

# 72-я олимпиада по физике школьников Эстонии

13 февраля 2025 года. Региональный тур  
Задачи гимназии (10-12 классы)

Просим решение каждой задачи писать на отдельном листе.

Время решения 5 часов. Каждый участник может решать все предложенные задачи.

В зачёт идут 5 теоретических и 1 экспериментальная задача, набравшие наибольшее количество баллов.

Можно использовать принадлежности для письма и черчения, а также калькулятор.

Прочие вспомогательные средства запрещены.

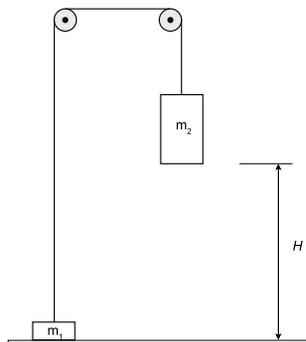
При решении экспериментальной задачи можно пользоваться лишь указанным в задаче оборудованием.

Оценка погрешности измерения не требуется.

**1. (КОЛЬЦО)** Во время кольцеобразного солнечного затмения Луна не полностью закрывает Солнце (см. увеличенное фото на дополнительной странице). Зная, что радиусы Солнца и Луны соответственно  $R_p = 7,0 \cdot 10^8$  м и  $R_k = 1734$  км, а также что Солнце находится на расстоянии 150 миллионов километров от Земли, вычислите примерное расстояние Луны от Земли в момент съёмки. На рисунке можно производить измерения с помощью линейки. (6 б.)



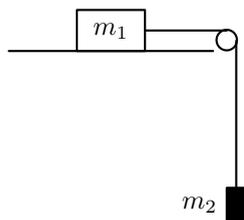
**2. (ГРУЗЫ)** На рисунке изображена ситуация, в которой два груза массами  $m_1 = 100$  г и  $m_2 = 400$  г соединены невесомой нитью, перекинутой через два невесомых, свободно вращающихся колеса. Расстояние между грузом  $m_2$  и поверхностью составляет  $H = 40$  см. Вначале грузы находятся в покое, затем их отпускают. Определите кинетические энергии грузов в момент, когда груз  $m_2$  касается поверхности. (6 б.)



**3. (БРУСОК НА СТОЛЕ)** Система состоит из бруска (масса  $m_1$ ), лежащего на столе, к которому прикреплен груз (масса  $m_2$ ) с помощью нерастяжимой нити. Нить перекинута через блок на краю стола, трение с блоком отсутствует. Коэффициент трения между бруском и столом равен  $\mu$ .

(а) Какое минимальное значение коэффициента трения  $\mu_{min}$  необходимо, чтобы система оставалась в покое?

(б) С каким ускорением начнёт двигаться брусок (массой  $m_1$ ), если силы трения недостаточно, чтобы удержать систему в покое, т.е.  $\mu < \mu_{min}$ ? (8 б.)

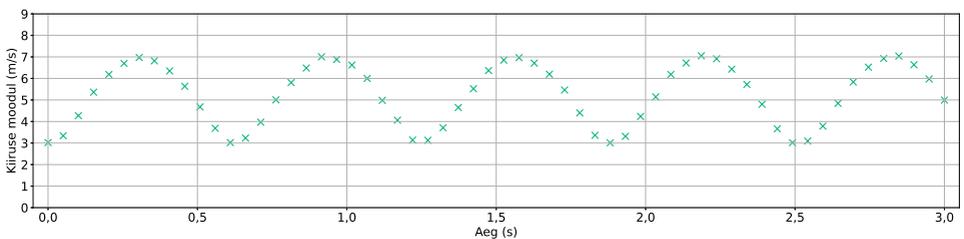


**4. (СОСЕДСКОЕ ОТОПЛЕНИЕ)** Юра и Коля живут в соседних квадратных однокомнатных квартирах и оба отапливают свои квартиры электрическими радиаторами. У комнат есть одна общая более тонкая внутренняя стена и по три внешние стены. Все шесть внешних стен одинаковы и с одинаковыми размерами. Будем считать, что температура на улице постоянна и равна  $T_0 = 0^\circ\text{C}$ . Сначала они оба отапливают квартиры с мощностью  $P_1 = 1,44$  кВт, и температура в обеих квартирах стабильно держится на уровне  $T = 24^\circ\text{C}$ . Однажды цена на электроэнергию на бирже утроилась, и Юра, имеющий биржевой тариф, решил выключить отопление. У Коли фиксированный тариф 15 сентов/кВтч, поэтому резкий рост цен его не волнует. Он любит тепло, и, заметив, что температура в его квартире упала до  $T_K = 18^\circ\text{C}$ , он увеличивает мощность радиатора, пока температура снова не поднимется до  $T = 24^\circ\text{C}$ . Найдите, сколько дополнительно придётся платить Коле за отопление в час, и какой будет конечная температура квартиры Юры. Потери тепла через пол и потолок можно не учитывать. Считайте, что температура внутри каждой квартиры однородна.

