**DẠNG 4. SAI SỐ VÀ XỬ LÝ SAI**

|  |
| --- |
| **1. Các loại sai số**  **a. Sai số hệ thống**   * **Sai số hệ thống** là sai số có tính quy luật, ổn định. * **Nguyên nhân**   + *do đặc điểm cấu tạo của dụng cụ còn gọi là sai số dụng cụ*. Ví dụ Vật có chiều dài thực là 10,7 mm. Nhưng khi dùng thước đo chiều dài có độ chia nhỏ nhất là 1 mm thì không thể đo chính xác chiều dài được mà chỉ có thể đo được 10 mm hoặc 11 mm.  + *do không hiệu chỉnh dụng cụ đo về mốc 0* nên số liệu thu được trong các lần đo có thể luôn tăng lên hoặc luôn giảm.   * **Khắc phục** sai số hệ thống   + Sai số dụng cụ không khắc phục được mà thường được lấy bằng một nữa độ chia nhỏ nhất hoặc 1 độ chia nhỏ nhất (tùy theo yêu cầu của đề).  + Sai số hệ thống do lệch mức 0 được khắc phục bằng cách hiệu chỉnh chính xác điểm 0 của các dụng cụ.  **b. Sai số ngẫu nhiên**   * **Sai số ngẫu nhiên** là sai số không có nguyên nhân rõ ràng. * **Nguyên nhân** sai số có thể do hạn chế về giác quan người đo, do thao tác không chuẩn, do điều kiện làm thí nghiệm không ổn định, do tác động bên ngoài … * **Để khắc phục** sai số ngẫu nhiên người ta đo nhiều lần và tính giá trị trung bình coi đó là giá trị gần đúng với giá trị thực. * Nếu trong các lần đo mà **có nghi ngờ sai sót** do thu được số liệu khác xa với giá trị thực thì cần **đo lại** và **loại bỏ số liệu nghi sai sót**. |

|  |
| --- |
| **Ví dụ:** Những phát biểu nào sau đây đúng  Nguyên nhân gây ra sai số của các phép đo có thể do?  **1.** dụng cụ đo  **2**. quy trình đo.  **3**. chủ quan của người đo.  **A.** chỉ có 1 đúng. **B.** chỉ có 2 đúng.  **C.** 1 và 3 đúng. **D.** cả 1,2 và 3 đúng. |

**Phân tích và hướng dẫn giải**

Nguyên nhân gây ra sai số của các phép đo có thể là do dụng cụ đo, quy trình đo và chủ quan người đo. Chọn đáp án D.

**2. Xử lý sai số trong phép đo trực tiếp**

**Phương pháp**

|  |
| --- |
| Đại lượng cần đo là A  Thực hiện n lần đo với kết quả: A1, A2, …, An  Giá trị trung bình :  Sai số tuyệt đối ngẫu nhiên trung bình    Sai số tuyệt đối :  Sai số tương đối εA:  Kết quả của phép đo:  hoặc |

**🕮 VÍ DỤ MẪU:**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Ví dụ 1:** Một nhóm học sinh lớp 12 làm thí nghiệm giao thoa Y – âng để đo bước sóng ánh sáng và thu được bảng số liệu sau   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | Số lần | a (mm) | D (m) | L (mm) | | Lần 1 | 0,10 | 0,5 | 15 | | Lần 2 | 0,10 | 0,6 | 17 | | Lần 3 | 0,10 | 0,7 | 20 |   Trong đó a là khoảng cách giữa hai khe hẹp, D là khoảng cách từ mặt phẳng chứa hai khe hẹp đến màn ảnh và L là khoảng cách giữa 5 vân sáng liên tiếp. Giá trị trung bình của bước sóng ánh sáng mà nhóm học sinh này tính được xấp xỉ bằng  **A**. 0,72μm. **B.** 0,58μm. **C.** 0,60μm. **D**. 0,70μm. |

**Phân tích và hướng dẫn giải**

+ Ta có: .

