

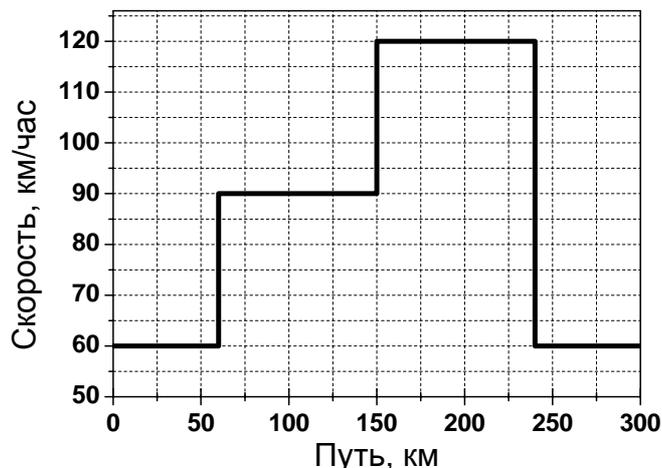
Заочный этап Всесибирской олимпиады, 2016

Физика

Возможные решения с баллами. Максимальный балл за задачу – 10.

8 класс

1) Машина ехала по дороге длиной 300 км. На графике справа показано, как менялась ее скорость в зависимости от пройденного пути. Чему равнялась средняя величина скорости машины на всем пути?

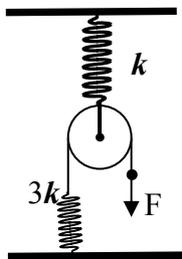


Решение: Для вычисления средней скорости $V_{\text{ср}}$ машины надо найти отношение длины пройденного пути $L=300$ км к промежутку времени, затраченному на поездку:

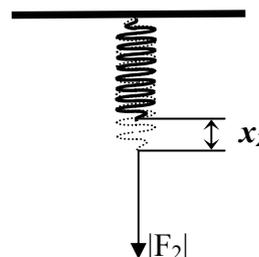
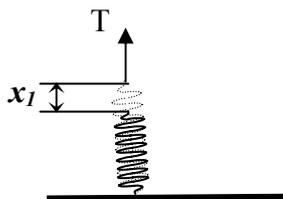
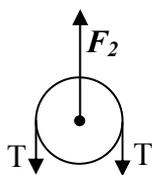
$V_{\text{ср}}=L/(T_1+T_2+T_3+T_4)$, где T_1, T_2, T_3 и T_4 – промежутки времени, затраченные на проезд по участкам от 0 до 60 км, от 60 км до 150 км, от 150 км до 240 км, от 240 км до 300 км, соответственно (+3 балла).

Вычисляем по графику $T_1=60/60=1$ час, $T_2=(150-60)/90=1$ час, $T_3=(240-150)/120=3/4$ часа, $T_4=(300-240)/60=1$ час (по баллу за каждый). Таким образом, $V_{\text{ср}}=80$ км/час (+ 3 балла за отклонение в пределах ± 3 км/час, отличие, большее чем 10 км/час не оценивается).

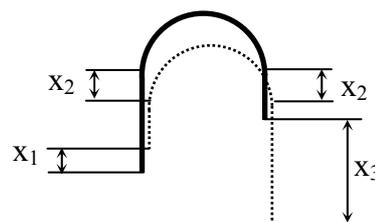
2) Имеется блок, подвешенный с помощью пружины к потолку. Через блок перекинута легкая нерастяжимая нить. Одним концом нить привязана к другой пружине, прикрепленной к полу, как показано на рисунке. К свободному концу нити прикладывают силу и медленно увеличивают ее от нуля до значения F . Насколько при этом растянется каждая из пружин, если выразить это растяжение через величины F и k ? Насколько сместится свободный конец нити за время увеличения натяжения нити? Влияет ли на результат масса блока? Значения коэффициентов жесткости пружин указаны на рисунке. Пружины считать легкими.



Решение: Для вычисления требуемого смещения сначала изобразим силы, действующие на отдельные части всей системы – на блок (вместе с прилегающей нитью) и на пружины.



Если невесомая нить не испытывает действия силы трения со стороны окружающих тел, то ее натяжение T , т.е. величина силы, действующая между соседними частями нити, везде одинакова. Таким образом, натяжение нити равно по величине внешним силам, приложенным к ее концам (они всегда будут одинаковыми, иначе такая нить должна будет двигаться с бесконечно большой скоростью). Отсюда следует, что при максимальном увеличении внешней силы до F натяжение нити становится равным $T=F$, и такая же по величине сила приложена к верхнему концу пружины с жесткостью $3k$ (+1 балл). К нижнему концу этой, считающейся невесомой, пружины будет приложена такая же сила, направленная вниз. Значит, эта пружина будет растянута на $x_1 = \frac{F}{3k}$ (+1 балл). Блок, вместе с прилегающей частью нити, находится в равновесии по действием двух сил натяжения T , действующих на концы прилегающего участка нити, и силы F_2 , действующей со стороны пружины с жесткостью k . Таким образом, $F_2=2T=2F$ (+1 балл). а верхняя пружина растянута на величину $x_2 = \frac{2F}{k}$ (+1 балл).



