

## Рекомендации для учителей

### по подготовке экспериментальной части проверочной работы по физике

#### Общие рекомендации

---

Перед проведением экспериментальной части проверочной работы по физике необходимо сделать следующее.

1. Подготовить оборудование для каждой установки (см. список ниже). Предусмотреть наличие запасных деталей. Особенно внимательно следует отнестись к подготовке необходимого количества электронных измерительных приборов.
2. Пронумеровать установки. В дальнейшем при проверке работ будет нужно ориентироваться на номер установки для сверки полученных школьниками результатов с контрольными измерениями.
3. Провести контрольные измерения параметров для каждой установки.

После проведения работы сохраните пронумерованные детали установок, чтобы при необходимости воспользоваться ими при проверке работ.

#### Рекомендации по подбору оборудования и проведению контрольных измерений

---

##### 7 класс

##### Измерение длины и диаметра цилиндрического тела

**Цель работы:** измерение размеров цилиндрического тела.

---

1) Измерьте с помощью линейки диаметр  $d$  и длину  $L$  цилиндрического тела. Запишите полученные значения с учётом погрешностей. Примите погрешность линейки равной половине цены её деления.

2) Рассчитайте по полученным данным объём  $V$  цилиндрического тела. Пользуясь «методом границ», оцените абсолютную погрешность полученной величины.

*Примечание:* для вычисления объёма цилиндра используйте формулу  $V = \pi d^2 L / 4$ .

3) При измерении диаметра данного цилиндрического тела с помощью линейки точность оказывается не очень высокой. Вычислите относительную погрешность диаметра, измеренного линейкой. Кратко опишите другой способ измерений диаметра цилиндрического тела, который даёт заметно более высокую точность. Нарисуйте схему проведения опыта. Проведите с помощью этого способа измерения, запишите измеренные величины, рассчитайте значение диаметра и оцените его абсолютную и относительную погрешность. При проведении опыта повторите измерения не менее трёх раз для подтверждения повторяемости результатов.

*Оборудование:* цилиндрическое тело, линейка, лист бумаги.

*Примечание.* В качестве цилиндрического тела можно использовать пальчиковую батарейку (AA или AAA), незаточенный карандаш с круглым сечением и т.д. Если в качестве цилиндрического тела будет использована батарейка, то размерами небольшого «выступа» на торце батарейки у положительного электрода следует пренебречь.

## **Плотность неизвестного вещества**

**Цель работы:** измерение насыпной плотности песка и плотности песчинок.

---

1) Поставьте пустой мерный цилиндр на электронные весы и обнулите их показания. Насыпьте в цилиндр песок из стакана. Измерьте массу и объём насыпанного песка. Запишите результаты с учётом погрешностей измерений. Считайте, что погрешность весов составляет 1 % от измеряемой величины, а абсолютная погрешность измерения объёма равна половине цены деления мерного цилиндра.

2) Рассчитайте величину насыпной плотности песка (т.е. массу сыпучего вещества, содержащуюся в  $1 \text{ см}^3$ ). Пользуясь «методом границ», оцените абсолютную погрешность полученной величины.

3) Измерьте плотность песчинок. Приведите краткое описание опыта или нарисуйте схему проведения опыта с необходимыми обозначениями и пояснениями. Оцените абсолютную и относительную погрешность полученной величины. Оцените без расчёта погрешностей отношение  $\alpha$  объёма песчинок в порции песка к общему объёму порции песка. Дайте ответ в процентах и округлите до целого числа.

*Оборудование:* стакан с песком, электронные весы, два мерных цилиндра объёмами по 100 мл (один с водой, а второй – пустой).

*Примечание.* Песок необходимо взять очищенный от примесей. Масса песка должна составлять примерно 50 г. Мерные цилиндры должны иметь цену деления, равную 1 мл или менее. В один из цилиндров необходимо налить около 40 мл воды, а второй должен быть сухим.

## **Кривая упругой нагрузки материала**

**Цель работы:** измерение относительной деформации резинового шнура.

---

1) Зажмите кончик резинового шнура в лапке штатива. Измерьте длину ненагруженного шнура. Запишите полученное значение с учётом погрешности линейки. Примите абсолютную погрешность измерения длины равной цене деления линейки. Подвесьте к шнуру выданный вам груз. Вновь измерьте длину шнура и запишите результат с учётом погрешности.

2) Рассчитайте относительное удлинение шнура, то есть отношение изменения длины шнура к начальной длине шнура. Дайте ответ в процентах. Пользуясь «методом границ», оцените абсолютную погрешность полученной величины.

