



# Республиканская физическая олимпиада 2023 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 (4 стр.).

### Задание 9-1. Архимед и объем шарового сегмента.

Знаменитый древнегреческий ученый Архимед прославился не только законом о выталкивающей силе, но и многочисленными достижениями в математике. Например, он доказал, что площадь боковой поверхности цилиндра равна площади поверхности сферы, вписанной в этот цилиндр.

В данном задании Вам предстоит экспериментально повторить некоторые открытия Архимеда.

**Приборы и оборудование:** динамометр, мензурка, мерный стакан, цилиндр алюминиевый, шар новогодний, шприц, нить, вода.

**Подсказка:** Закон Архимеда формулируется так:

На тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила, равная

$$F = \rho g V, \quad (1)$$

Где  $\rho$  - плотность жидкости,  $g = 10 \frac{м}{с^2}$  - ускорение свободного падения,  $V$  - объем погруженной части тела.



#### Часть 1. Проверка закона Архимеда.

Прикрепите цилиндр к динамометру с помощью нити. Частично опуская цилиндр в мензурку с водой, можно измерять как объем погруженной части, так и силу с которой цилиндр действует на динамометр (далее эту силу будем называть **показания динамометра**).

1.1 Измерьте зависимость показаний динамометра  $F$  от объема погруженной части цилиндра  $V$ . Постройте график полученной зависимости  $F(V)$ .

1.2 Получите теоретическую формулу, описывающую зависимость  $F(V)$ .

1.3. Подтверждают ли полученные экспериментальные данные закон Архимеда? Ответ обоснуйте.

1.4 Используя все экспериментальные данные, рассчитайте плотность воды  $\rho$ . Оцените погрешность найденного значения.

Проведите аналогичные измерения для новогоднего шарика. Чтобы шарик тонул, заполните его водой с помощью шприца.

1.5 Измерьте зависимость показаний динамометра  $F$  от объема погруженной части шара  $V$ . Постройте график полученной зависимости  $F(V)$ .

1.6 Используя все экспериментальные данные, полученные в п.1.5, рассчитайте плотность воды  $\rho$ . Оцените погрешность найденного значения.

## Часть 2. Объем шарового сегмента.

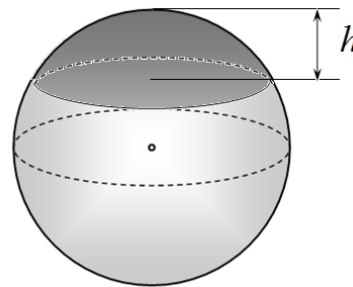
Шаровым сегментом называется часть шара, отсекаемая от него плоскостью.

Объем шарового сегмента рассчитывается по формуле

$$V = \pi R^3 (a\xi^2 + b\xi^3). \quad (2)$$

где  $R$  - радиус шара,  $\xi = \frac{h}{R}$  - отношение высоты сегмента к

радиусу шара,  $a, b$  - численные коэффициенты, которые вам необходимо определить на основе проведенных измерений.



Измерения предстоит проводить в мерном стакане. Шкала стакана слишком груба, чтобы получать надежные результаты. Поэтому прикрепите с помощью скотча полоску миллиметровой бумаги рядом со шкалой.

2.1 Измерьте показания высоты  $h$  (по полоске миллиметровой бумаги – *рекомендуем измерять в см, но с точностью до мм*) от отметок шкалы стакана  $V$  (в мл). Постройте график зависимости  $h(V)$ .

2.2 Найдите по результатам измерений п.2.1 коэффициенты зависимости объема жидкости в стакане от высоты уровня жидкости по миллиметровой бумаге

$$V = kh + c \quad (3)$$

Укажите размерности коэффициентов  $k$  и  $c$ . Укажите геометрический смысл коэффициента  $k$ .

2.3 Проведите измерения зависимости объема сегмента шара  $V$  от высоты этого сегмента  $h$ . Приведите рисунок, на котором укажите, какие величины вы измеряли, приведите формулы, по которым проведены расчеты. Постройте график зависимости  $V(h)$ .

