

# 70-я олимпиада по физике школьников Эстонии

1 апреля 2023 года. Заключительный тур  
Задачи основной школы (8-9 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.

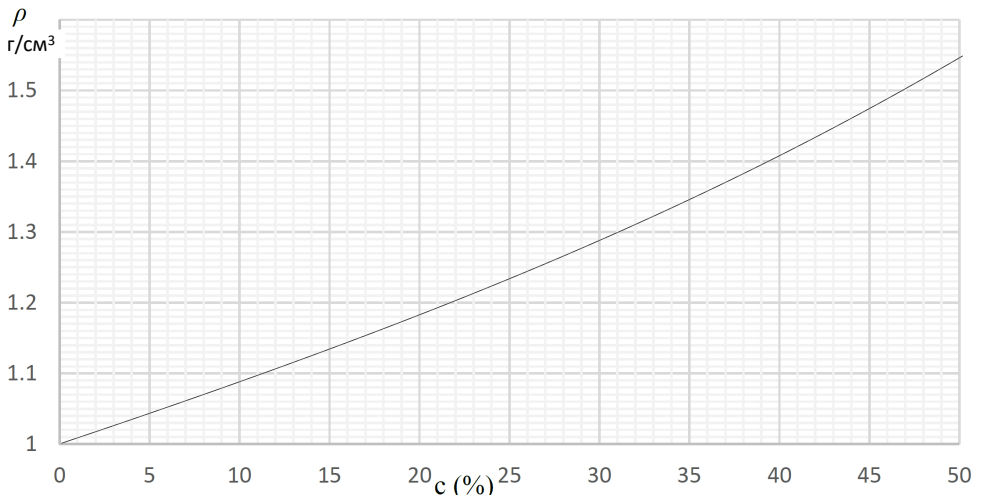
Прочие вспомогательные средства запрещены.

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

Оценка погрешности измерения не требуется.

**1. (ВЫПЕЧКА)** В духовку поставили стеклянное блюдо с нарезанным мясом. Мяса было  $m_l = 1000$  г, а масса блюда  $m_v = 0,5$  кг. Поначалу блюдо было при комнатной температуре  $T_{v_0} = 22$  градуса, мясо же взяли из холодильника при температуре  $T_{l_0} = 5$  градусов. Духовка работает с мощностью  $P = 1$  кВт при температуре  $T_a = 200$  градусов. Мясо пеклось  $t = 30$  минут, после чего мясо имело среднюю температуру  $T_{l_1} = 90$  градусов, а блюдо –  $T_{v_1} = 110$  градусов. Каков был коэффициент полезного действия выпечки, т.е. сколько процентов выработанного духовкой тепла пошло на нагрев блюда и мяса? Удельная теплоёмкость стекла –  $c_v = 0,84$  кДж/(кг · °С), мяса –  $c_l = 3,4$  кДж/(кг · °С). (6 б.)

**2. (РАСТВОР СОДЫ)** В одном литре воды растворили  $m = 200$  г стиральной соды и вылили в миску. Постепенно часть воды испарилась так, что в итоге объём раствора был в три раза больше, чем в начале. Какова была конечная концентрация соды? На приведённом рисунке изображена зависимость плотности раствора соды от массовой концентрации (отношения массы соды и полного раствора, умноженного на 100%). (8 б.)



**3. (СПУТНИК У МАРСА)** Спутник обращается вокруг Марса с периодом  $T = 2,0$  ч на расстоянии  $h = 435$  км от поверхности Марса. NASA хочет послать собранные спутником данные на станцию на Земле. При прямом соединении между станцией и спутником, т.е. когда станция и спутник друг друга «видят» (между ними нет крупных объектов, блокирующих сигнал), скорость передачи данных  $1,0$  Мбит/с [мегабит в секунду]. Полный объём данных равен  $5,9$  ГБ [гигабайт]. Оцените, сколько времени потребуется для передачи этого объёма данных на станцию, если слать данные только через прямое соединение? Радиус Марса -  $R = 3396$  км, Период вращения Земли -  $P = 24,0$  ч,  $1$  байт =  $8$  бит. Предполагайте, что Земля, Марс и спутник движутся в одной плоскости и что радиусы Земли и Марса и высота спутника над Марсом значительно меньше, чем расстояние между Землёй и Марсом. В начале передачи данных спутник находится в точке своей орбиты, ближайшей к Земле, а станция NASA - на экваторе Земли, в ближайшей точке к Марсу (т.е. центр Земли, станция, спутник и центр Марса находятся в таком порядке на одной прямой). Эффекты Солнца и скорости света учитывать не нужно. (8 б.)

