

6

Thực hành : KHẢO SÁT THỰC NGHIỆM CÁC ĐỊNH LUẬT DAO ĐỘNG CỦA CON LẮC ĐƠN

I – MỤC TIÊU

- Về lí thuyết : Nhận biết có hai phương pháp dùng để phát hiện ra một định luật vật lí.

- Phương pháp suy diễn toán học : Dựa vào một thuyết hay định luật đã biết để suy ra định luật mới rồi dùng thí nghiệm để kiểm tra sự đúng đắn của nó.

- Phương pháp thực nghiệm : Dùng một hệ thống thí nghiệm để làm bộc lộ mối quan hệ hàm số giữa các đại lượng có liên quan nhằm tìm ra định luật mới.

Biết dùng phương pháp thực nghiệm để xác định :

- Chu kì dao động T của con lắc đơn không phụ thuộc vào biên độ khi biên độ dao động nhỏ, không phụ thuộc khối lượng, chỉ phụ thuộc vào chiều dài l và gia tốc rơi tự do của nơi làm thí nghiệm.

- Tìm ra bằng thí nghiệm $T = a\sqrt{l}$, với hệ số $a \approx 2$, kết hợp với nhận xét tỉ số $\frac{2\pi}{\sqrt{g}} \approx 2$ với $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, từ đó nghiệm lại công thức lí thuyết về chu kì dao động của con lắc đơn. Ứng dụng kết quả đo a để xác định gia tốc trọng trường g tại nơi làm thí nghiệm.

- Về kĩ năng thực hành

- Lựa chọn được các độ dài l của con lắc và cách đo đúng để xác định l với sai số nhỏ nhất cho phép.

- Lựa chọn được loại đồng hồ đo thời gian và dự tính hợp lí số lần dao động toàn phần cần thực hiện để xác định chu kì của con lắc đơn với sai số tỉ đối từ 2% đến 4%.

- Kĩ năng thu thập và xử lí kết quả thí nghiệm : Lập bảng ghi kết quả đo kèm sai số. Xử lí số liệu bằng cách lập các tỉ số cần thiết và bằng cách vẽ đồ thị để xác định giá trị của a , từ đó suy ra công thức thực nghiệm về chu kì dao động của con lắc đơn, kiểm chứng công thức lí thuyết về chu kì dao động của con lắc đơn, và vận dụng tính gia tốc g tại nơi làm thí nghiệm.

II – CHUẨN BỊ

1. Giáo viên

– Nhắc HS chuẩn bị bài theo các nội dung ở phần báo cáo thực hành trong SGK.

– Chọn bộ ba quả cân có móc treo 50 g.

– Chọn đồng hồ bấm giây hiện số có độ chia nhỏ nhất 0,01 s, cộng thêm sai số chủ quan của người đo là 0,2 s thì sai số của phép đo sẽ là $\Delta t = 0,01 \text{ s} + 0,2 \text{ s} = 0,21 \text{ s}$. Thí nghiệm với con lắc có chu kỳ $T \approx 1,0 \text{ s}$, nếu đo thời gian của $n = 10$ dao động

là $t \approx 10 \text{ s}$, thì sai số tỉ đối phải là $\frac{\Delta t}{t} = \frac{\Delta T}{T} \approx \frac{0,21}{10} \approx 2\%$. Thí nghiệm cho

$\Delta T \approx 1,0 \times \frac{2}{100} \approx 0,02 \text{ s}$. Kết quả này đủ chính xác, có thể chấp nhận được. Trong

trường hợp dùng đồng hồ đo thời gian hiện số với cổng quang điện, có thể đo T với sai số $\leq 0,001 \text{ s}$.

2. Học sinh

Trước ngày làm thực hành cần :

– Đọc kĩ bài thực hành để định rõ mục đích và quy trình thực hành.

– Trả lời các câu hỏi cuối bài để định hướng việc thực hành.

– Chuẩn bị một tờ giấy kẻ ô milimét để vẽ đồ thị và lập sẵn các bảng để ghi kết quả theo mẫu ở phần báo cáo thực hành trong SGK.

III – THÔNG TIN BỔ SUNG

Nhiệm vụ của người khảo sát thực nghiệm là chủ động tạo ra những điều kiện tốt nhất để làm bộc lộ bản chất của hiện tượng cần nghiên cứu và hạn chế tối đa những hiện tượng bất thường có thể xảy ra làm cho kết quả bị sai lệch. Muốn vậy cần nắm vững cơ sở lí thuyết để vạch ra được phương án tối ưu và có các kĩ năng về thực hành, đo, xử lí kết quả thí nghiệm. Trong bài thực hành này HS sẽ được luyện tập về :

1. Vạch phương án để tìm định luật dao động của con lắc đơn

Từ định nghĩa : *Con lắc đơn* là một hệ dao động gồm một vật nhỏ khối lượng m , dây treo vào một điểm cố định trên giá treo và Trái Đất (dây treo có

khối lượng không đáng kể so với vật, có độ dài l rất lớn so với kích thước của vật), xác định :

+ Các đại lượng đặc trưng : chu kì T , độ dài l , khối lượng m , biên độ góc α .

