

Задачи экспериментальной части

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.

Решение

В качестве цилиндрического тела использовалась пальчиковая батарейка АА.

1) Результаты прямых измерений: $d = (1,40 \pm 0,05)$ см и $L = (4,80 \pm 0,05)$ см.

2) Объём батарейки: $V = \frac{3,14 \cdot 1,4^2}{4} \cdot 4,8 \approx 7,39$ см³.

Вычислим максимально возможное и минимально возможное значения объёма при подстановке в формулу максимального и минимального значений d и L :

$$V_{max} = \frac{3,14 \cdot 1,45^2}{4} \cdot 4,85 \approx 8,00 \text{ см}^3, \quad V_{min} = \frac{3,14 \cdot 1,35^2}{4} \cdot 4,75 \approx 6,80 \text{ см}^3.$$

Оценим абсолютную погрешность:

$$\sigma_V = \frac{V_{max} - V_{min}}{2} = 0,60 \text{ см}^3.$$

Тогда окончательно для значения объёма с погрешностью с учётом правил округления экспериментальных величин получаем:

$$V = (7,4 \pm 0,6) \text{ см}^3.$$

3) Относительная погрешность прямого измерения диаметра батарейки составляет $\varepsilon_d = \frac{0,05}{1,4} \cdot 100 \% \approx 3,5 \%$.

Для уменьшения погрешности измерений будем катить цилиндр по лежащему на столе листу бумаги так, чтобы цилиндр сделал N полных оборотов. Измерим расстояние Δx , на которое прокатился цилиндр по столу. Удобно сделать метку на цилиндре, прижимать его к столу линейкой и катить (см. рисунок).

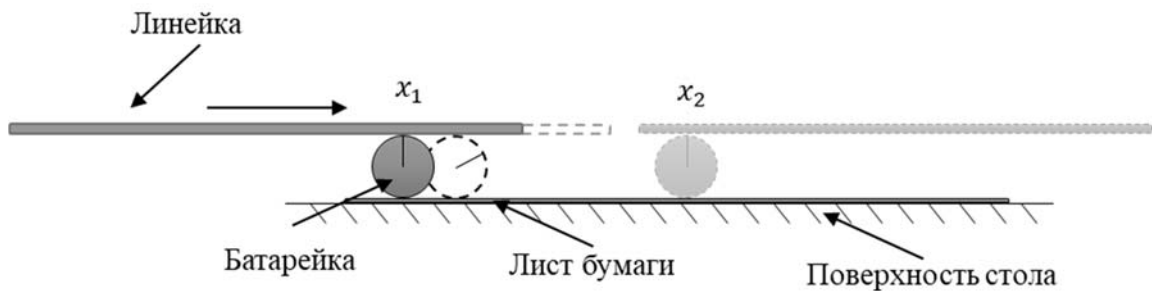


Схема проведения опыта

Запишем в таблицу результаты эксперимента, в котором цилиндр делает $N = 3$ полных оборота. В каждом эксперименте будем выбирать разную начальную координату x_1 .

Номер опыта	$\Delta x = x_2 - x_1$, см
1	13,3
2	13,3
3	13,3

Видно, что значение Δx получается во всех экспериментах одинаковым, что свидетельствует об отсутствии проскальзывания. Тогда с учётом приборной погрешности линейки:

$$\Delta x = (13,30 \pm 0,05) \text{ см.}$$

Поэтому диаметр цилиндра: $d = \frac{\Delta x}{3\pi} = (1,412 \pm 0,005)$ см.

Относительная погрешность измерений в этом случае составит: $\varepsilon_d = \frac{0,005}{1,412} \cdot 100 \% \approx 0,4 \% -$ приблизительно в 10 раз точнее, чем при прямом измерении линейкой.

№ вопроса	Указания к оцениванию	Баллы
1	С точностью до цены деления верно найдены значения диаметра и длины цилиндрического тела. Результат записан в правильном виде с погрешностью	1
2	Вычислено значение объёма цилиндрического тела	1
	Правильно оценена абсолютная погрешность измерения объёма	1
	Результат записан в правильном виде с округлением погрешности и среднего значения	1
3	Правильно вычислена относительная погрешность измерения диаметра при измерении первым способом	1
	Предложен метод измерения диаметра с более высокой точностью (приведено краткое описание опыта)	1
	Нарисован чертёж с подписями всех основных элементов и обозначением измеряемых геометрических величин	1
	Проведено не менее трёх измерений. По результатам измерений найдено среднее значение диаметра	1
	Верно оценены абсолютная и относительная погрешности диаметра при измерении новым (предложенным) способом	1
	<i>Максимальный балл</i>	<i>9</i>

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 см³). 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 α 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).

