

59-я олимпиада по физике школьников Эстонии

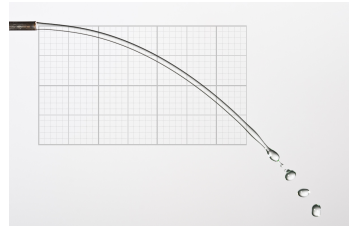
10 марта 2012 г. Заключительный тур.

Задачи гимназии (10 - 12 класс)

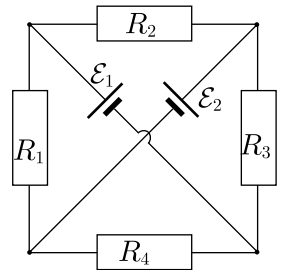
Решение каждой новой задачи начинайте на новом листе!

1. (СВАРКА ТРЕНИЕМ) Сварка трением — новая технология сварки. Суть такой сварки в том, что одну из свариваемых деталей вращают и вжимают в другую. Когда выделяющаяся теплота практически доводит детали до температуры плавления, вращающуюся деталь останавливают и под большим давлением между деталями возникает связь. Рассмотрим сварку двух кусков медной трубы. С какой силой нужно вжимать трубы друг в друга, чтобы за $\Delta t = 6$ с выделилось достаточно теплоты для сварки? Труба совершает $f = 1200$ оборотов в минуту. Предполагайте, что в обеих трубах нагреваются только концы длиной $l = 0,5$ см, причем прогрев равномерный. Диаметр трубы $D = 8$ см, толщина стенки $d = 5$ мм. До сварки трубы находятся при температуре $T_0 = 20^\circ\text{C}$, соединение происходит при температуре $T_1 = 810^\circ\text{C}$. Коэффициент трения меди о медь равен $\mu = 0,96$, плотность меди $\rho = 8,9 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$, удельная теплоемкость $c = 390 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot^\circ\text{C}}$. Теплотерями в окружающую среду пренебречь. (6 б.)

2. (СТРУЯ ВОДЫ) На рисунке (копия крупнее на дополнительном листе) приведена фотография струи воды, вытекающей из горизонтальной трубки, а также координатная плоскость, наименьшее деление координатных осей которой равно диаметру струи в месте ее истечения из трубки. Струя, истекающая с однородной скоростью, заполняет пробирку объемом $V = 150 \text{ см}^3$ за время $t = 5$ мин. Найдите внутренний диаметр трубки. (8 б.)



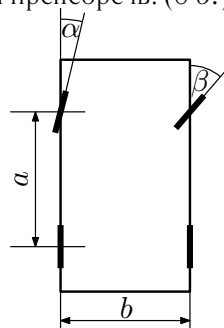
3. (ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МОСТ) На приведенной на рисунке схеме резисторы обладают одинаковыми сопротивлениями $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$, а идеальные батареи — одинаковой электродвижущей силой $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = \mathcal{E}$. Найдите выражения для сил тока в резисторах (т.е. I_1, I_2, I_3 и I_4), используя величины R и \mathcal{E} . (8 б.)



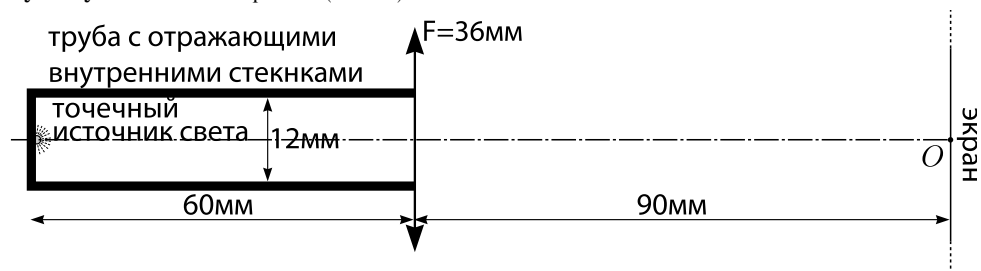
4. (БАСКЕТБОЛЬНЫЙ МЯЧ) Мяч, соответствующий стандартам NBA, обладает массой $m = 600$ г, диаметром $C = 76$ см и избыточным давлением внутри мяча $p_1 = 55$ кПа. Как глубоко под воду нужно погрузить мяч, чтобы он начал опускаться на дно без посторонней помощи? Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$,

ускорение свободного падения $g = 9,8 \text{ м/с}^2$, давление воздуха на поверхности воды $p_0 = 100 \text{ кПа}$. Предполагайте, что температура воздуха внутри мяча не меняется в результате погружения. Объемом оболочки мяча пренебречь. (8 б.)

