Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет»

ЗАДАНИЯ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО ЭТАПА ОЛИМПИАДЫ «Я – БАКАЛАВР» ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ 5-11 КЛАССОВ
2022/2023 учебный год

ФИЗИКА

КЛАСС 8

1. Из некоторого пункта в одно время стартовали три велосипедиста, которые, равномерно двигаясь, приехали по одной и той же дороге в пункт назначения. Найти скорость второго велосипедиста, если скорость первого – V, третьего - $2V$. При этом первый велосипедист затратил на дорогу на час больше второго и на два часа больше третьего.

Дано:	Решение:
$V_1 = V$ $V_3 = 2V$ $V_2 - ?$	Сопоставление пути первого и второго велосипедистов с учетом равномерности их движения:

$V_1 t_1 = V_2 t_2 = V_2(t_1 - 1); V_1 = V; V_2 = V\frac{t_1}{t_1-1}$. (8б)

Сопоставление пути первого и третьего велосипедистов с учетом равномерности их движения:

$Vt_1 = V_3 t_3 = 2V(t_1 - 2);\ t_1 = 4$ часа; (8б)

$V_2 = \frac{4}{3}V$. (4б)

Ответ: $V_2 = \frac{4}{3}V$

2. Горизонтально расположенная линейка имеет две небольшие опоры. Если к одному концу линейки приложить вертикально вниз силу F=0,5 Н, линейка повернется вокруг одной из опор. Если приложить вертикально вниз силу $3F$ к другому концу линейки, линейка повернется вокруг другой опоры.

Промежуток между опорами равен половине длины линейки. Определить массу линейки.

Дано:	Решение:
$F_1 = F$	x, y – расстояния от опор до центра тяжести линейки, L –длина линейки:
$F = 0{,}5$ Н	$x + y = \frac{L}{2}$.
$F_2 = 3F$	Условие баланса моментов сил относительно одной из опор
$m - ?$	

$3F\left(\frac{L}{2} - x\right) = mgx.$ (6б)

Условие баланса моментов сил относительно другой опоры

$F\left(\frac{L}{2} - y\right) = mgy;$ (6б)

$y = \frac{L}{2} - x;\ \ Fx = mg\left(\frac{L}{2} - x\right).$

В результате перемножения двух условий баланса

$3F^2x\left(\frac{L}{2} - x\right) = (mg)^2x\left(\frac{L}{2} - x\right);$

$3F^2 = (mg)^2.$ (4б)

$m = \frac{\sqrt{3}F}{g} = \frac{1{,}73*0{,}5}{10} = 0{,}09$ кг. (4б)

Ответ: *m*=0,09 кг

3. Трубку на 5 см опустили нижним концом, закрытым приложенной пластиной, в ртуть. Затем в трубку залили некоторый объем воды, а потом такой же объем масла. Найти наименьшую высоту столбиков воды и масла в трубке, при которых закрывающая трубку пластина отпадет. Плотность ртути $13{,}6\cdot10^3$ кг/м^3, плотность воды 10^3 кг/м^3, плотность масла $0{,}9\cdot10^3$ кг/м^3.

Дано:	Решение:
$h = 5$ см	$V_1 = V_2 \qquad h_1 = h_2$
$\rho = 13{,}6\cdot10^3$ кг/м^3	Гидростатические давления ртути, воды и масла: $P = \rho gh$
$\rho_1 = 10^3$ кг/м^3	$P_1 = \rho_1 gh_1 \quad P_2 = \rho_2 gh_2$ (2б)
$\rho_2 = 0{,}9\cdot10^3\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Условие равенства гидростатических давлений по обе
$h_1 - ? \quad h_2 - ?$	стороны приложенной пластины:

$$\rho g h = \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2$$

$$\rho g h = g h_1(\rho_1 + \rho_2) \qquad (8б)$$

$$h_1 = \frac{\rho h}{\rho_1 + \rho_2} \qquad (8б)$$

$$h_1 = h_2 = \frac{13{,}6 \cdot 10^3 * 0{,}05}{10^3 + 0{,}9 \cdot 10^3} = 0{,}36 \text{ м} \qquad (2б)$$

Ответ: $h_1 = h_2 = 0{,}36$ м

4. В колбе налитая из бака вода закипает на плитке за 7 минут. После того, как из бака добавляют в колбу еще немного воды, температура воды в колбе понижается на 4^0. Снова кипение в колбе начинается через 30 секунд. Определить температуру воды в баке. Температура кипения воды 100^0 С. Потерями тепла пренебречь.

Дано:	Решение:
$t_1 = 7$ мин $= 420$ с; $t_2 = 30$ с $\Delta T = 4^0$С $T_к = 100^0$С	Теплота, полученная от нагревателя мощностью P в течение времени t_1 выражается в виде: $Q_1^{нагр} = Pt_1$. Уравнение теплового баланса при первичном нагревании массы M воды в колбе в течение времени t_1: $Pt_1 = cM(T_к - T_0)$
$T_0 -$?	

