



# Республиканская физическая олимпиада 2021 год (Заключительный 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. 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. 2-6).

### Задача 10-1 Кинетическая энергия катящегося тела.

**Приборы и оборудование:** желоб прямой; желоб изогнутый; два цилиндра тонкий и толстый; набор из 3 шаров; секундомер; линейка 50 см; кусок пластилина; маркер.

Ускорение свободно падения считать равным  $g = 9,8 \frac{м}{с^2}$

При качении без проскальзывания осесимметричного тела его кинетическая энергия определяется формулой

$$E = \gamma \frac{mv^2}{2}, \quad (1)$$

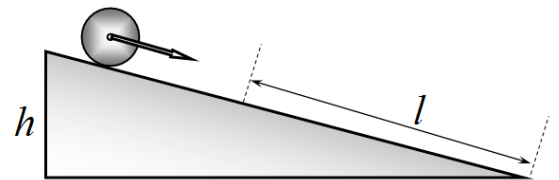
где  $v$  - скорость центра масс тела,  $m$  - масса тела,  $\gamma$  - безразмерный коэффициент, зависящий от формы катящегося тела.

В данной работе вам предстоит экспериментально определить значения коэффициента  $\gamma$  для сплошного цилиндра и сплошного шара. Для этого исследуется скатывание тел по наклонной плоскости.

Вам предстоит измерять время скатывания с помощью ручного секундомера, что приводит к заметным погрешностям. Поэтому все измерения необходимо проводить несколько раз, используя для расчетов средние значения времен скатывания.

Для уменьшения погрешности рекомендуем использовать экспериментальный метод «ОППА!»: возьмите в одну руку цилиндр или шарик в начальной точке наклонной плоскости, во вторую секундомер; дайте себе команду «оппа!» при этом одновременно отпускайте тело и запускайте секундомер.

При проведении измерений угол наклона желоба не стремитесь делать слишком большим (иначе измеряемые времена будут слишком малыми), высота подъема желоба  $h$  не должна превышать 60 мм. В качестве опоры используйте пластилин, следите, чтобы желоб не колебался при качении тел. Тела можно запускать с различных начальных точек, находящихся на расстоянии  $l$  от конца желоба. Полную длину желоба обозначим  $L$ .



#### Задание 1.

1.1 Используя формулу (1), покажите, что при скатывании тела по наклонной плоскости ускорение его центра масс определяется формулой

$$a = \frac{g}{\gamma} \sin \alpha \quad (2)$$

где  $\alpha$  - угол наклона плоскости к горизонту.

**Задание 2.**

В данном задании измерения проведите для тонкого (и более длинного) цилиндра.

В этой части вам необходимо проверить, можно ли считать движение оси цилиндра равноускоренным. Установите желоб под малым углом, на высоту  $h = 20\text{мм}$ .

- |   |
|---|
| <p>2.1 Измерьте зависимость времени скатывания цилиндра <math>t</math> от пройденного пути <math>l</math>.</p> <p>2.2 Оцените случайную погрешность измерения времени движения при скатывании на всю длину желоба <math>L</math>.</p> <p>2.2 Постройте линеаризованный график измеренной зависимости.</p> <p>2.3 На основании полученных данных укажите, можно ли считать движение цилиндра равноускоренным.</p> <p>2.4 Рассчитайте среднее значение ускорения цилиндра, оцените погрешность найденного значения ускорения.</p> |
|---|

**Не зависимо от полученных результатов в дальнейшем считайте, что при скатывании тел по прямому желобу его ускорение постоянно.**

**В дальнейшем измерения проводите только при скатывании на всю длину желоба.**

**Расчет погрешностей в следующих заданиях не требуется.**

**Задание 3.**

В этой части измерения проведите для обоих цилиндров.

- |  |
|--|
| <p>3.1 Измерьте зависимость времени скатывания <math>t</math> цилиндров (на всю длину желоба) от высоты подъема одного конца желоба <math>h</math>.</p> <p>3.2 Представьте полученные результаты <math>t(h)</math> графически в линеаризованном виде. Графики зависимостей для двух цилиндров приведите на одном бланке.</p> <p>3.3 Качественно кратко (одним предложением) объясните возможные различия между результатами, полученными для разных цилиндров.</p> <p>3.4 Рассчитайте значение параметра <math>\gamma</math> для сплошного цилиндра.</p> |
|--|

**Задание 4.**

Установите прямой желоб на высоту  $h = 20\text{мм}$  и не изменяйте ее.

