Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачёва» в г. Белово

Кафедра горного дела и техносферной безопасности

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ТЕЛА ПРАВИЛЬНОЙ ФОРМЫ**

**И РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ**

Методические указания для выполнения

лабораторной работы по дисциплине «Физика»

для студентов направлений 21.05.04 «Горное дело»,

20.03.01 «Техносферная безопасность»

Составитель: С.В. Белов

Утверждены на заседании кафедры

Протокол № 6 от 18.02.2020

Рекомендованы к печати

методическим советом филиала

КузГТУ в г. Белово

Протокол № 8 от 25.03.2020

Электронная копия находится в методическом кабинете филиала КузГТУ в г. Белово

### 

*Белово 2020*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ТЕЛА ПРАВИЛЬНОЙ ФОРМЫ**

**И РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ**

### **1. Цель работы**: определение объема цилиндра или другого тела (по указанию преподавателя); освоить методику расчета погрешностей прямых и косвенных измерений.

**2. Подготовка к работе:** прочитать о способах обработки результатов измерений.

Для выполнения работы студент должен: а) уметь пользоваться штангенциркулем и микрометром; б) знать способы расчета погрешностей при прямых и косвенных измерениях.

# **3. Выполнение работы**

**3.1. Описание приборов для измерения линейных размеров тел**



Штангенциркуль (рис. 1) состоит из стальной линейки 1, на которой нанесены миллиметровые деления. Эта линейка имеет неподвижную ножку 2. Вторая ножка 3, имеющая зажимной винт 4, может перемещаться вдоль линейки 1. На обойме этой ножки нанесен нониус 5.



Микрометром (рис. 2) можно произвести измерения небольших толщин, диаметров проволок, шариков с точностью до сотых долей миллиметра.

Микрометр состоит из полого стержня *С*, жестко соединенного со скобой *А*. В полость стержня ввинчен микрометрический винт *ЕВ*. При повороте микровинта вместе с ним вращается барабан *Г*, перемещаясь при этом поступательно относительно стержня *С*.

Для удобства верхние и нижние риски шкалы стержня *С* сдвинуты относительно друг друга на 0,5 мм, цифры проставлены только у нижней шкалы. Шаг микровинта , цена деления микрометра – 0,01 мм (она указывается).

**3.2. Методика измерений и расчёта**

**3.2.1 Измерение штангенциркулем**

Для измерения размера тела с помощью ***штангенциркуля*** необходимо***:***

1. Проверить исправность штангенциркуля. Для этого следует сдвинуть ножки штангенциркуля до соприкосновения и посмотреть, совпадает ли нуль нониуса с нулем масштаба. Если совпадения нет, то замерить по штрихам нониуса, на сколько делений (десятых и/или сотых долей миллиметра) нуль сбит в ту или другую сторону. Это расхождение нуля будет, очевидно, постоянным при всех измерениях и эту индивидуальную поправку нужно соответственно прибавить или отнять от результата измерений.
2. Для измерения размеров какого-либо предмета его помещают между ножками 2 и 3, которые сдвигают до соприкосновения с предметом без сильного нажима, и, закрепив винт 4, делают отсчет.

**3.2.2. Измерение микрометром**

Для измерения размера тела с помощью ***микрометра*** нужно:

1. Определить цену деления линейной шкалы микрометрического винта, т.е. установить, чему равняется расстояние между соседними черточками шкалы, нанесенной вдоль продольной черты трубки микрометрического винта.
2. Определить цену деления круговой шкалы. Для этого цену деления линейной шкалы трубки разделить на число делений круговой шкалы, нанесенной на барабан Г.
3. Проверить исправность микрометра. Для этого, вращая головку В микрометра, привести конец винта в соприкосновение с упором. При этом нулевое деление круговой шкалы (на барабане Г) должно совпадать линией неподвижной шкалы трубки. Если совпадения нет, то нужно заметить показания по круговой шкале. Это будет индивидуальная ошибка прибора, она берется соответственно со знаком плюс или минус.
4. Измеряемый предмет зажать между концом винта и упором. Как только конец винта достигнет измеряемого предмета, вращение головки В будет вхолостую, винт не будет перемещаться. Это устраняет ошибку на измерительное усилие.
5. Определить деление линейной шкалы, за которым стоит край вращающегося барабана, и в соответствии с найденной ценой деления линейной шкалы выразить сделанный отсчет в сотых долях миллиметра.
6. Сложить отсчёты по линейной и круговой шкалам, учесть систематическую ошибку.

