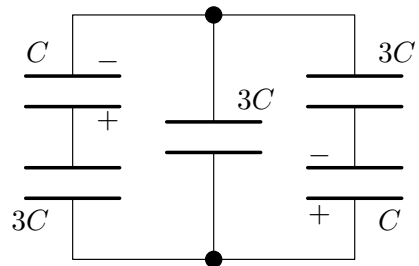
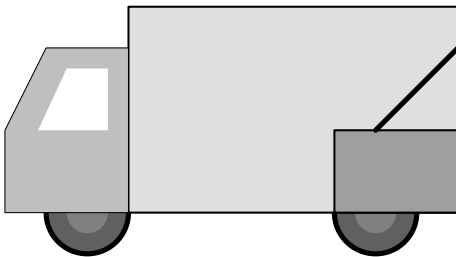


56-я олимпиада по физике школьников Эстонии

7 марта 2009 года. Заключительный тур. Задачи гимназии

1. (ЗАТУПИВШИЕСЯ НОЖНИЦЫ) Вася хочет срезать толстую засохшую ветку яблони с помощью садовых ножниц, но, поскольку ножницы давно затупились, от них не было никакого проку. При сжатии ножниц ветка, вместо того, чтобы быть разрезанной, начала скользить между лезвий ножниц. Скольжение закончилось, когда угол между лезвиями уменьшился до α . Каков был коэффициент трения между веткой и затупившимся лезвием? (6 б.)

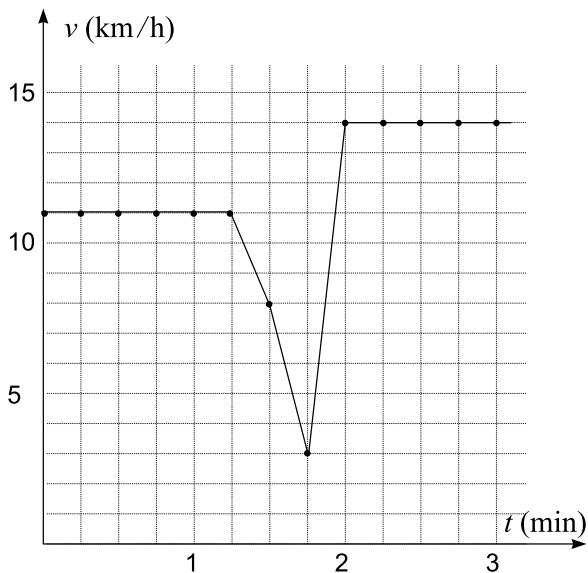
2. (ЯЩИК В ГРУЗОВИКЕ) Ящик массой $m = 15$ кг прикреплен верёвкой к задней стенке грузовика. Найти минимальное возможное значение натяжения верёвки при торможении, если ехавший со скоростью $v_0 = 45$ км/ч грузовик останавливается за время $t = 5$ с. Коэффициент трения между дном ящика и полом грузовика $\mu = 0,2$, угол между верёвкой и задней стенкой грузовика $\alpha = 45^\circ$. Считать, что торможение было равномерным и ящик всё время оставался на месте. (8 б.)



3. (КОНДЕНСАТОРЫ) Пусть система конденсаторов состоит из 5 конденсаторов. В начальный момент времени три из них не заряжены, а на двух расположен заряд q (см. рисунок). Какой заряд соберётся на среднем конденсаторе, когда система придёт в равновесие? (8 б.)

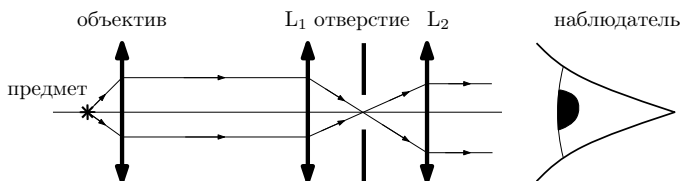
4. (ПОЕЗД В ТУННЕЛЕ) Поезд двигался со скоростью $v = 54$ км/ч сквозь длинный горизонтальный туннель цилиндрической формы. На сколько поднялась температура воздуха, находящегося в туннеле? Диаметр туннеля $d = 5$ м. Электромотор поезда при прохождении туннеля потреблял мощность $P = 800$ кВт. Молярная масса воздуха $M = 29$ г/моль, давление воздуха в туннеле $p = 100$ кПа, начальная температура $t_0 = 17^\circ\text{C}$. Воздух считать двухатомным идеальным газом. Примечание: Внутренняя энергия двухатомного газа на одну молекулу в $5/3$ раза больше, чем у одноатомного газа при той же температуре. (8 б.)

5. (GPS) Спортсмен использует GPS-устройство для записи результатов своих тренировок. Его GPS-устройство каждые 15 секунд определяет точное расположение бегуна, на основании чего GPS-устройство вычисляет и записывает среднюю скорость GPS-устройства за последние 15 секунд. GPS-устройство представляет полученные результаты на графике в виде точек, соединённых прямыми отрезками. В некоторый момент времени бегун заметил, что на его кроссовке развязался шнурок. Он остановился, завязал шнурок и, благодаря небольшой передышке, продолжил бег уже с несколько большей скоростью (см. приведённый график, составленный GPS-устройством). Сколько времени продолжалась остановка? Время, ушедшее на торможение и последующий разгон считать пренебрежимо малым; скорость бега была постоянной как до, так и после остановки. (10 б.)



