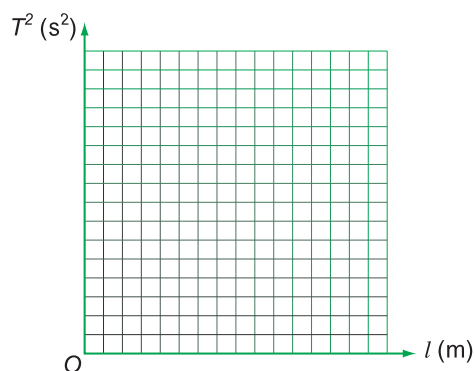
Phát biểu định luật về khối lượng của con lắc đơn : .....

## 3. Khảo sát ảnh hưởng của chiều dài con lắc đơn $l$ đối với chu kì dao động $T$

Căn cứ các kết quả đo và tính được theo Bảng 6.3, vẽ đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của  $T$  vào  $l$  và đồ thị phụ thuộc của  $T^2$  vào  $l$  :



Hình 6.1  
Đồ thị  $T = f(l)$



Hình 6.2  
Đồ thị  $T^2 = F(l)$

Nhận xét

a) Đường biểu diễn  $T = f(l)$  có dạng ..... cho thấy rằng : Chu kì dao động  $T$  ..... với độ dài con lắc đơn.

Đường biểu diễn  $T^2 = F(l)$  có dạng ..... cho thấy rằng : Bình phương chu kì dao động  $T^2$  ..... với độ dài con lắc đơn.  $T^2 = kl$ , suy ra  $T = a\sqrt{l}$ .

– Phát biểu định luật về chiều dài của con lắc đơn :

“Chu kì dao động của con lắc đơn dao động với biên độ nhỏ, tại cùng một nơi, không phụ thuộc vào ..... mà tỉ lệ với ..... của độ dài con lắc, theo công thức :  $T = a\sqrt{l}$ , với  $a = \sqrt{k}$ , trong đó  $a$  là hệ số góc của đường biểu diễn  $T^2 = F(l)$ .”

b) Công thức lí thuyết về chu kì dao động của con lắc đơn dao động với biên độ (góc lệch) nhỏ :

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

đã được nghiệm đúng, với tỉ số :  $\frac{2\pi}{\sqrt{g}} = a = \dots\dots\dots$

Từ đó tính được gia tốc trọng trường tại nơi làm thí nghiệm :

$$g = \frac{4\pi^2}{a^2} = \dots\dots\dots (\text{m/s}^2)$$

(Không yêu cầu xác định sai số phép đo)

#### 4. Xác định công thức về chu kì dao động của con lắc đơn

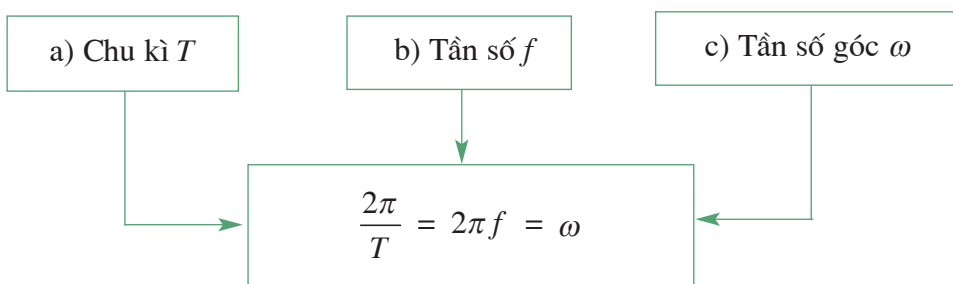
Từ các kết quả thực nghiệm suy ra : Chu kì dao động của con lắc đơn dao động với biên độ nhỏ không phụ thuộc vào ..... mà tỉ lệ ..... của chiều dài  $l$  con lắc đơn và tỉ lệ ..... của gia tốc rơi tự do tại nơi làm thí nghiệm, hệ số tỉ lệ bằng .....  $T = \dots\dots\dots$

## CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Dự đoán xem chu kì dao động  $T$  của một con lắc đơn phụ thuộc vào những đại lượng đặc trưng  $l, m, \alpha$  của nó như thế nào ? Làm cách nào để kiểm tra từng dự đoán đó bằng thí nghiệm ?
2. Chu kì dao động của con lắc đơn có phụ thuộc vào nơi làm thí nghiệm hay không ? Làm cách nào để phát hiện điều đó bằng thí nghiệm ?
3. Có thể đo chu kì con lắc đơn có chiều dài  $l < 10 \text{ cm}$  hay không ? Vì sao ?
4. Dùng con lắc dài hay ngắn sẽ cho kết quả chính xác hơn khi xác định gia tốc rơi tự do  $g$  tại nơi làm thí nghiệm ?

## 1. Các đại lượng đặc trưng cho tính tuần hoàn của dao động điều hoà



## 2. Phương trình của dao động điều hoà. Công thức của vận tốc và gia tốc

a) Phương trình của dao động điều hoà :

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

( $x$  là li độ của vật dao động)

b) Công thức của vận tốc :

$$v = x' = -\omega A \sin(\omega t + \varphi)$$

c) Công thức của gia tốc :

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

## 3. Con lắc lò xo

a) Lực kéo về :

$$F = -kx$$

( $x$  là li độ của vật  $m$ )

b) Chu kì :  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

c) Cơ năng của con lắc

$$W = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$$

(mức thế năng ở vị trí cân bằng)

Nếu bỏ qua mọi ma sát thì cơ năng của con lắc là hằng số.

## 4. Con lắc đơn

a) Lực kéo về (khi biên độ góc nhỏ) :

$$F = -\frac{mg}{l}s$$

( $s$  là li độ cong của vật  $m$ )

b) Chu kì (khi biên độ góc nhỏ) :

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



c) Cơ năng (biên độ góc  $\alpha$  có thể lớn đến  $90^\circ$ ) :

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

Nếu bỏ qua mọi ma sát thì cơ năng của con lắc là hằng số.

## 5. Dao động tắt dần. Dao động cưỡng bức. Cộng hưởng

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

b) 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.

c) Dao động gây ra bởi một ngoại lực cưỡng bức tuần hoàn gọi là dao động cưỡng bức.

d) Hiện tượng biên độ dao động cưỡng bức tăng đến giá trị cực đại khi tần số  $f$  của lực cưỡng bức bằng tần số riêng  $f_0$  của hệ dao động gọi là hiện tượng cộng hưởng. Điều kiện cộng hưởng :  $f = f_0$ .

## 6. Phương pháp giản đồ Fre-nen

a) Mỗi dao động điều hoà được biểu diễn bằng một vectơ quay, vẽ tại thời điểm ban đầu.

b) Phép cộng đại số hai li độ của dao động điều hoà cùng phương cùng tần số được thay thế bằng phép tổng hợp hai vectơ quay.

c) Vectơ tổng biểu diễn dao động tổng hợp. Bằng các tính toán trên giản đồ Fre-nen, ta tìm được biên độ và pha ban đầu của dao động tổng hợp.