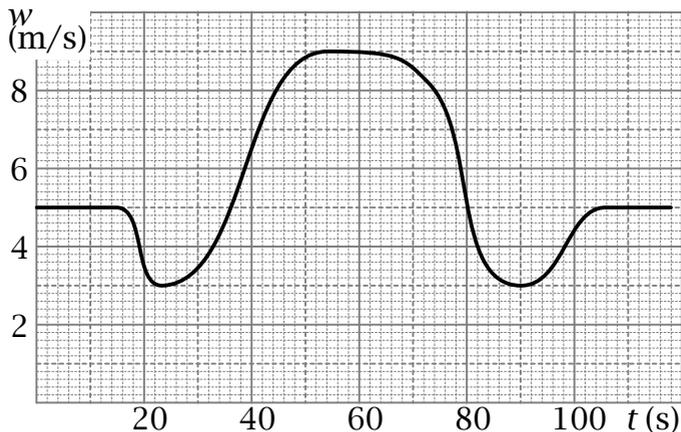
*Подсказка:* Мощность теплопередачи через стену пропорциональна разности температур по обе стороны стены. (10 б.)

**5. (ЗЕРКАЛЬНАЯ ТРУБКА)** Трубка длиной  $l = 8$  см и внутренним диаметром  $d = 1$  см покрыта изнутри зеркальным слоем. Один конец трубки закрыт, другой — открыт. В центре дна трубки (т.е. в трубке у закрытого конца на оси симметрии) горит маленький светодиод. Изобразите на рисунке, что будет видно, если смотреть внутрь трубки вдоль её оси с расстояния  $a = 2$  см от открытого конца. Также изобразите на рисунке, что будет видно, если переместить точку наблюдения перпендикулярно оси трубки на  $b = 0,5$  см (т.е. над краем трубки), оставшись на том же расстоянии от её конца. (10 б.)

**6. (СКОРОСТНОЙ ДАТЧИК)** Инженер Кристо изучал маленький датчик скорости, закреплённый на спице велосипеда. Анализируя данные, он обнаружил, что датчик измеряет модуль скорости относительно поверхности земли и получил результаты, представленные на графике. Определите расстояние датчика от центра колеса. (10 б.)



7. (ВЕТЕР) Эрика едет на велосипеде по прямой дороге и измеряет скорость ветра относительно себя. Результаты представлены на графике. Какова была её максимальная скорость езды, если известно, что первую дюжину секунд она не двигалась, и предположить, что скорость и направление ветра относительно земли не менялись? (10 б.)



8. (ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МАЯТНИК) Два одинаковых проводящих шара массами  $m$  подвешены рядом в гравитационном поле  $g$  на одинаковых нитях, закреплённых в одной точке. Радиусы шаров пренебрежимо малы. Длина нитей  $l$ , их масса пренебрежимо мала, и они не проводят электричество. Оба шара заряжают зарядом  $Q$  (т.е. их общий заряд  $2Q$ ), после чего они начинают отталкиваться друг от друга. Шары останавливаются в положении равновесия на расстоянии  $d_1$ . Затем один из шаров соединяют с третьим, идентичным, имеющим заряд  $a \cdot Q$ , где  $a$  — некоторое действительное число. После контакта третий шар уносят на бесконечное расстояние, а подвешенные на нити шары отпускают. Теперь шары притягиваются, а после столкновения они снова расходятся, и их останавливают в новом положении равновесия на расстоянии  $d_2 = \sqrt[3]{\frac{9}{64}} \cdot d_1$ . Электрическая константа равна  $k$ .