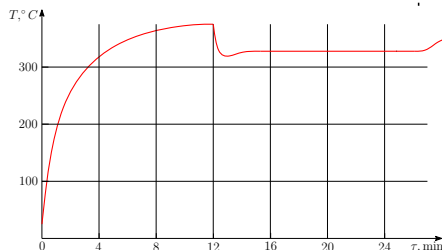
5. (ШИНЫ) Чтобы автомобильные шины снашивались как можно меньше, машины проектируют так, чтобы передние колеса поворачивающей машины поворачивались на разные углы. Найдите самый выгодный в этом смысле угол поворота правого переднего колеса β поворачивающей направо машины, если угол поворота левого колеса равен α . Расстояние между колесами равно a вдоль и b поперек машины (см. рисунок). (8 б.)



6. (ТРУБА) В основании трубы с отражающими внутренними стенками находится точечный источник света, см. рисунок. Внутренний диаметр трубы равен $d = 12 \text{ мм}$, длина трубы $l = 60 \text{ мм}$. К открытому концу трубы приставлена собирающая линза с фокусным расстоянием $F = 36 \text{ мм}$, а на расстоянии $L = 90 \text{ мм}$ от открытого конца находится экран. К экрану прикреплена миллиметровая бумага, на которой отмечена точка O — точка пересечения плоскости экрана с главной оптической осью линзы. Нарисуйте на миллиметровой бумаге на дополнительном листе изображение, которое можно будет увидеть на экране. (10 б.)

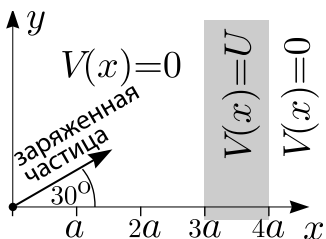


7. (ПЕЧКА) Мощность нагревательного элемента в маленькой печке для плавки металла $P_0 = 50 \text{ Вт}$. Печку, долгое время находившуюся при комнатной температуре, включают. Примерно через 12 минут, когда ее температура практически перестает расти, в печку кидают несколько предварительно нагретых кусочков свинца массой $m = 265 \text{ г}$. На приведенном графике (копия крупнее на дополнительном листе) приведена зависимость температуры печки от времени. Найдите с его помощью удельную теплоту плавления свинца λ . (10 б.)



8. (ПЕСОЧНЫЕ ЧАСЫ) Рассмотрим модель песочных часов. Песочные часы состоят из цилиндрической трубы длиной L , разделенной пополам пластиной со сквозными отверстиями, через которые может сыпаться песок. В хорошем приближении скорость по массе v падающего песка не зависит от количества песка, находящегося в верхней части. Песочные часы ставят на весы, пока сыпется песок, а затем снова, когда весь песок высыпался вниз. Чему равна разница показаний весов? Плотность песка равна ρ , площадь поперечного сечения часов S . Предполагайте, что масса падающего вниз в конкретный момент песка ничтожно мала по сравнению с массой всего песка. (12 б.)

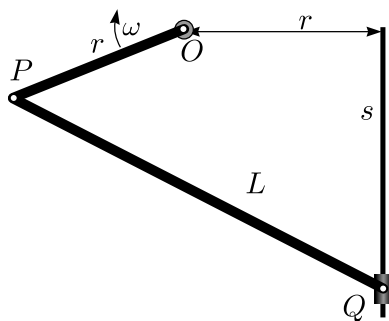
9. (ЗАРЯДЫ) Частицу с положительным зарядом ускоряют в начале координат напряжением $4U$ (причем $U > 0$) до некоторой скорости, лежащей в плоскости $x - y$ под углом в 30° к оси x , см. рисунок. Электрический потенциал $V(x, y) \equiv V(x)$ зависит только от x -координаты: когда $3a < x < 4a$, то $V(x) = U$, в любом ином случае $V(x) = 0$; кроме электростатических сил никакие другие силы на частицу не действуют, и при этом $a > 0$.



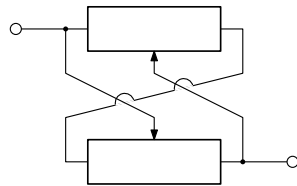
(а) Изобразите траекторию заряда в плоскости $x - y$ (геометрические размеры и углы отмечать не нужно).

(б) Теперь источником заряженных частиц в начале координат является коаксиальный вакуумный диод, благодаря чему ускоренные с помощью напряжения $4U$ частицы начинают движение изотропно (в одинаковом количестве во всех направлениях) на плоскости $x - y$; компонента скорости всех частиц вдоль оси z равна нулю. Какая часть из всех произведенных частиц достигнет региона $x > 4a$? (12 б.)

