



Республиканская физическая олимпиада 2024 года (3 этап)

Экспериментальный тур

9 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.

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 подпишите все построенные графики. Листы миллиметровой бумаги вложите в свою тетрадь.

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.



Желаем успехов в выполнении данных заданий!

Данный комплект заданий содержит:

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

Задание 9-1. Сыпучие вещества

Оборудование: Фасоль в пластиковом стаканчике (200мл, крупная фракция), манка в пластиковом стаканчике (200мл, мелкая фракция), мензурка (100мл), мензурка (250мл), пустые пластиковые стаканчики (300мл, 2шт), воронка (горлышко пластиковой бутылки).

В данной задаче Вам предстоит исследовать как зависит объём смеси двух сыпучих веществ от объёмов этих веществ, при условии, что линейный размер частиц одного вещества значительно меньше линейного размера частиц другого вещества.

Теоретическое введение

Обозначим: V_1 – объём частиц манки (без учёта объёма воздушных полостей), V_2 – объём частиц фасоли (так же без учёта объёма воздушных полостей), $V_{1н}$ – насыпной объём манки (с учётом объёма воздушных полостей), $V_{2н}$ – насыпной объём фасоли (так же с учётом объёма воздушных полостей), $V_{см}$ – насыпной объём смеси двух веществ.

Запишем уравнение зависимости объёма смеси $V_{см}$ от объёма мелкой фракции $V_{1н}$ при фиксированном значении объёма крупной фракции $V_{2н}$.

Пусть $\frac{V_2}{V_{2н}} = \varphi_2$ (1) – часть объёма крупной фракции, которую занимают только сами частицы, $\varphi_1 = (1 - \varphi_2)$ (2) – часть объёма крупной фракции, которую занимают полости между частицами. Тогда:

$$V_{см} = V_{2н}, \text{ при } V_{1н} \leq V_{2н}\varphi_1 \quad (3),$$

$$V_{см} = V_{2н} + V_{1н} - V_{2н}(1 - \varphi_2), \text{ при } V_{1н} \geq V_{2н}\varphi_1 \quad (4).$$

Уравнение (4) можно записать в упрощённом виде:

$$V_{см} = V_{1н} + V_{2н}\varphi_2, \text{ при } V_{1н} \geq V_{2н}\varphi_1 \quad (5).$$

Запишем уравнение зависимости объёма смеси $V_{см}$ от объёма крупной фракции $V_{2н}$ при фиксированном значении объёма мелкой фракции $V_{1н}$.

$$V_{см} = V_{1н} + V_2, \text{ при } V_{1н} \geq V_{2н}\varphi_1 \quad (6)$$

или

$$V_{см} = V_{1н} + V_{2н}\varphi_2, \text{ при } V_{1н} \geq V_{2н}\varphi_1 \quad (7)$$

и

$$V_{см} = V_{2н}, \text{ при } V_{1н} \leq V_{2н}\varphi_1 \quad (8).$$

Как видим, уравнение (7) в точности есть уравнение (5), а уравнение (8) – в точности уравнение (3). То есть уравнения (3) и (5) как бы меняются местами.

Часть 1. С постоянным объёмом крупной фракции

1.1 Постройте теоретический график зависимости по уравнениям (3) и (5) объёма смеси $V_{см}$ от объёма мелкой фракции $V_{1н}$ при фиксированном значении объёма крупной фракции $V_{2н}$ в относительном масштабе. За единицу объёма возьмите объём крупной фракции $V_{2н}$. Для данного пункта возьмите $\varphi_2 = 0,6$ а $\varphi_1 = 0,4$. (*Подсказка: необходимо построить график зависимости $\frac{V_{см}}{V_{2н}} \left(\frac{V_{1н}}{V_{2н}} \right)$.*)

Отметьте и подпишите на осях координат характерные величины (*координаты точек излома графика, пересечения графика с осями координат, и т. п.*).

1.2 Исследуйте экспериментально зависимости (3) и (5). Сначала крупную фракцию объёмом 100мл насыпьте в большую мензурку. Мелкую фракцию отмеряйте маленькой мензуркой и засыпайте в большую мензурку. Конечный объём смеси должен быть не меньше 150мл. Прежде чем определять объём смеси, легонько встряхивайте мензурку, чтобы частицы мелкой фракции проникли между частицами крупной. Не нужно сильно трясти мензурку. В этом случае частицы мелкой фракции будут оседать на дне мензурки. После эксперимента отделите фасоль от манки. В части 2 Вам понадобится фасоли больше чем 100мл.