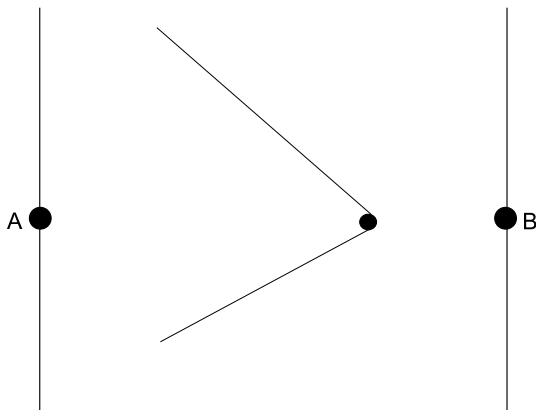
6. (ФОРТОЧКА) Комната обогревается электрическим радиатором, мощность которого $P = 1$ кВт. Температура воздуха снаружи $t_0 = 0^\circ\text{C}$, температура в комнате однородна и равна $t_1 = 20^\circ\text{C}$. В некоторый момент времени открывается форточка и в комнату начинает поступать уличный воздух со скоростью $v = 20$ л/с (литров в секунду). Какой станет температура воздуха в комнате? Воздух можно считать идеальным газом, теплоёмкость которого при постоянном давлении на один моль равна $c_P = \frac{7}{2}R$. (10 б.)

7. (КОНФОКАЛЬНЫЙ МИКРОСКОП) Для получения лучшего объёмного разрешения изображения вместо обычных микроскопов используют т.н. конфокальные (софокусные) микроскопы. На рисунке приведены основные элементы конфокального микроскопа: объектив, линзы L_1 и L_2 , а также небольшое отверстие круглой формы, расположенное в одной фокальной плоскости с линзами. На рисунке также приведён ход лучей, исходящих из расположенного на главной оптической оси небольшого изучаемого предмета. Лучи, исходящие от объектов, расположенных дальше или ближе фокальной плоскости объектива, в большинстве своём не проходят через отверстие, а поглощаются краями отверстия. Побочным результатом применения подобной системы является сужение угла обзора. Как далеко от главной оптической оси может находиться расположенный в фокальной плоскости объектива предмет, чтобы он был ещё видим? Фокусные расстояния линз L_1 , L_2 и объектива равны, соответственно, f_1 , f_2 и f_{obj} , диаметр отверстия равен d . (10 б.)



8. (КАТЕР) Моторная лодка плывёт поперёк реки из точки А в точку В. Скорость лодки $u = 7 \text{ м/с}$. а) На рисунке изображены волны на воде, вызванные лодкой. Какова скорость течения реки? (6 б.)

б) Известно, что если глубина реки равна h , то волны распространяются со скоростью $w = \sqrt{gh}$, где g – ускорение свободного падения. Какова глубина реки? (6 б.)



9. (КОСМИЧЕСКИЙ МУСОР) Два одинаковых электрически заряженных шара, соединённых идеальной верёвкой, свободно парят в космосе. Заряд каждого из шаров равен q , масса каждого шара равна M , длина верёвки равна l . Неожиданно в середину верёвки перпендикулярно ей врезается кусок космического мусора массой m и скоростью v , и цепляется за верёвку. На какое минимальное расстояние d сблизятся шары? (12 б.)

10. (ВЫСТАВКА) Выставочный зал представляет из себя большую комнату с белыми стенами, которую освещают монохромным зелёным светом длиной волны $\lambda = 550$ нм. У этой комнаты гладкий стеклянный пол; нижняя поверхность стекла окрашена в чёрный цвет, верхняя же поверхность покрыта тонкой прозрачной бесцветной плёнкой. Посетитель, стоящий посреди комнаты, видит вокруг себя светлые и тёмные круглые полосы, причём, независимо от того, где он стоит, он всегда расположен в их центре. Посетитель заинтересовался явлением и начал его изучать: он приседает на корточки и смотрит вдаль, потом пытается посмотреть прямо вниз. Всего ему удаётся насчитать $N = 20$ светлых полосок. Какова толщина покрывающей стеклянный пол плёнки? Показатель преломления стекла $n_0 = 1,6$, а у покрывающей его плёнки — $n_1 = 1,4$. (12 б.)

Е1 (МАССА ГРУЗА) Определить массу груза. Оценить погрешность измерения. Оборудование: круглый стержень, верёвка, динамометр, груз, штатив. Примечание: Масса груза превышает максимальный предел показаний динамометра. (14 б.)

Е2 (НЕИЗВЕСТНАЯ ЖИДКОСТЬ) Определить плотность жидкости. Оценить погрешность измерения. Оборудование: корпус шприца со шкалой (см^3), сосуд с неизвестной жидкостью, измерительная линейка, штатив с держателем, пустая пластиковая бутылка (объём $V = 0,538$ л) с плотно закрытой пробкой с проделанным в ней отверстием, в которое можно плотно вставить конец шприца. Примечание: Опыт очень чувствителен к колебаниям температуры. Опишите, какие меры предосторожности вы предприняли в связи с этим. (14 б.)

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