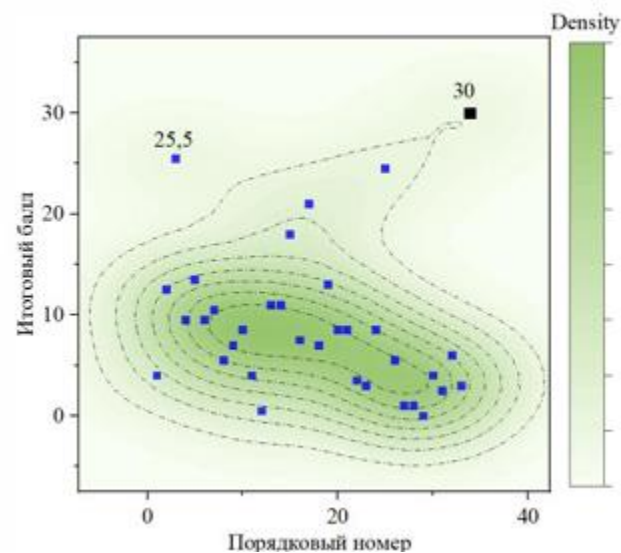
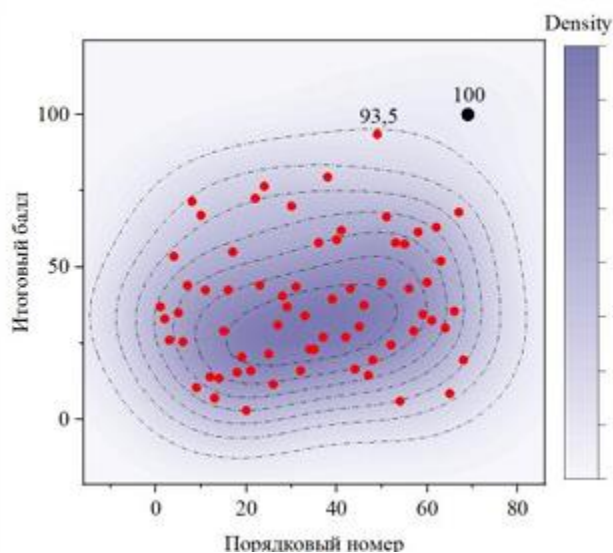


**Методика подготовки школьников
к выполнению практического
олимпиадного задания**

на примере краткосрочной профильной программы
«Физические исследования»

Анализ итогов практического тура регионального этапа Всероссийской олимпиады школьников в 2024/25 учебном году по физике (г. Санкт-Петербург и Ленинградская область)



Максимальный балл учащегося из СПб – 93,5, а из ЛО – 25,5.

Результаты решения задачи №1 учащимися 11 класса

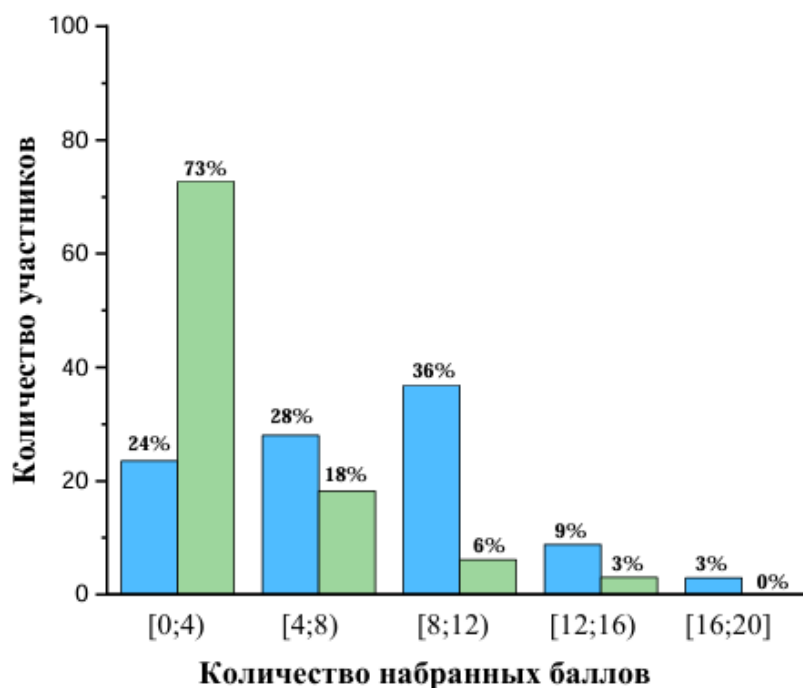


Рисунок 2 — Гистограмма распределения участников по баллам за решение первой экспериментальной задаче: слева (синий цвет) по Санкт-Петербургу, справа (зеленый цвет) по Ленинградской области.

Результаты решения второй экспериментальной задачи

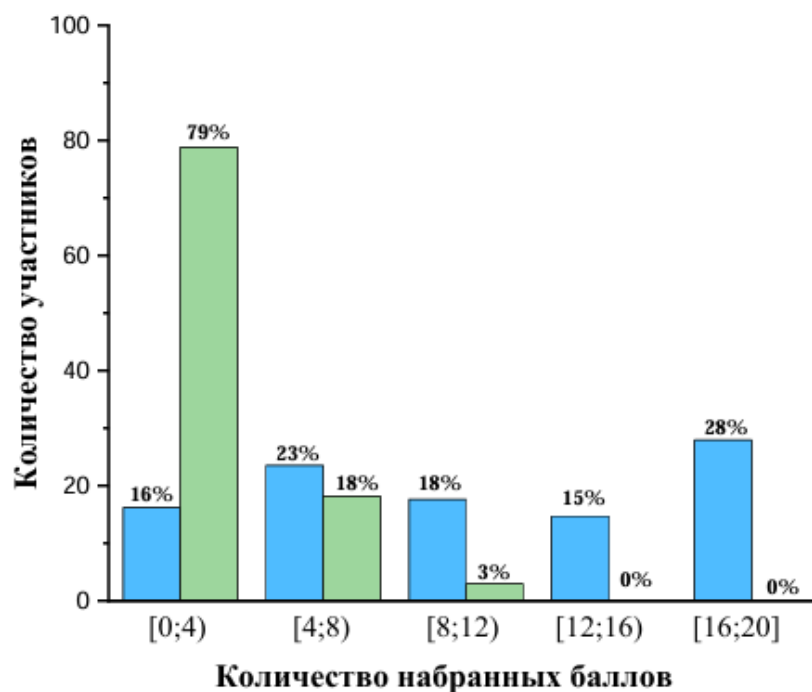


Рисунок 3 — Гистограмма распределения участников по баллам за решение второй экспериментальной задаче: слева (синий цвет) по Санкт-Петербургу, справа (зеленый цвет) по Ленинградской области.

Таблица 1. Результаты участников регионального этапа ВсОШ по физике 2024/25 за экспериментальный тур.

Экспериментальный тур Максимальный балл – 40 баллов		
	СПБ	ЛО
<i>Общее количество участников</i>	68	33
<i>Получили 0 баллов за 2 задачи</i>	0	10
<i>Получили 0 баллов за 1 задачу</i>	1	11
<i>Получили максимальный балл за тур</i>	0	0
<i>Получили максимальный балл за 1 задачу</i>	1	0
<i>Получили ≥ 20 баллов за 2 задачи</i>	32	1

Цели программы:

1. Ознакомление с основными требованиями к участникам практического тура по выполнению экспериментальных олимпиадных заданий.
2. Углубление знаний теоретического материала по наиболее сложным вопросам учебного предмета «Физика».
3. Ознакомление с основными методами измерений и формирование навыков работы с лабораторным оборудованием.
4. Отработка приемов оформления отчёта по решению экспериментальной задачи (с учетом требований ГОСТ, ЕСТД и ЕСКД).
5. Расширение кругозора и развитие личностных качеств обучающихся.

Основные элементы содержания отчета:

- ▶ теоретическое обоснование эксперимента;
- ▶ описание метода измерений и экспериментальной установки;
- ▶ адекватное представление результатов измерений (таблицы и графики);
- ▶ анализ результатов измерений и оценка погрешностей;
- ▶ окончательная запись решения и выводы по работе.

Государственное бюджетное учреждение дополнительного образования
«Ленинградский областной центр развития творчества одаренных детей и
юношества «Интеллект»

Ученик _____ Работа выполнена _____

Преподаватель _____ Отчет принят _____

Физические исследования: «Механика»
Рабочий протокол и отчет по
лабораторной работе №

С правилами техники безопасности ознакомлен: _____

Цель работы:

Основные теоретические положения:

Методические рекомендации по оцениванию оформления графиков на практических турах всероссийской олимпиады школьников по физике

Общие положения

В экспериментальных задачах Всероссийской олимпиады школьников необходимо строить графики зависимостей тех или иных величин друг от друга, которые в некоторых случаях являются целью, а в некоторых – средством решения поставленной задачи.

Настоящие рекомендации по оцениванию построения графиков основаны на работах [1-5], а также рекомендациях государственных стандартов и единых систем технической и конструкторской документации ГОСТ 2.319P81, ГОСТ 3.1128P93 ЕСТД, ЕСКД р 50P77P88.

Главный принцип оценки графиков заключается в том, что график должен быть максимально удобным, что означает возможность быстро и безошибочно наносить на график и считывать с него необходимую информацию. Ниже приводится таблица критериев оценивания графиков, которые сформулированы на основе указанного принципа. При этом каждый критерий сопровождается указанием, является ли его выполнение обязательным требованием (невыполнение приводит к снижению оценки), или выполнение критерия является рекомендацией жюри, не влияющей на оценку.