+ Vậy:  μm. Chọn đáp án A.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Ví dụ 2:** Đùng đồng hồ bấm giây có thang chia nhỏ nhất là 0,01s để đo chu kỳ (T) dao động của một con lắc. Kết quả 5 lần đo thời gian của một dao động toàn phần như sau: 3,00s; 3,20s; 3,00s; 3,20s; 3,00s   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **Lần đo** | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | **T (s)** | 3,00 | 3,20 | 3,00 | 3,20 | 3,00 |   Kết quả T là  **A.**T = 3,08 ± 0,11s. **B.** T = 2,08 ± 0,11s.  **C.** T = 3,08 ± 2,11s. **D**. T = 1,08 ± 0,22s. |

**Phân tích và hướng dẫn giải**

+ Chu kì .

+ Sai số tuyệt đối ngẫu nhiên trung bình 





+ Sai số tuyệt đối: s  0,11s.

+ Kết quả:. Chọn đáp án A.

**Vấn đề phát sinh:** thường thì người ta ko đo một dao động toàn phần để xác định chu kỳ vì thời gian 1 chu kỳ khá ngắn. Để tăng độ chính xác phép đo thì người ta đo một lần cỡ 10 dao động toàn phần rồi từ đó tính chu kỳ dao động. Vấn đề là sai số giờ tính thế nào ta? Mục sau sẽ giúp các bạn giải quyết tình huống này.

|  |
| --- |
| **Ví dụ 3:** **(THPT Nhã Nam – Bắc Giang 2015)**Một học sinh dùng đồng hồ bấm giây để đo chu kỳ dao động điều hòa T của một vật bằng cách đo thời gian mỗi dao động. Ba lần đo cho kết quả thời gian của mỗi dao động lần lượt là 2,01s; 2,12s; 1,99s. Thang chia nhỏ nhất của đồng hồ là 0,01s. Kết quả của phép đo chu kỳ được biểu diễn bằng  **A.** T = (6,12 ± 0,05) s. **B.** T = (6,12 ± 0,06) s.  **C.** T = (2,04 ± 0,06) s. **D.** T = (2,04 ± 0,05) s. |

**Phân tích và hướng dẫn giải**

Theo bài ra:.



+ Sai số tuyệt đối ngẫu nhiên trung bình 



Chúng ta lấy sai số làm tròn đến 1%

Vì sai số có đóng góp của sai số ngẫu nhiên là  cộng với sai số hệ thống (chính là sai số của dụng cụ = 0,01)

Khi đó sai số gặp phải là: 

Kết quả của phép đo là: . Chọn C.

|  |
| --- |
| **Ví dụ 4:** Một học sinh dùng đồng hồ bấm giây để đo chu kỳ dao động điều hòa T của một vật bằng cách đo thời gian mỗi dao động. Ba lần đo cho kết quả thời gian của mỗi dao động lần lượt là 2,00s; 2,05s; 2,00s ; 2,05s; 2,05s. Thang chia nhỏ nhất của đồng hồ là 0,01s. Kết quả của phép đo chu kỳ được biểu diễn bằng  **A.** T = 2,025 ± 0,024 (s) **B.** T = 2,030 ± 0,024 (s)  **C.** T = 2,025 ± 0,024 (s) **D.** T = 2,030 ± 0,034 (s) |

**Phân tích và hướng dẫn giải**

+ Chu kì: .

+ Sai số tuyệt đối ngẫu nhiên trung bình 





+ Sai số tuyệt đối: .

+ Kết quả:. Chọn đáp án D.

|  |
| --- |
| **Ví dụ 5:** Một học sinh làm thí nghiệm đo chu kỳ dao động của con lắc đơn. Dùng đồng hồ bấm giây đo 5 lần thời gian 10 đao động toàn phần lần lượt là 15,45s; 15,10s; 15,86s; 15,25s; 15,50s. Bỏ qua sai số dụng cụ. Kết quả chu kỳ dao động là  **A.** 15,43 (s) ± 0,21% **B.** 1,54 (s) ± 1,34%  **C.** 15,43 (s) ± 1,34% **D.** 1,54 (s) ± 0,21% |

**Phân tích và hướng dẫn giải**

Nhìn vào 4 đáp án ta có nhận thấy kết quả được viết dưới dạng: 

+ 

+ Chu kì 

+ Sai số tuyệt đối ngẫu nhiên trung bình 







Vì bỏ qua sai số của dụng cụ đo nên: 

