**Phần thứ hai**

**MỘT SỐ BÀI THÍ NGHIỆM THỰC HÀNH MÔN VẬT LÍ THPT**

## Bài thực hành mở đầu

## TÍNH SAI SỐ VÀ XỬ LÍ SỐ LIỆU

**I. Mục đích**

* Rèn luyện kỹ năng tính giá trị trung bình và sai số của đại lượng vật lí được đo trực tiếp.
* Vận dụng thành thạo các phương pháp tính sai số của đại lượng đo gián tiếp.
* Từ bảng số liệu thực nghiệm, học sinh cần nắm vững phương pháp xử lí số liệu để tính giá trị trung bình và sai số của đại lượng đo gián tiếp.
* Nắm vững và thành thạo quy tắc làm tròn số và viết kết quả đo đại lượng vật lí.

### II. Cơ sở lí thuyết

### 2.1. Định nghĩa phép tính về sai số

### Các khái niệm

### a. Phép đo trực tiếp: Đo một đại lượng vật lí có nghĩa là so sánh nó với một đại lượng cùng loại mà ta chọn làm đơn vị

b. Phép đo gián tiếp: Trường hợp giá trị của đại lượng cần đo được tính từ giá trị của các phép đo trực tiếp khác thông qua biểu thức toán học, thì phép đo đó là phép đo gián tiếp

**Phân loại sai số**

Khi đo một đại lượng vật lí, dù đo trực tiếp hay gián tiếp, bao giờ ta cũng mắc phải sai số. Người ta chia thành hai loại sai số như sau:

*a. Sai số hệ thống:*

Sai số hệ thống xuất hiện do sai sót của dụng cụ đo hoặc do phương pháp lí thuyết chưa hoàn chỉnh, chưa tính đến các yếu tố ảnh hưởng đến kết quả đo. Sai số hệ thống thường làm cho kết quả đo lệch về một phía so với giá trị thực của đại lượng cần đo. Sai số hệ thống có thể loại trừ được bằng cách kiểm tra, điều chỉnh lại các dụng cụ đo, hoàn chỉnh phương pháp lí thuyết đo, hoặc đưa vào các số hiệu chỉnh.

*b. Sai số ngẫu nhiên:*

Sai số ngẫu nhiên sinh ra do nhiều nguyên nhân, ví dụ do hạn chế của giác quan người làm thí nghiệm, do sự thay đổi ngẫu nhiên không lường trước được của các yếu tố gây ảnh hưởng đến kết quả đo. Sai số ngẫu nhiên làm cho kết quả đo lệch về cả hai phía so với giá trị thực của đại lượng cần đo. Sai số ngẫu nhiên không thể loại trừ được. Trong phép đo cần phải đánh giá sai số ngẫu nhiên.

### 2.2. Phương pháp xác định sai số của phép đo trực tiếp

*a) Phương pháp chung xác định giá trị trung bình và sai số ngẫu nhiên*

Giả sử đại lượng cần đo A được đo *n* lần. Kết quả đo lần lượt là  Đại lượng  (1)

được gọi là giá trị trung bình của đại lượng A trong *n* lần đo. Số lần đo càng lớn, giá trị trung bình càng gần với giá trị thực A. Các đại lượng:



được gọi là sai số tuyệt đối trong mỗi lần đo riêng lẻ. Để đánh giá sai số của phép đo đại lượng A, người ta dùng sai số toàn phương trung bình. Theo lí thuyết xác suất, sai số toàn phương trung bình là:  (2)

và kết quả đo đại lượng A được viết:  (3)

Như vậy, giá trị thực của đại lượng A với một xác suất nhất định sẽ nằm trong khoảng từ  đến , nghĩa là:

 -   

Khoảng [( -),()] gọi là khoảng tin cậy. Sai số toàn phương trung bình  chỉ được dùng với các phép đo đòi hỏi độ chính xác cao và số lần đo *n* lớn. Nếu đo đại lượng A từ 5 đến 10 lần, thì ta dùng sai số tuyệt đối trung bình số học  (sai số ngẫu nhiên) được định nghĩa như sau:

 =  (4)

Kết quả đo lúc này được viết dưới dạng:  =    (5)

Ngoài sai số tuyệt đối, người ta còn sử dụng sai số tỉ đối được định nghĩa như sau:

=  (6)

Kết quả đo được viết như sau:  (7)

Như vậy, cách viết kết quả phép đo trực tiếp như sau:

- Tính giá trị trung bình  theo công thức (1)

- Tính các sai số  theo công thức (4) hoặc (6).