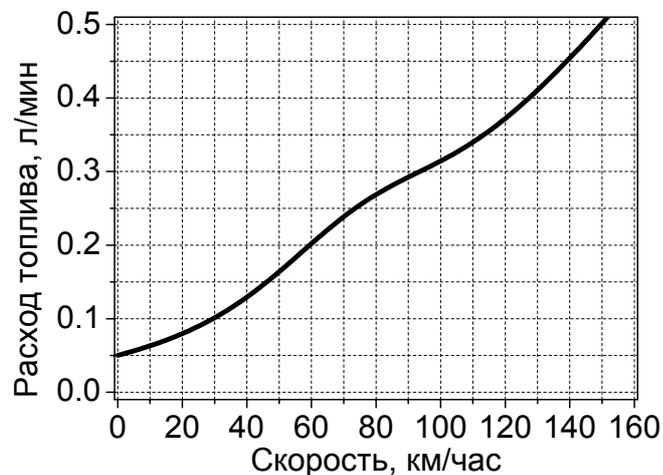
Смещение конца нити определяется из условия ее нерастяжимости (см. поясняющий рисунок справа). За время возрастания силы длина отрезка нити *слева* от блока будет *уменьшаться* как за счет растяжения пружины и подъема места соединения нити и пружины, так и за счет опускания блока. Значит, изменение длины этого отрезка нити составит $(-x_1 - x_2)$ (+1 балл). Длина отрезка нити с другой стороны блока будет *увеличиваться* за счет вытягивания конца нити на x_3 (это и есть искомое смещение конца нити), а также будет *уменьшаться* за счет опускания блока на те же x_2 . Значит, изменение длины этого отрезка нити составит $(x_3 - x_2)$ (+1 балл). Длина части нити, которая прилегает к блоку, в условиях задачи остается постоянной.

Так как полная длина нити считается неизменной, т. е. сумма изменений длин всех отрезков нити равна нулю, то получаем, что $(-x_1 - x_2 + x_3 - x_2) = 0$ (+1 балл).

$$\text{Таким образом, } x_3 = x_1 + 2 \cdot x_2 = \frac{F}{3k} + 2 \cdot \frac{2F}{k} = \frac{13 \cdot F}{3k} \quad (+2 \text{ балла}).$$

Наличие массы блока на результат не влияет, так как это приведет только к ненулевой деформации верхней пружины при нулевой внешней силе. Когда эта сила увеличится до значения F , дополнительное растяжение пружины все равно составит $x_2 = \frac{2F}{k}$ (+1 балл).

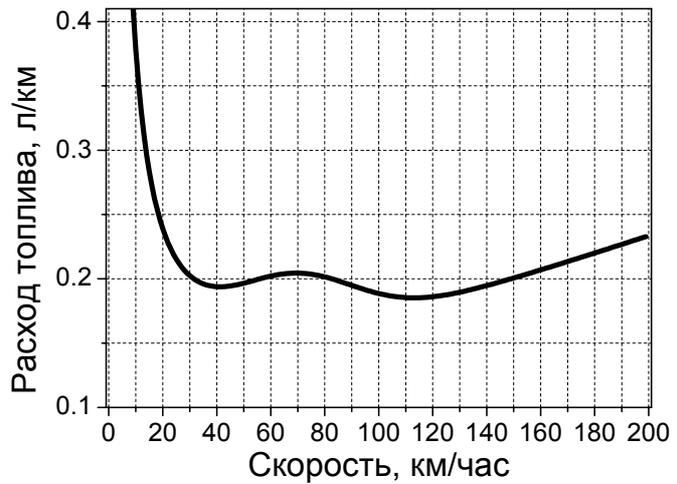
3) На графике справа показано, как объем топлива, расходуемого каждую минуту работающим двигателем автомобиля, зависит от скорости движения этого автомобиля. По этим данным постройте (приблизенно) график, который показывает, как от скорости автомобиля зависит объем топлива (в литрах), которое будет израсходовано этим автомобилем за 1 км пути. С какой скоростью следует перемещаться такому автомобилю на заданное расстояние для максимальной экономии топлива? *Указание: для построения требуемого графика рассчитайте расход на километр пути для нескольких, желательно около 10, значений скорости автомобиля.*



Решение: Если при данной скорости V (км/час) двигатель расходует N литров топлива каждую минуту, то за время T (в минутах) автомобиль израсходует NT литров топлива и проедет расстояние, равное $V \cdot (T/60)$ километров (+1 балл). В приведенном выражении есть размерный множитель 60 мин/час для того, чтобы привести все к единой размерности.