Решение

1) Измерим массу и объём песка, насыпав его в пустой сухой мерный цилиндр:

$$m = (47,9 \pm 0,5) \text{ г}, \quad V = (38,0 \pm 0,5) \text{ мл.}$$

2) Рассчитаем насыпную плотность песка:

$$\rho = \frac{m}{V} \approx 1,261 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

Найдём минимальное и максимальное значения плотности при подстановке в формулу максимального и минимального значений m и V :

$$\rho_{\max} = \frac{48,4}{37,5} \approx 1,291 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}, \quad \rho_{\min} = \frac{47,4}{38,5} \approx 1,231 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

Оценим абсолютную погрешность полученного результата:

$$\sigma_\rho = \frac{\rho_{\max} - \rho_{\min}}{2} \approx 0,030 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

Тогда окончательно для насыпной плотности с учётом правил округления экспериментальных величин:

$$\rho = (1,26 \pm 0,03) \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

3) Запишем суммарный объём воды во втором мерном цилиндре:

$$V_1 = (44,0 \pm 0,5) \text{ мл.}$$

Поставим цилиндр на весы и обнулим их показания.

Насыпем в цилиндр песок. Запишем показания весов:

$$m = (47,4 \pm 0,5) \text{ г.}$$

При необходимости взболтаем цилиндр, чтобы погрузить в воду всё вещество в цилиндре, и вода заполнила все промежутки между песчинками. Измерим суммарный объём раствора и вещества в цилиндре:

$$V_2 = (64,0 \pm 0,5) \text{ мл.}$$

Изменение объёма содержимого цилиндра обусловлено лишь объёмом песчинок. Тогда для плотности песчинок имеем:

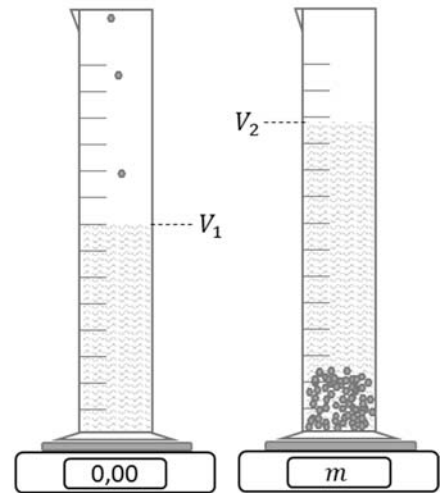
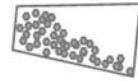
$$\rho_{\text{п}} = \frac{m}{V_2 - V_1} \approx (2,37 \pm 0,14) \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

Относительная погрешность измеренной величины составит $\frac{0,14}{2,37} \approx 6\%$.

Пусть масса порции песка m , тогда ее объём составит $\frac{m}{\rho}$, а объём песчинок в ней — $\frac{m}{\rho_{\text{п}}}$.

Рассчитаем отношение объёмов песчинок к объёму порции песка:

$$\alpha = \frac{\rho}{\rho_{\text{п}}} \approx 53\%.$$



№ вопроса	Указания к оцениванию	Баллы
1	Измерены значения массы и объёма песка. Результат записан в правильном виде с погрешностью	1
2	Вычислено значение насыпной плотности. Результат отклоняется от истинного не более чем на 10 %	1
	Правильно оценена абсолютная погрешность измерения насыпной плотности	1
	Результат записан в правильном виде с округлением погрешности и среднего значения	1
3	Предложен метод измерения плотности песчинок (приведено краткое описание опыта или нарисована схема проведения опыта с необходимыми обозначениями и пояснениями)	1
	Измерены значения массы и объёма песчинок. Результат записан в правильном виде с погрешностью	1
	Найдено среднее значение плотности песчинок и полученный результат отличается от истинного не более чем на 20 %	1
	Верно оценены абсолютная и относительная погрешности плотности песчинок	1
	Рассчитано значение α	1
	<i>Максимальный балл</i>	<i>9</i>

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.

Решение

Для проведения измерений использовался резиновый шнур из комплекта ГИА. Шнур растягивался грузом массой 200 г.