- Kết quả đo được viết như (5) hoặc (7).

Ví dụ: Đo đường kính viên bi 4 lần, ta có kết quả sau:

 

 

 

 

Giá trị trung bình của đường kính viên bi là:

 = 

Sai số tuyệt đối trung bình tính được là

 = 

Kết quả: 

*b) Cách xác định sai số dụng cụ*

● Mỗi dụng cụ có một độ chính xác nhất định. Nếu dùng dụng cụ này để đo một đại lượng vật lí nào đó thì đương nhiên sai số nhận được không thể vượt quá độ chính xác của dụng cụ đó. Nói cách khác, sai số của phép đo không thể nhỏ hơn sai số dụng cụ.

● Tuy nhiên cũng vì một lí do nào đó, phép đo chỉ được tiến hành một lần hoặc độ nhạy của dụng cụ đo không cao, kết quả của các lần đo riêng lẻ trùng nhau. Trong trường hợp đó, ta phải dựa vào độ nhạy của dụng cụ để xác định sai số. Sai số  thường được lấy bằng nửa giá trị của độ chia nhỏ nhất của dụng cụ.

● Khi đo các đại lượng điện bằng các dụng cụ chỉ thị kim, sai số được xác định theo cấp chính xác của dụng cụ.

*Ví dụ:* Vôn kế có cấp chính xác là 2. Nếu dùng thang đo 200V để đo hiệu điện thế thì sai số mắc phải là .

Nếu kim chỉ thị vị trí 150 V thì kết quả đo sẽ là: 

● Khi đo các đại lượng điện bằng các đồng hồ đo hiện số, cần phải lựa chọn thang đo thích hợp.

- Nếu các con số hiển thị trên mặt đồng hồ là ổn định (con số cuối cùng bên phải không bị thay đổi) thì sai số của phép đo có thể lấy giá trị bằng tích của cấp chính xác và con số hiển thị.

*Ví dụ:* đồng hồ hiện số có ghi cấp sai số 1.0% rdg (kí hiệu quốc tế cho dụng cụ đo hiện số), giá trị điện áp hiển thị trên mặt đồng hồ là: U = 218 V

thì có thể lấy sai số dụng cụ là:

 V

Làm tròn số ta có  V

* Nếu các con số cuối cùng không hiển thị ổn định (nhảy số), thì sai số của phép đo phải kể thêm sai số ngẫu nhiên trong khi đo.

*Ví dụ:* khi đọc giá trị hiển thị của điện áp bằng đồng hồ nêu trên, con số cuối cùng không ổn định (nhảy số): 215 V, 216 V, 217 V, 218 V, 219 V (số hàng đơn vị không ổn định). Trong trường hợp này lấy giá trị trung bình U = 217 V. Sai số phép đo cần phải kể thêm sai số ngẫu nhiên trong quá trình đo V. Do vậy:

 V

***Chú ý:***

* *Nhiều loại đồng hồ hiện số có độ chính các cao, do đó sai số phép đo chỉ cần chú ý tới thành phần sai số ngẫu nhiên.*
* *Trường hợp tổng quát, sai số của phép đo gồm hai thành phần: sai số* *ngẫu nhiên với cách tính như trên và sai số hệ thống (do dụng cụ đo)*

### 2.3. Phương pháp xác định sai số gián tiếp

### *a) Phương pháp chung*

Giả sử đại lượng cần đo A phụ thuộc vào các đại lượng x, y, z theo hàm số  Trong đó x, y, z là các đại lượng đo trực tiếp và có giá trị

 = 

 = 

 = 

Giá trị trung bình  được xác định bằng cách thay thế các giá trị x, y, z vào hàm trên, nghĩa là  = (,,).