Уравнение теплового баланса при понижении температуры на ΔT после добавления воды массой m :

$$cM\Delta T = cm(T_к - \Delta T - T_0)$$

Из уравнения теплового баланса при понижении температуры на ΔT получаем соотношение масс (1).

$$\frac{m}{M} = \frac{\Delta T}{T_к - \Delta T - T_0} \quad (1) \qquad (4б)$$

Уравнение теплового баланса при вторичном нагревании в течение времени t_2 выражается в виде:

$$Pt_2 = Q_2^{\text{нагр}} = c(M+m)\Delta T$$

После сопоставления уравнений теплового баланса при первичном и вторичном нагревании принимает вид:

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{M(T_{\text{к}} - T_0)}{(M+m)\Delta T} \qquad (2б)$$

Из соотношения времен нагревания $\frac{t_1}{t_2}$ получаем соотношение масс (2).

$$\frac{m}{M} = \frac{t_2(T_{\text{к}} - T_0)}{t_1 \Delta T} - 1 \qquad (2) \qquad (4б)$$

Из сопоставления соотношений масс (1) и (2) получаем выражение для определения T_0.

$$\frac{t_2(T_{\text{к}} - T_0)}{t_1 \Delta T} - 1 = \frac{\Delta T}{T_{\text{к}} - \Delta T - T_0}$$

$$\frac{(T_{\text{к}} - T_0)}{\Delta T}\left[\frac{t_2(T_{\text{к}} - T_0)}{t_1 \Delta T} - 1 - \frac{t_2}{t_1}\right] = 0 \qquad (4б)$$

$$\frac{t_2(T_{\text{к}} - T_0)}{t_1 \Delta T} - 1 - \frac{t_2}{t_1} = 0$$

$$\frac{(T_{\text{к}} - T_0)}{\Delta T} = 1 + \frac{t_1}{t_2}$$

$$T_0 = T_{\text{к}} - \Delta T\left(1 + \frac{t_1}{t_2}\right) \qquad (4б)$$

$$T_0 = 100 - 4 * \left(1 + \frac{420}{30}\right) = 40\ {}^0C \qquad (2б)$$

Ответ: $T_0 = 40\ {}^0C$

5. Если включить лампочку в сеть, то в соединительных проводах теряется k1 процентов используемой. энергии. Найти процент энергии, рассеиваемой на соединительных проводах, при уменьшении сопротивления лампочки в четыре раза, если k1=3%.

Дано:	Решение:
k_1=3%.	

$R_1 = R_1$ $R_2 = 0{,}25R_1$ $= 0{,}25R$	Мощность тока в цепи из лампочки сопротивлением R и соединительных проводов сопротивлением r выражается в виде: $$P_1 = \frac{U^2}{r+R}.$$
$k_2 - ?$	

По закону Ома сила тока в цепи из лампочки сопротивлением R и соединительных проводов сопротивлением r:

$$I_1 = \frac{U}{r+R}.$$

Мощность, рассеиваемая на соединительных проводах, при сопротивлении лампочки R

$$\eta_1 P_1 = I_1^2 r = \left(\frac{U}{r+R}\right)^2 r; \qquad (4б)$$

$$\eta_1 = \frac{k_1}{100\%}.$$

С учетом выражения для P_1 получаем параметр η_1, характеризующий мощность, рассеиваемую на соединительных проводах, при сопротивлении лампочки R

$$\eta_1 = \frac{r}{r+R}\,. \qquad (2б)$$

Аналогично получаем параметр η_2, характеризующий мощность, рассеиваемую на соединительных проводах, при сопротивлении лампочки $0{,}25R$

$$\eta_2 = \frac{r}{r+0{,}25R}.$$

Из выражения для η_1 находим соотношение $\frac{r}{R}$, которое подставляем в выражение для η_2, получим.

$$\eta_1 \frac{r}{R} + \eta_1 = \frac{r}{R}$$

$$\frac{r}{R} = \frac{\eta_1}{1-\eta_1} \qquad (4б)$$

$$\eta_2 \frac{r}{R} + 0{,}25\eta_2 = \frac{r}{R}$$

$$\eta_2 \frac{\eta_1}{1-\eta_1} + 0{,}25\eta_2 = \frac{\eta_1}{1-\eta_1} \qquad (4б)$$

$$\eta_2 = \frac{\eta_1}{0{,}25 + 0{,}75\eta_1} \qquad (4б)$$

$$k_2 = \eta_2 100\%$$

$$k_2 = 11\% \qquad (2б)$$

Ответ: $k_2 = 11\%$

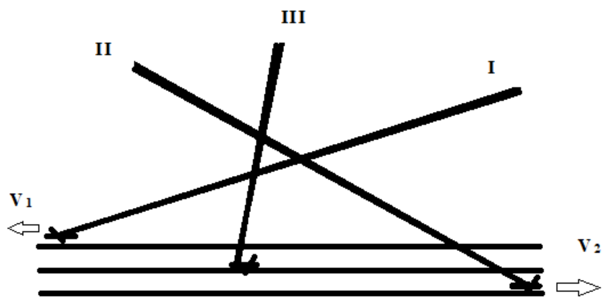
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет»

ЗАДАНИЯ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО ЭТАПА ОЛИМПИАДЫ «Я – БАКАЛАВР» ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ 5-11 КЛАССОВ 2022/2023 учебный год

ФИЗИКА

КЛАСС 9

1. На параде летящие параллельными курсами самолеты выпускают цветной газ. Первый и второй самолеты летят в разные стороны. Скорости первого и второго самолетов равны υ_1 = 500 км/час и υ_2 = 700 км/час соответственно. Следы, оставленные этими газами в воздухе, представлены на рисунке.



Найти:

1 – скорость ветра;

2 – скорость третьего самолета.

При решении возможно использовать линейку.

