ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ГАЗПРОМ

$(ab)c=a(bc)$ $E=mc^2$

**Использовать только эту сторону листа, обратная сторона не проверяется!**

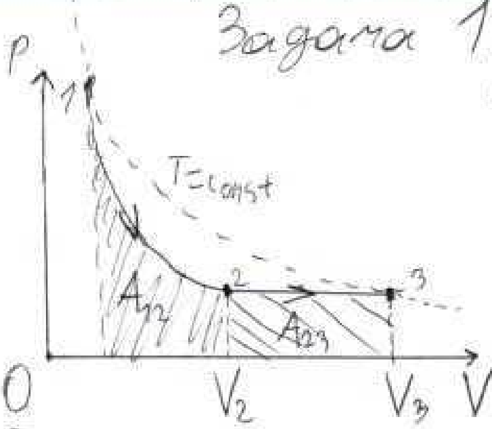
**ШИФР** 4 5 9 9 5

**Класс** 11 **Вариант** 1 **Дата Олимпиады** 03.02.2019

**Площадка написания** МГТУ им. Баумана

| Задача | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Σ Цифрой | Σ Прописью | Подпись |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Оценка | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 30 | тридцать | Боб- |

Задача 1. + 5




Дано: He (гелий), $i=3$, процесс 1–2 адиабатный, процесс 2–3 изобарический, $T_1=T_3$

$A_{12}=4,5\cdot10^3$ (Дж),

$A$ — ?

1) Запишем уравнения состояния идеального газа для состояний 1, 2, 3.

1: $p_1V_1=\nu RT_1$

2: $p_2V_2=\nu RT_2$

3: $p_3V_3=\nu RT_3$

(Закон Клапейрона–Менделеева, где p – давление, V – объём, ν – количество вещества, R – газовая постоянная, T – температура)

2) Преобразуем эти уравнения, зная, что $p_3=p_2$ и $T_1=T_3$.

1: $p_1V_1=\nu RT_1$

2: $p_2V_2=\nu RT_2$

3: $p_2V_3=\nu RT_1$

3) $A=A_{12}+A_{23}$ (A – работа), $A_{23}$ при изобарическом процессе равна $A_{23}=p_2(V_3-V_2)$

4) используя уравнения пункта 2, $A_{23}=p_2(V_3-V_2)=p_2V_3-p_2V_2=\nu RT_1-\nu RT_2=\nu R(T_1-T_2)$

5) рассмотрим адиабатный процесс 1–2. Запишем первый закон термодинамики $Q=A_{12}+\Delta U$, (Q – подведённое тепло, A – работа, ΔU – изменение внутренней энергии). Так как процесс адиабатный, $Q=0$.

ΔU по закону изменения внутренней энергии газа, $\Delta U=\frac{i}{2}\nu R(T_2-T_1)$, i – количество степеней свободы.

$0=A_{12}+\Delta U$ $A_{12}=-\Delta U$ $A_{12}=\frac{i}{2}\nu R(T_1-T_2)$ $T_1-T_2=\frac{2A_{12}}{i\nu R}$

6) подставим результат пятого пункта в результат второго. $A_{23}=\nu R\cdot\frac{2A_{12}}{i\nu R}=\frac{2A_{12}}{i}$

7) суммарно, $A=A_{12}+A_{23}=A_{12}+\frac{2A_{12}}{i}=A_{12}\left(1+\frac{2}{i}\right)$. Проверим единицы измерения: $[Дж]=[Дж]\left(1+\frac{2}{i}\right)$, i – безразмерная величина, всё сходится.

8) Вычислим A, используя данные. $A=4,5\cdot10^3\left(1+\frac{2}{3}\right)=4,5\cdot10^3\cdot\frac{5}{3}=7,5\cdot10^3$ (Дж)

Ответ: 7,5 кДж.

стр 1.

