**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников**

**по физике 2020-2021 г.**

1. **класс**

**Задача 1**

В тумане корабли, чтобы не столкнуться, подают сигнал другим кораблям гудком. Два корабля идут навстречу друг другу в проливе. Первый идёт со скоростью υ1, а второй со скоростью υ2= 36 км/ч. В какой-то момент времени первый корабль издаёт гудок. В это время между кораблями по радару было расстояние равное 4262 м. Капитан второго корабля, услышав сигнал, тут же ответил своим сигналом. Капитан первого корабля услышал ответный гудок второго корабля через время t. В это время между кораблями по радару было расстояние равное 3902 м. Скорость звука υзв=340 м/с, и не зависит от скорости источника, посылающего сигнал. Найти скорость первого корабля υ1 и полное время сигнала t.

**(10 баллов)**

**Решение:**

Обозначим расстояние между кораблями в момент подачи сигнала (*t* = 0) через *L* и используем систему отсчета, в которой скорости кораблей равны *υ1* и *υ2* соответственно. Тогда встреча звукового сигнала и второго корабля состоится в момент времени: *t1=L/( υ2+ υзв).*

В этот момент времени расстояние между кораблями будет равно:

$S=L – \left( υ\_{1}+ υ\_{2}\right) t\_{1}=L\left(1-\frac{ υ\_{1}+ υ\_{2}}{ υ\_{2}+ υ\_{зв}}\right)=L∙\frac{ υ\_{зв}- υ\_{1}}{ υ\_{2}+ υ\_{зв}}$(2 балла)

После подачи ответного сигнала вторым кораблём звук идет навстречу первому кораблю и через время *t2*  его услышат на первом корабле:

*t2=S/( υ1+ υзв).*

Полное время будет равно:

$t = t\_{1}+ t\_{2}=\frac{L}{ υ\_{2}+ υ\_{зв}}+\frac{L\left(\frac{ υ\_{зв}- υ\_{1}}{ υ\_{2}+ υ\_{зв}}\right)}{ υ\_{1}+ υ\_{зв}}$(2 балла)

Тогда имеем:

 $L=\frac{\left( υ\_{1}+ υ\_{зв}\right)\left( υ\_{2}+ υ\_{зв}\right)}{2 υ\_{зв}}t$ (1) (1 балл)

Расстояние *L1* между кораблями в момент принятия сигнала первым капитаном равно:

 $ L\_{1}=L-\left( υ\_{1}+ υ\_{2}\right)t.$ (2) (1 балл)

Получаем тогда из уравнений (1) и (2):
$$t = \frac{L\_{1}}{\frac{\left( υ\_{1}+ υ\_{зв}\right)\left( υ\_{2}+ υ\_{зв}\right)}{2 υ\_{зв}}-\left( υ\_{1}+ υ\_{2}\right)}=24 сек.$$

 (2 балла)

Из уранения (2) имеем:

$ υ\_{1}=\frac{L-L\_{1}}{t}- υ\_{2}=15-10=5 м/с.$ (2 балла)

**Задача 2**

На легкой пружине, установленной вертикально, сверху лежит прикреплённая к ней гиря. Деформация пружины при этом составляет 𝑥 = 5 см. Экспериментатор стал гирю медленно приподнимать вверх. Спустя некоторое время деформация пружины выросла вдвое. При этом была совершена работа 𝐴 = 11 Дж. Найти коэффициент жесткости пружины k.

**(10 баллов)**

**Решение**

Напишем условие равновесия гири в начальный момент:

𝑚𝑔 = 𝑘𝑥, где 𝑚 – масса гири, 𝑘 – жёсткость пружины. (2 балла)

Потенциальная энергия деформированной пружины равна $\frac{kx^{2}}{2}$.

а потенциальная энергия силы тяжести равна mgh, (2 балла)

тогда запишем закон сохранения энергии, приняв «нулевой» уровень потенциальной энергии силы тяжести в начальном положении гири:

$ \frac{kx^{2}}{2}+A= 3mgx+ \frac{k(2x)^{2}}{2}$ . (3 балла)

Отсюда следует, что

$A= 3kx+ \frac{3kx^{2}}{2}$ ,

т.е. получаем:

$k=\frac{2A}{9x^{2}}=≈977,77$ Н/м. (3 балла)

**Задача 3**

Идеальный одноатомный газ количеством вещества ν = 1 моль совершает процесс 1→2→3→1, показанный на рисунке, где C- теплоемкость газа. $С\_{o}=\frac{3}{2}R$, t - температура по шкале Цельсия. Какое количество теплоты Q получил от нагревателя газ? Какая работа A совершена газом за весь процесс? Чему равен КПД «цикла»? Найдите КПД цикла Карно, максимальная и минимальная температуры которого совпадают с соответствующими температурами данного процесса. Сравните и объясните полученные значения КПД. Универсальная газовая постоянная: $R = 8,31\frac{Дж}{кг∙К}$.

 **(10 баллов)**

**Решение:**

Из графика процесса видно, что C⋅Δt = δQ, где δQ - количество теплоты, полученное газом при изменении температуры на величину Δt. Следовательно площадь, под графиком зависимости C(t) численно равна количеству полученной теплоты.