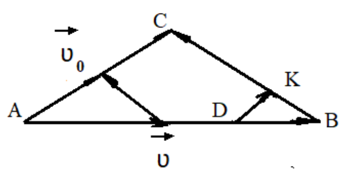
<table>
<tr><td>Дано:
v_1=500км/час
v_2=700км/час</td><td rowspan="2">Решение:


Рисунок 1
1. Клубы газа, выпущенные самолетом в точке A, за время t, будут снесены ветром в точку C. $\overrightarrow{AC} = \overrightarrow{v_0}t,\ \overrightarrow{AB} = \vec{v}t,\ \overrightarrow{BC} = \overrightarrow{AC} - \overrightarrow{AB}.$ $\overrightarrow{AB}$ –премещение самолета за это же время, $\overrightarrow{BC}$ – направление шлейфа газов, $\overrightarrow{v_0}$ – скорость ветра, $\vec{v}$ – скорость самолета. Докажем, что направление вектора $(\overrightarrow{v_0} - \vec{v})$</td></tr>
<tr><td>v_0–?
v_3–?</td></tr>
</table>

совпадает с направлением $\overrightarrow{BC}$. Пусть в некоторой точке D самолет выпустил газ. Тогда к моменту, когда самолет будет в точке B, газ будет снесен ветром в точку K, лежащую на BC, так как $\frac{|AC|}{|AB|} = \frac{|KD|}{|DB|} = \frac{v_0}{v}$. Кроме того, AC параллельна KD. Следовательно, ΔABC подобен ΔDBK. Поэтому угол ABC и угол DKB–это один и тот же угол. Тогда точка K должна лежать на линии BC, как отмечено на рисунке 1. (4б)

2. Для нахождения скорости ветра построим в едином масштабе скорости первого и второго самолетов (рисунок 2).

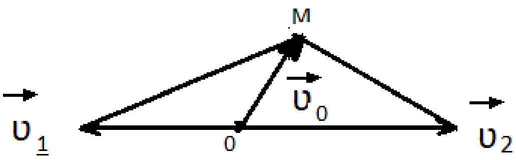


Рисунок 2

Из концов векторов скоростей проведем прямые, параллельные соответствующим направлениям движения, выброшенных клубов газа. Отрезок M0 в используемом масштабе будет равен скорости ветра v_0. v_0 = 35 км/час. (8б)

3. Определим скорость третьего самолета. Проведем через точку M прямую, параллельную шлейфу газов, выброшенных из третьего самолета. Пересечение этой прямой с прямой, по которой движется третий самолет, определяют скорость третьего самолета (рисунок 3). v_3 = 20 км/час, (отрезок 0Q). (8б)

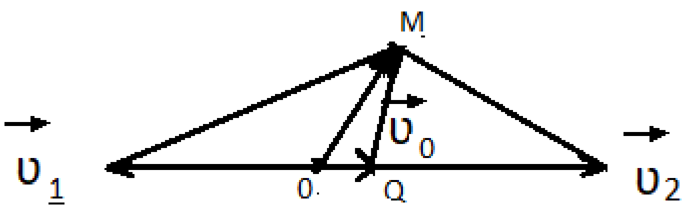
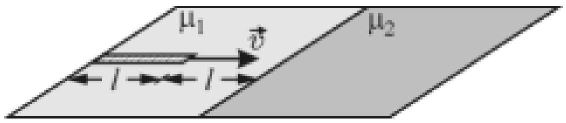


Рисунок 3

Ответ: v_0 = 35 км/час, v_3 = 20 км/час.

4. Строители толкнули тонкий однородный брус длиной l = 2 м так, что он скользит слева направо в соответствии с рисунком вдоль поверхности, состоящей из двух площадок: асфальта и утрамбованного грунта. Коэффициент трения между брусом и асфальтом -

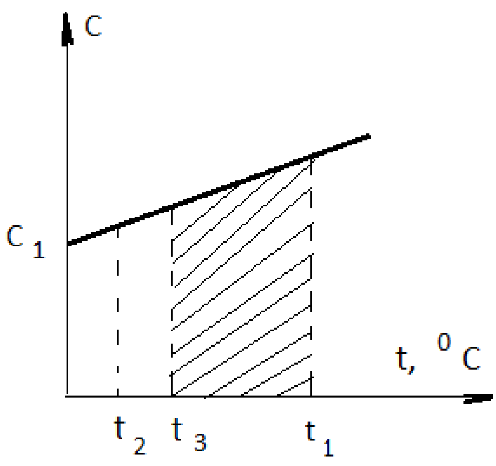


$\mu_1 = 0{,}1$, коэффициент трения между грунтом и брусом μ_2. В тот момент, когда расстояние между границей раздела площадок и правым концом бруса равно l, скорость бруса равна υ=3м/с. Вектор скорости бруса направлен перпендикулярно границе раздела. Найдите максимальное значение коэффициента трения μ_2, при котором брус полностью попадет на грунтовую площадку.

<table>
<tr><td>Дано:
υ= 3 м/с
l= 2 м
$\mu_1 = 0{,}1$
———
μ_2–?</td><td>Решение:
Модуль работы сил трения в процессе движения бруса равен А=$A_1 + A_2 + A_3$.
$A_1 = \mu_1 mgl$ –модуль работы силы трения бруса при перемещении по асфальту до границы раздела площадок.</td></tr>
<tr><td colspan="2">$A_{2.3}$ –модули работы силы трения при перемещении бруса с левой стороны на правую. (5б)
Модуль силы трения, действующей на асфальтовой поверхности на часть бруса длиной x, выражается в виде: $F_1 = \mu_1 \frac{mg}{l} x$. Так как сила меняется линейно от 0 до $\mu_1 mg$, поэтому модуль работы этой силы на перемещении l равен $A_2 = \frac{1}{2}\mu_1 mgl$. Аналогично модуль работы силы трения F_2при перемещении по грунту выражается в виде: $A_3 = \frac{1}{2}\mu_2 mgl$. (5б)</td></tr>
</table>

Считаем, что брус полностью остановился, полностью переместившись на грунтовую площадку. Тогда согласно теореме об изменении кинетической энергии получим: $\frac{m\upsilon^2}{2} = \mu_1 mgl + \frac{1}{2}\mu_1 mgl + \frac{1}{2}\mu_2 mgl.$ (5б) Из этого уравнения находим μ_2. $\mu_2 = \frac{\upsilon^2}{gl} - 3\mu_1.$ $\mu_2 = \frac{3^2}{10*2} - 3\cdot 0,1 = 0,15$ (5б) Ответ: $\mu_2 = 0,15$.