10. (ШАРНИР) Стержень длиной r вращается с угловой скоростью ω вокруг одного своего конца O ; своим другим концом стержень шарнирно соединен с другим стержнем длиной L , причем $L > 2r$. Второй конец Q второго стержня может свободно скользить вдоль вертикальной шины s , также расположенной на расстоянии r от точки O (см. рисунок). Скорость v точки Q будем считать положительной, если она направлена вверх, и отрицательной, если она направлена вниз. Найдите максимальную скорость $v_{\max} > 0$ и минимальную скорость $v_{\min} < 0$ точки Q . (14 б.)



Е1. (СТЕРЕОПОТЕНЦИОМЕТР) В коробке на одной оси находятся два одинаковых потенциометра, соединенных так, как показано на схеме. При повороте кнопки на устройстве скользящие контакты потенциометров сдвигаются одинаково, на рисунке сдвиг происходит в одном и том же направлении. Из коробки выведены указанные на схеме провода. Найдите сопротивление между крайними клеммами одного потенциометра, которым он обладал бы, будучи отсоединен от второго. Оцените погрешность измерения. *Оборудование:* исследуемое устройство, мультиметр. Заявленная производителем мультиметра погрешность при его использовании в качестве омметра указана на отдельном листе на рабочем столе. Обратите внимание, что данный потенциометр нелинейный: даже в случае разъединенного потенциометра сопротивление между его скользящим и неподвижным контактами не зависит от угла поворота кнопки линейно. Тем не менее, скользящие контакты разбивают сопротивления потенциометров всегда на одинаковые по величине части. (12 б.)



Е2. (ФОРМА ДЛЯ ВЫПЕЧКИ) Предполагая, что сила сопротивления воздуха движению тела описывается выражением $F = Cv^\alpha$, где константа C характеризует падающее тело и конкретный газ (воздух), определите показатель степени α для падающих в воздухе форм для выпечки маффинов. Оцените погрешность измерения. *Замечание.* На самом деле показатель степени α зависит и от скорости тела относительно газа, но мы предполагаем, что в рассматриваемом промежутке скоростей α не меняется. *Оборудование:* две одинаковые бумажные формы для выпечки маффинов, секундомер. (12 б.)

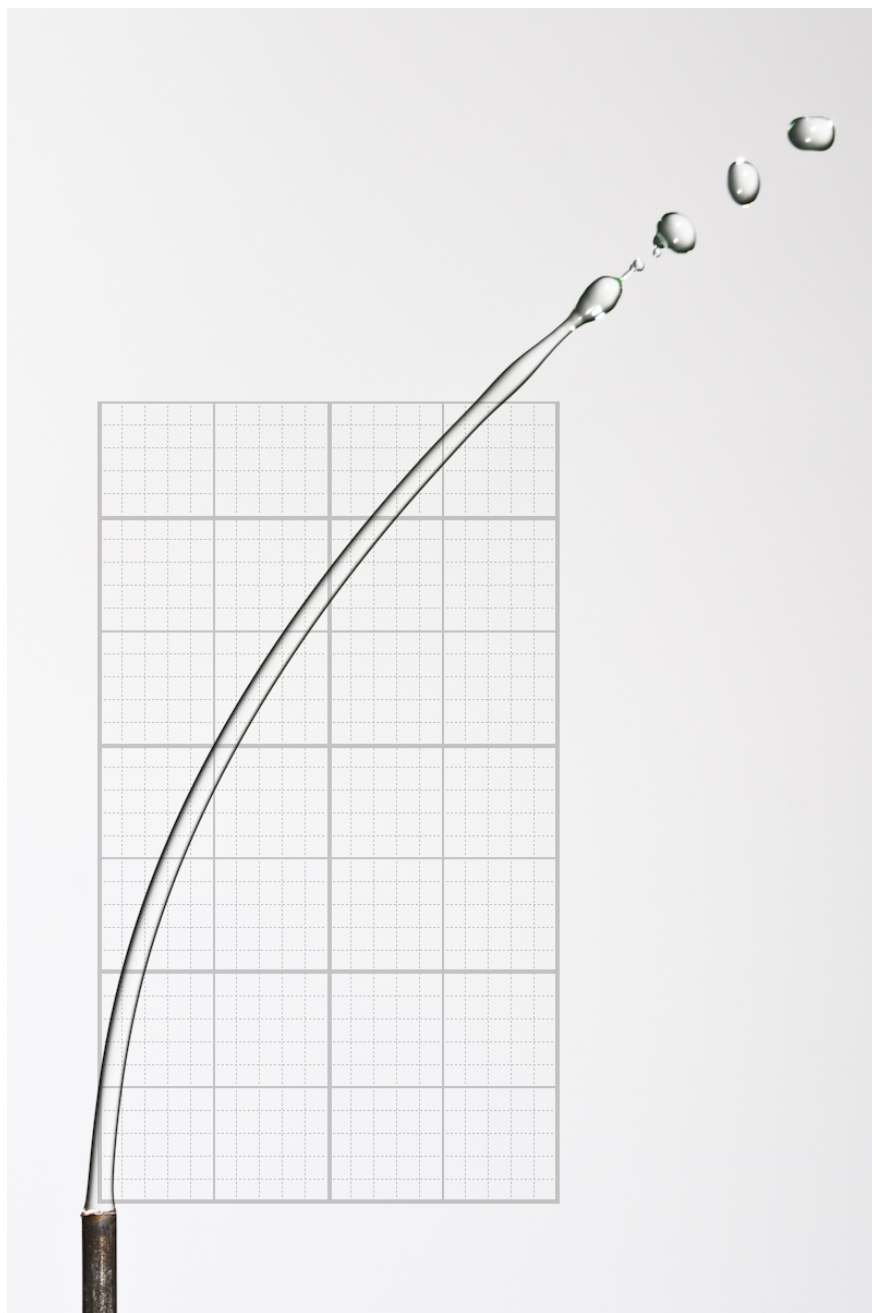
Можно решать все предложенные задачи. В зачёт идут 5 теоретических и 1 экспериментальная задача, получившие наибольшее количество баллов. При решении экспериментальной задачи можно пользоваться лишь указанным в задаче оборудованием.