Критерии оценивания графиков

Перечисленные ниже критерии касаются не существа графика, а его оформления. При этом, если график является неверным по существу, а также при отсутствии в работе таблицы со значениями величин, откладываемых на графике, график не оценивается.

Критерии оценивания оформления графика являются следующими:

1. Название графика.
2. Размер графика.
3. Расположение и ориентация осей графика.
4. Подписывание осей графика.
5. Оцифровка осей графика.
6. Точки графика.
7. Линия графика.

**Методические рекомендации
по оценке погрешностей в практических заданиях
Всероссийской олимпиады школьников по физике
и критериях их оценивания**

Измерение любой физической величины дает результат, отличающийся от истинного из-за несовершенства наших органов чувств, приборов, а также статистического характера изучаемых явлений, когда неконтролируемые влияния могут привести к разным результатам «одинаковых» измерений. Поэтому неотъемлемой частью любого физического эксперимента является оценка погрешности полученного результата, так как без этого из результатов измерений невозможно сделать обоснованные выводы.

В условиях практического тура физических олимпиад школьников (и связанного с ним дефицита времени) требуется оценка погрешности по порядку величины (отклонение от правильного значения не более, чем в 3 раза) любым разумным способом. Ниже дается перечень основных методов оценки погрешностей и критерии оценивания.

Более подробную информацию о способах оценки погрешностей можно прочитать в одном из учебных пособий [1-5].

1. Основные методы оценки погрешностей

1.1. Общая стратегия оценки погрешностей

В условиях дефицита времени предлагается следующая стратегия оценки погрешностей.

Для прямых измерений оценивается только приборная погрешность, которая затем пересчитывается в приборную погрешность расчетных величин. Статистическая (случайная) погрешность оценивается по разбросу конечной величины. Полная погрешность конечной величины оценивается как «сумма» приборной и статистической.

Если статистическая погрешность прямого измерения сильно превышает приборную и имеется достаточно времени и ресурсов для повторения каждого опыта не менее 3-х раз, то можно вычислить статистическую погрешность для прямых измерений, получить полную погрешность прямых измерений и затем пересчитать ее в полную погрешность итоговой величины.

Организация измерения

Измерение – это последовательность экспериментальных и вычислительных операций, осуществляемых с целью нахождения численного значения физической величины.

Измерение включает в себя основных 5 этапов:

- ▶ постановка измерительной задачи;
- ▶ планирование измерения;
- ▶ выполнение измерения;
- ▶ обработка результатов измерения;
- ▶ анализ результатов измерения.

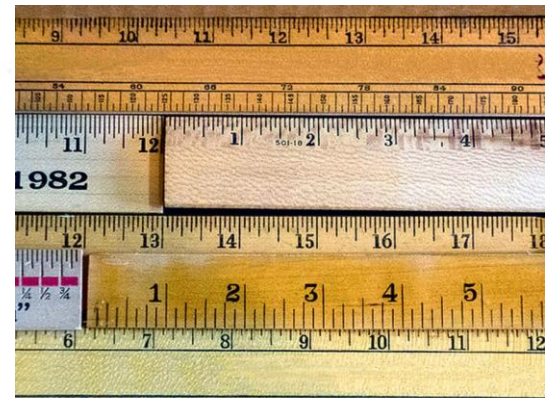
Введение

Главная Палата Мѣръ и Вѣсовъ.

По Забалканскому проспекту, въ домѣ № 19, близъ Фонтанки, помещается Главная Палата мѣръ и вѣсовъ, учрежденная въ 1893 г., по мысли проф. Менделѣева, для наблюдения за правильностью мѣръ и вѣсовъ въ Имперіи. До учрежденія Палаты существовало «Депю образцовыхъ мѣръ и вѣсовъ». Здѣсь хранятся прототипы, т. е. утвержденные закономъ образцы основныхъ русскихъ мѣръ—аршина и фунта, изготовленные, подъ наблюдениемъ проф. Менделѣева, въ Англии, на заводѣ Маттеи. Прототипъ аршина представляетъ линейку, сдѣланную изъ сплава платины съ иридиемъ; такой сплавъ отличается тѣмъ, что онъ меньше другихъ металловъ изменять объемъ подъ влияниемъ температуры. На линейку нанесены двѣ черты, столь тонкія, что онѣ не замѣтны для невооруженнаго глаза. Разстояніе между чертами составляетъ точный аршинъ.

Такихъ линейекъ изготовлено три: 1) съ инициалами Императора Николая II, 2) съ изображениемъ государственнаго герба и 3) съ изображениемъ Императорской короны. Первая линейка и есть прототипъ аршина. Она хранится въ Палатѣ мѣръ и вѣсовъ, въ шкафу, и показывается неаглаго Палатой. Тамъ же хранятся образцы мѣръ и вѣсовъ съ изображениемъ государственнаго герба и Императорской короны. Мѣры и вѣсы сдѣланы въ видѣ цилиндровъ, коническихъ чашечекъ, и имѣютъ тѣ же качества, что и линейки.

Въ Палатѣ хранятся также образцы мѣръ и вѣсовъ, сдѣланные въ видѣ цилиндровъ, коническихъ чашечекъ, и имѣютъ тѣ же качества, что и линейки. Въ Палатѣ хранятся также образцы мѣръ и вѣсовъ, сдѣланные въ видѣ цилиндровъ, коническихъ чашечекъ, и имѣютъ тѣ же качества, что и линейки. Въ Палатѣ хранятся также образцы мѣръ и вѣсовъ, сдѣланные въ видѣ цилиндровъ, коническихъ чашечекъ, и имѣютъ тѣ же качества, что и линейки.



Д.И. Менделеев
(1834 — 1907)



Измерение — средство объективного познания окружающего мира. (Д.И. Менделеев)

Понятие о температуре

Клавдий Гален учёный и врач Древнего Рима



тепло-влажный – сангвиник
тепло-сухой – холерик
холодно-сухой – меланхолик
холодно-влажный – флегматик

Здоровье человека связано с теплотой и влажностью его тела

- ▶ все лекарства следует различать по градусам теплоты и влажности;
- лат. *gradus* – шаг, ступень.
- ▶ для достижения требуемого градуса все лекарства следует смешивать в определенных соотношениях.
- лат. *temperatura* – смешение.

Температура – мера средней кинетической энергии теплового движения молекул.

Количественные методы измерения температуры

контактные:

- термометры
- термопары, терморезисторы

бесконтактные:

- пирометры
- тепловое равновесие

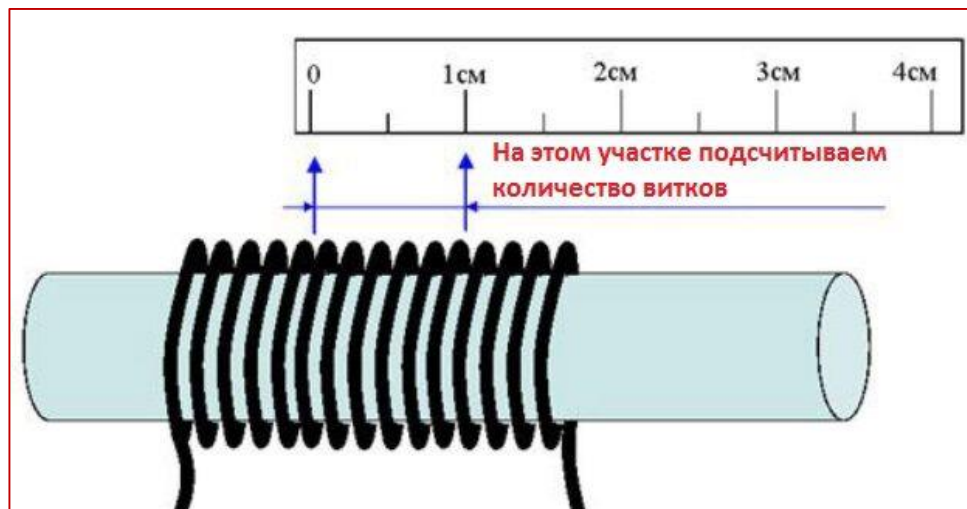
Способы измерения наружного диаметра тел цилиндрической формы

Условия исследования:

✓ нельзя изменять форму тела - способ прокатывания;

