

**Муниципальный этап
Всероссийской олимпиады школьников по физике
11 класс, 2020-2021 учебный год**

Задание 1.

В пространство, где одновременно действуют горизонтальное и вертикальное однородные электрические поля с напряженностью $E_r = 8 \cdot 10^2 \frac{\text{В}}{\text{м}}$ и $E_v = 6 \cdot 10^2 \frac{\text{В}}{\text{м}}$, вдоль направления силовой линии результирующего электрического поля влетает электрон, скорость которого на пути $l = 5,4 \text{ мм}$ изменяется в 3 раза, определите скорость электрона v_k в конце пути.

Решение.

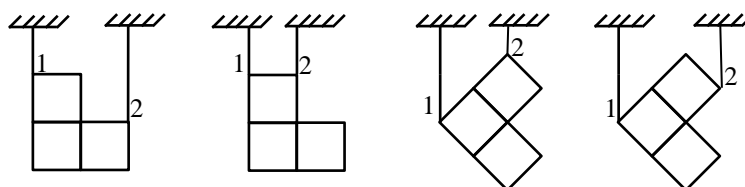
Результирующее поле, в котором движется электрон $E = \sqrt{E_r^2 + E_v^2}$. Сила, действующая на электрон $F = eE = e\sqrt{E_r^2 + E_v^2}$, где $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ – заряд электрона. Так как электрон движется вдоль направления линии напряженности, то его скорость уменьшается (движение от большего потенциала к меньшему). Изменение кинетической энергии электрона $\frac{mv_k^2}{2} - \frac{mv_v^2}{2} = -eEl$, где $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ – масса электрона. Отсюда $\frac{mv_k^2}{2} - \frac{m(3v_k)^2}{2} = -e\sqrt{E_r^2 + E_v^2}l$ и $v_k = \sqrt{\frac{2el\sqrt{E_r^2 + E_v^2}}{8m}} = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Критерии оценивания

Определено результирующее поле	2 балла
Определено изменение кинетической энергии	4 балла
Определена конечная скорость	4 балла
Всего	10 баллов

Задание 2.

Из квадратной пластинки массой 400 г вырезали $\frac{1}{4}$ часть и подвесили на двух вертикальных нитях 1 и 2. Определите силы натяжения нитей T_1 и T_2 в случаях, изображенных на рисунке.



Решение.

Обозначим массу полной плитки через m , ее сторону через $2a$ и диагональ через $2b$.
Случай на 1 рисунке.

Сумма моментов относительно точки 1: $\frac{2}{4}mg \cdot \frac{1}{2}a + \frac{1}{4}mg \cdot \frac{3}{2}a = T_2 \cdot 2a \Rightarrow T_2 = \frac{5}{16}mg = 1,25 \text{ Н}$. Сумма моментов относительно точки 2: $\frac{2}{4}mg \cdot \frac{3}{2}a + \frac{1}{4}mg \cdot \frac{1}{2}a = T_1 \cdot 2a \Rightarrow T_1 = \frac{7}{16}mg = 1,75 \text{ Н}$.

Случай на 2 рисунке.

Сумма моментов относительно точки 1: $\frac{2}{4}mg \cdot \frac{1}{2}a + \frac{1}{4}mg \cdot \frac{3}{2}a = T_2 \cdot a \Rightarrow T_2 = \frac{5}{8}mg = 2,5 \text{ Н}$. Сумма моментов относительно точки 2: $\frac{2}{4}mg \cdot \frac{3}{2}a = T_1 \cdot 2a + \frac{1}{4}mg \cdot \frac{1}{2}a \Rightarrow T_1 = \frac{1}{8}mg = 0,5 \text{ Н}$.

Случай на 3 рисунке.

Сумма моментов относительно точки 1: $\frac{2}{4}mg \cdot b + \frac{1}{4}mg \cdot \frac{1}{2}b = T_2 \cdot b \Rightarrow T_2 = \frac{5}{8}mg = 2,5 \text{ Н}$. Сумма моментов относительно точки 2: $\frac{1}{4}mg \cdot \frac{1}{2}b = T_1 \cdot b \Rightarrow T_1 = \frac{1}{8}mg = 0,5 \text{ Н}$.