**4. (УТОЧНОЕ РАЛЛИ)**  $N$  пластиковых уток разом пускают в прямой канал шириной  $d$ , в котором течёт вода со скоростью  $v$ . В момент старта, когда все утки уже сброшены в воду и образовали на поверхности воды плотный слой, расстояние первой утки до финиша равняется  $s$ . Оцените, сколько времени в среднем требуется уткам для достижения финиша. Поперечное сечение утки в виде сверху приблизительно равно кругу радиусом  $R$ . Можете полагать, что все утки сплочены вместе в один слой, ширина канала  $d$  намного больше радиуса одной утки  $R$ , но намного меньше величины  $NR$ , а трения уток друг с другом и стенами канала нет. (8 б.)

**5. (ПАЯЛЬНИК)** Ханнес нашёл на чердаке дедушки старый паяльник, которая была рассчитана на работу при сетевом напряжении  $U_0 = 110$  В и номинальной мощности  $P = 24$  Вт. Также Ханнес нашёл старую лампу накаливания, которая также была рассчитана на напряжение  $110$  В. Дедушка утверждал, что эти приспособления продолжают хорошо работать и сегодня. Для проверки этого утверждения Ханнес проделал крайне опасный эксперимент, подключив их последовательно в сеть под напряжением  $U_1 = 230$  В. Какова должна была быть номинальная мощность лампы, чтобы паяльник работал точно так, как предназначено? Считайте, что сопротивление лампы не зависит от силы тока. (8 б.)

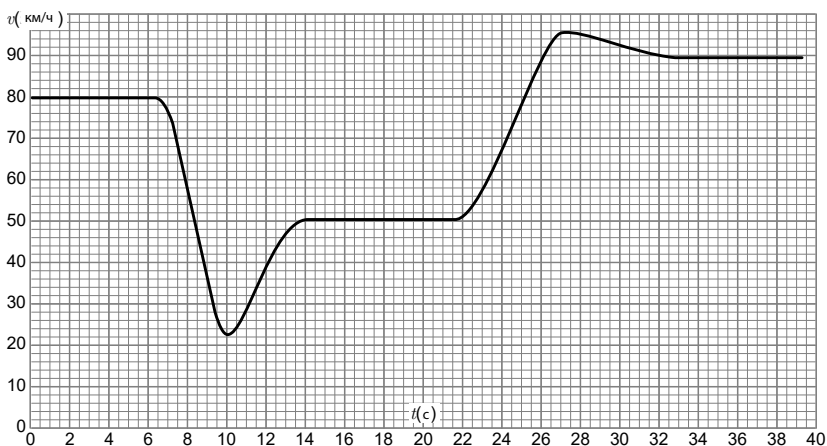
**6. (ЛИНЗА И ДВА ЗЕРКАЛА)** Построить все изображения объекта АВ (см. рисунок на дополнительном листе) на дополнительном листе. На схеме показаны серая стена, синее полупрозрачное зеркало (половина света проходит насквозь, половина отражается как в обычном зеркале) под наклоном  $45^\circ$ , выпуклая линза с фокусным расстоянием  $f$  и плоское зеркало. Решение представьте на дополнительном листе. (10 б.)

**7. (ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПАСТУХ)** Электрический пастух представляет собой длинную проволоку вокруг пастбища, изолированную от Земли столбами. Подключённый к электрическому пастуху генератор пускает по проволоке импульсное напряжение: периоды без напряжения сменяются короткими периодами под напряжением. Во время импульса напряжения генератор можно рассматривать как источник тока, подающий напряжение  $\mathcal{E}$  и соединённый последовательно с известным сопротивлением  $R$ . Электрический импульс опасен для жизни, если через человека проходит ток больше  $I_0 = 30$  мА. О некоторой марке электроизгороди известно следующее: если один из выводов генератора напряжения заземлен, а провод, идущий от другого, идеально изолирован от земли, то напряжение между проводом и землей равно  $U_m = 15$  кВ. Человек, идущий босиком и поэтому имеющий хороший электрический контакт с землей, касается провода сухой рукой и получает удар током. Предположим, что сопротивление тела человека много меньше сопротивления сухой кожи рук  $r = 5$  кОм.