**3.2.3. Виды погрешностей физических величин**

***Измерением*** называется сравнение измеряемой величины с другой величиной, принятой за единицу измерения – *эталон*.

***Прямыми*** называют измерения, выполняемые с помощью специальных измерительных приборов. Например, измерение температуры термометром, напряжения – вольтметром и др. ***Косвенными*** называют измерения, при которых искомое значение величины находят на основании известной зависимости этой величины от других величин, доступных прямым измерениям.

В результате измерений любой величины *нельзя* получить ее истинного значения, что объясняется как принципиально ограниченной возможностью точности измерения, так и природой самих измеряемых объектов. Отклонение измеряемой величины от ее истинного значения называется ***погрешностью***.

Погрешности, допускаемые при измерениях, бывают *систематические, случайные и грубые*.

***Систематические погрешности*** сохраняют величину и знак от опыта к опыту. Они обусловлены одной и той же величиной, например, приборная погрешность, неправильный выбор метода измерения, неправильная установка прибора (сдвинута шкала и т. д.).

***Случайными*** называют погрешности, которые непредсказуемым образом изменяют физическую величину и знак от опыта к опыту. Случайные ошибки устранить нельзя, но они подчиняются статистическим вероятностным закономерностям и могут быть определены методами теории вероятностей. Уменьшить величину случайных погрешностей можно увеличением числа измерений.

***Инструментальными*** (приборными) ***погрешностями*** средств измерений называют такие погрешности, которые принадлежат данному средству измерений, и определяются половиной цены деления (или ценой деления) шкалы измерительного прибора.

**3.2.4. Оценка погрешностей прямых измерений**

3.2.4.1. Провести  измерений физической величины  ().

3.2.4.2. Найти среднее арифметическое значение результатов измерений

.

3.2.4.3. Вычислить абсолютные погрешности отдельных измерений  (без учета знака)

****; ****; . . .; ****.

3.2.4.4. Рассчитать среднее квадратичное отклонение от среднего арифметического из  измерений

.

3.2.4.5. Для доверительной вероятности  и числа измерений  найти коэффициент Стьюдента  (по таблице коэффициентов Стьюдента). Доверительная вероятность выбирается произвольно, но чем она больше (0,999), тем большая точность требуется в измерениях.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| n | α | | | | |
| 0,6 | 0,7 | 0,9 | 0,95 | 0,99 |
| 2 | 1,36 | 2,0 | 6,3 | 12,7 | 636,6 |
| 3 | 1,06 | 1,3 | 2,9 | 4,3 | 31,6 |
| 4 | 0,98 | 1,3 | 2,4 | 3,2 | 12,9 |
| 5 | 0,94 | 1,2 | 2,1 | 2,8 | 8,7 |
| 6 | 0,92 | 1,2 | 2,0 | 2,6 | 6,9 |
| 7 | 0,90 | 1,1 | 1,9 | 2,4 | 6,0 |
| 8 | 0,90 | 1,1 | 1,9 | 2,4 | 5,4 |
| 9 | 0,89 | 1,1 | 1,9 | 2,3 | 5,0 |
| 10 | 0,86 | 1,1 | 1,8 | 2,3 | 4,8 |
| 11 | 0,88 | 1,1 | 1,8 | 2,2 | 4,6 |
| 12 | 0,87 | 1,1 | 1,8 | 2,2 | 4,5 |
| 13 | 0,87 | 1,1 | 1,8 | 2,2 | 4,3 |
| 14 | 0,87 | 1,1 | 1,8 | 2,2 | 4,2 |
| 15 | 0,87 | 1,1 | 1,8 | 2,1 | 4,1 |
| … | … | … | … | … | … |
| 40 | 0,85 | 1,1 | 1,7 | 2,0 | 3,6 |
| 60 | 0,85 | 1,0 | 1,7 | 2,0 | 3,5 |
| 120 | 0,84 | 1,0 | 1,7 | 2,0 | 3,4 |

3.2.4.6. Рассчитать случайную погрешность измеряемой величины  по формуле

.

3.2.4.7. Учесть приборную погрешность  (как указано выше).

3.2.4.8. Рассчитать абсолютную погрешность  измерений по формуле

.

3.2.4.9. Вычислить относительную погрешность прямых измерений

 %.

3.2.4.10. Записать результаты прямых измерений в виде:

.

3.2.4.11. Результаты прямых измерений и расчеты погрешностей занести в табл. 1.

Таблица 1

Таблица измерений физической величины

и расчета погрешностей

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| мм | мм | мм | мм2 | мм2 | мм |  | мм | мм | мм | % |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |
| … |  |  |  |
|  |  |  |  |

**3.2.5. Оценка погрешностей косвенных измерений**

Пусть измеряемая физическая величина представляется функцией

.

По полученным данным прямых измерений величин  определить среднее значение искомой величины

.