+ Khảo sát mối quan hệ giữa chu kì T và các đại lượng đặc trưng α, m, l .

a) Theo con đường lí thuyết :

Từ định luật vạn vật hấp dẫn và định luật II Niu-ơn :

$$P = mg ; F = ma$$

Khi hệ dao động với biên độ nhỏ : Dùng suy luận toán học $-\frac{mgs}{l} = ma \Rightarrow$

$a = -\frac{sg}{l} = s''$, đặt $\omega^2 = \frac{g}{l}$, tìm ra phương trình $s'' + \omega^2 s = 0$, có nghiệm là

$s = A \cos(\omega t + \varphi)$. Kết luận : Con lắc đơn dao động điều hoà với $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$.

– Chọn con lắc đơn có l và g đã biết, tính T theo công thức trên rồi xác định T bằng thí nghiệm để kiểm tra sự đúng đắn của kết luận (xem SGK).

b) Theo con đường thực nghiệm : Tiến hành một loạt thí nghiệm nhằm xác định ảnh hưởng của các đại lượng đặc trưng α, m, l đến chu kì dao động T của con lắc đơn, bằng cách cố định giá trị của hai trong ba đại lượng (α, m, l), cho đại lượng thứ ba biến thiên và đo chu kì T tương ứng. Cụ thể :

– Cố định m, l của con lắc, đo chu kì T ứng với các biên độ dao động α khác nhau. Nếu thấy $T =$ hằng số với các biên độ α nhỏ thì T không phụ thuộc α .

– Cố định độ dài l của con lắc, đo chu kì T ứng với khối lượng m khác nhau (với biên độ dao động nhỏ). Nếu thấy $T =$ hằng số thì T không phụ thuộc m .

– Thay đổi độ dài l của con lắc đơn, đo chu kì T tương ứng, tìm quy luật biến đổi của T theo l (vận dụng các phương pháp xử lí kết quả thí nghiệm như tính T và T^2 , lập tỉ số $\frac{T}{l}$ và $\frac{T^2}{l}$, vẽ đồ thị khảo sát quan hệ $T = f(l)$ và $T^2 = F(l)$ như hướng dẫn trong SGK).

– Sau khi xác định được bằng thực nghiệm quy luật về chu kì dao động của con lắc đơn $\frac{T^2}{l} =$ hằng số hoặc $\frac{T}{\sqrt{l}} =$ hằng số, thực hiện kiểm chứng công thức lí

thuyết về chu kì dao động của con lắc đơn $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ bằng cách so sánh giá trị a thu được từ thực nghiệm và giá trị $\frac{2\pi}{\sqrt{g}}$ với g lấy gần đúng bằng $9,8 \text{ m/s}^2$. Rút ra kết luận.

Lưu ý rằng trong điều kiện thực tế của ta không thực hiện được việc khảo sát ảnh hưởng của g đối với chu kì dao động T của con lắc đơn, nên ta không thiết lập được bằng thực nghiệm công thức chu kì T , mà chỉ kiểm chứng được công thức lí thuyết.

2. Chọn các biện pháp nhằm tăng độ tin cậy và mức chính xác của thí nghiệm

– Về nguyên tắc, mỗi thí nghiệm cần được thực hiện nhiều lần, trong những điều kiện khác nhau, theo những cách khác nhau. Các kết quả thu được càng gần giống nhau, thì độ tin cậy càng cao.

– Khi có một vài kết quả khác biệt quá nhiều so với phần lớn các kết quả khác, thì cần kiểm tra phát hiện nguyên nhân gây ra sai hoặc xét lại cơ sở lí thuyết của phương án đã dẫn tới các kết quả đó để loại bỏ chúng.

– Để nâng cao mức chính xác của các phép đo trực tiếp ta cần chọn các dụng cụ đo thích hợp và thực hiện đúng các quy tắc đo. Trong trường hợp đo nhiều lần thu được các giá trị giống nhau, thì sai số của đại lượng đo trực tiếp được xác định chủ yếu bởi sai số của dụng cụ đo.

– Trong thí nghiệm cần đo trực tiếp nhiều đại lượng rồi dùng công thức để tính ra kết quả, thì cần đo các đại lượng với độ chính xác có bậc tương đương.

IV – GỢI Ý VỀ PHƯƠNG PHÁP VÀ TỔ CHỨC HOẠT ĐỘNG DẠY HỌC

Bài này dạy trong 2 tiết.

1. Bước 1. GV kiểm tra phần chuẩn bị bài ở nhà của HS.

I – Mục đích của bài thực hành : Gợi ý để HS nhận ra và viết mục đích chính của bài là tập dùng phương pháp thực nghiệm để tìm ra định luật về chu kì dao động của con lắc đơn, đồng thời để kiểm chứng lí thuyết đã học trong SGK.

