



Республиканская физическая олимпиада 2021 год (Заключительный этап)

Экспериментальный тур

11 класс.

1. Полный комплект состоит из двух заданий, на выполнение каждого отводится два с половиной часа. Сдавать работу следует после выполнения обоих заданий. Задания могут быть не равноценными, поэтому ознакомьтесь с условиями обеих задач. Для вашего удобства в тексте вопросы, на которые Вы должны ответить, взяты в рамки.
2. Ознакомьтесь с перечнем оборудования – проверьте его наличие и работоспособность. При отсутствии оборудования или сомнения в его работоспособности немедленно обращайтесь к представителям оргкомитета.
3. При оформлении работы каждую задачу и каждую ее часть начните с новой страницы.
4. Все графики рекомендуем строить на листе миллиметровой бумаги, выданном для выполнения каждого задания. Обязательно пронумеруйте и озаглавьте все построенные графики.
5. Подписывать рабочие страницы и графики запрещается.
6. В ходе работы можете использовать ручки, карандаши, чертежные принадлежности, калькулятор.
7. Со всеми вопросами, связанными с условиями задач (но не с их решениями), обращайтесь к организаторам.

Вам необходимо самостоятельно собирать и настраивать экспериментальные установки. Если в условии задачи не приведены схемы установок, то в решении приведите их, укажите, какие величины и как вы измеряли.
Погрешности следует оценивать только в тех пунктах, где указано в условии задачи.

Желаем успехов в выполнении данных заданий!

Данный комплект заданий содержит:

- титульный лист (стр. 1);
- условия двух заданий (стр. 2-5).

Задача 11-1. Время удара

Приборы и оборудование: Два металлических шарика; два цилиндра; нить; штатив с двумя лапками; штангенциркуль; источник напряжения 1,5 В; мультиметр; конденсатор емкости $C = 1000 \text{ мкФ}$; постоянный резистор; ключ электрический; соединительные провода.

В данной работе вам необходимо разработать методику измерения очень малых времен – времен удара металлического шарика о закрепленный металлический цилиндр.

Основная идея этого метода заключается в изменении напряжения на конденсаторе за время столкновения шарика с цилиндром. Старайтесь, чтобы скорости шариков в момент удара оставались примерно одинаковыми.

Вам предстоит самостоятельно (с помощью незначительных подсказок) разрабатывать схемы проведения измерений.

Оценивать погрешности в данной работе не требуется!
Тем не менее, стремитесь к тому, чтобы эти погрешности были минимальны.
Результаты измерений представьте в наглядной графической форме.

Задание 1.

1.1 Используя выданное оборудование, измерьте внутреннее сопротивление r и ЭДС источника напряжения (гальванического элемента) ε .

1.2 Используя выданное оборудование, измерьте внутреннее сопротивление вольтметра R_V в использованном вами диапазоне измерения напряжений.

Приведите схемы измерений, расчетные формулы, результаты измерений и расчетов.

Подсказка 1. При разрядке конденсатора через резистор сопротивления R , зависимость напряжения на конденсаторе от времени описывается функцией

$$U = U_0 \exp\left(-\frac{t}{RC}\right). \quad (1)$$

Впрочем, вы можете обойтись и без этой формулы, рассматривая изменение напряжения ΔU за малый промежуток времени Δt .

Задание 2.

Если конденсатор подключить к источнику напряжения, через цепь, которая замыкается только в момент удара шарика, то напряжение на конденсаторе будет изменяться скачками при каждом ударе.

2.1 Приведите электрическую схему, позволяющую измерять напряжение на конденсаторе в зависимости от числа ударов шарика о цилиндр. Предусмотрите в этой схеме возможность быстрой разрядки конденсатора в произвольный момент времени.

2.2 Пусть ЭДС источника равна U_0 , а напряжение на конденсаторе после n ударов равно U_n . Считая, что время удара τ мало по сравнению с характерным временем разрядки конденсатора RC , найдите формулу для напряжения на конденсаторе после очередного удара U_{n+1} .

2.3 Считая, что изначально конденсатор не заряжен, получите зависимость напряжения на конденсаторе от числа ударов.

Для экспериментальных исследований в данной части используйте алюминиевый (белый) цилиндр.

2.4 Проведите измерения зависимости напряжения на конденсаторе от числа ударов шарика о цилиндр. Измерения проведите для двух шариков разных диаметров.

2.5 Представьте полученные зависимости в графической форме, так, чтобы ваша зависимость была близка к линейной и позволяла определить время соударения.

2.6 Рассчитайте времена столкновения шариков с цилиндром.

2.7 Рассчитайте отношение времен столкновения шариков разных диаметров. Сравните это отношение с отношением диаметров шариков.