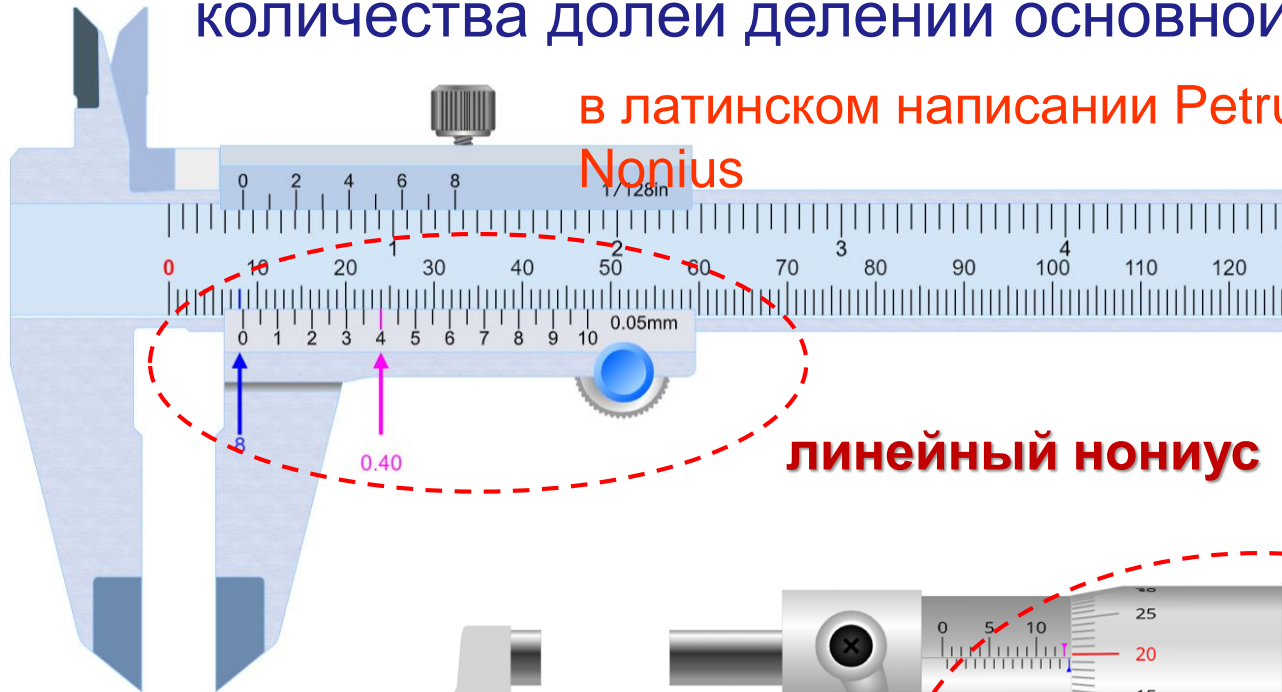


✓ можно изменять форму тела - способ рядов.



Понятие о нониусе

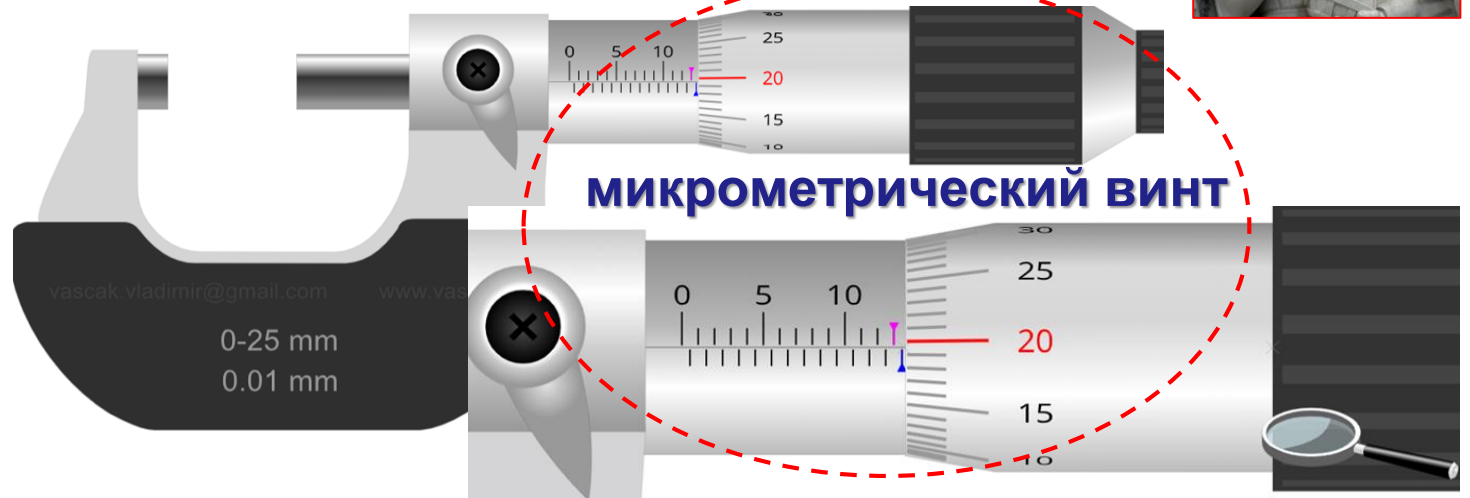
Нониус (верньер) – это вспомогательная шкала, служащая для более точного определения количества долей делений основной шкалы.



в латинском написании **Petrus Nonius**

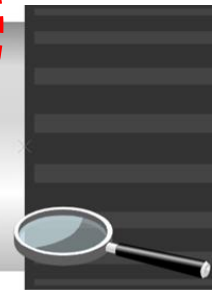
линейный нониус

Скульптура
Педру Нуниша на
памятнике
первооткрывателям
в Лиссабоне



микрометрический винт

круговой нониус



Методы измерения электрических величин

Мультиметр (от англ. *multimeter*), **тестер** (от англ. *test*), **авометр** (от *ампервольтметр*) - электроизмерительный прибор, объединяющий в себе несколько функций. В минимальном наборе включает функции вольтметра, амперметра и омметра.



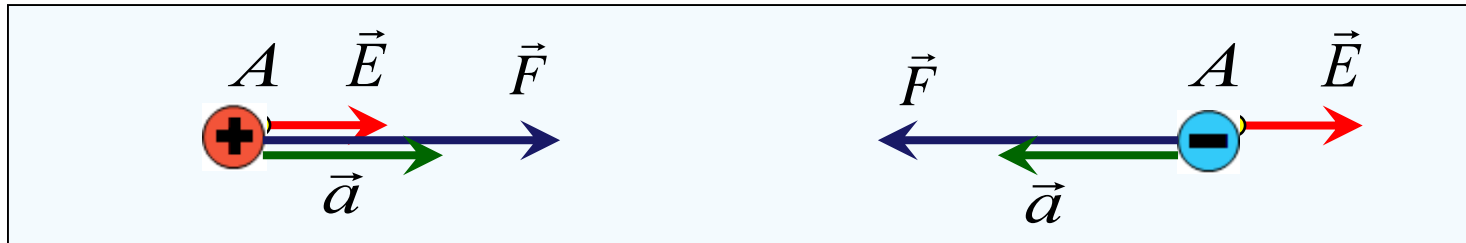
Напряженность электрического поля

Напряженность электрического поля – это векторная характеристика, численно равная отношению силы действующей на заряд, помещенный в данную **точку** поля, к величине этого заряда.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

$$[E] = 1 \text{ Н/Кл}$$

пробный заряд: единичный, точечный, положительный



$$\vec{F} = q\vec{E}$$

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

$$\vec{a} = \frac{q}{m}\vec{E}$$

удельный заряд

Ограничения пучков лучей

Апертура (лат. – отверстие) – это понятие, которое в геометрической оптике определяет размер пучка лучей.

Ограничения пучков в оптических системах связаны с конечностью физических размеров оптических элементов.

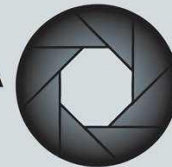
Диафрагма (от греч. διάφραγμα – перегородка) – непрозрачная преграда, ограничивающая поперечное сечение световых пучков в оптических системах.



Значение диафрагмы в съемке портретов

Размытый фон

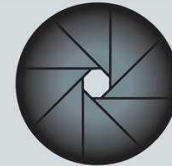
Большое открытие диафрагмы, в пределах значений $f/4$ или $f/2.8$ создает малую глубину резкости, а значит, то изображение будет максимально четким только в пределах точек, на которых сфокусировался фотоаппарат. Фон в такой фотографии будет размытым. Пытаюсь добиться боке в фотографии, фокусируясь на глазах, иначе кадр будет казаться не резким.



$f/4$

Золотая середина

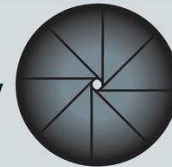
Апертура в районе $f/8$ поможет достичь оптимального результата. Такая диафрагма поможет создать ощущение отделения фона и объекты съемки, но при этом фон не будет сильно размыт. При съемке с хорошим освещением такая диафрагма может быть отличным



$f/11$

Максимально четкий кадр

Для создания максимально резкого изображения необходимо сделать диафрагму узкой, а значит увеличить численное значение апертуры, примерно до $f/22$. Четкий фон необходим при съемке пейзажей, и фотографии не всегда предпочитают такой тип съемки в портретной фотографии



$f/22$

Структура программы:
(цикл 7+8+8+6 уч.часов)