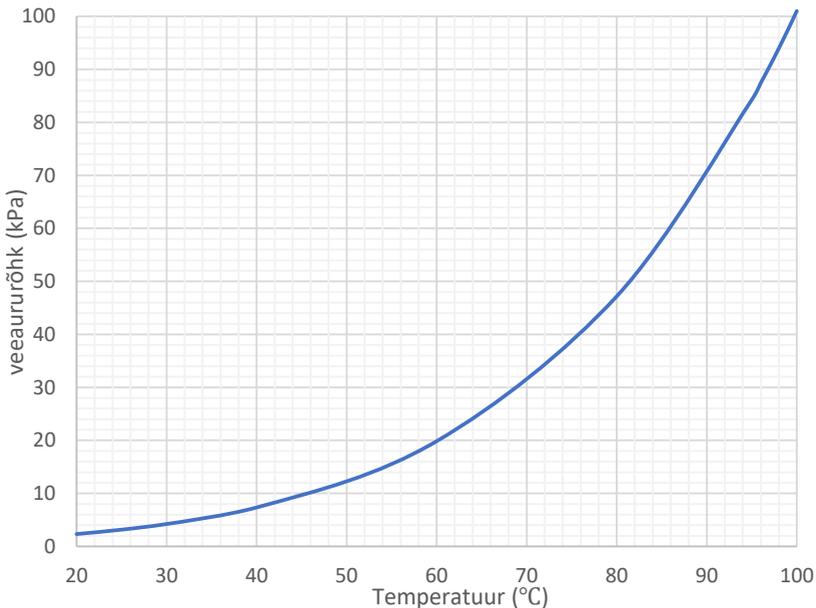
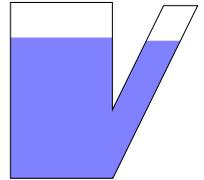
(а) Выразите расстояния  $d_1$  и  $d_2$  через заданные параметры.

(б) Найдите возможные значения числа  $a$ .

Вы можете предполагать, что  $d_{1,2} \ll l$ , то есть в обоих равновесных состояниях угол между нитью маятника и вертикалью мал, и можно использовать приближения  $\sin(\theta_{1,2}) \approx \theta$  и  $\cos(\theta_{1,2}) \approx 1$ . (10 б.)

9. (УСКОРИТЕЛЬ ЧАСТИЦ) В ускоритель частиц, состоящий из трёх вакуумных зон, входит частица с пренебрежимо малой начальной скоростью, заряд которой равен  $q$ , а масса неизвестна. В первой зоне частица ускоряется напряжением  $U$ , после чего попадает во вторую зону, где присутствуют как однородное электрическое поле  $\vec{E}$ , так и однородное магнитное поле  $\vec{B}$ ; последнее перпендикулярно направлению движения частицы. Выясняется, что частица проходит вторую зону по прямой и входит в третью зону, где однородного электрического поля больше нет, но однородное магнитное поле  $\vec{B}$  сохраняется. Найдите радиус кривизны траектории частицы в третьей зоне. (10 б.)

10. (ЧАЙНИК) В цилиндрический чайник (его вертикальное сечение показано на рисунке) наливают горячую воду, а затем сразу же плотно закрывают сверху крышкой. Отношение площадей горизонтальных сечений чайника и носика составляет  $k \equiv S_k/S_t = 4$ . Если вода в чайнике слишком горячая, то вода начнёт выливаться через носик даже если чайник наполнен только наполовину. Какова максимальная температура воды, при которой этого ещё не произойдёт? Предполагайте, что перед закрытием крышки воздух над водой имел комнатную температуру  $T_0 = 20^\circ\text{C}$  и был совершенно сухим. Теплоёмкостью чайника можно пренебречь, то есть в при достижении теплового равновесия температура в чайнике практически совпадает с начальной температурой воды. В расчётах допускаются разумные приближения. Зависимость давления насыщенного водяного пара от температуры приведена на графике. Атмосферное давление  $p_0 = 100 \text{ кПа}$ . (14 б.)



**Е1. (ПЛОТНОСТЬ ГАЙКИ)** Определить плотность гайки.

*Оборудование:* маленькая гайка, стакан с водой, деревянная линейка, нить.

Плотность воды  $\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ . (12 б.)

**Е2. (ВНУТРЕННЕЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ)** Определите как можно точнее неизвестное внутреннее сопротивление вольтметра.

*Оборудование:* батарейка, два разных аналоговых вольтметра, один из которых имеет известное внутреннее сопротивление (указано на корпусе прибора), четыре провода.

Следует учитывать, что у данных вольтметров есть значительная систематическая погрешность: каждый из них может показывать напряжение, которое на определённый процент больше или меньше истинного значения. (14 б.)

*Задачи и решения олимпиады по физике находятся по адресу:*  
<https://www.teaduskool.ut.ee/et/olumpiaadid/fuusikaolumpiaad>

*Присоединяйтесь к нашей страничке в Facebook:*  
<https://www.facebook.com/fyysikaolympiaad>

1. (КОЛЬЦО - ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ЛИСТ)