2.8 Проведите оценку скорости упругих волн в металле.

Подсказка 2.

Конечно, для стабилизации параметров удара шарик надо подвесить на нитях. Для этого используйте бифилярный подвес: подвешивайте шарик на двух нитях, образующих небольшой угол между собой. Для получения надежных результатов начальный угол отклонения нитей подвеса должен быть постоянным (словить шарик после удара не сложно).

Задание 3.

3.1. Измерьте времена столкновения шариков с латунным (желтым) цилиндром.

3.2 Сравните полученные значения с результатами, полученными в предыдущей части, дайте качественное описание полученных значений.

Задача 11-2. Свойства растворов

Изучение физических свойств растворов имеет большую практическую значимость, поэтому давно и постоянно привлекает внимание исследователей. В данной работе мы призываем вас присоединиться к этим ученым – вы должны экспериментально исследовать свойства растворов глицерина в воде.

Приборы и оборудование: глицерин (только 50 мл), вода (в неограниченном количестве); мензурка, шприц с делениями, лазер с блоком питания, экран, линейка измерительная, пластилин, трубочка для коктейля, небольшой болт в качестве груза. посуда одноразовая для жидкостей, палочка для перемешивания растворов, салфетки для соблюдения чистоты.

Количество глицерина ограничено, поэтому продумайте последовательность выполнения работы, прежде чем растворять глицерин в воде!

1. Измерьте зависимость плотности раствора от концентрации глицерина.
2. Постройте график полученной зависимости.
3. Приведите эмпирическую (основанную на экспериментальных данных) формулу, описывающую данную зависимость.
4. Считая, что при смешивании жидкостей объем раствора равен сумме объемов смешиваемых жидкостей, рассчитайте теоретически зависимость плотности раствора от его концентрации.
5. Проверьте (двумя способами), выполняется ли высказанное в предыдущем пункте предположение об объемах.

Примечания.

1. Под концентрацией раствора понимается объемная концентрация: отношение объема чистого глицерина к сумме объемов чистой воды и чистого глицерина

$$c = \frac{V_{\text{глицерина}}}{V_{\text{глицерина}} + V_{\text{воды}}}.$$

2. Продумайте последовательность приготовления растворов, стремитесь, чтобы их концентрации менялись достаточно равномерно в максимально возможном диапазоне. Кратко опишите вашу методику приготовления растворов известных концентраций.

3. Для измерения плотности раствора изготовьте самостоятельно ареометр, используя трубочку для коктейля, груз и пластилин. Укажите, что вы измеряли и как рассчитывали плотность по результатам измерений.

4. Плотность воды считайте известной и равной $\rho_0 = 1,00 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.

6. Измерьте зависимость показателя преломления раствора от его концентрации.
7. Постройте график полученной зависимости.
8. Приведите эмпирическую (основанную на экспериментальных данных) формулу, описывающую данную зависимость.
9. Постройте график зависимости показателя преломления раствора от его плотности.
10. Будет ли подобная зависимость выполняться для растворов других веществ?

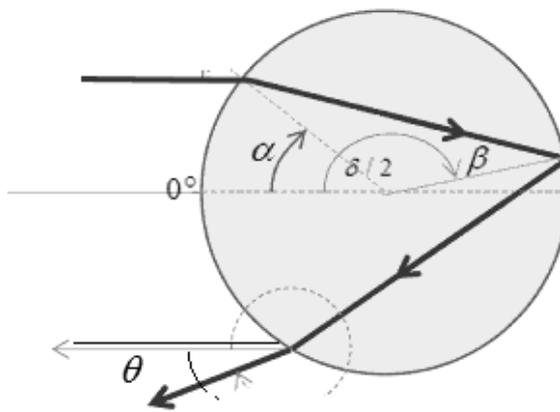
Примечания.

Для измерения показателя преломления рекомендуем использовать теорию радуги. Если сферическую (или цилиндрическую каплю) осветить широким параллельным пучком света, то в лучах отраженных от задней стороны капли наблюдается резкая граница, так как существует максимальный угол отклонения θ

Показатель преломления чистой воды равен $n_0 = 1,33$, а максимальный угол отклонения $\theta_0 = 42,1^\circ$

При малом изменении показателя преломления этот угол изменяется в соответствии с формулой

$$\frac{\Delta\theta}{\Delta n} = -\frac{2}{n} \sqrt{\frac{4-n^2}{n^2-1}}$$



Для освещения мензурки рекомендуем сделать лазерный пучок максимально широким. Не забудьте привести схему вашей экспериментальной установки, укажите ее характеристики, приведите результаты прямых измерения и расчетов по ним.