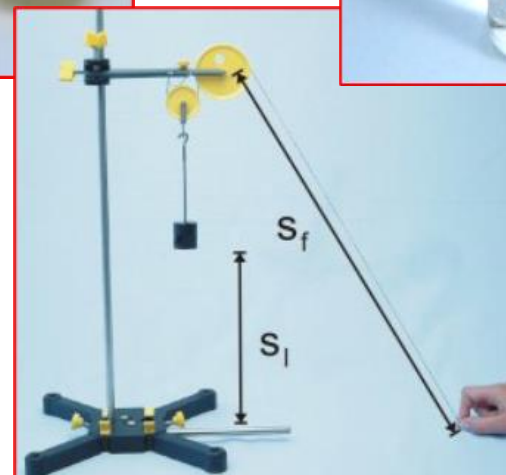
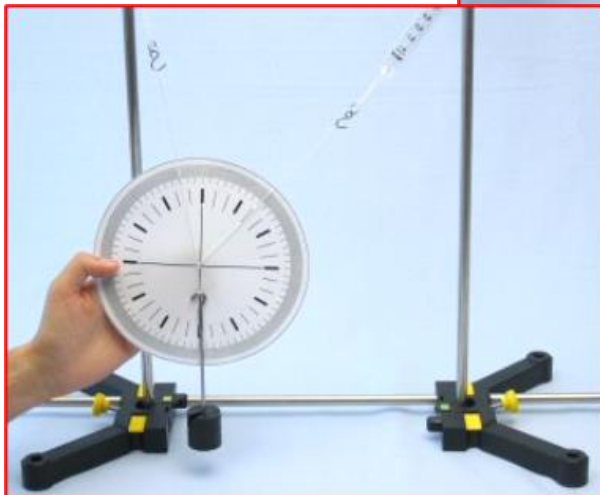
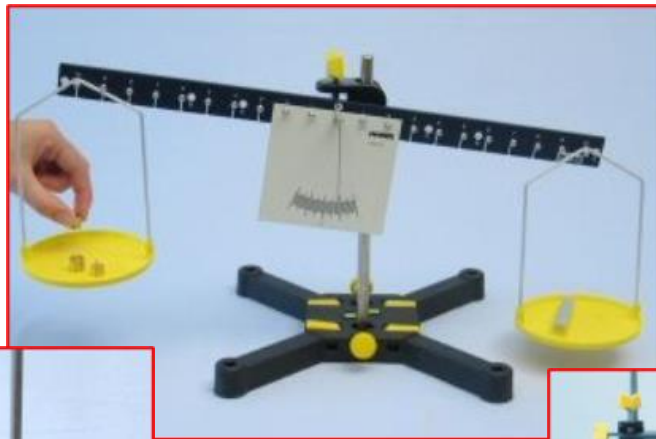
1 цикл «Физические исследования. Механика»

ЛР1. Прямые измерения физических величин.

ЛР2. Косвенные измерения физических величин.

ЛР3. Сложение и разложение сил.

ЛР4. Простые механизмы.



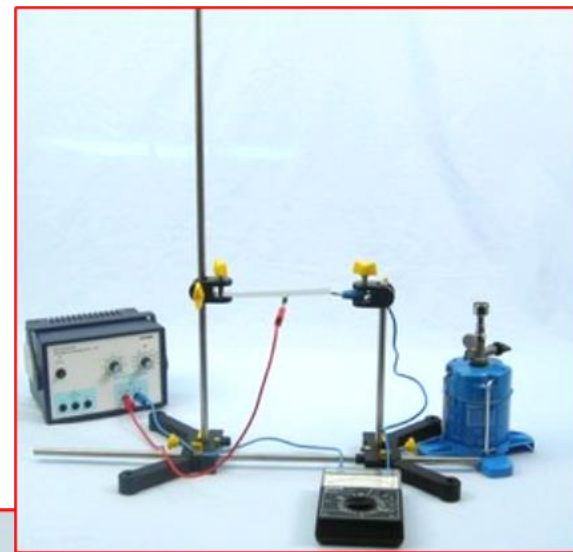
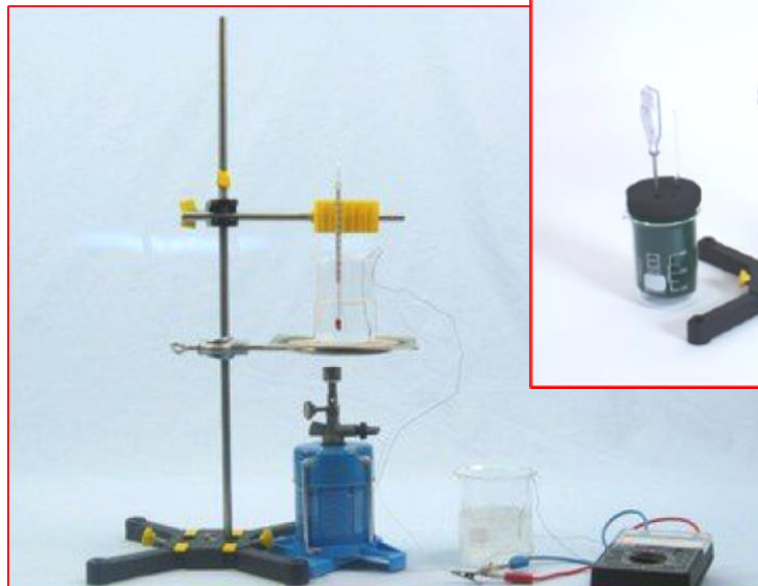
2 цикл «Физические исследования. Теплота и тепловые явления»

ЛР1. Измерение температуры.

ЛР2. Термодинамическое равновесие.

ЛР3. Агрегатные состояния вещества.

ЛР4. Тепловое расширение тел.

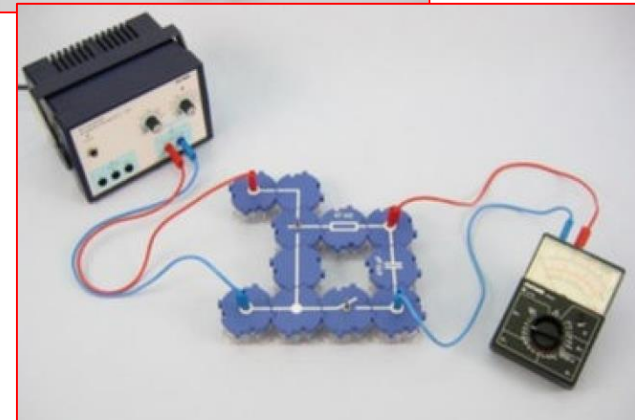
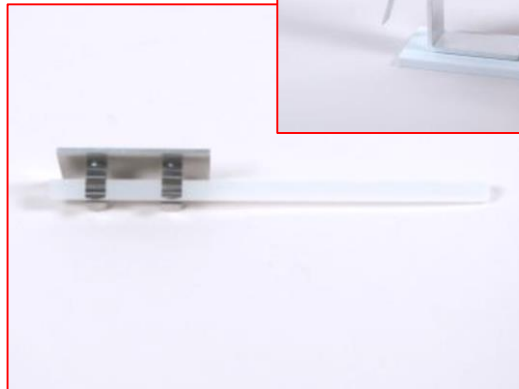
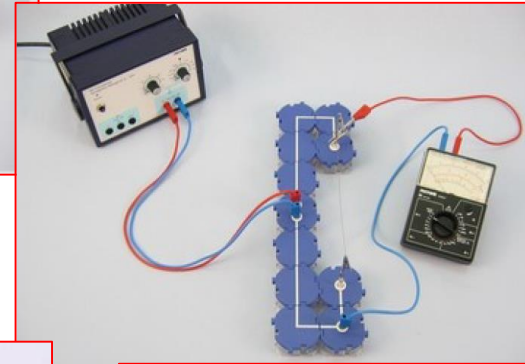
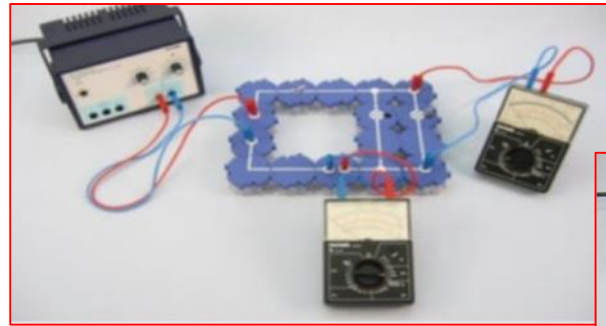
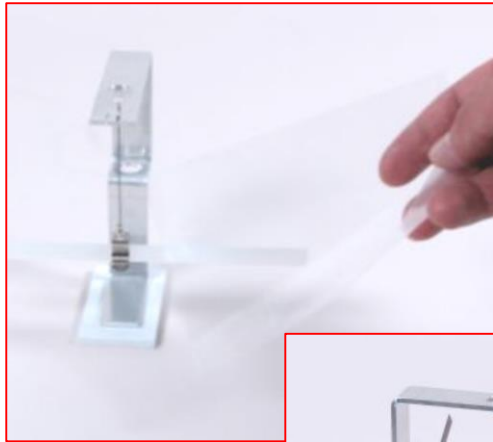


3 цикл «Физические исследования. Электрические явления»

ЛР1. Наблюдение электрических взаимодействий.

ЛР2. Исследование электрических цепей.

ЛР3. Решение олимпиадных задач.



ЧЯ с ключом

Оборудование:

1. Черный ящик
2. Мультиметр в режиме омметра
3. Соединительные провода

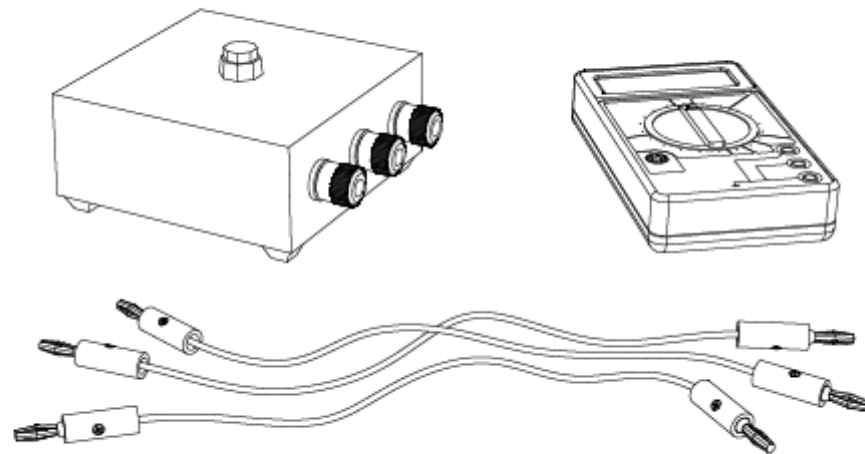
Задание:

Внутри черного ящика находятся три резистора и кнопка.