Sai số trương đối của phép đo: 

+ Kết quả:. Chọn đáp án B.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Ví dụ 6:** **(THPT Đức Trí – An Giang 2015)** Một học sinh tiến hành thí nghiệm đo chu kỳ dao động nhỏ của một con lắc đơn bằng đồng hồ bấm giây. Sai số dụng cụ của đồng hồ bấm giây là 0,01s. Kết quả đo khoảng thời gian t của 10 dao động toàn phần liên tiếp như bảng dưới   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | Lần | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | t (s) | 20,15 | 20,30 | 20,15 | 20,30 | 20,15 |   Kết quả chu kỳ dao động T của con lắc đơn là  **A.** 20,21 ± 0,08 (s) **B.** 2,021 ± 0,017 (s)  **C.** 20,21 ± 0,07 (s) **D.** 2,021 ± 0,008 (s) |

**Phân tích và hướng dẫn giải**

Nhìn vào 4 đáp án ta có nhận thấy kết quả được viết dưới dạng: 

+ 

+ Chu kì 

+ Sai số tuyệt đối ngẫu nhiên trung bình 







+ Kết quả:. Chọn đáp án B.

**3. Xử lý sai số trong phép đo gián tiếp**

**Phương pháp**

|  |
| --- |
| Chủ yếu gặp trường hợp  với m, n, k >0**.** trong đó A là đại lượng cần đo nhưng lại không đo trực tiếp được. Các đại lượng x, y, z là các đại lượng có thể đo trực tiếp.  Để tính sai số tuyệt đối và tương đối của phép đo A, thực hiện theo các bước sau:  ***Bước 1.*** *Tính được kết quả các phép đo x, y, z*  *với*  *với*  *với*  ***Bước 2.*** *+ Tính giá trị trung bình :*  *+ Tính sai số tương đối εA:*      *+ Sai số tuyệt đối :*  ***Bước 3.*** *Kết quả:  hoặc* |

**🕮 VÍ DỤ MẪU:**

|  |
| --- |
| **Ví dụ 1: (Chuyên Nguyễn Huệ – Hà Nội lần 3/2015)** Trong bài thực hành xác định gia tốc trọng trường tại nơi làm thí nghiệm bằng con lắc đơn. Ta tính sai số tương đối của gia tốc g bằng công thức nào sau đây ?  **A.  B.**  **C.  D.** |

**Phân tích và hướng dẫn giải**

Chu kỳ của con lắc đơn là : .

**Chọn đáp án D**

|  |
| --- |
| **Ví dụ 2:** Trong bài thực hành đo gia tốc trọng trường của trái đất tại phòng thí nghiệm, một học sinh đo được chiều dài của con lắc đơn 𝓁 = (800 ± 1) mm thì chu kì dao động là T = (1,78 ± 0,02)s. Lấy π = 3,14. Gia tốc trọng trường của Trái Đất tại phòng thí nghiệm là  **A.** (9,75 ± 0,21) m/s2. **B.** (10,02 ± 0,24) m/s2.  **C.** (9,96 ± 0,21) m/s2. **D.** (9,96 ± 0,24) m/s2. |

**Phân tích và hướng dẫn giải**

Chu kỳ của con lắc đơn là : 







Kết quả: . Chọn D

|  |
| --- |
| **Ví dụ 3:** Đo tốc độ truyền sóng trên sợi dây đàn hồi bằng cách bố trí thí nghiệm sao cho có sóng dừng trên sợi dây. Tần số sóng hiển thị trên máy phát tần f = 1000Hz ± 1Hz. Đo khoảng cách giữa 3 nút sóng liên tiếp cho kết quả: d = 20cm ± 0,1cm. Kết quả đo vận tốc v là ?  **A.** v = 20.000 cm/s ± 0,6%. **B**. v = 120.000 cm/s ± 0,6%  **C.** v = 25.000 cm/s ± 0,6%. **D**. v = 20.000 cm/s ± 0,4% |

**Phân tích và hướng dẫn giải**

Bước sóng λ = d = 20cm ± 0,1cm

 cm/s



cm/s

Kết quả: v = 20.000 ± 120 (cm/s) hoặc v = 20.000 cm/s ± 0,6%.

