



## 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  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ . 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).

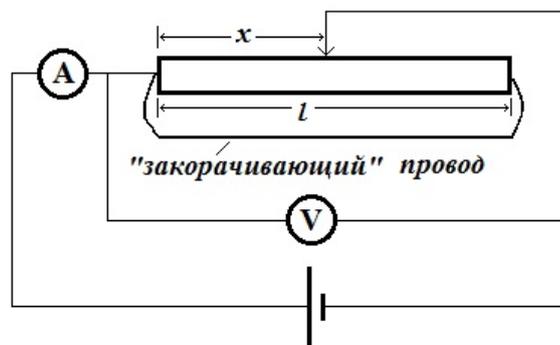


Рисунок 1

- 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.

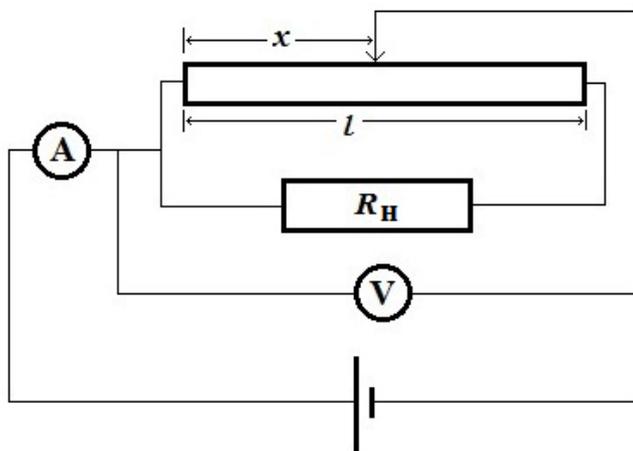


Рисунок 2

### 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?