1. Определите, как соединены резисторы и кнопка внутри черного ящика.
2. Определите значения сопротивлений резисторов.
3. Оцените погрешности полученных величин.

Примечание:

Погрешности измерений выданного мультиметра – 3 единицы последнего разряда. Например, для значения 1.00 В погрешность 0.03 В.



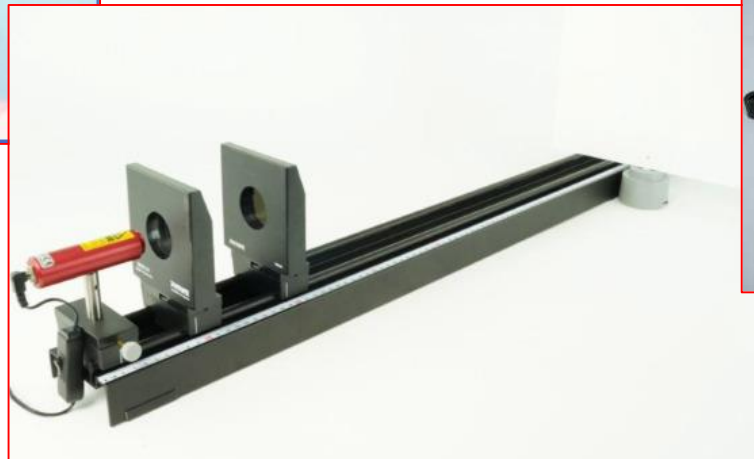
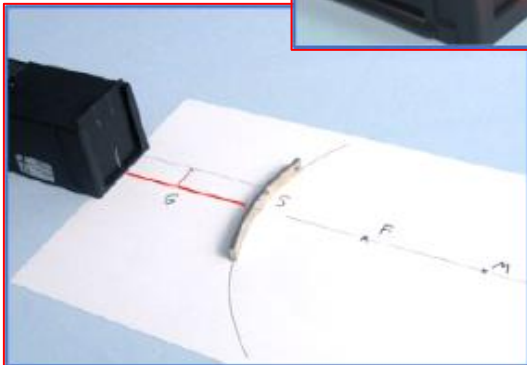
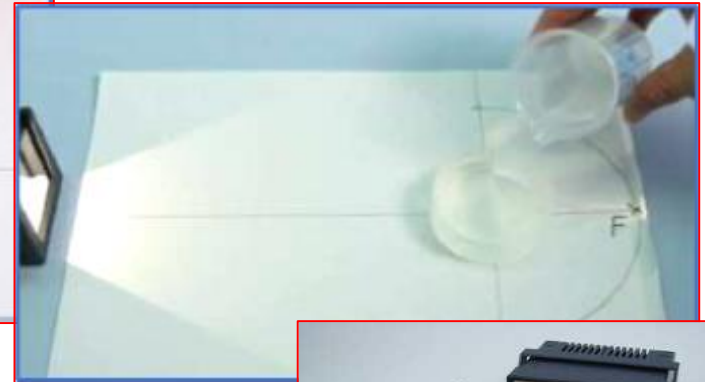
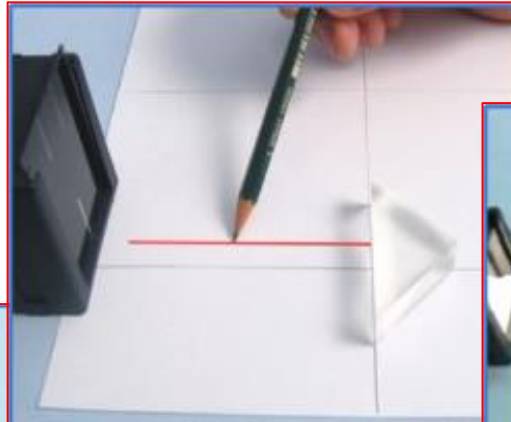
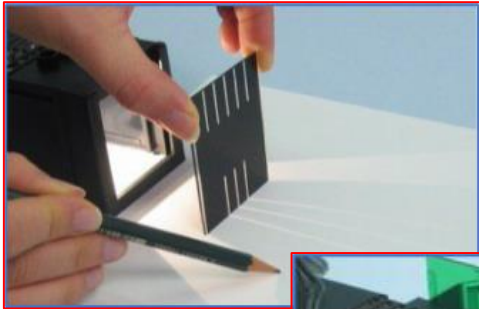
4 цикл «Физические исследования. Оптические явления»

ЛР1. Распространение света в однородной среде.

ЛР2. Отражение и преломление световых лучей.

ЛР3. Получение изображения в линзах.

ЛР4. Волновые свойства света.



Защита лабораторных работ

ЗАДАНИЕ 1

ЗАДАНИЕ 2

ЗАДАНИЕ 3

ЗАДАНИЕ 4

Задача:

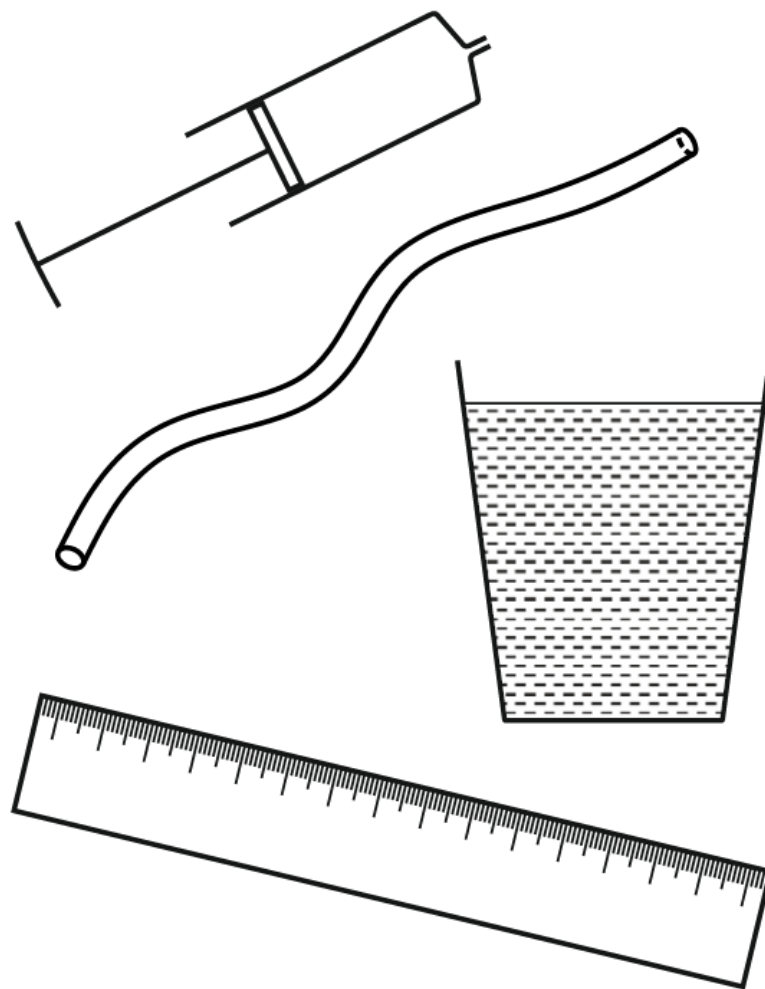
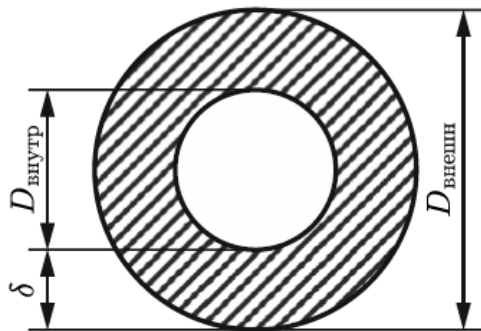
Трубка

Оборудование:

1. Прозрачная гибкая трубка
2. стакан
3. Вода
4. Рулетка
5. Линейка
6. Шприц

Задание:

1. Определите внутренний диаметр трубки $D_{\text{внутр}}$.
2. Определите толщину стенки δ .
3. Оцените погрешности полученных результатов.



Задание:



Радиаторы или батареи отопления нужны для обогрева помещения. Батареи изготавливают из стали, алюминия, чугуна или сочетания двух металлов: стали с алюминием и меди с алюминием. Сталь - основной материал для панельных и трубчатых батарей. Такие радиаторы достаточно хорошо греют, стоят недорого, однако, быстро ржавеют при контакте с воздухом. Для загородных домов лучше подойдут медные радиаторы. Им не страшны антифриз и замерзание системы отопления, хотя они быстро остывают. Поэтому, если вы хотите, чтобы ваш радиатор долго держал тепло, выбирайте чугунные модели.

- ▶ поясните о какой общей для трех материалов характеристике говорится в приведенном тексте;
- ▶ покажите лабораторный эксперимент, позволяющий ее рассчитать;
- ▶ приведите примеры, доказывающие практическую значимость этой характеристики.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

? ? ? ? ? ? ? ?