На участках 1→2 и 2→3 видно, что C > 0 и Δt > 0 , поэтому на этих участках газ получает теплоту от нагревателя и δQ > 0. Следовательно, количество полученной газом теплоты равно

$Q\_{1} = 2\frac{C\_{o}+2C\_{o}}{2} \left(t\_{2}-t\_{1}\right)=3C\_{0}\left(t\_{2}-t\_{1}\right)=\frac{9}{2}R\left(t\_{2}-t\_{1}\right)$. (2 балла)

Подстановка численных значений приводит к результату

$Q\_{1} = \frac{9}{2}R\left(t\_{2}-t\_{1}\right)= \frac{9}{2}8,31\left(100-50\right)≈1,9 кДж.$

На участке 3 → 1 будет C > 0, но ∆t < 0 , поэтому на этом участке газ отдает теплоту холодильнику δQ < 0. Количество отданной теплоты равно

$Q\_{2} = C\_{0}\left(t\_{3}-t\_{1}\right)=\frac{3}{2}R\left(t\_{3}-t\_{1}\right)$ .

По завершении всего процесса 1→2→3→1 температура газа принимает первоначальное значение, поэтому изменение внутренней энергии ΔU равно нулю, следовательно, разность полученной и отданной теплоты равна работе совершенной газом:

$A = Q\_{1}-Q\_{2}=C\_{0}\left(t\_{2}-t\_{1}\right)=\frac{3}{2}R\left(t\_{2}-t\_{1}\right)= \frac{3}{2}8,31\left(100-50\right)≈0,62 кДж$

 (2 балла)

Тогда КПД процесса будет равен: $η = \frac{1}{3}≈0,33$ (1 балл)

Сравним этот результат с КПД цикла Карно. Максимальная температура газа будет в точке 3, а минимальная в точке 1, поэтому по теореме Карно максимальный КПД цикла, работающего в данном диапазоне температур равен (температуры должны быть переведены в абсолютную шкалу) будет равен:

$η\_{К}=\frac{Т\_{3}-Т\_{1}}{Т\_{3}}=\frac{t\_{3}-t\_{1}}{t\_{3}+273}=\frac{100}{150+273}≈0,24$ (1 балл)

Получается, что КПД цикла Карно, при тех же предельных температурах, оказался меньше, чем в рассматриваемом процессе. (1 балл)

Разрешения парадокса в том, что рассмотренный процесс не является циклическим, так теплоемкость не является функцией состояния. А теорема Карно справедлива для циклических процессов, поэтому в данном случае она не применима. (1 балл)

**Задача 4**

К батарейке присоединили первую лампочку сопротивлением R1=3 Ом. Затем, отсоединив первую лампочку, к батарейке присоединили вторую лампочку сопротивлением R2=12 Ом. В обоих случаях мощность, выделяющаяся на лампочках, оказалась одинаковой. Найдите КПД батарейки при присоединении второй лампочки.

**(10 баллов)**

**Решение:**

Мощность первой лампочки Р1= 𝐸2𝑅1/(𝑟 + 𝑅1)2, а мощность второй лампочки будет равна Р2= 𝐸2𝑅2 /(𝑟 + 𝑅2)2 . (4 балла)

Тогда из равенства мощностей имеем: √𝑅1 ⋅ (𝑟 + 𝑅2) = √𝑅2 ⋅ (𝑟 + 𝑅1) (2 балла)

и получаем, что: 𝑟 = $\sqrt{R\_{1}R\_{2}}$ , (2 балла)

откуда коэффициент полезного действия батарейки при присоединении второй лампочки будет равен:

$η\_{2} = \frac{E^{2}R\_{2}\left(r+R\_{2}\right)}{\left(r+R\_{2}\right)^{2 }E^{2}}= \frac{R\_{2}}{R\_{2}+\sqrt{R\_{1}R\_{2 }}}=\frac{12}{\sqrt{3∙12}+12}=\frac{12}{18}=66,66\%$ (2 балла)

**Задача 5**

Металлический шар заряжен положительным зарядом с поверхностной плотностью σ. Шар окружен концентрической металлической тонкостенной сферической оболочкой, имеющей вдвое больший радиус и такой же по величине электрический заряд. Оболочку заземляют. Определите поверхностную плотность заряда на оболочке после заземления.

 **(10 баллов)**

**Решение:**

Поверхностная плотность заряда шара σ1=Q/S, т.к. заряд равномерно распределяется по поверхности шара.

Когда оболочку заземляют, то потенциал оболочки становится равен нулю. Под влиянием поля положительно заряженного шара электроны с поверхности земли переходят на поверхность оболочки и заряд оболочки станет отрицательным.

Очевидно, что потенциал оболочки определяется как:

ϕоб=0= Qшара/4πεεoRоб + Qʹоб/4πεεoRоб. (4 балла)

То есть для заряда оболочки получим: -Qшара=Qʹоб. (3 балла)

Заряд распределяется по внешней поверхности оболочки и так как Rоб = 2Rшара, то σ2 = Qоб /Sоб = - σ/4. (3 балла)