Таким образом, на каждый километр будет израсходовано $NT \cdot 60 / (V \cdot T) = 60N/V$ литров топлива (+2). Требуемый график зависимости объемного расхода топлива на каждый километр показан справа.

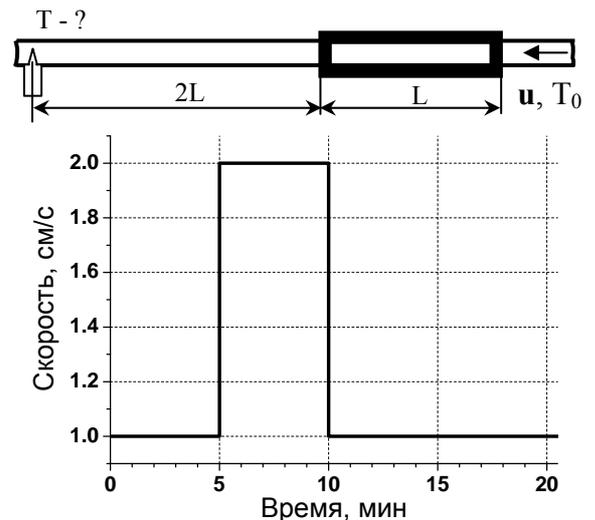
За аккуратно выполненный и правильный график ставится +5 баллов. Минимум объемного расхода получается при скорости 113 км/час (+2 балла за точность в пределах 6 км/час). Если в результате ошибочного построения графика значение оптимальной скорости определено как 40 км/час (+/- 3 км/час), то за график и ответ ставится 3 балла.



4) Вода с температурой $T_0=20^\circ\text{C}$ течет по трубе постоянного сечения 2.38 см^2 . На участке трубы длиной $L=1\text{ м}$ включен нагреватель.

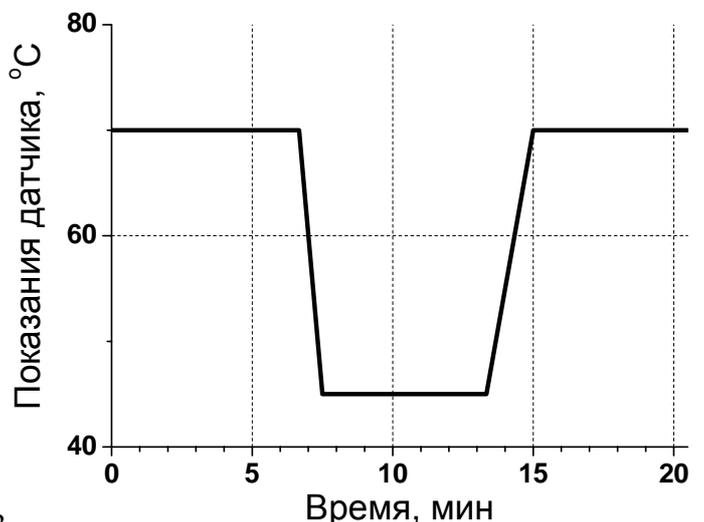
а) Известно, что температура той воды, которая находится внутри нагревателя, увеличивается на 1°C каждые 2 секунды. Какая тепловая мощность N передается нагревателем воде?

б) На расстоянии $2L$ от нагревателя расположен датчик температуры, который показывает температуру воды в градусах Цельсия. Из-за перепадов давления скорость жидкости u в трубе изменялась так, как показано на графике справа. Изобразите на той же, от 0 до 20 мин, шкале зависимость показаний датчика температуры от времени. Плотность ρ и теплоемкость C воды считать постоянными. Теплообменом воды с окружающей средой (кроме нагревателя) пренебречь.



Решение. а) Объем воды, полностью заполняющий нагреватель, равен $V=238\text{ см}^3$. Для увеличения температуры всей воды в нагревателе на величину ΔT надо передать ей энергию, равную $Q=V\rho C \cdot \Delta T$. В условия задачи это составит $238 \cdot 10^6 \cdot 1000 \cdot 4200 \cdot 1 \approx 1000\text{ Дж}$ (+1 балл). Такое количество энергии передается воде за время $t=2\text{ сек}$, то есть мощность составляет $N=Q/t=500\text{ Вт}$ (+ 1 балл).