ГАЗПРОМ ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

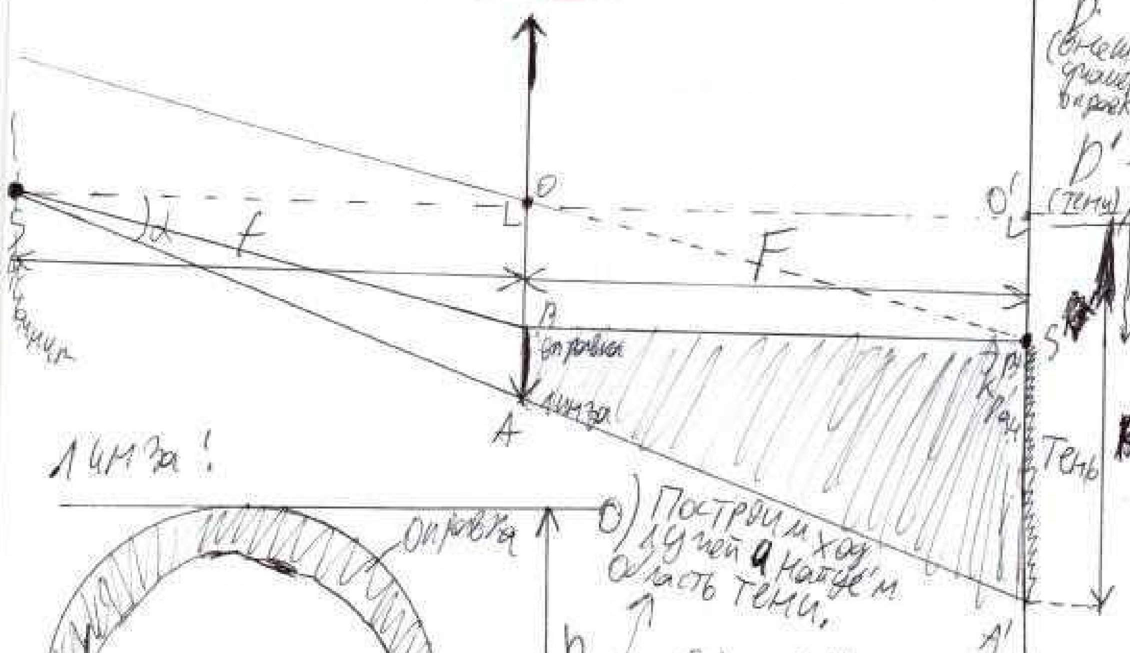
$(a b)c = a(bc)$ $E=mc^2$

**Использовать только эту сторону листа, обратная сторона не проверяется!**

**ШИФР** | 4 | 5 | 9 | 9 | 5 |

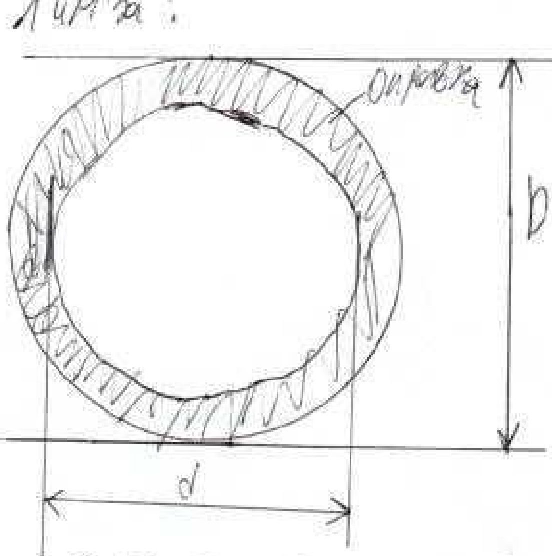
Задача 2.

+ 5




0) Построим ход лучей и найдём область тени.

Линза!




Дано: собирающая линза,
D (внешний диаметр оправки)
F – фокусное расстояние,
f – расстояние от источника S до линзы.
D' – ? (тени)

1) Наибольшим диаметром тени будет её внешний диаметр.

2) $\Delta OSA \sim \Delta O'SA'$ по 2м углам, так как $\angle SOA = \angle SO'A' = 90°$, $\angle OSA = \angle O'SA'$.

3) $\frac{D'}{D} = \frac{F+f}{f}$ (из подобия)

$D' = D\cdot\left(\frac{F}{f}+1\right)$

4) проверим единицы измерения,

$[м]=[м]\left(\frac{[м]}{[м]}+1\right)$, $[м]=[м]$, всё верно.