Случай на 4 рисунке.

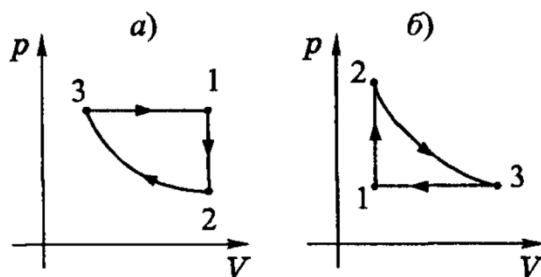
Сумма моментов относительно точки 1: $\frac{2}{4}mg \cdot b + \frac{1}{4}mg \cdot \frac{1}{2}b = T_2 \cdot \frac{3}{2}b \Rightarrow T_2 = \frac{5}{12}mg = 1,7 \text{ Н}$. Сумма моментов относительно точки 2: $\frac{2}{4}mg \cdot \frac{1}{2}b + \frac{1}{4}mg \cdot b = T_1 \cdot \frac{3}{2}b \Rightarrow T_1 = \frac{1}{3}mg = 1,3 \text{ Н}$.

Критерии оценивания

Определены силы, действующие на части плитки и их плечи	2 балла
Определены T_1 и T_2 для 1 случая	2 балла
Определены T_1 и T_2 для 2 случая	2 балла
Определены T_1 и T_2 для 3 случая	2 балла
Определены T_1 и T_2 для 4 случая	2 балла
Всего	10 баллов

Задание 3.

Найдите КПД тепловой машины, работающей с ν моль идеального одноатомного газа по циклам, состоящим из изобары 3-1, изохоры 1-2 и изотермы 2-3. Разность максимальных и минимальных температур в циклах ΔT . Работа газа в изотермическом процессе в случае а) $-A$, в случае б) A .



Решение.

КПД можно рассчитать как $\eta = \frac{A_{\text{ц}}}{Q_{\text{н}}} \cdot 100\%$, где $A_{\text{ц}}$ – работа в цикле, $Q_{\text{н}}$ – количество теплоты переданное от нагревателя. На рисунке а) температура в точках 2 и 3 одинакова и минимальна, в точке 1 – максимальна. Газ получает тепло только в процессе 3-1, это изобарный процесс, следовательно, $Q = \Delta U + A = \frac{3}{2}\nu R\Delta T + \nu R\Delta T = \frac{5}{2}\nu R\Delta T$. На участке 1-2 изохорный процесс, значит, работа равна 0, на участке 3-1 работа уже определена и на участке 2-3 дана, получаем $\eta = \frac{2\nu R\Delta T - 2A}{5\nu R\Delta T} \cdot 100\%$.

На рисунке б) температура в точках 2 и 3 одинакова и максимальна, в точке 1 – минимальна. Газ получает тепло в процессе 1-2, это изохорный процесс, следовательно, $Q = \Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T$, $A = 0$ и в процессе 2-3, здесь $Q = A$. На участке 3-1 работа $A = -\nu R\Delta T$ и на участке 2-3 работа дана, получаем $\eta = \frac{2A - 2\nu R\Delta T}{2A + 3\nu R\Delta T} \cdot 100\%$.

Критерии оценивания

Определено количество теплоты, получаемое газом в случае а)	2 балла
Определена работа газа в случае а)	2 балла
Определено количество теплоты, получаемое газом в случае б)	2 балла
Определена работа газа в случае б)	2 балла
Рассчитаны КПД в случаях а) и б)	2 балла
Всего	10 баллов

Задание 4.

Источник напряжения с нулевым внутренним сопротивлением присоединяют к двум соседним вершинам проволоочной рамки в форме правильного n-угольника. Затем тот же источник присоединяют к вершинам рамки, расположенным через две. При этом ток через источник уменьшается в $k = 1,5$ раза. Найти число сторон n-угольника.