1. *b) Cách xác định cụ thể*

Sai số  được tính bằng phương pháp vi phân theo một trong hai cách sau:

# Cách 1

Cách này sử dụng thuận tiện khi hàm  là một tổng hay một hiệu (không thể lấy logarit dễ dàng). Cách này gồm các bước sau:

a. Tính vi phân toàn phần của hàm, sau đó gộp các số hạng có chứa vi phân của cùng một biến số.

b. Lấy giá trị tuyệt đối của các biểu thức đứng trước dấu vi phân *d* và thay dấu vi phân *d* bằng dấu . Ta thu được .

c. Tính sai số tỉ đối (nếu cần).

*Ví dụ:* Một vật ném xiên góc  có độ cao 

Trong đó: 







Ta có: 





 = ...

= 

Sử dụng quy ước viết kết quả ở IV ta có: 

**Cách 2**

Sử dụng thuận tiện khi hàm  là dạng tích, thương, lũy thừa.... Cách này cho phép tính sai số tỉ đối, gồm các bước:

a. Lấy logarit cơ số e của hàm 

b. Tính vi phân toàn phần hàm ln = ln , sau đó gộp các số hạng có chưa vi phân của cùng một biến số.

c. Lấy giá trị tuyệt đối của biểu thức đứng trước dấu vi phân *d* và chuyển dấu *d* thành  ta có = 

d. Tính = . 

*Ví dụ:* Gia tốc trọng trường được xác định bằng biểu thức: g = 

ở đây: 



 = 

Khi đó: ln = ln ( 4) – ln( )

 =  -    =  - 

 =    = 

Bài tập rèn luyện

Hãy tính công thức sai số tuyệt đối và sai số tương đối của các đại lượng đo gián tiếp sau:

 với 

 với 

2.4. Cách viết kết quả

*a) Các chữ số có nghĩa*

Tất cả các chữ số từ trái sang phải, kể từ số khác không đầu tiên đều là chữ số có nghĩa.

Ví dụ:  có 5 chữ số có nghĩa.

*b) Quy tắc làm tròn số*

- Nếu chữ số ở hàng bỏ đi có giá trị  thì chữ số bên trái nó vẫn giữ nguyên.

Ví dụ: 

- Nếu chữ số ở hàng bỏ đi có giá trị  5 thì chữ số bên trái nó tăng thêm một đơn vị .

Ví dụ: 

*c) Cách viết kết quả*

- Sai số tuyệt đối  và sai số trung bình đều được làm tròn theo quy tắc trên

- Khi viết kết quả, giá trị trung bình được làm tròn đến chữ số cùng hàng với chữ số có nghĩa của sai số tuyệt đối.

Ví dụ:

Không thể viết 

mà phải viết 

hoặc là ta tính 

Ta có thể viết . Nếu sai số lấy đến 1 chữ số có nghĩa thì



Chú ý rằng khi viết kết quả cuối cùng, sai số toàn phần sẽ bằng tổng sai số ngẫu nhiên và sai số hệ thống: 

Ví dụ: Khi dùng thước kẹp để đo đường kính một sợi dây nhỏ, giả sử ta đo 5 lần, sai số ngẫu nhiên tính được là . Thước kẹp có độ chính xác  thì sai số toàn phần sẽ là .

Nếu sai số ngẫu nhiên nhỏ hơn sai số hệ thống thì ta bỏ qua sai số ngẫu nhiên đó (vì không thể đo được kết quả chính xác hơn cả cấp chính xác của dụng cụ đo). Trong trường hợp phép đo chỉ thực hiện một lần thì sai số toàn phần được lấy chính là sai số hệ thống (do dụng cụ đo).

#### 2.5. Xử lí số liệu và biểu diễn kết quả bằng đồ thị

Trong nhiều trường hợp kết quả thí nghiệm được biểu diễn bằng đồ thị là rất thuận lợi, vì đồ thị có thể cho thấy sự phụ thuộc của một đại lượng y vào đại lượng x nào đó. Phương pháp đồ thị thuận tiện để lấy trung bình các kết quả đo.