Построение: 1) Проводим луч из источника через точку A, конец оправки и, так мы находим границу тени, A'.

2) Проводём отрезок SB, где B – конец внутренней части оправки. Проводём побочную ось OS', $OS'\parallel SB$. OS пересекается с фокальной плоскостью (плоскостью экрана) в точке B', туда пойдёт дальше луч SB. B' – внутренняя граница тени.

$O'B'=r'$, $O'A'=R'$, $d'=2r'$, $D'=2R'$.

5) Если нужно было найти размер тени ($L=D'-r'$), то проводём побочную ось OS', которая пересекает фокальную плоскость (плоскость экрана) в точке B', так как туда пойдёт луч, идущий сначала из источника, через точку B. $SB\parallel OS'$, $\angle OSB=\angle O'OS'$, $\Delta OSB \sim \Delta O'OS'$ по 2м углам, $\frac{r'}{r}=\frac{F}{f}$, $r'=r\frac{F}{f}$.

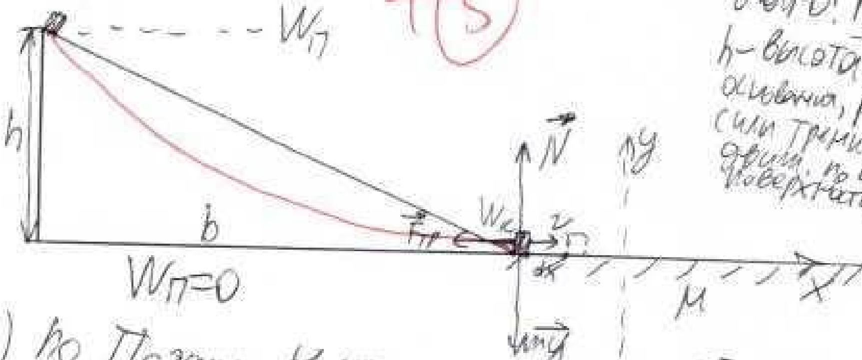
Размер тени $L=D\left(\frac{F}{f}+1\right)-r\frac{F}{f}$.

Ответ: наибольший диаметр тени $D'=D\left(\frac{F}{f}+1\right)$

**Использовать только эту сторону листа, обратная сторона не проверяется!**

**ШИФР** 4 5 9 9 5

Задача 4 +5




Дано: $h, b, P, \mu$,
$h$ – высота, $b$ – длина основания, $P$ – мощность силы трения в начале движения по шероховатой поверхности, $\mu$ – коэффициент трения.

$m$ – ?

1) До перехода на шероховатую поверхность система консервативна, запишем закон сохранения энергии для этого этапа. $\Delta W_к + \Delta W_П = 0$,

$W_П = W_к$, $mgh = \frac{mv^2}{2}$

$v = \sqrt{2gh}$

2) По II-закону Ньютона $\sum\vec{F} = m\vec{a}$, рассмотрим момент в начале перемещения по шероховатой поверхности.

$\vec{F}_{тр} + \vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}$

$OX \uparrow\uparrow \vec{v}$, $OY \uparrow\uparrow \vec{N}$.

$OY$: $N - mg = 0$ $OX$: $-F_{тр} = -ma$

$N = mg$ $F_{тр} = ma$,

$F_{тр} = \mu N$

$F_{тр} = \mu mg$

3) Рассмотрим природу работы $dA = F_{тр} dS$

$P = \frac{dA}{dt}$, $dA = F_{тр} dx$.