а) Нарисуйте электрическую схему, описывающую ситуацию, когда человек получает удар током от электроизгороди.

б) Какие значения сопротивления генератора  $R$  допустимы? (10 б.)

**8. (ДИСТАНЦИЯ)** Беспилотный автомобиль должен придерживаться скорости автомобиля, движущегося перед ним, однако IT инженеры совершили ошибку, из-за которой скорость беспилотного автомобиля всё время равна скорости, с которой автомобиль спереди двигался за  $\tau = 2$  с до этого момента. На приведённом графике дана скорость автомобиля спереди как функции времени. Дистанция между автомобилями, соблюдаемая беспилотным автомобилем, зависит от времени. На сколько метров отличаются самая большая и самая маленькая дистанция? (10 б.)



**9. (ПУТЬ В ШКОЛУ)** Ученик, собака и кошка начинают вместе двигаться из дома по прямой в сторону школы на расстоянии 10 км. Собака бежит в 2 раза быстрее ученика, кошка — в 2 раза быстрее собаки. Собака бежит к школе, потом

обратно к ученику, потом опять к школе и т.д. взад и вперёд. Когда собака бежит в сторону школы, кошка кошка в свою очередь бегаёт взад и вперёд между школой и собакой. Каждый раз, когда собака достигает школы, кошка запрыгивает к ней на спину и добирается к ученику верхом. Добравшись до ученика, кошка спрыгивает обратно и снова начинает бегать взад и вперёд между школой и собакой, пока собака снова не доберётся до школы и не запрыгнет на собаку, и так далее. Найди расстояние, преодолеваемое кошкой на своих ногах за весь путь. (12 б.)

**10.** (*ЗЕРКАЛО В КОРИДОРЕ*) Юля стоит в конце длинного коридора. Одна из длинных стен коридора зелёная, вторая - жёлтая. В другом конце на высоте глаз Юли на зелёной стене коридора находится точка света. Юля начинает идти вдоль центральной оси коридора из первого конца во второй со скоростью  $v = 1$  м/с. В то же время точка света начинает двигаться с той же скоростью вдоль зелёной стены, оставаясь на высоте глаз Юли, в тот конец коридора, где поначалу была Юля. На жёлтой стене коридора находится зеркало шириной в  $L = 0,5$  м и высотой от пола до потолка. В один момент изображение точки света появляется в зеркале в поле зрения Юли. Как долго сможет Юля видеть изображение точки света в зеркале, если оба продолжают двигаться с постоянной скоростью? (12 б.)

**Е1.** (*УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОЁМКОСТЬ*) Найди удельную теплоёмкость металлического тела. Удельная теплоёмкость воды –  $c_v = 4200$  Дж/(кг · °С), алюминия –  $c_{Al} = 900$  Дж/(кг · °С).

*Приспособления:* металлическое тело, калориметр, термометр, весы, вода при комнатной температуре (в металлическом сосуде), кубики льда, металлический сосуд, промокательная бумага. (12 б.)

**Е2.** (*ДЛИНА НИТИ НАКАЛИВАНИЯ*) Максимально точно определите длину нити накаливания лампы накаливания. Нить имеет форму длинной спирали (т.е. пружины), необходимо найти её полную длину (длину, которую она приобрела бы, если бы спираль распрямить).

*Оборудование:* линза на подставке, защищенная корпусом лампа накаливания, блок питания, экран (блок, обёрнутый бумагой), мерная лента. Линзу можно рассматривать как тонкую линзу, плоскость которой отмечена линией на корпусе.

*Внимание!* Лампу нельзя вынимать из корпуса. Во избежание перегрева лампу следует зажигать только в вертикальном положении (где стекло вертикально). (14 б.)

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

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

6. (ЛИНЗА И ДВА ЗЕРКАЛА — ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ЛИСТ)