Время решения — 5 часов.

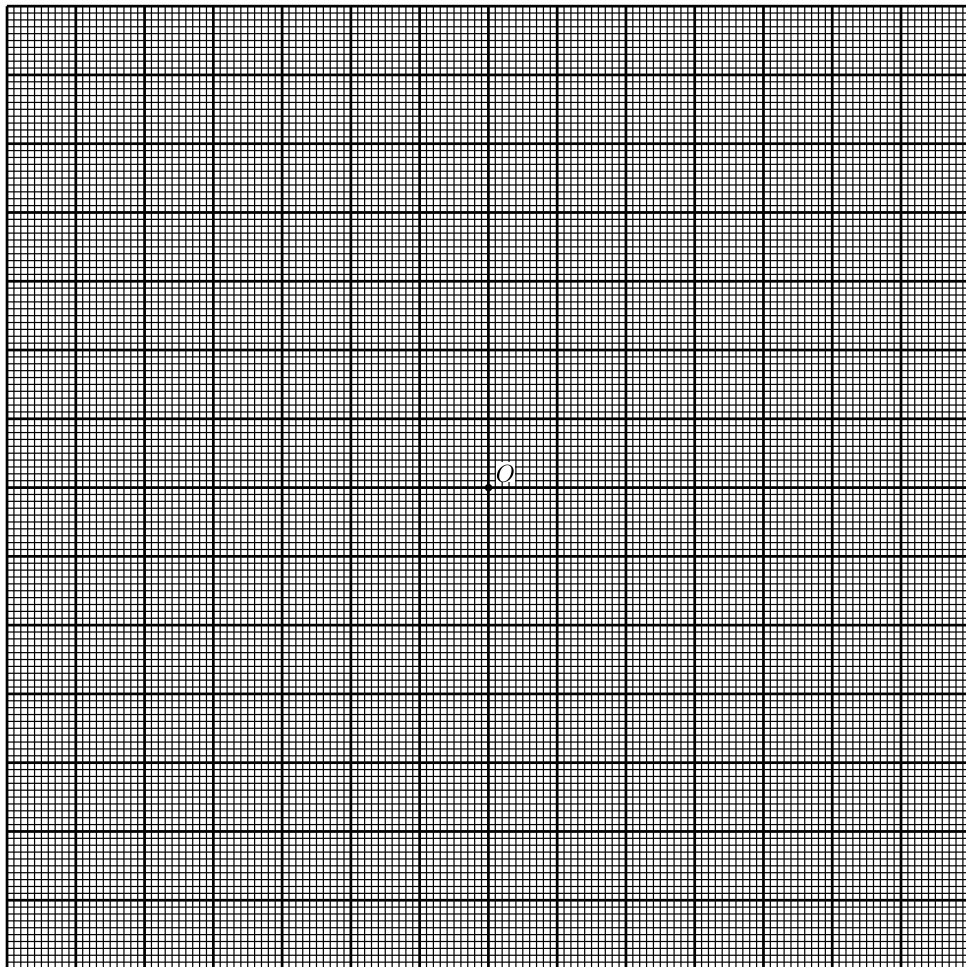
Задачи и решения олимпиады по физике находятся в интернете по адресу

<http://www.teaduskool.ut.ee/ejo>

Дополнительный лист к задаче „Струя воды“



Дополнительный лист к задаче „Труба“



Дополнительный лист к задаче „Печка“