$dx = v dt - \frac{a dt^2}{2} = v dt$

$dA = F_{тр} v dt$

$P = \frac{dA}{dt} = F_{тр} v$

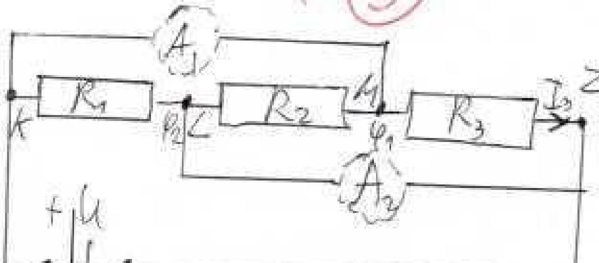
4) $P = \mu mg\sqrt{2gh}$, $m = \frac{P}{\mu g\sqrt{2gh}}$

5) проверим единицы измерения

$\left[\frac{Н}{кг}\right] = \frac{\left[\frac{Н\cdot м}{с}\right]}{\left[\frac{м}{с^2}\right]\sqrt{\left[\frac{м}{с^2}\right][м]}}$ $[Н] = [Н]\cdot\frac{\left[\frac{м}{с}\right]}{\left[\frac{м}{с}\right]}$ $[Н] = [Н]$, всё верно.

6) ~~Вычислим~~ Ответ: $m = \frac{P}{\mu g\sqrt{2gh}}$.

Задача 3. +5




Дано: $I_3 = 10^{-3}(А)$,
$R_1 = 10^3(Ом)$, $R_3 = 3\cdot10^3(Ом)$

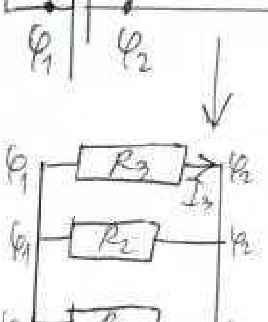
$U$ – ?

1) Напряжение на батарейке равно разности потенциалов на положительном выводе и отрицательным. Обозначим их $\varphi_1$ и $\varphi_2$ соответственно.

$U = \varphi_1 - \varphi_2$

2) Так как сопротивление $A_1$ и $A_2$ можно считать пренебрежимо малым, тогда изменения потенциала на них нет.

$\varphi_M = \varphi_K = \varphi_1$, $\varphi_L = \varphi_Z = \varphi_2$.




3) Преобразуем схему в эквивалентную, изображённую на чертеже внизу.

Резисторы $R_1, R_2, R_3$ соединены параллельно с источником.

4) $U = U_3$ ($U = \varphi_1 - \varphi_2$, $U_3 = \varphi_1 - \varphi_2$).

По закону Ома для участка цепи, $I_3 = \frac{U_3}{R_3}$, $U = U_3 = I_3 R_3$.

5) проверим единицы измерения $[В] = [А]\cdot[Ом]$. Это соотношение верно по закону Ома.

6) Вычислим напряжение на источнике, используя данные $U = 10^{-3}(А)\cdot3\cdot10^3(Ом) = 3(В)$

Ответ: 3В.

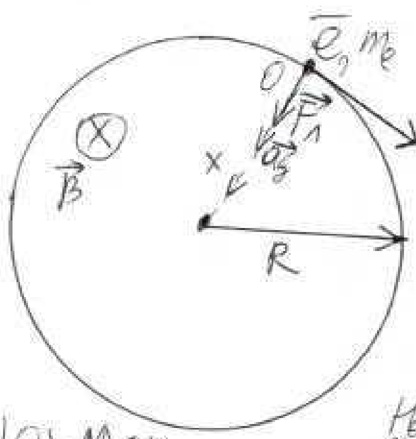
**ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ** ГАЗПРОМ

$(ab)c=a(bc)$ $E=mc^2$

**Использовать только эту сторону листа, обратная сторона не проверяется!**

**ШИФР** 4 5 9 9 5

Задача 6. + 5




Дано: электрон $\left(\frac{e_0}{m}=1{,}76\cdot10^{11}\left(\frac{Кл}{кг}\right)\right)$, $B=0{,}5(Тл)$, $t=10^{-12}(с)$, $q=e_0$

Траектория — окружность

$N$ – ? (число оборотов)

1) $T=\frac{t}{N}$, $N=\frac{t}{T}$ ($t$ – время, $T$ – период)

2) По 2-му закону Ньютона $\sum\vec{F}=m\vec{a}$

Так как электрон движется по окружности, силами, кроме силы Лоренца можно пренебречь, $\vec{a}=\vec{a}_ц$, $\vec{F}_л=m\vec{a}_ц$

3) $\vec{F}_л=q\vec{v}\times\vec{B}$, $F_л=qvB$ (т.к. $v\perp B$) $q$ – заряд, $B$ – индукция магнитного поля, $v$ – скорость.