ВОПРОС 1

Укажите верное утверждение об изменении массы тела.

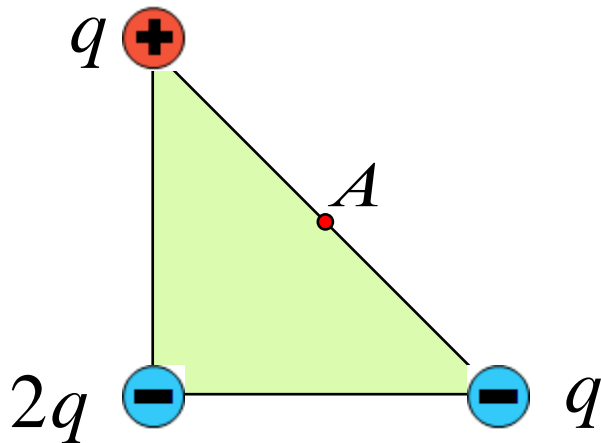
В случае, если положительно заряженное тело становится электрически нейтральным ...

Варианты ответов:

- 1 - масса тела увеличивается на массу привнесенных протонов;
- 2 - масса тела уменьшается на массу удаленных протонов;
- 3 - масса тела увеличивается на массу привнесенных электронов;
- 4 - масса тела уменьшается на массу удаленных электронов;
- 5 - масса тела не изменяется.

ВОПРОС 2

Три неподвижных точечных заряда расположены в вершинах равнобедренного прямоугольного треугольника. Укажите направление силы, действующей на пробный заряд в точке A . Величина и знак каждого заряда указаны на рисунке.

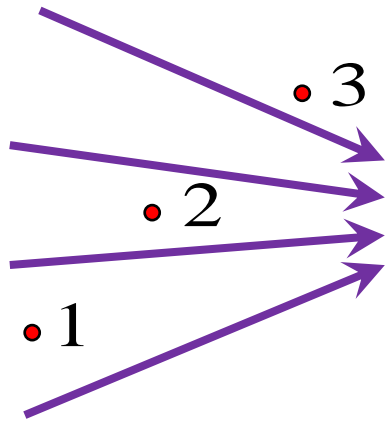


Варианты
ответов:

- 1 - влево
- 2 - вправо
- 3 - вверх
- 4 - вниз
- 5 - от нас
- 6 - к нам

ВОПРОС 3

На рисунке показаны линии напряженности электростатических полей. Укажите верное соотношение между напряженностью поля в точках 1, 2 и 3.



Варианты ответов:

1 $E_1 > E_2 > E_3$

2 $E_1 < E_2 < E_3$

3 $E_1 > E_2 < E_3$

4 $E_1 < E_2 > E_3$

5 $E_1 = E_2 = E_3$

ВОПРОС 4

Выберите верное утверждение о движении в случае, если ...

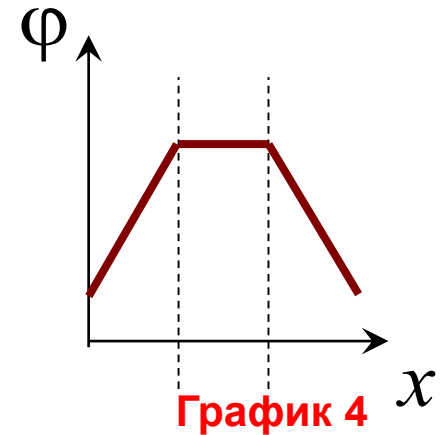
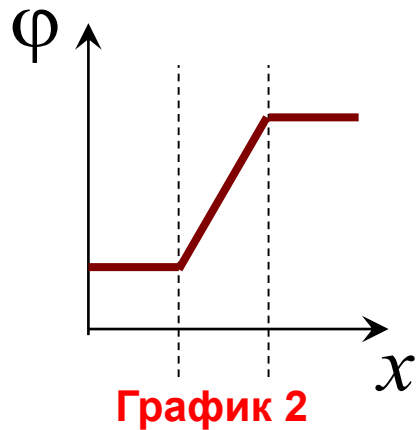
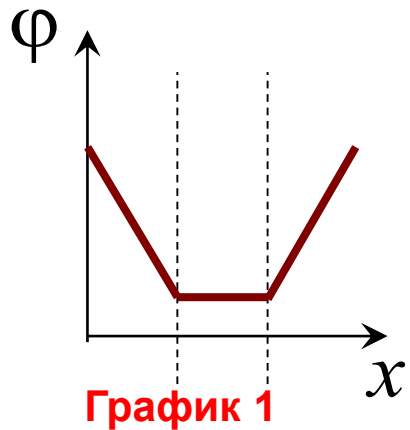
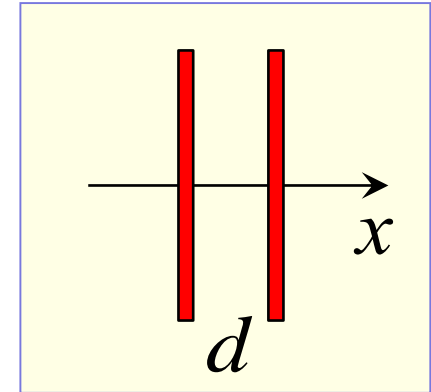
... электрон удаляется от протона.

Варианты ответов:

- 1 - он разгоняется с возрастающим ускорением;
- 2 - он замедляется с уменьшающимся ускорением;
- 3 - он разгоняется с постоянным ускорением;
- 4 - он замедляется с постоянным ускорением;
- 5 - он разгоняется с уменьшающимся ускорением;
- 6 - он движется равномерно.

ВОПРОС 5

Электростатическое поле создается двумя бесконечными параллельными плоскостями, удаленными друг от друга на расстояние d в направлении оси Ox . Заряды плоскостей одинаковы по величине. Учитывая знаки зарядов укажите график, качественно отражающий зависимость потенциала поля от координаты x .



ВОПРОС 6

Поясните как работает предложенная схема и укажите ошибку, допущенную в электрической цепи ...