1.3 Постройте график зависимости $\frac{V_{см}}{V_{2н}} \left(\frac{V_{1н}}{V_{2н}} \right)$ по результатам, полученным в п.1.2. Отметьте и подпишите на осях координат характерные величины.

1.4 Определите по результатам эксперимента величины $\langle \varphi_1 \rangle$ и $\langle \varphi_2 \rangle$.

1.5 Вычислите погрешности величин φ_1 и φ_2 . Окончательный результат запишите в виде: $\varphi_1 = \langle \varphi_1 \rangle \pm \Delta\varphi_1$, $\varphi_2 = \langle \varphi_2 \rangle \pm \Delta\varphi_2$.

Часть 2. С постоянным объёмом мелкой фракции

2.1 Постройте теоретический график зависимости по уравнениям (7) и (8) объёма смеси $V_{см}$ от объёма крупной фракции $V_{2н}$ при фиксированном значении объёма мелкой фракции $V_{1н}$ в относительном масштабе. За единицу объёма возьмите объём мелкой фракции $V_{1н}$. Для данного пункта возьмите $\varphi_2 = 0,6$ а $\varphi_1 = 0,4$. (*Подсказка: необходимо построить график зависимости $\frac{V_{см}}{V_{1н}} \left(\frac{V_{2н}}{V_{1н}} \right)$.*)

Отметьте и подпишите на осях координат характерные величины.

2.2 Исследуйте экспериментально зависимости (7) и (8). Сначала мелкую фракцию объёмом 50мл насыпьте в большую мензурку. Крупную фракцию отмеряйте маленькой мензуркой и засыпайте в большую мензурку. Конечный объём смеси должен быть не меньше 200мл. Прежде чем определять объём смеси, мензурку несколько раз встряхните, чтобы фракции хорошо перемешались. После эксперимента смесь пересыпьте в пустой стакан.

2.3 Постройте график зависимости $\frac{V_{\text{см}}}{V_{1\text{н}}}\left(\frac{V_{2\text{н}}}{V_{1\text{н}}}\right)$ по результатам, полученным в п.2.2. Отметьте и подпишите на осях координат характерные величины.

2.4 Для величин, отмеченных на экспериментальном графике в п.2.3 укажите физический смысл, вычислите их значения. *Погрешности вычислять не нужно.*

2.5 Чем и почему отличаются графики построенные в п. 2.1 и п. 2.3

Задание 9-2. «Закороченный» реостат

Оборудование: амперметр, вольтметр, реостат трёхклеммный с полным сопротивлением 10 Ом, два источника питания (батарея квадратная, 4,5В, 2шт), соединительные провода (7 шт, два из них с зажимами «крокодильчик»), резистор с неизвестным сопротивлением, линейка деревянная (15 - 20см).

Внимание!!! Ключ на схемах не показан. В качестве ключа используйте «крокодильчик» соединительного провода. Цепь включайте только на момент измерений, так как батарея очень быстро разряжается. Одну батарею используйте для части 1 и 2 задачи, другую – для части 3.

Подсказка. Если будут сложности с выводом уравнений в части 2 и 3, не теряйте время приступайте к измерениям, а затем переходите к части 4.

Часть 1. Очень простая

Используя предоставленное оборудование однократным измерением определите полное сопротивление реостата R_{p1} .

- 1.1 Нарисуйте схему электрической цепи, которую вы использовали. На схеме укажите все клеммы реостата. Укажите цену деления амперметра и вольтметра.
- 1.2 Укажите значения измеренных Вами физических величин.
- 1.3 Определите полное сопротивление реостата R_{p1} .
- 1.4 Вычислите абсолютную и относительную погрешности R_{p1} .
- 1.5 Окончательный результат запишите в виде $R_{p1} = \langle R_{p1} \rangle \pm \Delta R_{p1}$.

Часть 2. Средней сложности

Соберите электрическую цепь, как показано на рисунке 1. «Закорачивающий» провод выберите сами из предоставленных Вам соединительных проводов.

2.1 Получите уравнение связывающее физические величины: I – сила тока, которую показывает амперметр, U – напряжение, которое показывает вольтметр, R_0 – сопротивление единицы длины катушки реостата, l – длина катушки реостата, x – длина одной из частей катушки реостата (измеряйте её в миллиметрах).