Абсолютную погрешность искомой величины рассчитать по формуле

,

где  – относительная погрешность при косвенных измерениях, которая рассчитывается по формуле



( – относительные погрешности (в долях единицы) прямых измерений физических величин, входящих в функциональную зависимость искомой величины).

Результат косвенных измерений записать в виде:

.

3.2.5.1 Вычисление объема параллелепипеда и оценка погрешности косвенного измерения

Объем параллелепипеда находится по формуле

,

где а – длина, b – ширина, с – высота тела.

Среднее значение объема параллелепипеда находят по средним значениям прямых измерений, взятых из таблицы.

.

Абсолютную погрешность (границу доверительного интервала) для косвенного измерения находят по формуле

,

где εv – относительная погрешность косвенного измерения.

,

где εа, εb, εc – относительные погрешности прямых измерений в относительных единицах, взятые из таблицы.

Результат записать в виде

.

**3.2.5.2 Вычисление объема цилиндра и оценка погрешности косвенного измерения**

Объем цилиндра находится по формуле

,

где D – диаметр цилиндра, H – его высота.

Среднее значение объема цилиндра находят по средним значениям прямых измерений, взятым из таблицы:

,

относительная погрешность косвенного измерения:

,

где εD, εH – относительные погрешности прямых измерений в относительных единицах, взятые из таблицы.

Находят абсолютную погрешность:  и результат записывают в виде

.

**3.2.6. Обработка результатов совместных измерений**

При совместных измерениях надо установить зависимость одной физической величины от другой (или от нескольких других). Чтобы упростить обработку результатов можно ограничиться графическим представлением результатов и определить искомые параметры по графику.

Для ***построения графиков*** рекомендуется следующий порядок работы:

3.2.6.1. Составить таблицу численных значений величин, связанных функциональной зависимостью.

3.2.6.2. По табличным данным построить график зависимости в какой-либо системе координат (в большинстве случаев пользуются декартовой прямоугольной системой координат). Графики должны быть выполнены на листе миллиметровой бумаги размером А4, А5 и вклеены в отчет. На координатных осях указываются названия величин и их единицы измерения. Затем на координатных осях *равномерно* откладываются масштабные единицы, при этом масштабные деления на разных осях могут быть разные.

3.2.6.3. Выбрать начало координат и масштаб так, чтобы вся площадь чертежа была использована. При этом не всегда обязательно, чтобы точка пересечения координатных осей совпадала с нулевыми делениями осей *х* и *у*.

После того как построены оси и указаны деления, нанести экспериментальные точки по табличным данным. Затем провести *плавную кривую*, причем она может проходить не через все отмеченные точки, а близко к ним, так чтобы эти точки находились по обе стороны кривой на одинаковом от нее расстоянии, не превышающем абсолютные погрешности данного измерения. Нужно учесть также, что там, где кривая идет монотонно, можно ограничиться небольшим числом точек, а в области перегибов следует точки наносить чаще.

**3.3. Порядок выполнения работы**

Для измерения линейных размеров тел используют различные измерительные приборы. Выбор того или иного прибора зависит от размеров измеряемых тел и необходимой точности измерений.

Наиболее распространенными приборами для измерения длин являются штангенциркуль, микрометр.

Приступая к определению линейных размеров тела, необходимо:

1. Определить цену деления измерительного прибора.
2. Проверить исправность прибора и определить начальное показание прибора при отсутствии измеряемого тела.
3. Произвести не менее пяти раз измерение всех параметров тела, входящих в формулу объема тела (длину, ширину, высоту для параллелепипеда, диаметр и высоту для цилиндра и т.д.).
4. В зависимости от количества параметров тела заполняем столько же таблиц (Таблица 1) для расчета погрешностей.
5. Рассчитывают погрешность, допускаемую при измерении каждой величины.
6. По средним значениям измеренных величин вычисляют объем тела.
7. Рассчитывают абсолютную и относительную погрешность при определении объема тела.
8. Окончательный результат записывают в виде

.

**4. Контрольные вопросы**

1. В чем заключаются прямые и косвенные измерения физических величин?

2. Какие погрешности допускаются при измерениях?

3. Как рассчитать абсолютную и относительную погрешности при прямых измерениях.

4. Как рассчитать абсолютную и относительную погрешности при косвенных измерениях.

Составитель

Белов Сергей Викторович

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ТЕЛА ПРАВИЛЬНОЙ ФОРМЫ**

**И РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ**

Методические указания по выполнению

лабораторной работы по дисциплине «Физика»

для студентов направлений 21.05.04 «Горное дело»,

20.03.01 «Техносферная безопасность»

Отпечатано на ризографе.

Тираж экз.

Филиал ГУ КузГТУ в г. Белово. 652644, г. Белово, ул. Ильича 32-а