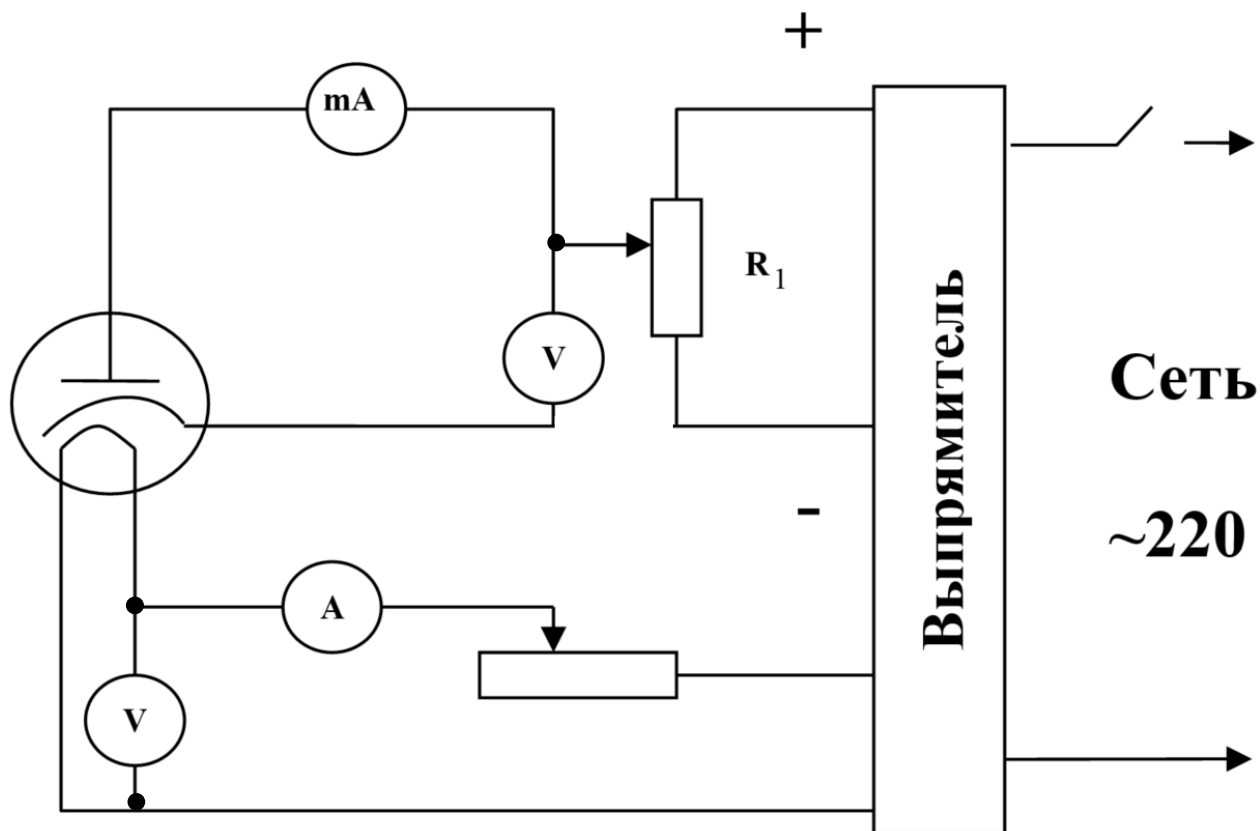
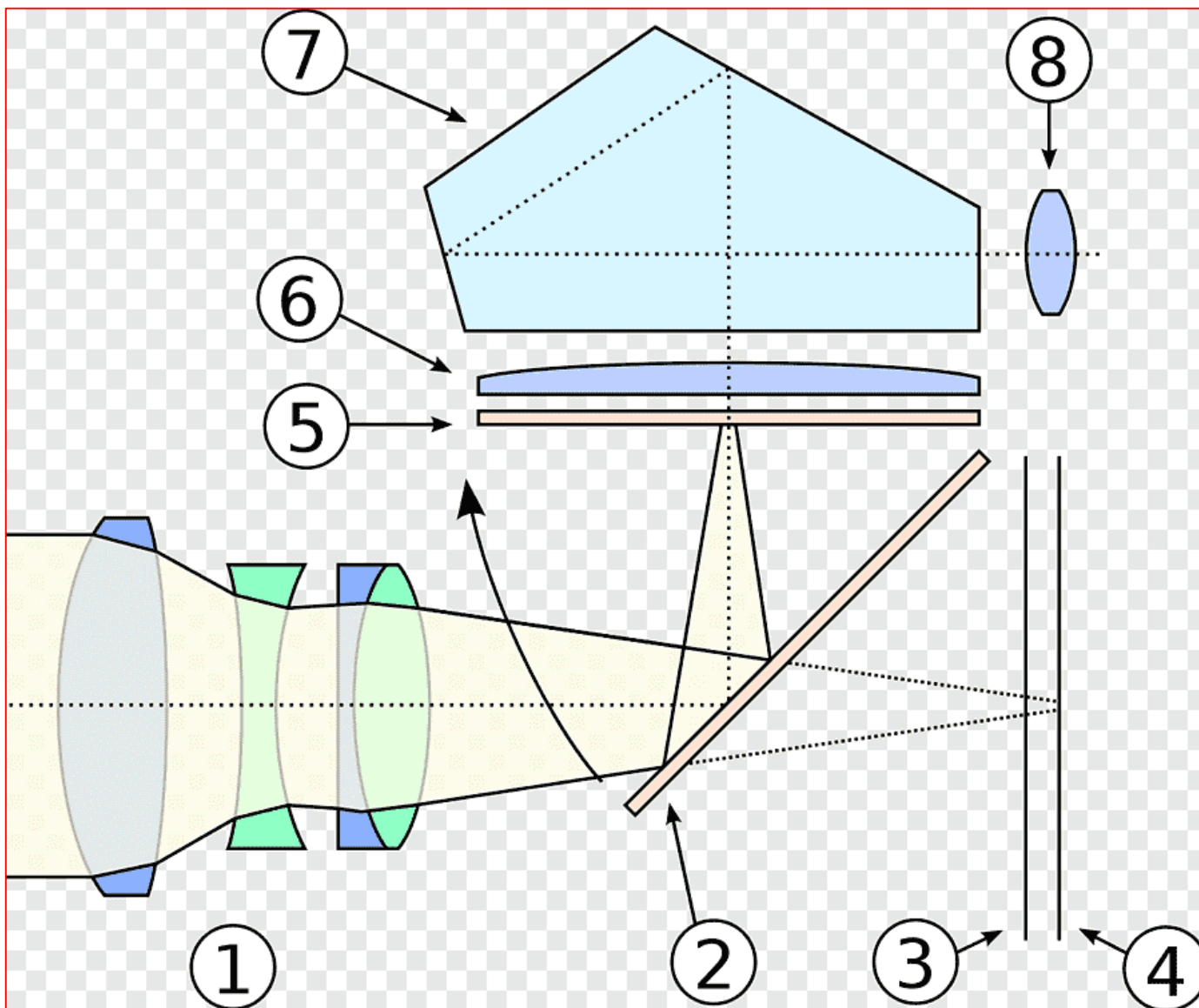


Схема:





Зеркальный фотоаппарат

Элемент 7

Лабораторная работа №4

Тепловое расширение тел

Цель работы:

1. Ознакомление с реакцией вещества в разных агрегатных состояниях на изменение температуры.
2. Определение количественных характеристик теплового расширения тел.

Задачи, решаемые при выполнении работы:

1. Формирование навыков работы с лабораторным оборудованием.
2. Ознакомление с различными средствами измерений.
3. Обработка и анализ результатов измерений.

Основные теоретические положения

Тепловое расширение – это изменение линейных размеров и формы тела при изменении его температуры.

При нагревании молекулы или атомы вещества начинают двигаться быстрее. Им требуется больше свободного пространства, в результате тело расширяется.

Изменение линейных размеров тела при нагревании пропорционально изменению температуры.

*Количественно тепловое расширение жидкостей и газов характеризуется **коэффициентом объемного расширения**.*

*Для характеристики теплового расширения твёрдых тел дополнительно вводят **коэффициент линейного теплового расширения**.*

Тепловое расширение тел необходимо учитывать при работе технических устройств.

Эксперимент 1

Тепловое расширение газов

Задание:

- ▶ экспериментально исследовать изменение объема воздуха при изменении его температуры;
- ▶ сделать выводы по результатам исследования.

Последовательность выполнения работы

1. Подготовка эксперимента.

- Соберите установку так как показано на рисунке.
- Вставьте короткую стеклянную трубку в резиновую пробку с одним отверстием и закройте колбу Эрленмейера пробкой.
- Закрепите длинную стеклянную трубку в держателе (она должна быть погружена в воду в мензурку объемом 100 мл).
- Соедините обе трубки силиконовой трубкой длиной около 50 см.



- Погрузите колбу в горячую воду ($50\text{ }^{\circ}\text{C}$) и запишите свои наблюдения в протокол.
- Погрузите колбу в холодную воду ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$) и запишите свои наблюдения в протокол.

Проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы.

Эксперимент 2

Тепловое расширение жидкостей

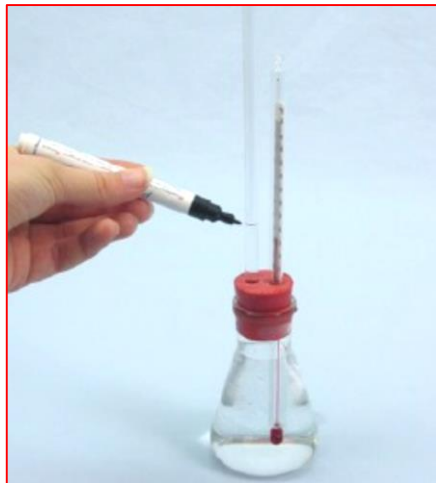
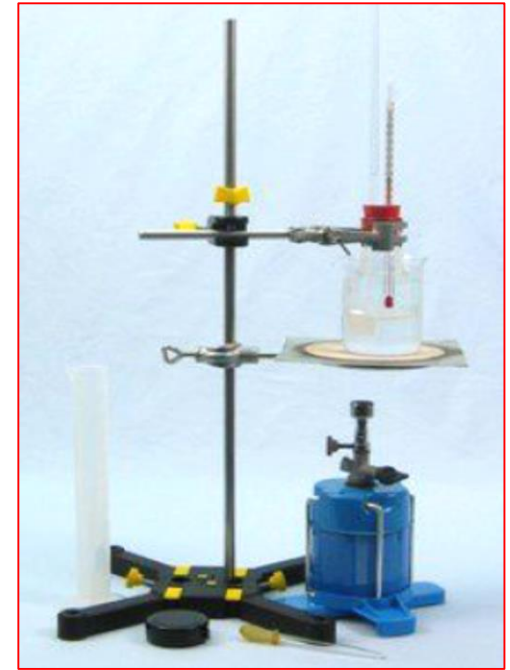
Задание:

- ▶ экспериментально исследовать изменение объема жидкости при изменении её температуры;
- ▶ определить коэффициент объемного расширения воды;
- ▶ сделать выводы по результатам исследования.

Последовательность выполнения работы

1. Подготовка эксперимента.

- Соберите экспериментальную установку так как показано на рисунке.
- Вставьте в резиновую пробку с двумя отверстиями:
 - термометр так, чтобы погружной стержень выступал наружу;
 - большую стеклянную трубку так, чтобы она была на одном уровне с дном.



- Наполните колбу Эрленмейера холодной водой с помощью мерного цилиндра так, чтобы вода была примерно на 0,5 см ниже края. Запишите этот объем V_0 .
- Закройте колбу пробкой. Вода не должна вытекать! Под пробкой больше не должно быть воздуха.
- Отметьте уровень воды фломастером.

2. Поместите колбу Эрленмейера в мензурку объемом 250 мл и закрепите ее универсальным зажимом так, чтобы она находилась как можно глубже.

3. Полностью заполните мензурку водой. Считайте начальную температуру воды T_0 и запишите ее в протокол.

4. Медленно нагревайте воду на слабом огне. Фиксируйте изменение уровня воды Δl при 25°C , 30°C и т.д. и внесите эти значения в таблицу в протоколе.

5. Заполните таблицу результатов



$t, ^\circ\text{C}$	$\Delta l, \text{см}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	$\Delta V, \text{см}^3$

* внутренний диаметр
стеклянной трубки
 $d=0,5 \text{ см}$.

6. Постройте график изменения объема в зависимости от изменения температуры.