2.2 Измерьте длину катушки реостата l .

2.3 Измерьте значения силы тока и напряжения при различных значениях x .

2.4 Используя результаты полученные в п.2.3, проверьте, подтверждается или нет уравнение полученное Вами в п.2.1. (Проверьте графически).

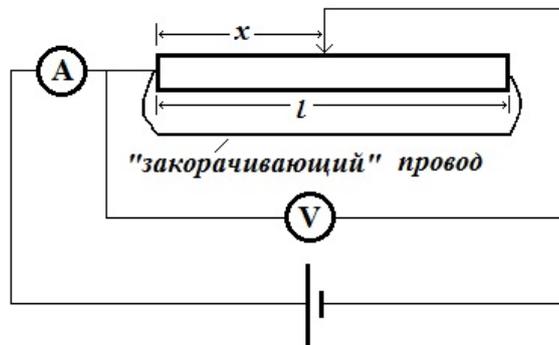


Рисунок 1

- 2.5 По результатам данного эксперимента определите R_0 двумя способами. Окончательный результат для каждого способа запишите в виде $R_0 = \langle R_0 \rangle \pm \Delta R_0$. Какой из способов предпочтительнее?
- 2.6 По результатам данной части задачи вычислите полное сопротивление реостата. Результат запишите в виде $R_{p2} = \langle R_{p2} \rangle \pm \Delta R_{p2}$.
- 2.7 Можно ли считать значения полного сопротивления реостата, указанные в п.п. 1.5, 2.6, равными? почему? В чём причина различия значений R_{p1} и R_{p2} ?

Часть 3. Немного сложнее части 2

Соберите электрическую цепь, как показано на рисунке 2.

3.1 Получите уравнение связывающее физические величины: I – сила тока, которую показывает амперметр, U – напряжение, которое показывает вольтметр, R_0 – сопротивление единицы длины катушки реостата, R_n – сопротивление резистора (индекс «н» обозначает неизвестное сопротивление), l – длина катушки реостата, x – длина одной из частей катушки реостата

3.2 Измерьте значения силы тока и напряжения при различных значениях x .

3.3 Используя результаты полученные в п.3.2, проверьте, подтверждается или нет уравнение полученное Вами в п.3.1.

3.4 По результатам данного эксперимента определите R_n . Погрешности R_n вычислять не нужно.

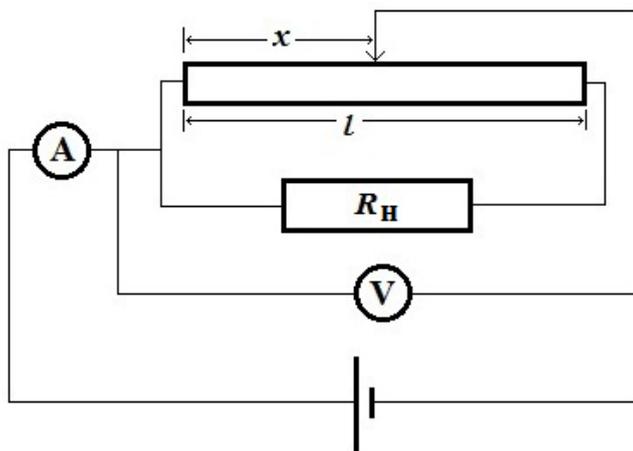


Рисунок 2

Часть 4. Простая

Если графики, указанные в п.4.1 и п.4.2 уже построены, то второй раз строить их не нужно. Просто укажите возле них соответствующий номер пункта. В п.2.4 и п.3.3 нужны другие графики!

- 4.1 Постройте график зависимости $R(x)$ по результатам п.2.3 (где $R = \frac{U}{I}$).
- 4.2 Постройте график зависимости $R(x)$ по результатам п.3.2 (где $R = \frac{U}{I}$).
- 4.3 Чем отличаются графики? В чём причина отличий?



Республиканская физическая олимпиада 2024 года (3 этап)

Экспериментальный тур

10 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.

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 подпишите все построенные графики. Листы миллиметровой бумаги вложите в свою тетрадь.

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.



Желаем успехов в выполнении данных заданий!

Данный комплект заданий содержит:

- титульный лист (1 стр.);
- условия двух заданий (4 стр.).