Giả sử bằng các phép đo trực tiếp, ta xác định được các cặp giá trị của x và y như sau:

 

Muốn biểu diễn hàm  bằng đồ thị, ta làm như sau:

a. Trên giấy kẻ ô, ta dựng hệ tọa độ decac vuông góc. Trên trục hoành đặt các giá trị x, trên trục tung đặt các giá trị y tương ứng. Chọn tỉ lệ xích hợp lí để đồ thị choán đủ trang giấy.

b. Dựng các dấu chữ thập hoặc các hình chữ nhật có tâm là các điểm ,  và có các cạnh tương ứng là . Dựng đường bao sai số chứa các hình chữ nhật hoặc các dấu chữ thập.

c. Đường biểu diễn  là một đường cong trơn trong đường bao sai số được vẽ sao cho nó đi qua hầu hết các hình chữ nhật và các điểm  nằm trên hoặc phân bố về hai phía của đường cong (hình 1).

d. Nếu có điểm nào tách xa khỏi đường cong thì phải kiểm tra lại giá trị đó bằng thực nghiệm. Nếu vẫn nhận được giá trị cũ thì phải đo thêm các điểm lân cận để phát hiện ra điểm kì dị

**+**

**+**

**+**

**+**

**+**

**+**

**y**

****

****

**x**

**0**

**Hình 1.** Dựng đồ thị

e. Dự đoán phương trình đường cong có thể là tuân theo phương trình nào đó:

- Phương trình đường thẳng y = ax + b

- Phương trình đường bậc 2

- Phương trình của một đa thức

- Dạng y = eax, y = abx

- Dạng y = a/xn

- Dạng y = lnx.

Việc thiết lập phương trình đường cong được thực hiện bằng cách xác định các hệ số a, b, …n. Các hệ số này sẽ được tính khi làm khớp các phương trình này với đường cong thực nghiệm

Các phương trình này có thể chuyển thành phương trình đường thẳng bằng cách đổi biến thích hợp (tuyến tính hóa)

##### Chú ý: Ngoài hệ trục có tỉ lệ xích chia đều, người ta còn dùng hệ trục có một trục chia đều, một trục khác có thang chia theo logarit để biểu diễn các hàm mũ, hàm logarit (y = lnx; …).

**III. Nội dung thực hành**

**1. Tính sai số của đại lượng đo gián tiếp**

Hãy tính sai số của các đại lượng đo gián tiếp sau:

a,  với 



là các hằng số

b,  với 



  là hằng số

c, 

với  

 ; c1 là hằng số

 ; c2 là hằng số

**2. Xử lí số liệu và tính toán đại lượng đo gián tiếp**

***Đặt vấn đề***

Để xác định lực hướng tâm, người ta bố trí thí nghiệm bằng việc sử dụng một số dụng cụ như sau:

- 01 động cơ điện dùng nguồn điện 220 V xoay chiều.

- 01 máng nằm ngang nhẵn, được gắn vuông góc với trục thẳng đứng (trục quay). Do trục quay được liên kết với động cơ nên máng nằm ngang có thể quay tròn xung quanh trục thẳng đứng.

- 01 xe lăn trên máng, có khối lượng *m* được nối với trục quay bằng môt sợi dây mềm, nhẹ, không dãn. Khi máng quay xung quanh trục thẳng đứng, xe lăn sẽ chuyển động ra làm căng sợi dây và cùng với máng quay quanh trục



m

r

**H×nh 1**

- 01 cổng quang học để đo vận tốc góc của máng.

- 01 giá đỡ có gắn lực kế lò xo, một sợi dây mềm và một ròng rọc có khối lượng nhỏ không đáng kể.

- 01 hộp gia trọng để gắn lên xe

- 01 cân chính các để xác định khối lượng xe và các gia trọng.

- 01 thước đo chiều dài có độ chia tới mm để đo khoảng cách của xe tới trục quay

Khi xe cùng máng quay xung quanh trục thẳng đứng, ta đo được *r,* ω từ đó tính được lực hướng tâm:

 trong đó các đại lượng *m, r,* ω là các đại lượng đo trực tiếp được với 5 lần đo như trong bảng thống kê sau:

**Chú ý:** Cổng quang là máy đếm tần số hoặc đo chu kì dùng tế bào quang điện. Mỗi lần máng ngang đi qua cổng quang thì được đếm một lần. Khi sử dụng núm gạt trên cổng quang thì có thể chọn được chế độ đếm thích hợp để đo chu kì T (xem cách sử dụng trong bài thí nghiệm 1 và bài thí nghiệm 7)**.**

