



## 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.

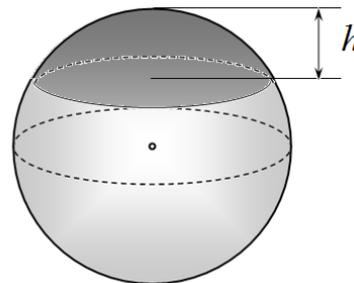
Шаровым сегментом называется часть шара, отсекаемая от него плоскостью.

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?



# Республиканская физическая олимпиада 2023 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 (3 стр.).

### Задание 10-1. Укол.

В данном задании вам необходимо исследовать движение поршня шприца, заполненного водой.

**Приборы и оборудование:** шприц одноразовый 1 мл, штатив с лапкой, набор грузов 10х50 г, секундомер с памятью этапов, стакан одноразовый с водой.

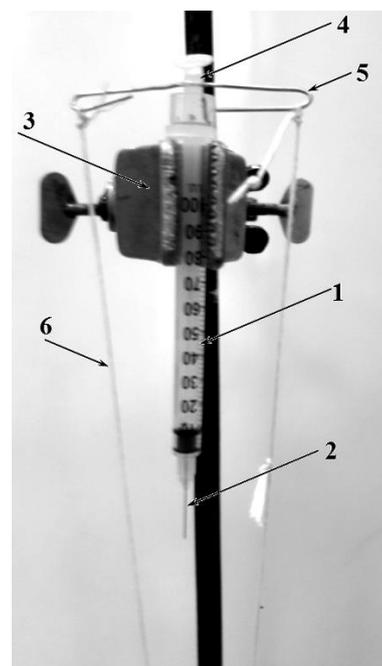
На фотографии показана установка, которая используется в данной работе.

Шприц 1 с иглой 2 закреплен вертикально в лапке штатива 3. В стержне поршня проделано малое отверстие, в которое вставлена скрепка 5. К скрепке привязана нить 6, к которой снизу подвешиваются грузы известной массы (на фото не поместились). Снизу под шприцом установите стаканчик для сбора воды, вытекающей из шприца.

Шприц заполняется водой, к нити подвешиваются грузы – поршень начинает медленно опускаться. С помощью секундомера можно зафиксировать времена прохождения поршня через деления шкалы. В качестве координат поршня используйте его шкалу. В этом случае координата поршня  $x$  измеряется в некоторых условных единицах (у.е.).

При заполнении шприца следите, чтобы внутрь него не попадали воздушные пузырьки, которые препятствуют движению поршня.

Не зажимайте слишком сильно шприц в лапке штатива, иначе сжатие трубки шприца будет препятствовать движению поршня.



1. Измерьте закон движения поршня – зависимость координаты поршня от времени  $x(t)$  при двух значениях масс подвешенных грузов 100 г и 200 г.
2. Постройте графики полученных зависимостей. Укажите, можно ли считать движение поршня равномерным. Рассчитайте с максимальной точностью средние скорости движения поршня. Оцените погрешности найденных значений.
3. Измерьте скорости движения поршня при различных значениях масс подвешенных грузов. В данном пункте достаточно измерить общее время движения поршня от верхнего до нижнего положения. Постройте график зависимости скорости поршня от массы подвешенных грузов  $v(m)$ .
4. Предложите теоретическую модель, описывающую полученные результаты. В рамках вашей модели получите теоретическую формулу, описывающую зависимость скорости поршня от массы подвешенных грузов.
5. Рассчитайте значение силы трения  $F_{тр.}$ , действующей на поршень. Оцените погрешность найденного значения. Считайте, что ускорение свободного падения  $g = 10 \frac{M}{c^2}$ .

## Задание 10-2. Как измерить сопротивление раствора?

Основная цель данного задания – разобраться с принципами работы электронного мультиметра в различных режимах.

**Приборы и материалы:** мультиметр электронный, соединительные провода, две металлические пластинки, цилиндры медный и алюминиевый, линейка, тарелка пластиковая, стакан пластиковый, насыщенный раствор поваренной соли.