Задание 10-1. Магнитное взаимодействие

Оборудование: пластинка магнитная (монетница 7,0x12,5см, можно больших размеров, но не меньших), шайба под гайку (20шт., диаметр – 2,0см с как можно меньшим внутренним отверстием), динамометры (2,5Н и 5,0Н), весы электронные (одни на кабинет), листочки из тетрадной бумаги (12 шт, размеры 6,0x8,0см), полоска из тетрадной бумаги с прикрепленной петелькой из скотча посередине меньшей стороны (размеры полоски 7,0x15,0см), штатив с лапкой, дощечка (40 – 60см), мерная лента, линейка (30 – 40см), скотч узкий, ножницы.

Часть 1. Коэффициент трения

1.1 Определите однократным измерением коэффициент трения μ бумаги о магнитную пластинку. Опишите эксперимент (3 – 4 предложения).

1.2 Результат запишите в виде $\mu = \langle \mu \rangle \pm \Delta \mu$.

Часть 2. Магнитная сила

2.1 Прикрепите магнитную пластинку к поверхности стола. Положите бумажную полоску с петелькой на магнитную пластинку. На полоску положите в один слой несколько шайб. Прилагая горизонтальную силу к полоске с помощью динамометра, смещайте её и наблюдайте за показаниями динамометра. Получите уравнение зависимости силы упругости, показываемой динамометром, от количества шайб на полоске $F_{\text{упр2}}(n)$ при равномерном перемещении.

2.2 Исследуйте зависимость $F_{\text{упр2}}(n)$ экспериментально (значение силы определяйте именно при равномерном перемещении, а не при срыве полоски с места). Результаты представьте таблично и графиком линеаризованной зависимости.

2.3 По результатам эксперимента определите магнитную силу F_{M1} , действующую на одну шайбу со стороны магнитной пластинки. Укажите, какие дополнительные измерения Вы провели. Результат представьте в виде $F_{\text{M1}} = \langle F_{\text{M1}} \rangle \pm \Delta F_{\text{M1}}$.

Часть 3. Простая эмпирическая зависимость

3.1 В данной части шайбы укладываем в столбик. Исследуйте зависимость силы упругости, показываемой динамометром от количества шайб в столбике при равномерном перемещении листка $F_{\text{упр3}}(n)$. *Подсказка: шайбы укладывайте в три или четыре столбика, в таблице указывайте количество шайб в одном столбике.*

3.2 По результатам эксперимента определите математический вид зависимости силы магнитного взаимодействия между шайбами и пластинкой от количества шайб в столбике $F_{\text{M}}(n)$. Дайте объяснение полученным результатам.

Часть 4. Сложная эмпирическая зависимость

4.1 Исследуйте зависимость силы упругости, показываемой динамометром от количества слоёв бумаги между магнитной пластинкой и шайбами при равномерном перемещении листка $F_{\text{упр4}}(n_{\text{сл}})$. В данном эксперименте одинаковое количество шайб укладывайте в один слой.

4.2 По результатам эксперимента определите математический вид зависимости $F_{\text{упр4}}(n_{\text{сл}})$. Зависимость получите с числовыми коэффициентами.

В части 3 и 4 погрешности вычислять не нужно! ($g = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$)

Задание 10-2. Капли ...

В данной задаче Вам предстоит определить поверхностное натяжение воды, используя метод подсчёта капель.

Оборудование: шприц (10см^3), стакан с водопроводной водой, штангенциркуль, клин измерительный (заточенная деревянная палочка диаметром 3мм), штатив, весы электронные (2шт. на кабинет), термометр (один на кабинет) салфетки бумажные (для вытирания воды со стола).

Если осторожно выдавливать воду из шприца, то при вертикальном расположении шприца для образующихся капель в момент отрыва можно считать, что