5. Цилиндр из некоторого материала массой m_1= 2 кг, нагретого до температуры t_1=100^{0}С опускают в калориметр с водой массой m_2 при температуре t_2=20^{0}С. Одновременно в калориметр добавляют лед массой m_3=0,15 кг при нуле градусов. После установления теплового равновесия температура в калориметре оказалась равной t_3=60^{0}С. Удельная теплоемкость цилиндра линейно зависит от температуры по закону: $c=c_1(1+\alpha t)$, где c_1=1,4⋅10^{3}Дж/(кг⋅^{0}С), α=0,014^{0}С$^{-1}$. Известно, что удельная теплоемкость воды c_2=4,2⋅10^3 Дж/(кг⋅^{0}С), удельная теплота плавления льда λ=333,5 кДж/кг. Теплоемкостью калориметра и тепловыми потерями пренебречь. Определить первоначальную массу m_2 воды в калориметре.

Дано: m_1= 2 кг t_1=100^{0}С t_2=20^{0}С m_3=0,15 кг t_3=60^{0}С $c=c_1(1+\alpha t)$ c_1=1,41⋅0^{3}Дж/(кг⋅^{0}С)	 (5б)

$\alpha=0,014\,^0C^{-1}$ $c_2=4,2\cdot10^3$ Дж/(кг$\cdot$^{0}С) λ=330 кДж/кг	
m_2-?	

Решение:

Количество тепла Q_1, которое брусок отдает воде массой m_2, и льду массой m_3, охлаждаясь до температуры $t_3=60^0$С, численно равно площади прямоугольной трапеции, представленной на графике зависимости удельной теплоемкости от температуры, умноженной на массу бруска m_1.

$$Q_1=c_1m_1\left(\frac{1+\alpha t_1+1+\alpha t_3}{2}\right)\cdot(t_1-t_3)=c_1m_1\left((t_1-t_3)+\frac{\alpha}{2}(t_1^2-t_3^2)\right); \qquad (5б)$$

С другой стороны, количество тепла, которое получила вода массой m_2, и лед массой m_3, выражается в виде:

$$Q_2=c_2m_2(t_3-t_2)+\lambda m_3+c_2 m_3(t_3-0)=c_2m_2(t_3-t_2)+m_3(\lambda+c_2t_3); \qquad (5б)$$

Согласно уравнению баланса тепла $Q_1=Q_2$.

$$m_2=\frac{c_1m_1\left((t_1-t_3)+\frac{\alpha}{2}(t_1^2-t_3^2)\right)-m_3\,(\lambda+c_2\cdot t_3)}{c_2\,(t_3-t_2)};$$

$$m_2=\frac{1,4*10^3\cdot2\left((100-60)+\frac{0,014}{2}(100^2-60^2)\right)-0,15\cdot\left(330\cdot10^3+4,2\cdot10^3\cdot60\right)}{4,2\cdot10^3(60-20)}=$$

=0,41кг (5б)

Ответ: m_2=0,41 кг

6. При строительстве моста конвейер поднимает щебень на высоту h=15м. При превышении нормы подачи щебня электродвигатель конвейера останавливается при напряжении U=400 В и силе тока I_1=25 А. Пусть электродвигатель, работая в нормальном режиме, потребляет ток I_2=15А. Определить количество подаваемого гравия в секунду;

Дано:

h=15м

U=400 В

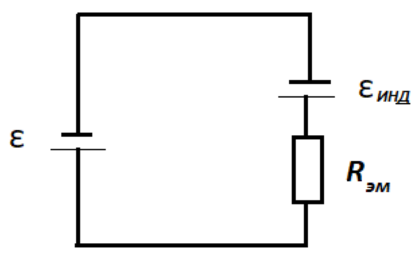
I_1= 25 А

I_2=15А

m -?

$\varepsilon_{\text{инд}}$–?

Решение:



Электромотор является омическим элементом, в котором наряду с преобразованием электрической энергии в тепло на проводах, происходит ее превращение в механическую энергию по поднятию песка. За счет работы сторонних сил (здесь это сила противодействия силе Лоренца) возникает ЭДС индукции, направленная против ЭДС источника. В результате по закону Ома для полной цепи сила тока в цепи:

$I=\dfrac{\varepsilon-\varepsilon_{\text{инд}}}{R}$; (4б)

Здесь R- полное сопротивление цепи. Если мотор не вращается и, следовательно, не совершается механическая работа, то $\varepsilon_{\text{инд}}=0$. Ток в цепи в этом случае будет максимальным – I_2=20 А. Из закона Ома для этого случая

$R=\dfrac{\varepsilon}{I_1}=\dfrac{400\ B}{25\ A}=$ 16 Ом. (4б)

Это сопротивление, естественно, останется таким же и во втором случае, когда I_2=15А.

Перепишем закон Ома для всей цепи в виде:

$\varepsilon=\varepsilon_{\text{инд}}+I_2*R.$ (4б)

Домножим правую и левую часть на I_2, получим:

$\varepsilon I_2=I_2^2R+\varepsilon_{\text{инд}}I_2.$

Здесь: $W_{\text{полная}}=\varepsilon I_2$- мощность источника; $W_0=I_2^2R$- мощность тепловых потерь; $W_{\text{полезн}}=\varepsilon_{\text{инд}}I_2$ – механическая мощность электромотора, т.е. работа, ежесекундно совершаемая двигателем по поднятию песка.