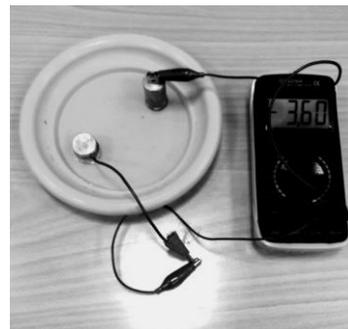
Электронный мультиметр – цифровой прибор для измерения различных характеристик электрических цепей, главным образом напряжения, силы тока и сопротивления.

Мультиметр содержит достаточно сложные электронные схемы, позволяющие преобразовывать характеристики входных токов. Вам нет необходимости досконально знать эти схемы и принципы их работы. Вам достаточно знать следующее:

- в любом режиме работы реально проводится измерение напряжения на некотором внутреннем резисторе, полученное значения напряжения затем «пересчитывается» в нужную измеряемую величину;
- для измерения напряжения внутренний источник не нужен;
- в режиме измерения сопротивлений мультиметр имеет внутренний источник напряжения;
- при протекании тока через растворы электролитов возникают различные гальванические эффекты.

### Часть 1. Измерения в тарелке.

Поместите в тарелку два различных металлических цилиндра, к которым подключите выводы мультиметра. Расстояние между цилиндрами должно составлять 3-5 см. Если у цилиндра нет крючка, подключите его с помощью плотно намотанной проволоки. Налейте в тарелку раствор соли так, чтобы его уровень был примерно равен 0,5 – 1 см.



При каждом измерении дождитесь, чтобы показания мультиметра примерно стабилизировались, на это требуется время порядка 1 мин.

Все измерения приводите при двух полярностях подключения прибора – для этого достаточно поменять подключения проводов к гнездам мультиметра.

1.1 Переключите мультиметр в режим измерения напряжения. Измерьте показания мультиметра при всех возможных диапазонах измерения напряжений.

1.2 Переключите мультиметр в режим измерения сопротивлений. Запишите показания мультиметра (в килоомах) при всех возможных диапазонах измерения мультиметра и двух полярностях подключения.

1.3 Проведите измерения показаний мультиметра (в режиме измерения сопротивлений) от расстояния между цилиндрами. Измерения проведите при одном диапазоне измерения сопротивлений. Качественно объясните полученные результаты.

1.4 Предложите электрическую схему омметра, позволяющую по измеренному значению напряжения пересчитать сопротивление изучаемого элемента. Укажите, какие величины могут изменяться при изменении диапазона измерений. Приведите формулу для расчета измеряемого сопротивления по измеренному напряжению.

1.5 Качественно объясните результаты, полученные в п.1.2.

1.6 Переключите мультиметр в режим измерения силы тока (при этом надо использовать другое гнездо подключения). Измерьте зависимость силы тока от расстояния между цилиндрами. Качественно объясните полученную зависимость.

1.7 Укажите, можно ли измерять сопротивление раствора в режиме измерения сопротивления.

1.8 Оцените, в каких пределах изменяется сопротивление раствора при изменении расстояния между цилиндрами. Кратко опишите, как вы получили эти значения.

## Часть 2. Измерения в стакане.

Прикрепите две одинаковые пластинки к стенкам стакана с помощью разъемов «крокодил». Залейте в стакан раствор соли. Раствор должен частично покрывать пластины, но не касаться зажимов.



2.1 Переключите мультиметр в режим измерения сопротивлений. Запишите показания мультиметра (в килоомах) при всех возможных диапазонах измерения мультиметра и двух полярностях подключения.

2.2 Проведите измерения зависимости показаний омметра от взаимного расположения пластинок. Качественно объясните полученные результаты.

2.3 Проведите необходимые вам дополнительные измерения и качественно объясните результаты, полученные в п.2.1

*Оценка погрешностей в данной работе не требуется!*



# Республиканская физическая олимпиада 2023 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.

**Уважаемые участники, учитывая ваш богатый опыт, мы сформулировали условия кратко, что бы у вас была возможность проявить свои творческие способности: самостоятельно продумывайте методику проведения каждого эксперимента!**

**Желаем успехов в выполнении данных заданий!**

Данный комплект заданий содержит:

- титульный лист (1 стр.);
- условия двух заданий (3 стр.).

11 класс. Экспериментальный тур.