$$F_{\text{пн}} = m_0 g \quad (1),$$

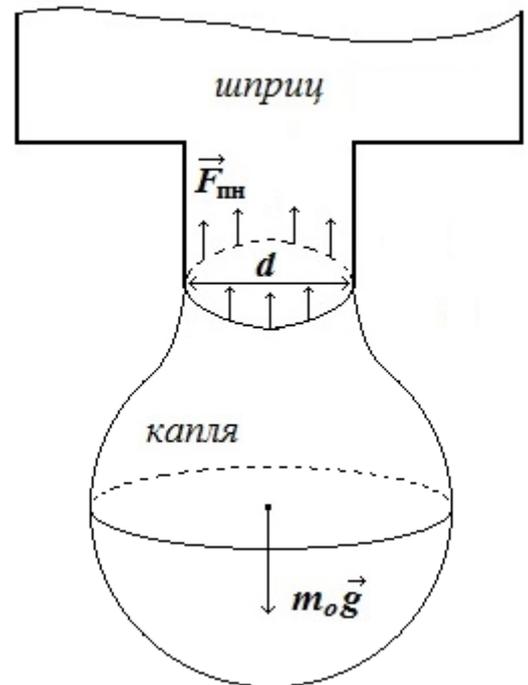
где $F_{\text{пн}}$ – сила поверхностного натяжения, m_0 – масса одной капли. Используя (1) можно получить уравнение

$$n = \frac{\rho g}{\sigma \pi d} V \quad (2),$$

где: V – объём выдавленной из шприца воды, σ – коэффициент поверхностного натяжения, ρ – плотность воды, d – внутренний диаметр носика шприца, n – количество образовавшихся капель, $g = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ – ускорение свободного падения,

$\pi = 3,1416$.

В данной физической модели полагаем, что сила поверхностного натяжения действует строго вертикально вверх.



1. Выведите уравнение (2). Если Вы не можете это сделать, то не тратьте время и приступайте к выполнению следующих пунктов.
2. Определите используя штангенциркуль и измерительный клин внутренний диаметр носика шприца.
3. Определите плотность воды. Укажите цену деления приборов, которыми Вы пользовались. Укажите значения физических величин, которые вы измерили. Результат запишите в виде $\rho = \langle \rho \rangle + \Delta \rho$. (Измерения выполните так, чтобы минимизировать погрешность).
4. Исследуйте экспериментально зависимость количества образовавшихся капель от объёма выдавленной из шприца воды $n_1(V)$ при вертикальном положении шприца. Результаты представьте таблично.

5. Определите математический вид зависимости $n_1(V)$ по экспериментальным данным. Запишите уравнение $n_1(V)$ с числовыми коэффициентами.
6. Используя результаты эксперимента, определите коэффициент поверхностного натяжения воды σ . Результат запишите в виде: $\sigma = \langle \sigma \rangle \pm \Delta\sigma$. Совпадает ли Ваш результат с табличным значением (табл. 1)? Ответ обоснуйте. Если не совпадает, то укажите причины расхождения значений.

Таблица 1. Коэффициент поверхностного натяжения дистиллированной воды при некоторых температурах

$t, ^\circ\text{C}$	$\sigma, 10^{-3} \frac{\text{H}}{\text{M}}$		$t, ^\circ\text{C}$	$\sigma, 10^{-3} \frac{\text{H}}{\text{M}}$
16	73,34		21	72,60
17	73,20		22	72,44
18	73,05		23	72,28
19	72,89		24	72,12
20	72,75		25	71,96

7. Исследуйте экспериментально зависимость количества образовавшихся капель от объёма выдавленной из шприца воды $n_2(V)$ при горизонтальном положении шприца. Результаты представьте таблично.
8. Определите математический вид зависимости $n_2(V)$ по экспериментальным данным. Запишите уравнение $n_2(V)$ с числовыми коэффициентами.
9. В чём причина отличий результатов полученных в п.4 и п.7?
10. Используя результаты экспериментов, определите характерные линейные размеры сечения шейки капли в момент отрыва капли при горизонтальном положении шприца. Погрешности в данном пункте вычислять не нужно.

Полуподсказка. Возможно при выполнении п.10 Вам понадобится что-то из информации приведенной ниже:

$$l = 2\pi r \quad (3) - \text{длина окружности}, \quad S = \pi r^2 \quad (4) - \text{площадь круга},$$

$$S = \frac{\pi r^2}{360^\circ} \gamma \quad (5) - \text{площадь кругового сектора с центральным углом } \gamma^\circ,$$

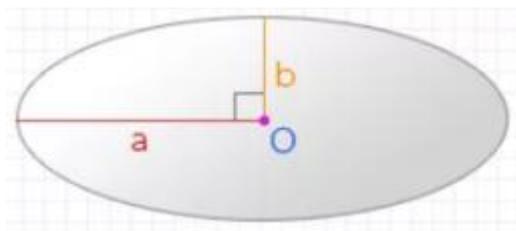
$$l = \pi(a + b) \quad (6) - \text{длина эллипса},$$

$$S = \pi ab \quad (7) - \text{площадь эллипса},$$

a – большая полуось эллипса

b – малая полуось эллипса

$$S = 4\pi r^2 \quad (8) - \text{площадь сферы}, \quad V = \frac{4}{3}\pi r^3 \quad (9) - \text{объём шара}.$$





Республиканская физическая олимпиада 2024 года (3 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.