*Bảng thống kê các đại lượng đo trực tiếp*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Lần đo** | ***m (g)***  **(***Khối lượng xe và gia trọng***)** | ***f*** *(vg/s)*  *(tần số đo bằng số vòng quay/s)* | ***r (cm)***  *(khoảng cách từ xe tới trục)* | **F (N)** |
| 1  2  3  4  5 | 199  201  198  200  199 | 2600  2604  2597  2596  2603 | 35,5  36,0  35,8  36,4  35,9 |  |

***Yêu cầu:***

a. Hãy tính giá trị trung bình và sai số của các đại lượng đo trực tiếp *m, r,* ω trong 5 lần đo

b. Hãy thiết lập công thức tính giá trị trung bình và sai số của đại lượng đo gián tiếp F (từ công thức xác định lực hướng tâm)

c. Hãy tính giá trị trung bình trong 5 lần đo và sai số trung bình của lực hướng tâm. Yêu cầu dùng quy tắc làm tròn số trong các phép tính và kết quả cuối cùng của đại lượng F.

e. Hãy tính sai số tương đối của đại lượng F

***Câu hỏi mở rộng***

Dùng lực kế để liên kết xe với trục quay, người ta có thể đo kiểm nghiệm được lực hướng tâm tác dụng lên xe lăn, khi máng quay đều. Hãy tìm hiểu kĩ tính năng của các dụng cụ trong bài để đưa ra cách bố trí lực kế cho phép đọc được độ lớn của lực hướng tâm trên lực kế, mà sai số của phép đo nhỏ nhất. Hãy vẽ sơ đồ bố trí thí nghiệm và giải thích

***Gợi ý:*** *Trước khi làm bài toán này, nên tìm hiểu kĩ các dụng cụ đã cho, đặc biệt công dụng và cách sử dụng cổng quang được nêu trong bài thí nghiệm 1 và 7.*

**IV. Báo cáo thực hành**

THỰC HÀNH TÍNH SAI SỐ VÀ XỬ LÍ SỐ LIỆU

Họ và tên:................................................Lớp:..............Nhóm:....................

Ngày làm thực hành:....................................................................................

Viết báo cáo theo các nội dung sau:

**1. Mục đích** ........…………………………………………………………………………

**2. Tóm tắt lí thuyết**

a. Giá trị trung bình và sai số của đại lượng đo trực tiếp.............................................................................................................

b. Các phương pháp tính giá trị trung bình và sai số của đại lượng đo gián tiếp........................................................................................................................

c. Quy tắc làm tròn số liệu...............................................................................................................................

d. Cách tính sai số tương đối..............................................................................................................................

**3. Trình bày các nội dung**

***3.1. Bài toán tính sai số của đại lượng đo gián tiếp:***

Tính sai số của ba đại lượng đo gián tiếp

, , 

***Chú ý:*** Thực hiện theo cả 2 phương pháp tính sai số của đại lượng đo gián tiếp. Sau đó rút ra ưu, nhược điểm của 2 phương pháp đó.

***3.2. Bài toán xử lí số liệu và tính toán đại lượng đo gián tiếp***

*Bảng thống kê các đại lượng đo trực tiếp*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Lần đo** | ***m (g)***  *(khối lượng xe và gia trọng***)** | ***f*** *(vg/s)*  *(tần số đo bằng số vòng quay/s)* | ***r (cm)***  *(khoảng cách từ xe tới trục)* | **F (N)** |
| 1  2  3  4  5 | 199  201  198  200  199 | 2600  2604  2597  2596  2603 | 35,5  36,0  35,8  36,4  35,9 |  |

- Tính các giá trị trung bình và sai số của các đại lượng đo trực tiếp: ,  từ các số liệu trong bảng

Tính giá trị trung bình và sai số của lực hướng tâm F

+ Biểu thức giá trị trung bình: 

+ Biểu thức sai số của đại lượng đo gián tiếp: 

Sai số tương đối 

Viết kết quả 

(chú ý quy tắc làm tròn số)

Nhận xét kết quả...............................................................................................

**4. Trả lời câu hỏi mở rộng**

Dùng lực kế để liên kết xe với trục quay, người ta có thể đo kiểm nghiệm được lực hướng tâm tác dụng lên xe lăn, khi máng quay đều............................................