<table>
<tr><td></td><td>$W_{\text{полезн}}= mgh; \varepsilon I_2 = I_2^2 R + mgh;$ так как $R=\frac{\varepsilon}{I_1}$;то (4б)

$\varepsilon I_2 = I_2^2 \frac{\varepsilon}{I_1} + mgh;$ $m = UI_2\left(1-\frac{I_2}{I_1}\right)\frac{1}{gh}$.

$m = 400\cdot 15\cdot(1-\frac{15}{25})\frac{1}{15*10} = 16\,\frac{\text{кг}}{\text{с}}$. (4б)

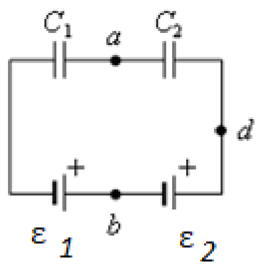
Ответ: m =16 $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$.</td></tr>
</table>

7. Два конденсатора с емкостями C_1=6 мкФ и C_2=6 мкФ и два источника с ε_1=20 В и ε_2=10 В соединены, как указано на рисунке. Внутреннее сопротивление источников не учитывать. Определить:

1– напряжение на каждом конденсаторе;

2–разность потенциалов между точками a и b.

<table>
<tr><td>Дано:
C_1=6 мкФ
C_2=3мкФ
ε_1=20 В
ε_2=10 В</td><td rowspan="2">Решение:



Конденсаторы соединены последовательно, поэтому их общая емкость равна: C=$\frac{C_1\,C_2}{C_1+C_2}$. (4б)

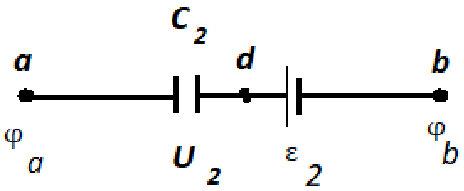
Заряды на каждом равны заряду на эквивалентном конденсаторе:
$q_1 = q_2 = q = C(\varepsilon_1+\varepsilon_2)$. (4б)
Напряжения на конденсаторах:
$U_1 = \frac{q_1}{C_1} = \frac{C(\varepsilon_1+\varepsilon_2)}{C_1} = \frac{C_2(\varepsilon_1+\varepsilon_2)}{(C_1+C_2)}$; (2б)</td></tr>
<tr><td>U_1, U_2 -?
U_{ab} -?</td></tr>
</table>

$$U_2 = \frac{q_2}{C_2} = \frac{C(\varepsilon_1+\varepsilon_2)}{C_2} = \frac{C_1(\varepsilon_1+\varepsilon_2)}{(C_1+C_2)}. \qquad (2б)$$

$$U_1 = \frac{3\cdot10^6(10+20)}{9*10^6} = 10 \text{ В.} \qquad (2б)$$

$$U_2 = \frac{6\cdot10^6(10+20)}{9*10^6} = 20 \text{ В.} \qquad (2б)$$

Найдем напряжение на участке ab. Для этого рассмотрим участок цепи *adb*.



Из рисунка видно, что $\varphi_a - \varphi_d = U_2$; $\varphi_b - \varphi_d = \varepsilon_2$.

Вычтем из первого второе соотношение, получим:

$\varphi_a - \varphi_b = U_2 - \varepsilon_2 = 20 - 10 = 10$В. (4б)

Ответ: $U_1 = 10$ В; $U_2 = 20$В; $\varphi_a - \varphi_b = 10$В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет»

ЗАДАНИЯ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО ЭТАПА ОЛИМПИАДЫ «Я – БАКАЛАВР» ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ 5-11 КЛАССОВ
2022/2023 учебный год

ФИЗИКА

КЛАСС 10

1. Упругую игрушку уронили на пол, отскакивая от которого игрушка теряет каждый раз k процентов энергии.

Найти: 1) на какую высоту поднялась игрушка после пятого соударения с полом; 2) высоту h, с которой падала игрушка, если она начала движение из состояния покоя, за время 10 с игрушка ударилась об пол ровно семь раз, k=30%. Ускорение свободного падения считать равным 10 м/с^2, сопротивлением воздуха пренебречь. Ответ выразить в метрах.

<table>
<tr><td>Дано:
$t = 10$ с
$k = 30\%$</td><td rowspan="2">Решение:
Расстояние, пройденное при свободном падении без начальной скорости до первого соударения, равно $h = \frac{gt_0^2}{2}$.</td></tr>
<tr><td>$h_5 -$?
$h -$?</td></tr>
<tr><td colspan="2">Потенциальная энергия в конце подъема на высоте h_1 после первого соударения выражается в виде:
$mgh_1 = (1-\mu)mgh\ \mu = k/100\%$
$h_1 = (1-\mu)h = (1-\mu)\dfrac{gt_0^2}{2} = \dfrac{gt_1^2}{2}$
Время подъема после первого соударения:
$t_1 = t_0\sqrt{1-\mu}$
$h_2 = (1-\mu)h_1 = (1-\mu)^2\dfrac{gt_0^2}{2} = \dfrac{gt_2^2}{2}$
$t_2 = t_0\left(\sqrt{1-\mu}\right)^2$</td></tr>
</table>

$h_n = (1-\mu)h_{n-1} = (1-\mu)^n \dfrac{gt_0^2}{2} = \dfrac{gt_n^2}{2}.$ Время подъема после n-го соударения t_n рассчитывается по формуле: $t_n = t_0\left(\sqrt{1-\mu}\right)^n$ (8 б) Времена t_n (n=0, 1, 2, …) создают геометрическую прогрессию. $t = t_0 + 2t_1 + 2t_2 + \ldots + 2t_n$ $$t = t_0 + 2\left[t_0\sqrt{1-\mu} + t_0\left(\sqrt{1-\mu}\right)^2 + \cdots + t_0\left(\sqrt{1-\mu}\right)^n\right].$$ В результате суммирования членов геометрической прогрессии получим $t = -t_0 + 2t_0 \frac{1-\left(\sqrt{1-\mu}\right)^{n+1}}{1-\sqrt{1-\mu}}$ (8 б) $t_0 = t\left[-1 + 2\,\dfrac{1-\left(\sqrt{1-\mu}\right)^{n+1}}{1-\sqrt{1-\mu}}\right]^{-1}$ $h = \frac{gt_0^2}{2} = 8$ м (2 б) $h_5 = (1-\mu)^5 h = 1$ м. (2 б) Ответ: $h = 8$м, $h_5 = 1$ м.