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 подпишите все построенные графики. Листы миллиметровой бумаги вложите в свою тетрадь.

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.



Желаем успехов в выполнении данных заданий!

Данный комплект заданий содержит:

- титульный лист (1 стр.);
- условия двух заданий (4 стр.).

Задание 11-1. Негармонические колебания

Оборудование: два штатива, желоб пластиковый длиной 110см закреплённый на двух дощечках длиной 56см каждая (ширина дощечек 5,0 - 6,0см, толщина 1,0 - 2,0см), шарик стальной диаметром 2,5см, мерная лента, секундомер, линейка 40см, скотч тонкий, ножницы.

В данной задаче Вам предстоит исследовать негармонические колебания шарика в V-образном желобе. Желоб в штативах должны установить организаторы олимпиады предварительно. Экспериментальная установка должна выглядеть как на рисунке 1. Искривлением желоба в изгибе при выводе уравнений пренебречь. Под полным колебанием будем понимать движение шарика из точки O в точку C и возврат в точку D. Угол наклона желоба α в части 1 и 2 задачи установите таким, чтобы $\operatorname{tg}\alpha \leq 0,08$. При вычислениях используйте значение $g = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

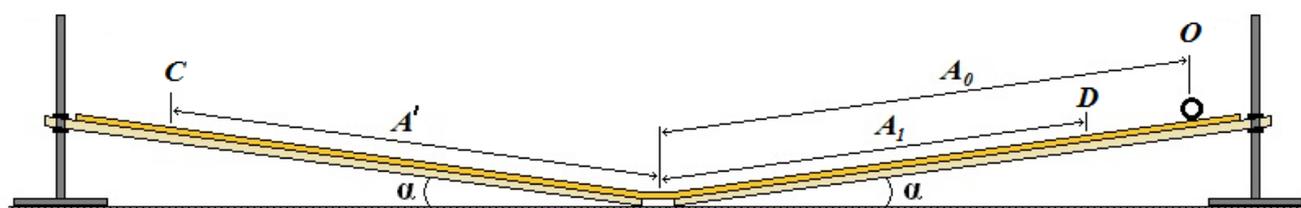


Рисунок 1

Часть 1. Период и амплитуда

1.1 Получите уравнение зависимости между периодом колебания T и амплитудой A_0 для физической модели движения шайбы по гладкой V-образной поверхности. Считайте, что в изгибе поверхности удара не происходит. В уравнении используйте так же необходимые величины указанные на рисунке 1.

1.2 Экспериментально исследуйте зависимость периода первого колебания шарика по V-образному желобу от начальной амплитуды $T(A_0)$.

1.3 Используя результаты полученные в п.1.2, обоснуйте, можно ли применять физическую модель движения шайбы по гладкой V-образной поверхности к колебаниям шарика по V-образному желобу. (**Подсказка:** проверьте графически, подтверждается или нет уравнение, полученное Вами в п.1.1).

Часть 2. Декремент затухания

Быстроту затухания колебаний описывают с помощью декремента затухания D , который равен отношению начальных амплитуд двух последовательных колебаний $D = \frac{A_i}{A_{i+1}}$ (1).

- 2.1 Исследуйте экспериментально зависимость начальной амплитуды от порядкового номера колебания $A_i(i)$.
- 2.2 Используя результаты полученные в п.2.1, подтвердите или опровергните справедливость уравнения (1) для колебаний шарика по V-образному желобу. Определите декремент затухания. Вычислите погрешности.
- 2.3 Окончательный результат запишите в виде $D = \langle D \rangle \pm \Delta D$

Часть 3. Период и угол наклона желоба

- 3.1 Получите уравнение зависимости $T(\alpha)$ между периодом T первого колебания шарика по V-образному желобу и углом наклона сторон желоба α . (*Подсказка. Амплитуды A_0, A', A_1 считайте известными и независимыми от угла α . Если Вам понадобится ввести в уравнение константу, то смело вводите и поясните её. В зависимости $T(\alpha)$ будет не сам угол, а некоторая тригонометрическая функция угла*).
- 3.2 Исследуйте экспериментально зависимость периода колебания от угла наклона желоба $T(\alpha)$. Угол наклона желоба увеличивайте до тех пор пока не обнаружите проскальзывание шарика по желобу во время движения.
- 3.3 Используя результаты полученные в п.3.2, проверьте, подтверждается или нет зависимость, полученная Вами в п.3.1.