II – Cơ sở lí thuyết và mục III – Dụng cụ và phương pháp đo : Dẫn dắt để HS viết các câu trả lời của bốn câu hỏi lí thuyết trong phần báo cáo theo yêu cầu sau :

a) Từ định luật $F = P = mg$ và $F = ma$ suy ra công thức tính :

$$P = mg \cdot \sin \alpha \approx \frac{mgs}{l} = ma$$

Đặt $\omega^2 = \frac{g}{l}$. Qua đó thấy cần chọn biên độ α nhỏ để có thể coi $\sin \alpha \sim \frac{s}{l}$ từ đó có thể suy ra $s = A \cos(\omega t + \varphi)$ là phương trình dao động điều hoà với chu kỳ $T = \frac{2\pi}{\omega} = \text{hằng số}$.

b) Để phát hiện ra ảnh hưởng của độ dài l đối với chu kỳ dao động T của con lắc đơn cần xác định các chu kỳ dao động đã đo được của cùng một con lắc (có khối lượng m không đổi) khi có độ dài chọn trước khác nhau đã đo được. Dùng phép vẽ đồ thị để tìm mối quan hệ hàm số giữa T và l .

c) Để xác định chu kỳ T với sai số tuyệt đối $\Delta T = 0,01$ s khi dùng đồng hồ bấm giây, cần đo thời gian t của n dao động toàn phần. Vì sai số khi đo t với đồng hồ này bằng tổng của sai số dụng cụ và sai số chủ quan của người đo nên $\Delta t = n \cdot \Delta T = 0,01 \text{ s} + 0,2 \text{ s} = 0,21 \text{ s}$, do đó cần chọn $n = 10$ dao động.

2. Bước 2. GV giúp HS nhận ra những điều cần lưu ý và thực hiện đúng trình tự từng mục thí nghiệm như sau :

Ở mục 1 cần đo thời gian của các dao động có biên độ α khác nhau của con lắc có cùng độ dài để thấy chu kỳ $T = \text{hằng số}$ với biên độ nhỏ. Hướng dẫn xác định biên độ góc α từ biên độ dài A $\left(\sin \alpha = \frac{A}{l} \right)$.

Ở mục 2 cần đo thời gian dao động của các con lắc có khối lượng khác nhau khi con lắc có cùng độ dài để thấy chu kỳ $T = \text{hằng số}$.

3. Bước 3. Đo thời gian n dao động để tính chu kỳ T của các con lắc có độ dài l khác nhau.

Hướng dẫn đo độ dài tính từ điểm treo cố định đến trọng tâm quả cân, với sai số cỡ 1 mm.

Vẽ đồ thị $T = f(l)$ để thấy T không tỉ lệ với l . Vẽ đồ thị $T^2 = F(l)$ để thấy T^2 tỉ lệ với l . Rút ra kết luận $T^2 = kl$, hay $T = a\sqrt{l}$, tức là $a = \sqrt{k}$ với a là hệ số góc của đường biểu diễn $T^2 = F(l)$. Từ đồ thị đã vẽ tính ra $a \approx 2$.

4. Bước 4. GV nêu nhận xét, rút kinh nghiệm, đánh giá về nội dung, cách tổ chức giờ thực hành.

Cần dặn các việc HS cần hoàn thành tiếp và thời hạn nộp báo cáo. HS xếp dọn lại các dụng cụ thí nghiệm.

V – TRẢ LỜI CÂU HỎI

1. Chu kì dao động T của con lắc đơn có phụ thuộc vào những đại lượng đặc trưng l, m, α : $T \sim \sqrt{l}$; T không phụ thuộc m , T không phụ thuộc α nếu α nhỏ.

Cần dùng thí nghiệm thay đổi một đại lượng khi giữ nguyên các đại lượng kia để kiểm tra từng dự đoán.

2. Chu kì dao động của con lắc đơn có phụ thuộc vào nơi làm thí nghiệm.

Phải làm thí nghiệm với con lắc có độ dài không đổi tại những nơi khác nhau để kiểm chứng.

3. Không thể đo chu kì con lắc đơn có độ dài $l < 10$ cm vì khi đó kích thước quả cân là đáng kể so với độ dài này, hơn nữa vì khó tạo ra dao động với biên độ nhỏ và vì chu kì T nhỏ khó đo.

4. Dùng con lắc dài khi xác định gia tốc g cho kết quả chính xác hơn vì

$$\frac{\Delta g}{g} = \frac{2\Delta T}{T} + \frac{\Delta l}{l}.$$

GHI CHÚ

GV nên tìm mọi cách sáng tạo, vượt khó để thực hiện cho được bài thực hành này vì khi làm thí nghiệm HS không những được hoạt động thực hành chân tay (lắp ráp, sử dụng dụng cụ, đo đạc...) mà còn được tham gia tích cực vào các hoạt động trí óc (chọn phương án, lập quy trình, dự tính điều kiện thí nghiệm, xử lí số liệu, tính toán, vẽ đồ thị, xác định sai số, đánh giá kết quả). Đó là các hoạt động rất cần thiết trong việc chuẩn bị cho HS bước vào cuộc sống. Khi thực hành nên làm với các con lắc có $l > 25$ cm để T lớn hơn 1 s và đo thời gian của $n = 10$ dao động.