- |  |
|--|
| <p>4.1 Измерьте времена скатывания металлических шариков по желобу на всю его длину.</p> <p>4.2 Рассчитайте значение параметра <math>\gamma</math> для шара.</p> <p>4.3. Измерьте время скатывания пластмассового шарика по установленному желобу. Укажите основную причину заметного различия времен скатывания пластмассового и металлических шаров.</p> |
|--|

**Задание 5.**

В данном задании вы должны исследовать скатывание металлического шарика по изогнутому желобу.

- |   |
|---|
| <p>5.1 Считая, что профиль желоба является дугой окружности, измерьте радиус кривизны желоба.</p> |
|---|

Установите желоб так, чтобы он касался поверхности стола плавно (т.е. поверхность стола должна быть касательной к желобу). При этом высота верхнего края желоба может больше, чем 60 мм.

- 5.2 Укажите, на какой высоте  $h$  находится при этом второй край желоба.
- 5.3 Измерьте время скатывания металлического шарика по всему желобу.
- 5.4 Проведите теоретическую оценку времени скатывания шарика. Сравните это значение с измеренным.

Подсказка: период колебаний математического маятника (груза, подвешенного на нити длиной  $l$ ) определяется по формуле  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ .

## Задача 10-2. Тепловая труба

Одним из мощнейших механизмов переноса теплоты является испарение жидкости с ее последующей конденсацией. Этот механизм играет важнейшую роль в различных природных явлениях: образовании грозных облаков, формировании циклонов и тайфунов, переносе теплоты из экваториальных областей в умеренные широты. Основным теплоносителем в природе является вода с ее аномально высокой удельной теплотой испарения.

Этот же механизм используется и в различных производственных и технологических процессах, например, для переноса теплоты в энергетических установках, в том числе ядерных с помощью так называемых тепловых труб.

Конечно, Вам не предлагается создать грозное облако или модифицировать ядерный реактор. Но показать возможность и эффективность такого процесса Вы должны.

Приборы и оборудование: электронный термометр, секундомер с памятью этапов, мензурка, пробирка, штатив, горячая и холодная вода со льдом, подсолнечное масло, вата, одноразовая посуда, чашка, фольга кухонная.

**Будьте осторожны с горячей водой, переносите ее только в фарфоровой чашке!**

Справочные данные: плотность воды  $\rho = 1,0 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ,

удельная теплоемкость воды  $c = 4,2 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ ,

удельную теплоту испарения воды считайте не зависящей от температуры и равной

$L = 2,2 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ .

### Часть 1. Измерительная.

#### 1.1 Измерьте теплоемкость пробирки.

Методику измерений и расчетов предложите самостоятельно. Кратко ее опишите, приведите расчетные формулы, результаты измерений и расчетов.

Соберите установку: Пробирку закрепите в лапке штатива и поместите внутрь мензурки, термометр поместите в пробирку, пространство между стенками пробирки и мензурки закройте ватой. Горячую воду необходимо заливать в мензурку, холодную - в пробирку.

Уровень воды в мензурке должен находиться ниже дна пробирки на расстоянии примерно равным 4-5 см. Пробирка погружена в мензурку как можно глубже. В пробирку наливайте одно и тоже количество холодной воды, заполняя ее примерно на три четверти.

При проведении измерений стремитесь, чтобы холодная вода была как можно холоднее, но содержала льда.

Для уменьшения теплотерь заверните мензурку в фольгу, но так, чтобы вам был виден уровень воды.

1.2 Залейте в мензурку горячую воду (предварительно измерив ее температуру), в пробирку – холодную. Измерьте зависимость температуры воды в пробирке от времени  $t_1(\tau)$ . Измерьте температуру воды в мензурке после окончания измерений зависимости

1.3 Проведите аналогичные измерения зависимости температуры воды в пробирке от времени  $t_2(\tau)$  только добавив в горячую воду немного подсолнечного масла (примерно 0,5 см по уровню).

1.4 На одном бланке постройте графики полученных зависимостей температуры воды в пробирке от времени.

### **Часть 2. Расчетная.**

2.1 Используя полученные экспериментальные данные, рассчитайте какая доля (в процентах) теплоты передана пробирке посредством испарения воды в мензурке.

2.2 Оцените какая масса воды сконденсировалась на пробирке.

2.3 Постройте график зависимости скорости конденсации воды на пробирке (в граммах, деленных на секунду) от температуры пробирки. Качественно объясните полученную зависимость.