3) Измерьте относительное растяжение шнура под действием силы, вдвое меньшей силы тяжести груза. Кратко опишите ваш метод измерения или нарисуйте схему проведения опыта с необходимыми обозначениями и пояснениями. Для полученного результата оцените

абсолютную и относительные погрешности. На основе полученных результатов сделайте вывод о том, можно ли считать, что относительное растяжение шнура прямо пропорционально растягивающей его силе (в исследованном диапазоне удлинений).

*Оборудование:* штатив, резиновый шнур, груз, линейка.

*Примечание.* Подойдёт шнур, растяжение которого сильно нелинейно зависит от растягивающей силы в пределах сил от 0 Н до силы тяжести используемого груза. Например, подойдут резиновые шнуры из комплекта ГИА. Длина шнура должна составлять не менее 30 см. На одном из концов шнура необходимо сделать кольцо (завязать петлю) для крепления груза. Лапка штатива должна позволять зажать кончик исследуемого резинового шнура. Груз должен иметь крючок для крепления к петле шнура. Вес груза должен растягивать шнур до относительных удлинений не менее 20 %. Длина измерительной шкалы линейки должна позволять измерять длину растянутого грузом шнура.

## 8 класс

### Электрическое сопротивление лампы накаливания

**Цель работы:** измерение электрического сопротивления лампы накаливания.

---

- 1) Соберите электрическую цепь, состоящую из последовательно соединённых источника питания (4,5 В), амперметра и лампочки. Подключите параллельно лампочке вольтметр. Запишите показания приборов с указанием погрешностей. Считайте погрешности стрелочных электрических приборов равными половине цены деления шкалы.
- 2) Рассчитайте величину сопротивления лампочки (отношение напряжения на лампе к текущему через неё току), работающей в таком режиме. Пользуясь «методом границ», оцените погрешность полученной величины.
- 3) Соберите электрическую цепь, позволяющую установить на лампочке напряжение 2,0 В. Зарисуйте схему цепи в своей работе. Измерьте сопротивление лампы в этом режиме. Оцените абсолютную и относительную погрешности полученной величины.

*Оборудование:* источник питания 4,5 В (батарея 3R12 или три батарейки АА, соединённые последовательно с закрытыми контактами), соединительные провода, лампа накаливания с номинальным режимом 4,8 В, школьный амперметр, школьный вольтметр, переменный резистор на 10 Ом.

*Примечание.* Можно использовать электрические компоненты из набора «ГИА-лаборатория».

### Калориметрия

**Цель работы:** измерение теплоёмкости тела.

---

- 1) Поставьте калориметр на электронные весы и обнулите их показания. Налейте в калориметр воду. Запишите значение её массы с учётом погрешности измерений. Примите погрешность весов равной 1 % от измеряемой величины.
- 2) Рассчитайте теплоёмкость воды в калориметре. Пользуясь «методом границ», оцените абсолютную погрешность полученной величины. Удельную теплоёмкость воды примите равной  $c_{\text{в}} = (4,20 \pm 0,02) \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ . Запишите результат с учётом погрешности.

3) Измерьте теплоёмкость выданного вам груза. Кратко опишите свои действия или нарисуйте схему проведения опыта с необходимыми обозначениями и пояснениями. Погрешность измерения температуры примите равной половине цены деления термометра. Получите формулу для расчёта теплоёмкости груза. Оцените абсолютную и относительную погрешность полученного результата. При проведении расчётов теплоёмкостью калориметра следует пренебречь. Запишите результат с учётом погрешности.

*Оборудование:* калориметр, вода в стакане, электронные весы, металлический груз, термометр, горячая вода (выдается по требованию), пустой стакан для горячей воды, салфетки для поддержания чистоты на рабочем месте.

*Примечание.* Можно использовать калориметр и термометр из набора ГИА. Металлический груз должен иметь объём 20–30 см<sup>3</sup>. К грузу должна быть прикреплена нитка для помещения его в сосуды с водой. Для измерений подойдут стальной или алюминиевый цилиндры из набора ГИА. Вода должна иметь объём, достаточный для того, чтобы при наливании её в калориметр груз мог быть полностью погружён в воду.

## **Рычаг**

**Цель работы:** измерение массы тела с помощью рычага.

---

1) Определите координату центра тяжести выданной вам линейки. Запишите значение этой координаты с учётом погрешности измерений, которую в данном эксперименте примите равной цене деления линейки. Подвесьте к одному из концов линейки пустой шприц. Уравновесьте линейку на лапке штатива. Запишите длины плеч силы тяжести шприца и силы тяжести линейки. Погрешности этих измерений примите равными удвоенной цене деления линейки.