2. Цилиндрическую палочку, в вертикальном положении плавающую в жидкости, необходимо в вертикальном положении полностью погрузить в эту жидкость. Определить минимальную требуемую для этого работу, если радиус палочки 3 см, высота палочки 8 см, плотность материала палочки 0,8 г/см^3, плотность жидкости 1,2 г/см^3.

Дано:	Решение:
$R = 3$ см $h = 8$ см $\rho_{п} 0{,}8\,\dfrac{г}{см^3}$ $\rho_{ж} = 1{,}2\,\dfrac{г}{см^3}$	Сила Архимеда при погружении части длиной x. $F_A = \rho_{ж} g\pi R^2 x$ Уравнение баланса сил при наличии внешней силы F.
$A-?$	

$mg + F = F_A$ (2б) $m = \rho_п \pi R^2 h$ Уравнение баланса сил при отсутствии внешней силы $\rho_п \pi R^2 h = \rho_ж g \pi R^2 x_0$ $x_0 = \frac{\rho_п h}{\rho_ж}$ $F(x) = F_A - mg = \rho_ж g \pi R^2 \left(x - \frac{\rho_п h}{\rho_ж}\right)$ (7б) $F(x) = \rho_ж g \pi R^2 (x - x_0)$ Работа внешней силы $A = F_{ср}(h - x_0)$ (2б) Средняя сила с учетом линейной зависимости внешней силы от x. $F_{ср} = \frac{1}{2} F(h)$ $A = \frac{1}{2} F(h)(h - x_0) = \frac{1}{2} \rho_ж g \pi R^2 (h - x_0)^2$ $A = \frac{1}{2} \rho_ж g \pi R^2 h^2 \left(1 - \frac{\rho_п}{\rho_ж}\right)^2$ (7б) $A = 0{,}01$ Дж (2 б) Ответ: А=0,01 Дж.

3. По гладкому полу со скоростью 1 м/с движется доска массой 10 кг. На доску помещают тело массой 1 кг. Коэффициент трения между телом и доской равен 0,1. Когда тело и доска начали двигаться с одной скоростью, доска внезапно остановилась из-за преграды. На какое расстояние относительно доски в итоге переместится тело? Ускорение свободного падения примите равным 10 м/с^2. Ответ приведите в сантиметрах, округлив до целых.

Дано:	Решение:
$v = 1$ м/с $M = 10$ кг $m = 1$ кг	По закону сохранения импульса

$\mu = 0{,}1$	$Mv = (M+m)u$
$S-?$	(4б) $u = \frac{Mv}{M+m}$

Изменение полной механической энергии при выравнивании скоростей доски и тела из-за трения

$$\Delta E = \frac{Mv^2}{2} - \frac{(M+m)u^2}{2} = \frac{Mmv^2}{2(M+m)} = \mu mgS_1 \qquad (5б)$$

$$S_1 = \frac{Mv^2}{2(M+m)\mu g}$$

Изменение полной механической энергии тела из-за трения при внезапной остановке доски

$$\frac{mu^2}{2} = \mu mgS_2 \qquad (4б)$$

$$S_2 = \frac{M^2v^2}{2(M+m)^2\mu g}$$

$$S = |S_2 - S_1| = \frac{Mmv^2}{2(M+m)^2\mu g} \qquad (5б)$$

$S = 4$ см (2б)

Ответ: $S = 4$ см

4. Температура t_1 воздуха в помещении с неплотно закрытой форточкой равна температуре наружного воздуха. После подключения обогревателя воздух в помещении постепенно нагревается до температуры t_2. Определить работу и изменение внутренней энергии воздуха в помещении при нагреве, если объем помещения 100 м^3, атмосферное давление 10^5 Па, t_1 = -15 ^{0}C, t_2 = +30 ^{0}C.

Дано:	Решение:
$V = 100$ м^3 $p_0 = 10^5$ Па t_1 = -15 ^{0}C t_2 = +30 ^{0}C	$p_1 = p_2 = p_0 = p_{атм}$ (2б) Начальное и конечное значения внутренней энергии воздуха в помещении
$\Delta U-?\ A-?$	

$U_1 = \nu_1 \frac{5}{2} RT_1$

$U_2 = \nu_2 \frac{5}{2} RT_2$ Уравнения Менделеева-Клапейрона для начального и конечного состояний воздуха в помещении

$p_1 V_1 = \nu_1 \, RT_1$

$p_2 V_2 = \nu_2 \, RT_2$

$V_1 = V_2 = V$

$p_1 V_1 = p_2 V_2 = p_0 V$

$p_0 V = \nu_1 \, RT_1 = \nu_2 \, RT_2$ (4б)

$\Delta U = U_2 - U_1 = 0$ (4б)

Работа газа для изобарного расширения при выходе воздуха из помещения

$A = p_0 \Delta V$

$\Delta V = V - V_3$

Уравнение Менделеева-Клапейрона для начального состояния ν_2 молей воздуха в помещении

$p_0 V_3 = \nu_2 \, RT_1$

$\frac{V_3}{V} = \frac{T_1}{T_2}$

$V_3 = V \frac{T_1}{T_2}$

$\Delta V = V \left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right)$ (4б)

$A = p_0 \Delta V = p_0 V \left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right)$ (4б)

$A = 1{,}5$ МДж . (2б)

Ответ: $A = 1{,}5$ МДж .