На чертеже $F_л$ лежит вправо от скорости, электрон движется по часовой стрелке.

4) $OX\uparrow\uparrow\vec{a}_ц$

$OX: F_л=ma_ц$

~~$F_л=qvB$~~

5) $ma_ц=\frac{mv^2}{R}$, $\frac{mv^2}{R}=qvB$, $\frac{R}{v}=\frac{m}{e_0B}$

6) $ma_ц=m\omega^2R$, $\frac{m\cdot4\pi^2\cdot R}{T^2}=qvB$, $T=2\pi\sqrt{\frac{mR}{qvB}}$

7) подставим результат 5 в 6.

$T=2\pi\sqrt{\frac{m}{qB}\cdot\frac{m}{qB}}=2\pi\frac{m}{qB}$

8) $N=\frac{t}{T}=\frac{tqB}{2\pi m}$

9) проверим единицы измерений величин

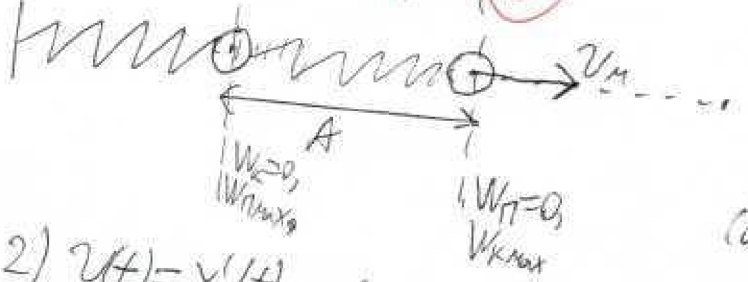
$[\,]=\frac{[с]\cdot[Кл]\cdot\left[\frac{Н}{Кл\cdot\frac{м}{с}}\right]}{[кг]}=\frac{\left[\frac{Н}{\frac{м}{с}}\right]}{[кг]}=\frac{[кг]}{[кг]}$

$[\,]=[\,]$, всё верно.

10) Вычислим $N$ из данных, $N=\frac{10^{-12}\cdot0{,}5}{2\cdot3{,}14}\cdot1{,}76\cdot10^{11}=0{,}014$ (оборота)

Ответ: 0,014 (оборота).

Задача 5. + 5




Дано: $m=0{,}02(кг)$, $T=1(с)$, $W_{км}=4\cdot10^{-4}(Дж)$

$A$ – ? (амплитуда)

1) Так как материальная точка совершает гармонические колебания, то её движение подчиняется уравнению

$X=A\sin(\omega t+\varphi_0)+x_0$

2) $v(t)=x'(t)$, $v(t)=\omega A\cos(\omega t+\varphi_0)$, отсюда максимальная скорость $v_м=\omega A$.

3) Запишем формулу кинетической энергии для нерелятивистских скоростей,

$W_к=\frac{mv^2}{2}$, $v_м=\sqrt{\frac{2W_{км}}{m}}$.

4) приравняем результат п 2 и п3.

$\omega A=\sqrt{\frac{2W_{км}}{m}}$, $A=\frac{1}{\omega}\sqrt{\frac{2W_{км}}{m}}$

6) Вычислим $A$, $\omega=\frac{2\pi}{T}$ $A=\frac{T}{2\pi}\sqrt{\frac{2W_{км}}{m}}=\frac{1}{2\cdot3{,}14}\sqrt{\frac{2\cdot4\cdot10^{-4}}{0{,}02}}=\frac{1}{6{,}28}\cdot2\cdot0{,}1(м)$

$A=0{,}0318(м)\approx3{,}2(см)$

Ответ: 3,2 см.

5) Проверим величины

$[м]=\frac{1}{[с^{-1}]}\sqrt{\frac{[кг]\cdot\left[\frac{м}{с}\right]^2}{[кг]}}$

$[м]=[с]\cdot\left[\frac{м}{с}\right]=[м]$

Всё верно.

стр 4.