Решение.

В первом случае $\frac{1}{R_1} = \frac{1}{r} + \frac{1}{(n-1)r} \Rightarrow R_1 = \frac{(n-1)r}{n}$, во втором $\frac{1}{R_2} = \frac{1}{3r} + \frac{1}{(n-3)r} \Rightarrow R_2 = \frac{3(n-3)r}{n}$. Сила тока $I_1 = kI_2$ напряжение источника постоянно и равно U . Учитывая закон Ома, имеем $kI_2 \frac{(n-1)r}{n} = I_2 \frac{3(n-3)r}{n}$, $k(n-1) = 3(n-3)$ и $n = \frac{9-k}{2-k} = 15$.

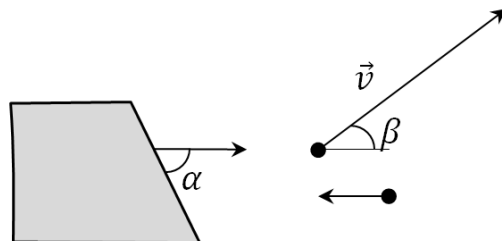
Критерии оценивания

Определено сопротивление в 1 случае	2 балла
Определено сопротивление во 2 случае	2 балла

Определено соотношение для силы тока и напряжения	2 балла
Записан закон Ома для обоих случаев	2 балла
Найдено значение n	2 балла
Всего	10 баллов

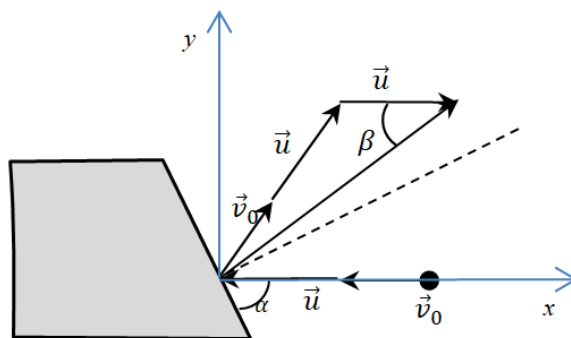
Задание 5.

По гладкой горизонтальной поверхности скользит брусок и ударяет своей гладкой вертикальной гранью АВ по шарiku, скользящему по столу на встречу бруску (на рисунке показан вид сверху). Скорость бруска составляет угол $\alpha = 60^\circ$ с гранью АВ. После абсолютно упругого удара шарик отскочил со скоростью v под углом $\beta = 45^\circ$ к направлению движения бруска. Масса шарика намного меньше массы бруска. Найдите скорость шарика v_0 перед ударом и скорость бруска u .



Решение.

Пока мяч со скоростью v_0 движется к бруску, брусок движется ему на встречу со скоростью u . По этому относительная скорость мяча будет $v_0 + u$. Та как удар абсолютно упругий, то угол падения мяча будет равен углу отражения. За время отражения мяча t плита прошла путь ut .



В проекции на ось y имеем $(v_0 + u) \cos(2\alpha - 90^\circ) = v \cos(90^\circ - \beta)$, то есть

$$(v_0 + u) \cos 30^\circ = v \cos 45^\circ. \quad (1)$$

В проекции на ось x имеем $v \cos \beta = (v_0 + u) \cos(180 - 2\alpha) + u$, то есть

$$v \cos 45^\circ = (v_0 + u) \cos 60^\circ + u. \quad (2)$$

Решая совместно (1) и (2), получим $v_0 = \frac{\sqrt{3}-1}{\sqrt{2}} v$, $u = \frac{\sqrt{3}-1}{\sqrt{6}} v$.

Критерии оценивания

Определены скорости относительно бруска	2 балла
Учтено, что угол падения шарика, равен углу отражения	2балла
Записаны проекции на ось x	2балла
Записаны проекции на ось y	2 балла
Найдены значения скорость шарика v_0 перед ударом и скорость бруска u	2 балла
Всего	10 баллов