5. По круговой траектории радиусом R=0,5 м перемещается тело с массой =0,1 кг и зарядом q=0,5 Кл. В центре круговой траектории находится заряд − Q= −1 Кл. Найти наименьшую дополнительную скорость в направлении движения, необходимую для значительного удаления тела от центрального

заряда. Сопротивлением движению и гравитационным взаимодействием пренебречь.

Дано:	Решение:
R=0,5 м m=0,1 кг q=0,5 Кл Q= −1 Кл	По закону сохранения энергии при значительном удалении тела от центрального заряда $\frac{m(v+\Delta v)^2}{2} = \frac{qQ}{4\pi\varepsilon_0 R}$ (7б)
Δv−?	

По второму закону Ньютона

$$ma = F$$

Центростремительное ускорение

$$a = \frac{V^2}{R}$$

Сила кулоновского взаимодействия

$$F = \frac{qQ}{4\pi\varepsilon_0 R^2}$$

В соответствии со вторым законом Ньютона для начального состояния движения

$$\frac{mv^2}{R} = \frac{qQ}{4\pi\varepsilon_0 R^2}$$

$$v = \sqrt{\frac{qQ}{4\pi\varepsilon_0 mR}}$$ (7б)

$$\frac{m(v+\Delta v)^2}{2} = V^2 m$$

$$(v + \Delta v)^2 = 2V^2$$

$$\Delta v = v(\sqrt{2} - 1)$$ (4б)

$$\Delta v = \sqrt{\frac{qQ}{4\pi\varepsilon_0 mR}}(\sqrt{2} - 1)$$

$$\Delta v = 1{,}2 \cdot 10^5 \text{ м/с}$$ (2б)

Ответ: $\Delta v = 1{,}2 \cdot 10^5$ м/с

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет»

**ЗАДАНИЯ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО ЭТАПА
ОЛИМПИАДЫ «Я – БАКАЛАВР»
ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ 5-11 КЛАССОВ
2022/2023 учебный год**

ФИЗИКА

КЛАСС 11

1. Траектория движения космического зонда, движущегося к планете Марс, является параболой. Для максимального сближения с поверхностью Марса зонд должен перейти на круговую орбиту. В результате такого перехода зонд снижает свою скорость, при этом относительная скорость истечения газов из двигателя зонда равна $\upsilon^* = 5*10^3$ м/с. Радиус Марса составляет 53% от радиуса Земли. Ускорение свободного падения на Марсе g_M=3,8 м/с^2. Радиус Земли принять равным 6400 км. Трением пренебречь. Определите:

1-на сколько изменилась скорость зонда при торможении;

2-какую часть составляет масса использованного топлива от массы корабля в результате торможения.

<table>
<tr><td>Дано:
Дано:
$\upsilon^*=5*10^3$ м/с
g_M=3,8 м/с^2
$R_M/R_З$ = 0,53
———
$\Delta\upsilon$-?
Δm-?</td><td>Решение:

Полная механическая энергия космического зонда, летящего к Марсу по параболической траектории на бесконечно большом расстоянии от него, равна нулю.
По закону сохранения энергии в точке наибольшего сближения зонда с Марсом, его полная механическая энергия тоже должна быть равна нулю, т.е.</td></tr>
<tr><td colspan="2">$\frac{mv_0^2}{2}$ - $G\frac{M_M*m}{R_M} = 0,$ υ_0–скорость зонда в точке максимального сближения,
m–масса зонда, $M_M -$ масса Марса, $R_M -$ радиус Марса. (4б)
Отсюда:</td></tr>
</table>

$v_0 = \sqrt{2G\frac{M_M}{R_M}}; \qquad g_M = \frac{G}{{R_M}^2}M_M;$ (2б)

$v_0 = \sqrt{2g_M R_M}$=$\sqrt{2*3{,}8*6400*0{,}53*10^3}$=5,08*$10^3$м/с. (2б)

В процессе торможения скорость зонда должна уменьшиться до первой космической скорости (v_1), так как траектория движения зонда переходит в окружность.

Тогда, согласно второму закону Ньютона, выполняется соотношение:

$\frac{mv_1^2}{R_M} = g_M * m;$ (2б)

$$v_1 = \sqrt{g_M R_M} = \sqrt{3{,}8*6400*0{,}53*10^3} = 3{,}590*\frac{10^3\text{м}}{\text{с}}.$$

Следовательно, $\Delta\upsilon$=$v_0 - v_1 = 1{,}49*10^3\,\frac{\text{м}}{\text{с}}$. (2б)

Считая, что время сгорания топлива очень мало и продукты сгорания выброшены одной порцией, по закону сохранения импульса можно записать:

mv_0= (m − Δm)v_1+Δm (υ^*+v_0); (6б)

$(m - \Delta m)\Delta\upsilon = \Delta m v^*$.

Тогда $\Delta m = \frac{\Delta\upsilon}{\upsilon*+\Delta\upsilon}m = 0{,}23m.$ (2б)

Ответ: $\Delta\upsilon$=$1{,}49*10^3\,\frac{\text{м}}{\text{с}}$; $\Delta m = 0{,}23m$.