7. Вычислите коэффициент объемного расширения γ при трех различных температурах по формуле

$$\gamma = \frac{\Delta V}{\Delta t \cdot V_0}$$

* справочные
данные

Вода, в зависимости от температуры, имеет различный коэффициент объёмного расширения:

$0,53 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$	(при температуре 5—10 °С)
$1,50 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$	(при температуре 10—20 °С)
$3,02 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$	(при температуре 20—40 °С)
$4,58 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$	(при температуре 40—60 °С)
$5,87 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$	(при температуре 60—80 °С)

Проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы:

- как при нагревании изменяется объем воды (из графика);
- как соотносятся экспериментальные и справочные значения коэффициента объемного расширения.

Эксперимент 3

Тепловое расширение металлов

Задание:

- ▶ экспериментально исследовать линейное расширение металлов при нагревании;
- ▶ определить коэффициент линейного расширения для стали, латуни и алюминия;
- ▶ сделать выводы по результатам исследования.

Последовательность выполнения работы

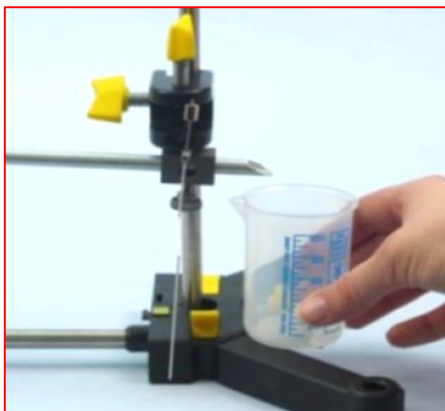
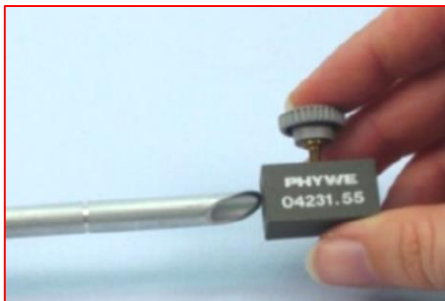
1. Подготовка эксперимента.

• Соберите экспериментальную установку с трубкой из алюминия так как показано на рисунке:

* металлическая трубка должна проходить под небольшим углом так, чтобы по ней мог стекать конденсированный водяной пар.



- Поместите штативную втулку в отверстие (выпускная сторона) на трубке.
- Поместите ось качения с указателем между двойной муфтой и штативной втулкой и расположите трубку так, чтобы наконечник указателя находился как можно ближе к столу.
- Поместите мензурку под выходное отверстие трубки.



2. Наполните колбу Эрленмейера наполовину водой и добавьте 2 шарика для кипения. Вставьте стеклянную трубку в пробку и закройте колбу

3. Соедините стеклянную трубку с металлической с помощью шланга и уложите его так, чтобы в шланге не собирался конденсат.

4. Прикрепите лист бумаги (примерно 5 см x 10 см) к столу под наконечником роликового указателя. Установите роликовый указатель вертикально и отметьте его начальное положение.



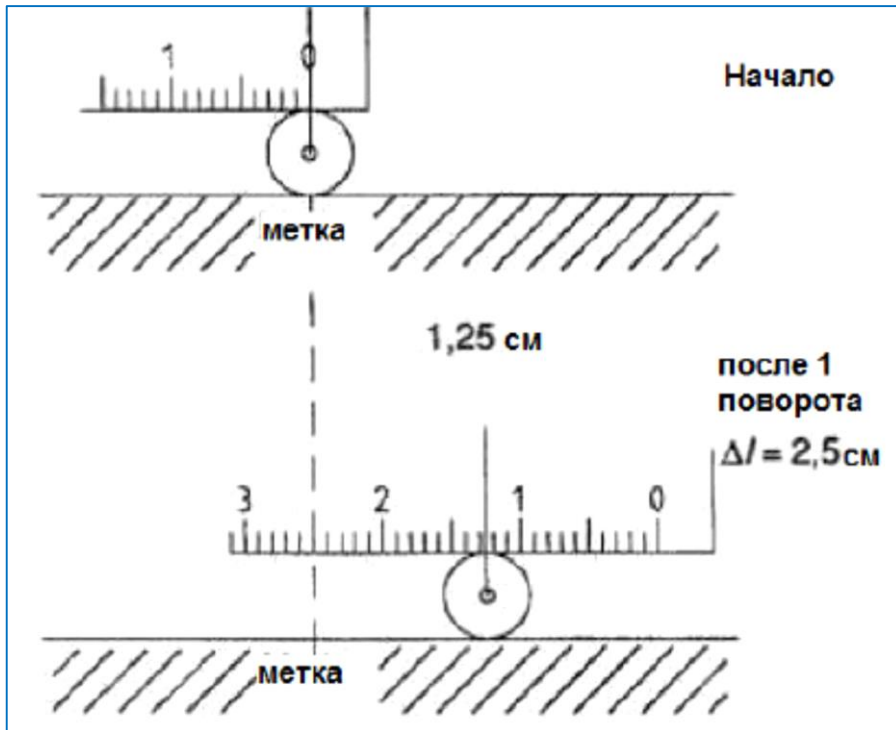
5. Измерьте длину указателя от оси вращения до поверхности стола (она должна быть равна 10,5 см). При необходимости скорректируйте высоту.

6. Измерьте температуру в помещении T_0 и занесите её в протокол.

Внимание! Во время эксперимента нельзя трогать конструкцию.

Принцип измерения

Роликовый указатель



Пока металлическая трубка расширяется на расстояние Δl , ось роликового указателя перемещается на расстояние $\Delta l/2$, которое можно представить как длину дуги

$$\Delta l/2 = \frac{2\pi r \cdot \phi}{360^\circ}$$

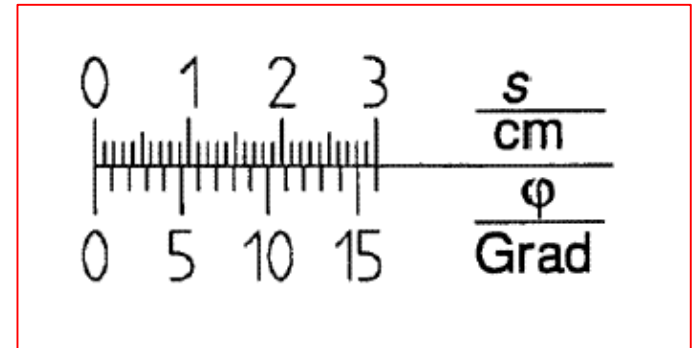
* радиус цилиндра качения указателя $r = 0,2 \text{ см}$.

7. Доведите воду до кипения и дождитесь выхода конденсата и пара из трубки.

8. Наблюдайте за указателем, пока он не перестанет двигаться, и отметьте положение указателя s .

9. Выключите горелку, подождите, пока трубка немного остынет и повторите эксперимент с другими трубками.

10. С помощью переводной шкалы определите угол φ для каждого отклонения указателя s .



11. Рассчитайте расширение Δl каждой трубки.

12. Вычислите коэффициент линейного расширения α для каждого случая по формуле

$$\alpha = \frac{\Delta l}{\Delta t \cdot l_0}$$

* начальная длина металлических трубок $l_0 = 50$ см.

Проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы по работе.

Эксперимент 4

Биметаллический принцип

Задание:

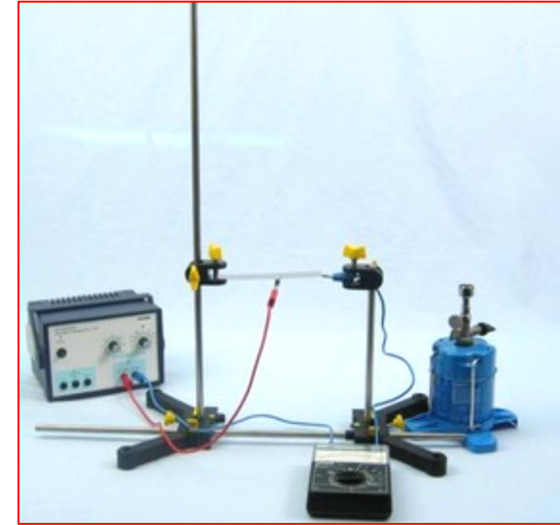
- ▶ экспериментально исследовать практическое применение биметаллического принципа;
- ▶ сделать выводы по результатам исследования.

Последовательность выполнения работы

1. Подготовка эксперимента.

- Соберите установку так как показано на рисунке:

- * Зажмите биметаллическую полосу узорчатой стороной вниз. Вставьте вилку соединительного провода во вторую двойную муфту.



- * Выберите расстояние между штативными стержнями и высоту биметаллической полосы так, чтобы конец полосы опирался в вилку. Прикрепите зажим "крокодил" к биметаллической полоске.

- Подключите отрицательный полюс блока питания к разъему «земля» мультиметра, а разъем «вольт» мультиметра к биметаллической полоске. Зажим «крокодил» на биметаллической полосе подсоедините к положительному полюсу источника питания.

2. Установите диапазон измерения мультиметра 10 В постоянного тока. Установите на источнике питания напряжение 10 В_~.
3. Включите источник питания и отметьте показания мультиметра.
4. Нагрейте биметаллическую полоску на небольшом пламени и наблюдайте за полоской и измерительным прибором.
5. Уберите пламя и наблюдайте за полосой и измерительным прибором.
6. Переверните полоску узорчатой стороной вверх и повторите эксперимент.
7. Запишите наблюдения в протокол.

Проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы по работе.

Благодарю за внимание!