2.4 Используя полученные экспериментальные данные рассчитайте значения коэффициентов  $a, b$  в формуле (2). Кратко опишите, как вы получили значения этих коэффициентов.

## Задание 9-2. Уравнение теплового баланса.

**Приборы и оборудование:** Термометр электронный, калориметр, мензурка, стаканы одноразовые, цилиндр металлический.

В данном задании вам необходимо экспериментально проверить справедливость уравнения теплового баланса и проанализировать возможные причины его кажущегося нарушения.

Расчет погрешности в данной работе не требуется.

### Часть 1. Смешение воды.

Налейте в калориметр  $V_0 = 50$  мл горячей воды, ее температура должна быть не менее  $60^\circ$ .

1.1 Измерьте температуру горячей воды  $t_{гор.}$  в калориметре. Измерьте температуру холодной воды  $t_{хол.}$

Небольшими порциями (примерно по 20 мл) добавляйте холодную воду в калориметр. После добавления каждой порции холодной воды, перемешивайте воду в калориметре, выждите 20-25 с, после чего проводите измерение температуры воды в калориметре.

1.2 Измерьте зависимость температуры воды в калориметре  $t$  от объема налитой в калориметр холодной воды  $V$ .

1.3 Постройте график полученной зависимости  $t(V)$ .

1.4 Получите теоретическую формулу, описывающую зависимость температуры воды в калориметре от объема налитой холодной воды. Укажите, какие приближения Вы использовали при выводе этой формулы.

1.5 На бланке с экспериментальной зависимостью  $t(V)$  постройте график теоретической зависимости. Укажите возможные причины, объясняющие отклонения экспериментальных данных от теоретических значений. Укажите, в каких диапазон температур, какая из причин является преобладающей.

1.6 Проведите линеаризацию полученной зависимости, т.е. предложите такую функцию от температуры смеси  $f(t)$  (она может включать и другие известные параметры), чтобы она была пропорциональна отношению объема налитой холодной воды к начальному объему горячей воды

$$f(t) = A \frac{V}{V_0} . \quad (1)$$

Рассчитайте теоретическое значение коэффициента пропорциональности  $A_{теор.}$  в этой формуле.

1.7 На основании экспериментальных данных постройте график зависимости введенной вами функции  $t(V)$  от отношения  $\frac{V}{V_0}$ . Найдите коэффициент наклона полученной экспериментальной зависимости  $A_{эксн.}$ .

1.8 Укажите основную причину различия экспериментального и теоретического значений коэффициентов  $A_{эксн.}$  и  $A_{теор.}$ .

## Часть 2. Теплообмен с металлическим цилиндром.

Повторите измерения Части 1, если в калориметр помещен металлический цилиндр.

Поместите в калориметр металлический цилиндр, добавьте в калориметр 50 мл горячей воды.

2.1 Измерьте температуру горячей воды  $t_{гор.}$  в калориметре. Измерьте температуру холодной воды  $t_{хол.}$

Небольшими порциями (примерно по 20 мл) добавляйте холодную воду в калориметр. После добавления каждой порции холодной воды, перемешивайте воду в калориметре, выждите 20-25 с, после чего проводите измерение температуры воды в калориметре.

2.2 Измерьте зависимость температуры воды в калориметре  $t$  от объема налитой в калориметр холодной воды  $V$ .

2.3 На основании экспериментальных данных постройте график зависимости введенной вами функции  $t(V)$  от отношения  $\frac{V}{V_0}$ . Найдите коэффициент наклона полученной экспериментальной зависимости  $A_{экс.}$ .

2.4 Выразите теоретическое значение коэффициента наклона зависимости  $t(V)$  через теплоемкости воды и цилиндра.

2.5 Можно ли по найденному экспериментальному значению коэффициента наклона, найти теплоемкость цилиндра?