б) До того, как скорость воды начала меняться, каждая порция воды проходила через нагреватель за 100 сек, и ее температура менялась на 50°C , т.е.



показания датчика составляли $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ (+1). Так как вода практически несжимаема, то скорость движения воды изменяется по всей трубе практически одновременно.

Поэтому при изменении скорости движения воды от 1 до 2 см/сек вода находится внутри нагревателя меньше времени. Если рассматривать порцию воды, которая еще не была в нагревателе, то это время в два раза меньше, чем раньше, т.е. вода подогревается на $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (+1). Кроме этого, вода проходит расстояние от нагревателя до датчика вдвое быстрее, за 100 сек (+1). При обратном изменении температуры происходят обратные изменения, в частности, время прохождения воды от нагревателя до датчика увеличивается вдвое (+1, если отражено на графике). Еще надо учитывать, что в моменты изменений скорости часть воды уже находится внутри подогревателя, поэтому такие порции воды подогреваются до промежуточной температуры, между $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, в зависимости от времени пребывания внутри нагревателя. Таким образом, график зависимости показаний датчика, т.е. измеренной температуры воды, от времени имеет вид, показанный на рисунке (+4 балла). Баллы за график снижаются, если на графике неправильно показаны моменты начала изменения и установления показаний (по 1 баллу за каждое).

5) Задача-эксперимент

В данной задаче для *подготовки* к опыту предлагается провести следующие действия:

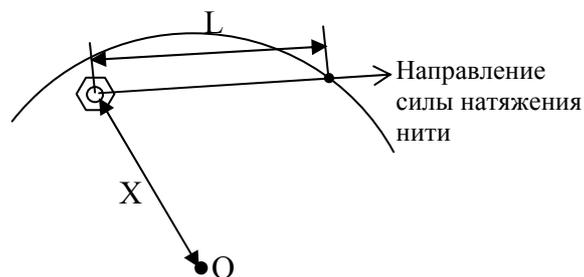
а) взять лист бумаги не слишком маленьких размеров, положить на ровную горизонтальную поверхность и нарисовать на нем окружность по возможности большого радиуса ($>10\text{ см}$);

б) взять маленький предмет (гайку и пр.), который сам не может катиться по бумаге, а только скользит;

в) привязать к предмету нитку и отметить на ней любое место, которое отстоит от предмета на расстояние, меньшее радиуса нарисованной окружности. Участок нити между предметом и отмеченной точкой будем называть рабочим участком;

г) разместить оборудование на листе так, чтобы нить была натянута, а край рабочего участка, т.е. отмеченное место, *находился* на нарисованной окружности;

Указание: вместо отметки (узлом, скотчем и т.п.) можно продеть нить через ушко иглки, пропустить нить через отверстие для кончика стержня обычной шариковой ручки и т.п. Тогда краем рабочего участка будет считаться место крепления нитки к ушку иглки и т.п. Важно сделать так, чтобы было фиксировано и известно расстояние L между центром предмета и другим местом крепления нити, т.е. длина рабочего участка, которая не должна самопроизвольно меняться!



Для *проведения* опыта требуется:

а) медленно перемещать край рабочего участка нити таким образом, чтобы он двигался строго по нарисованной окружности;

б) После двух оборотов заметить положение предмета, измерить расстояние между предметом и центром окружности X , занести значение X в таблицу;

в) проделать то же самое с нитками других размеров, не забыв аккуратно подписать на листе, какая траектория какой длины нити соответствует.

Для *анализа результатов измерений* построить график зависимости расстояния предмета до центра окружности (X) от длины рабочего участка нити (L).

Решением этой задачи считается приведение результатов измерений в виде фотографии нарисованных окружностей, отмеченных положений предмета, а также графика зависимости $X(L)$.

Что можно сказать о траекториях предмета через некоторое время после начала движения? Можете ли предложить объяснения этому? *Совет.* Результаты измерений будут

иметь бóльшую ценность, если провести несколько разных измерений и изобразить результаты на одном и том же графике (различая их по цвету или форме). Например, можно проверить, как изменится результат, если взять груз с другой массой.

Пример решения:

На приведенном графике точками показаны результаты измерений величин X при различных L . Кроме этого, пунктирной линией показана зависимость $X(L)$, если эти величины связаны соотношением $X^2=R^2-L^2$. На вставке показано, что такое соотношение возникает, когда предмет движется по окружности с радиусом X и с центром в точке O , т.е. с тем же центром, что и у первоначально нарисованной окружности. При этом предмет движется в том же самом направлении, которое имеет натянутая нить, а это направление, в свою очередь, перпендикулярно направлению на центр окружности.

Баллы за приведенный график снижаются, если точек мало (<6) или точность измерений почему-то слишком велика.