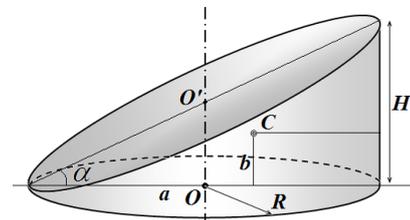
### Задание 11-1. Поплавок.

Кто был на рыбалке, знает, что поплавки часто «стоят» в воде (когда нет клева) под некоторым углом к вертикали. Хотя не сложно показать, что тонкий стержень с подвешенным грузом должен либо тонуть, либо стоять вертикально!

В данном задании Вам необходимо изучить наклонное положение поплавка.

В качестве подсказки основной идеи приведем один рисунок с геометрическими построениями. Не вздумайте получать теоретические зависимости! Вам просто не хватит времени. Уделите его эксперименту. Он потребует от вас терпения, усидчивости, аккуратности!

Зато, расчет погрешностей не требуется!



**Приборы и оборудование:** сосуд с водой, корпус от ручки (используется в качестве модели поплавка), леска, набор обрезков свинцовых грузил (при необходимости вы можете дробить кусочки свинца самостоятельно – они достаточно легко режутся ножом и ножницами), одно целое грузило, трубка пластиковая для коктейля, пластилин, линейка, транспортир.

Прежде всего соберите модель удочки: прикрепите к корпусу ручки снизу кусочек пластилина и небольшой кусочек лески (она необходима, чтобы сила была приложена к нижнему концу ручки по центру), на леску также прикрепите кусочек пластилина, к которому вы будете добавлять грузила).

Подберите такое количество пластилина, чтобы поплавок плавал почти горизонтально: но следите, чтобы внутрь его вода не попадала. При увеличении массы добавляемых грузил положение поплавка стремится к вертикальному.

Для разминки.

1. Используйте в качестве весов пластиковую трубку. Опишите, как с ее помощью можно измерять малые массы кусочков свинца.

Плотность воды считать равной  $\rho_0 = 1,0 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ ,

плотность свинца  $\rho = 11 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ ,

ускорение свободного падения  $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ .

2. Измерьте массу целой дробинки (грузила).

**Основная часть. Наклон поплавка.**

3. Укажите начальный угол наклона поплавка (он должен быть большим – для этого тщательно подберите нужное количество пластилина).

Постепенно добавляйте к грузилам дополнительные кусочки свинца. Не забывайте их взвешивать и приводить результаты измерений.

4. Исследуйте зависимость угла отклонения поплавка от вертикали от дополнительной массы прикрепленных грузов. Постройте график полученной зависимости.

5. Кратко объясните, почему поплавок с грузилом может плавать под некоторым углом к вертикали.

6. Укажите, какие основные параметры поплавка влияют на возможность плавания под углом к вертикали.

## Задание 11-2. Бумажный маятник.

**Приборы и материалы:** плотная бумага (которую вы самостоятельно должны разрезать на нужные вам полоски), линейка, канцелярские скрепки, ножницы, секундомер.

В данном задании необходимо исследовать изгибные колебания бумажной полоски с прикрепленными к ней грузами. Полоска бумаги, расположенная вертикально и закрепленная в верхней части может рассматриваться, как горизонтально расположенная пружина. Поэтому, если к полоске бумаги снизу прикрепить грузы (в качестве которых можно использовать канцелярские скрепки), то полоска бумаги может совершать колебания, при которых ее нижний конец движется примерно горизонтально.



1. Запишите формулу для периода колебаний пружинного маятника: груза массы  $m$ , прикрепленного к пружине жесткости  $k$  и движущегося горизонтально.

Приближенно можно считать, что эффективная жесткость бумажной полоске при указанном движении зависит от длины ее свободной части  $l$  и ширины полоски  $h$  степенным образом:

$$k = Cl^\alpha h^\beta. \quad (1)$$

2. Предложите методику экспериментального определения показателей степеней в этой формуле с помощью исследования колебаний полоски.

3. Проведите необходимые измерения и определите показатели степеней  $\alpha, \beta$  в формуле (1). Оцените погрешность найденных значений.

Подсказки:

1. В качестве грузов используйте 2 -3 канцелярские скрепки.
2. Конечно, свободные колебания полоски очень быстро затухают. Поэтому рекомендуем «закреплять» верхний край полоски между пальцами своей руки. При этом вы сможете постоянно «подкачивать» бумажный маятник.