**Chọn đáp án A**

|  |
| --- |
| **Ví dụ 4:** Trong bài thực hành xác định tốc độ truyền sóng âm, một học sinh đo được bước sóng của âm là λ = (77,0 ± 0,5) cm. Biết tần số của nguồn âm f = (440 ±10) Hz. Tốc độ truyền âm mà học sinh này đo được trong thí nghiệm là  **A.** (339 ± 9) m/s. **B.** (338 ± 10) m/s.  **C.** (339 ± 10) m/s. **D.** (338 ± 9) m/s. |

**Phân tích và hướng dẫn giải**

Theo bài ra: 

+ Tốc độ truyền sóng âm là:





**+** Tốc độ truyền sóng âm mà đo được trong thí nghiệm là:

 m/s. Chọn C

|  |
| --- |
| **Ví dụ 5:** Để đo tốc độ truyền sóng v trên một sợi dây đàn hồi AB, người ta nối đầu A vào một nguồn dao động có tần số f = 100 (Hz) ± 0,02%. Đầu B được gắn cố định. Người ta đo khoảng cách giữa hai điểm trên dây gần nhất không dao động với kết quả d = 0,02 (m) ± 0,82%. Tốc độ truyền sóng trên sợi dây AB là  **A.** v = 2(m/s) ± 0,84% **B.** v = 4(m/s) ± 0,016%  **C.** v = 4(m/s) ± 0,84% **D.** v = 2(m/s) ± 0,016% |

**Phân tích và hướng dẫn giải**

Khoảng cách giữa hai điểm trên dây gần nhất không dao động bằng  Theo bài ra: 

+ Tốc độ truyền sóng trên dây:





**+** Tốc độ truyền sóng trên dây đo được trong thí nghiệm là:

. Chọn C

|  |
| --- |
| **Ví dụ 6:** **( THPT Sông Lô – Vĩnh Phúc lần 2 2015)** Để đo tốc độ truyền sóng v trên một sợ dây đàn hồi AB, người ta nối đầu A vào một nguồn dao động có tần số f = 100 (Hz) ± 0,02%. Đầu B được gắn cố định. Người ta đo khoảng cách giữa hai điểm trên dây gần nhất không dao động với kết quả d = 0,02 (m) ± 0,82%. Tốc độ truyền sóng trên sợi dây AB là  **A.** v = 2(m/s) ± 0,02 (m/s) **B.** v = 4(m/s) ± 0,01 (m/s)  **C.** v = 4(m/s) ± 0,03 (m/s) **D.** v = 2(m/s) ± 0,04 (m/s) |

**Phân tích và hướng dẫn giải**

Khoảng cách giữa hai điểm trên dây gần nhất không dao động bằng  Theo bài ra: 

+ Tốc độ truyền sóng trên dây:





**+** Tốc độ truyền sóng trên dây đo được trong thí nghiệm là:

. Chọn C

|  |
| --- |
| **Ví dụ 7: (Sở GD&ĐT Thanh Hóa 2016)** Một học sinh tiến hành thí nghiệm đo bước sóng ánh sáng bằng phương pháp giao thoa khe Y–âng. Học sinh đó đo được khoảng cách hai khe a = 1,20 ± 0,03 (mm); khoảng cách hai khe đến màn D(m) và độ rộng của 10 khoảng vân L = 8,00 ± 0,16 (mm). Sai số tương đối của phép đo bước sóng là  **A.** δ = 1,60 %. **B.** δ = 7,63 % **C.** δ = 0,96 %. **D.** δ = 5,83 %. |

**Phân tích và hướng dẫn giải**

Theo bài ra: 

Độ rộng của 10 khoảng vân: 

.

. Chọn B

|  |
| --- |
| **Ví dụ 8: (Triệu Sơn – Thanh Hóa lần 2 2016)** Một học sinh làm thí nghiệm giao thoa ánh sáng với khe y – âng để đo bước sóng của nguồn đơn sắc. Khoảng cách hai khe sáng đo được là 1,00 ± 0,05% (mm). Khoảng cách từ mặt phẳng chứa hai khe đến màn đo được là 2000mm + 0,24%. Khoảng cách 10 vân sáng liên tiếp đo được là 10,80(mm) ± 0,64 %. Kết quả bước sóng đo được bằng  **A.** 0,60 μm ± 0,93%. **B**. 0,54 μm + 0,93%.  **C.** 0,60 μm ± 0,59%. **D.** 0,60 μm ± 0,31%. |

**Phân tích và hướng dẫn giải**

Theo bài ra: 

Khoảng cách 10 vân sáng liên tiếp: 

.