Задание 11-2. Линзы и лазер

Оборудование: собирающая и рассеивающая линзы на держателях, экран на держателе, лазер на держателе, источник питания для лазера, мерная лента, линейка (30 – 40см), транспортёр.

***Внимание!!!** Лазер включайте только на время измерений. При длительном включении лазер может перегореть.*

Часть 1. Рассеивающая линза и лазер

1.1 Расположите вдоль одной прямой лазер, рассеивающую линзу и экран. Включите лазер, наблюдайте образование освещённого пятна на экране. Сделайте схематический рисунок экспериментальной установки с указанием хода лучей и обозначением необходимых физических величин. Получите уравнение зависимости $D(l_1)$: D – линейный размер освещённого пятна на экране, l_1 – расстояние между рассеивающей линзой и экраном. Используйте так же следующие обозначения: F_p – фокусное расстояние рассеивающей линзы, δ – диаметр поперечного сечения лазерного луча.

1.2 Исследуйте зависимость $D(l_1)$ экспериментально. Результаты эксперимента представьте таблично и графиком линеаризованной зависимости.

1.3 По экспериментальным данным определите диаметр поперечного сечения лазерного луча δ , и фокусное расстояние рассеивающей линзы F_p . Результаты запишите в виде: $F_p = \langle F_p \rangle \pm \Delta F_p$, $\delta = \langle \delta \rangle \pm \Delta \delta$.

Часть 2. Две линзы и лазер

2.1 Расположите вдоль одной прямой лазер, рассеивающую и собирающую линзы (на некотором расстоянии друг от друга) и экран. Включите лазер, получите освещённое пятно на экране наименьшего диаметра. Сделайте схематический рисунок экспериментальной установки с указанием хода лучей и обозначением необходимых физических величин. Получите уравнение зависимости $f_1(l_2)$: f_1 – расстояния между собирающей линзой и экраном, l_2 – расстояния между рассеивающей и собирающей линзой. Используйте так же следующие обозначения: F_c – фокусное расстояние собирающей линзы, F_p – фокусное расстояние рассеивающей линзы. ***Подсказка:** уравнение может быть получено в неявном виде. Для собирающей линзы справедливо уравнение $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$, где F - фокусное расстояние, d - расстояние от предмета до линзы, f - расстояние от изображения до линзы.*

2.2 Исследуйте зависимость $f_1(l_2)$ экспериментально. Результаты эксперимента представьте таблично и графиком линеаризованной зависимости.

2.3 По результатам эксперимента определите фокусное расстояние собирающей линзы F_c . Результаты запишите в виде: $F_c = \langle F_c \rangle \pm \Delta F_c$,

Часть 3. Поворот собирающей линзы

(пункты 3.1 и 3.2 теоретические)

3.1 Сделайте рисунок: покажите ход параллельного пучка лучей падающего на собирающую линзу вдоль главной оптической оси. На рисунке укажите фокусы линзы. (Достаточно показать ход двух крайних лучей пучка с одной и другой стороны от главной оптической оси).

3.2 Сделайте рисунок: покажите ход параллельного пучка лучей падающего на собирающую линзу под углом 30° к главной оптической оси. На рисунке обозначьте расстояние f_3 от оптического центра до побочного фокуса линзы, в котором сходится пучок лучей. Получите соотношение между f_3 и фокусным расстоянием F_c .

3.3 Расположите вдоль одной прямой лазер собирающую линзу и экран. Перемещая экран, получите освещённое пятно наименьшего диаметра. Измерьте расстояние F_c .

3.4 Поверните линзу относительно лазерного луча на угол 30° . Перемещая экран, получите на экране освещённое пятно наименьшего диаметра в данном случае. Измерьте расстояние f_3 от оптического центра линзы до пятна на экране.

3.5 Соотнесите результат п. 3.4 с результатом п.3.2. Дайте объяснение полученным результатам. Какие параметры нужно учесть, чтобы теория была близка к эксперименту.