2) Рассчитайте отношение массы шприца к массе линейки. Пользуясь «методом границ», оцените абсолютную погрешность полученной величины. Запишите результат с учётом погрешности.

3) Предложите способ, позволяющий определить массу шприца. Кратко опишите свои действия или нарисуйте схему проведения опыта с необходимыми обозначениями и пояснениями. Получите итоговую формулу для расчёта массы шприца. Проведите измерения, запишите измеренные величины. Оцените абсолютную и относительную погрешность полученного результата. Плотность воды примите равной  $\rho = 1 \text{ г/см}^3$ . Считайте эту величину точной. Погрешность измерения объёма воды примите равной половине цены деления шприца. Запишите результат с учётом погрешности.

*Оборудование:* шприц, штатив с лапкой, нитка, линейка, стакан с водой.

*Примечание.* Шприц объёмом 20–25 мл. Линейка длиной 50 см.

---

## **Рекомендации по округлению экспериментальных чисел**

---

Значение величины, измеренной экспериментально, требует правильного округления. До проведения экспериментальной части проверочной работы по физике следует ознакомить участников с правилами округления.

Абсолютная погрешность экспериментально измеренной величины округляется до одной значащей цифры в случае, если первая значащая цифра больше 1. Если же первая значащая цифра равна 1, то погрешность округляется до двух значащих цифр. (Первая значащая цифра десятичной дроби – это ее первая слева отличная от нуля цифра.) Затем среднее значение экспериментально измеренной величины округляется до порядка младшей значащей цифры в уже округленной абсолютной погрешности.

Примеры округления некоторых (безразмерных) величин:

до округления:  $2,581 \pm 0,355$ ; после округления:  $2,6 \pm 0,4$ ;

до округления:  $2,581 \pm 0,121$ ; после округления:  $2,58 \pm 0,12$ .

### Расчет погрешностей косвенных измерений

---

При выполнении экспериментальной части проверочной работы по физике учащимся потребуется оценить погрешности величин, измеренных косвенно, с помощью метода границ. Пример расчета представлен ниже.

Пусть задача состоит в том, чтобы рассчитать плотность некоторого тела. Известна его масса  $m = (100,0 \pm 1,0)$  г. Также известно, что до погружения тела в мензурку объем воды в ней составлял  $V_1 = (51,0 \pm 0,5)$  мл, а после полного погружения тела в воду объем содержимого мензурки составил  $V_2 = (75,0 \pm 0,5)$  мл. Будем рассчитывать величину плотности объекта по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V_2 - V_1}.$$

Прежде всего следует рассчитать среднее значение величины плотности, подставив в формулу средние значения входящих в нее величин:

$$\rho = \frac{100}{75 - 51} \approx 4,17 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

Далее следует провести анализ формулы на предмет возрастания или убывания расчетной величины при варьировании входящих в формулу величин. Так, плотность возрастает с увеличением  $m$ , возрастает с уменьшением  $V_2$  и возрастает с увеличением  $V_1$ . Тогда максимальное значение плотности, рассчитанное, исходя из этих величин, может получиться при подстановке в формулу максимального значения  $m$ , минимального значения  $V_2$  и максимального значения  $V_1$  (максимальные и минимальные значения определяются с учетом абсолютных погрешностей соответствующих величин):

$$\rho_{max} = \frac{101}{74,5 - 51,5} \approx 4,39 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

Аналогично можно рассчитать минимальное значение плотности:

$$\rho_{min} = \frac{99}{75,5 - 50,5} \approx 3,96 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

Таким образом, косвенно измеренная величина плотности лежит в диапазоне от  $\rho_{min}$  до  $\rho_{max}$ . Половину размера этого диапазона можно принять в качестве оценки абсолютной погрешности величины плотности.

$$\sigma_\rho = \frac{\rho_{max} - \rho_{min}}{2} \approx 0,22 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

После проведения подобных расчетов следует записать окончательное значение плотности с учетом правил округления:

$$\rho = (4,2 \pm 0,2) \frac{\text{Г}}{\text{см}^3},$$

при этом среднее значение для плотности берется как значение, рассчитанное из средних значений величин, а не среднее из  $\rho_{max}$  и  $\rho_{min}$ .

Важно помнить, что при проведении промежуточных вычислений округление должно производиться «с запасом» – то есть с точностью, заведомо достаточной для проведения правильного округления окончательного результата.