.

+ Vậy: λ = 0,60 μm ± 0,93%. Chọn A

**4. Trường hợp đại lượng , với n > 0.**

**Phương pháp**

|  |
| --- |
| Đây là trường hợp đã đề cập ở “vấn đề phát sinh”    Để tính được sai số tương đối của A ta làm như sau:   * *Tính  với* * *Khi đó:  và*   Một số phép đo tương ứng với trường hợp này:  - Dùng đồng hồ bấm giây đo chu kỳ dao động của con lắc. Thường người ta đo thời gian t của n dao động toàn phần rồi suy ra T = t/n.  và |

**🕮 VÍ DỤ MẪU:**

|  |
| --- |
| **Ví dụ 1:** Trong buổi thực hành thí nghiệm đo gia tốc trọng trường dựa vào dao động của con lắc đơn. Dùng đồng hồ bấm giấy đo thời gian 10 dao động toàn phần và tính được kết quả t = 20,102 ±0,269s. Dùng thước đo chiều dài dây treo và tính được kết quả *l* = 1 ± 0,001m. Lấy π2 = 10 và bỏ qua sai số của số π. Kết quả gia tốc trọng trường tại nơi đặt con lắc đơn là  **A.** 0,899 m/s2± 1,438%. **B**. 9,988m/s2± 1,438%.  **C**. 9,899 m/s2± 2,776%. **D**. 9,988 m/s2± 2,776%. |

**Phân tích và hướng dẫn giải**

Theo bài ra: 

Khoảng thời gian 10 dao động thần phần: 

**+** Gia tốc trọng trường: 

.



+ Vậy: . Chọn C

- Dùng thước đo bước sóng của sóng dừng trên sợi dây đàn hồi: Người ta thường đo chiều dài L của n bước sóng rồi suy ra λ = L/n

 và 

- Dùng thước đo khoảng vân giao thoa: Người ta thường đo bề rộng L của n khoảng vân rồi suy ra i = L/n. Chứ 1 khoảng vân giao thoa cỡ một vài mm thì có mà đo bằng mắt à?

 và 

|  |
| --- |
| **Ví dụ 2:** Dùng thí nghiệm giao thoa khe Young để đo bước sóng của một bức xạ đơn sắc. Khoảng cách giữa hai khe sáng S1S2 đã được nhà sản xuất cho sẵn a = 2mm ± 1%. Kết quả đo khoảng cách từ màn quan sát đến mặt phẳng chưa hai khe là D = 2m ± 3%. Đo khoảng cách giữa 20 vân sáng liên tiếp là L = 9,5mm ± 2%. Kết quả đo bước sóng λ = ?  **A.** 0,5 μm ± 3%. **B**. 0,6μm +6%.  **C.** 0,5 μm ± 6%. **D.** 0,6 μm ± 3%. |

**Phân tích và hướng dẫn giải**

Theo bài ra: 

Khoảng cách 20 vân sáng liên tiếp: 

.

.

+ Vậy: λ = 0,5 μm ± 6%. Chọn C

|  |
| --- |
| **Ví dụ 3:** Một học sinh dùng cân và đồng hồ bấm giây để đo độ cứng của lò xo. Dùng cân để cân vật nặng và cho kết quả khối lượng m = 100g ± 2%. Gắn vật vào lò xo và kích thích cho con lắc dao động rồi dùng đồng hồ bấm giây đo thời gian t của một dao động, kết quả t = 2s ± 1%. Bỏ qua sai số của số pi (π). Sai số tương đối của phép đo độ cứng lò xo là  **A.** 4% **B.** 2% **C.** 3% **D.** 1% |

**Phân tích và hướng dẫn giải**

Theo bài ra: 

Khoảng thời gian 1 dao động: 

**+** độ cứng của lò xo: .

. Chọn A