1) Измерим длину шнура в нерастяннутом состоянии. Для этого выпрямим шнур и приложим к нему линейку:

$$l_0 = (29,5 \pm 0,1) \text{ см.}$$

Подвесим к свободному концу шнура груз и вновь измерим его длину:

$$l = (37,5 \pm 0,1) \text{ см.}$$

2) Рассчитаем относительное удлинение шнура, выразив его в процентах:

$$\frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{l}{l_0} - 1 = \left(\frac{37,5}{29,5} - 1 \right) \cdot 100\% \approx 27,12\%.$$

Найдём минимальное и максимальное значения относительного удлинения шнура при подстановке в формулу максимального и минимального значений l и l_0 :

$$\left(\frac{\Delta l}{l_0} \right)_{max} = \left(\frac{37,6}{29,4} - 1 \right) \cdot 100\% \approx 27,89\%, \quad \left(\frac{\Delta l}{l_0} \right)_{min} = \left(\frac{37,4}{29,6} - 1 \right) \cdot 100\% \approx 26,35\%.$$

Оценим абсолютную погрешность полученного результата

$$\sigma_{\frac{\Delta l}{l_0}} = \frac{\frac{\Delta l}{l_0}_{max} - \frac{\Delta l}{l_0}_{min}}{2} \approx 0,77\%.$$

Тогда окончательно для относительного удлинения с учётом правил округления представления результатов экспериментальных измерений:

$$\frac{\Delta l}{l_0} = (27,1 \pm 0,8)\%.$$

3) Так как уменьшить силу тяжести груза в данном эксперименте невозможно, то сделаем так, чтобы эту силу тяжести уравновешивали две одинаковые силы упругости, возникающие в шнуре.

Сложим шнур пополам и подвесим к нему груз. Тогда на каждую часть шнура будет действовать сила тяжести, равная половине силы тяжести груза. Так как относительное удлинение шнура не зависит от его длины, то относительное удлинение каждого из шнуров будет соответствовать относительному удлинению исходного шнура под действием силы, вдвое меньшей силы тяжести имеющегося груза.

Закрепим два конца шнура в лапке штатива. Измерим длину сложенного шнура в нерастяннутом положении.

$$l'_0 = (14,5 \pm 0,1) \text{ см.}$$

Подвесим к месту перегиба шнура груз и вновь измерим длину сложенного шнура:

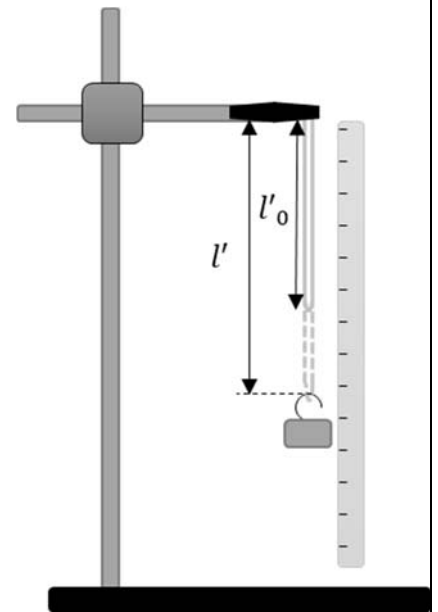
$$l' = (16,0 \pm 0,1) \text{ см.}$$

Рассчитаем относительное удлинение сложенного шнура.

$$\frac{\Delta l'}{l'_0} = (10,3 \pm 1,5)\%.$$

Относительная погрешность данного измерения составит.

$$\varepsilon_{\frac{\Delta l'}{l'_0}} = \frac{\sigma_{\frac{\Delta l'}{l'_0}}}{\frac{\Delta l'}{l'_0}} \approx 15\%.$$



Рассчитаем величину удвоенного относительного растяжения сложенного шнура под действием силы, вдвое меньшей силы тяжести выданного груза.

$$2 \frac{\Delta l'}{l'_0} = (20,6 \pm 3)\%.$$

Видно, что даже с учётом погрешности $2 \frac{\Delta l'}{l'_0}$ и $\frac{\Delta l}{l_0}$ не могут быть равны друг другу. Следовательно, можно утверждать, что относительное растяжение шнура не пропорционально растягивающей его силе в исследованном диапазоне удлинений

№ вопроса	Указания к оцениванию	Баллы
1	Измерены значения длины шнура в ненагруженном и нагруженном состоянии. Результат записан в правильном виде с погрешностью	1
2	Вычислено значение относительного удлинения. Результат отклоняется от истинного не более чем на 5 %	1
	Правильно оценена абсолютная погрешность относительного удлинения	1
	Результат записан в правильном виде с округлением погрешности и среднего значения	1
3	Приведено краткое описание метода нахождения растяжения шнура при растягивающей силе, вдвое меньшей силы тяжести груза, или сделан чертёж с необходимыми обозначениями и пояснениями.	1
	Измерены значения длины сложенного вдвое шнура в нерастянутом состоянии и при нагрузке. Результат записан в правильном виде с погрешностью	1
	Найдено среднее значение относительного удлинения при вдвое меньшей нагрузке и полученный результат не отличается от истинного более чем на 20 %	1
	Верно оценены абсолютная и относительная погрешности относительного удлинения во втором случае	1
	Сделан вывод, что относительное растяжение шнура не пропорционально растягивающей силе в исследованном диапазоне удлинений	1
	<i>Максимальный балл</i>	9