2. Газообразный аргон находится в двух сосудах. Давление аргона в каждом из сосудов одинаково и равно p=0,1МПа. Каждый из сосудов соединен теплоизолированной перемычкой малого диаметра с третьим, теплоизолированным сосудом. Температуры аргона в первом и втором сосудах равны Т= 300 К и 4Т соответственно. Найти установившиеся внутри третьего теплоизолированного объема:

1- температуру аргона в третьем сосуде;

2- давление аргона в третьем сосуде.

Дано:	Решение:
p=10^5Па T_1=300 K T_2=4 T_1	В равновесном состоянии число частиц в третьем сосуде должно оставаться постоянным. $N=N_1+N_2$. N_1, N_2 - число частиц, уходящих из первого и второго сосудов соответственно.
T_3 -? p_3 -?	Число частиц, попадающих в третий сосуд через площадку

площадью S за время Δt в виде: $N=N_1+N_2=\frac{1}{2}n_1Sv_{1x}\Delta t+\frac{1}{2}n_2Sv_{2x}\Delta t$, где n_1, n_2 – концентрации частиц в первом и во втором сосуде соответственно, v_{1x}и v_{2x}- среднее значения модулей проекций скоростей частиц на ось в первом и втором объеме в направлении, перпендикулярном отверстиям соответственно. (2б)

Число частиц, покидающих третий сосуд за тоже самое время - $N_0=2*\frac{1}{2}n_0Sv_x\Delta t$. Здесь n_0-концентрация частиц в третьем сосуде; v_x-среднее значение модуля скорости частиц вдоль оси x. (2б)

$n_1v_{1x}+n_2v_{2x}=2\,n_0v_x$; (2б)

Скорости v_{1x}, v_{2x}, v_x–пропорциональны средним квадратичным скоростям частиц. Средняя квадратичная скорость выражается в виде: $\upsilon=\sqrt{\frac{3kT}{m}}$, здесь k-постоянная Больцмана, m-масса молекулы, T-температура газа.

Концентрация частиц определяется в виде: $n=\frac{p}{kT}$. (2б)

Используя эти уравнения, получим:

$p_1T_1^{-\frac{1}{2}}+p_2T_2^{-\frac{1}{2}}=2p_3T_3^{-\frac{1}{2}}$;

$p\ \ T^{-\frac{1}{2}}+p\ \ (4*T)^{-\frac{1}{2}}=2p_3T_3^{-\frac{1}{2}}$; (2б)

Полная энергия частиц в третьем сосуде тоже не меняется.

Средняя кинетическая энергия одной одноатомной частицы идеального газа равна: $<\varepsilon>=\frac{3}{2}kT$. Тогда уравнение баланса энергии, приходящей в третий сосуд, равная энергии, уносимой частицами из него за одно и то же время через отверстия площадью S, выражается в виде:

$N_1\frac{3}{2}kT_1 + N_2\frac{3}{2}kT_2 = N_0\frac{3}{2}kT_3.$ (4б)

Упростив его, получим $p\ \ T^{\frac{1}{2}} + p\ \ (4*T)^{\frac{1}{2}} = 2p_3T_3^{\frac{1}{2}}$;

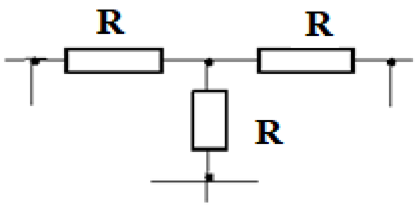
Добавив к нему ранее $p\ \ T^{-\frac{1}{2}} + p\ \ (4*T)^{-\frac{1}{2}} = 2p_3T_3^{-\frac{1}{2}}$ (4б)

полученное, найдем $T_3 = 2T = 600$ К;

$p_3 = 3p/2\sqrt{2} =$ $1{,}06*10^5$ Па. (2б)

Ответ: $T_3 = 600\ K, p_3 = 1{,}06*10^5$ Па.

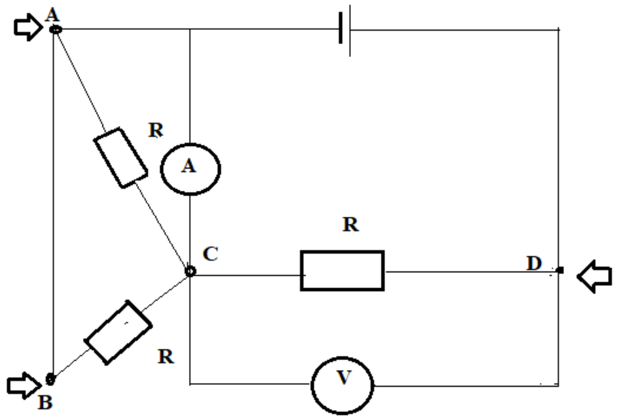
3. Ученику, пытающемуся подчинить электроприбор, необходимо измерить одно из сопротивлений электрической схемы, часть которой представлена на рисунке. Все сопротивления одинаковы. В своем распоряжении он имеет идеальные источник тока, ЭДС которого ε, реостат, вольтметр, амперметр. Схема, собранная учеником для получения нужной информации, не должна содержать разрывов контактов сопротивлений, представленных на рисунке.



1- Представить и обосновать рисунок требуемого варианта схемы.

2- Формулы, определяющие величину сопротивления.

Дано: R_1=R_2 = $R_3 = R$,	Решение:
ε R–? Схема соединения-?	Идея схемы состоит в том, чтобы два из трех сопротивлений подключить к точкам с одинаковыми потенциалами. Тогда ток через каждый из них течь не будет. Источник тока, амперметр и оставшееся сопротивление должны образовывать замкнутую цепь. Вольтметр надо подключить параллельно сопротивлению R. (8б) Тогда схема подключения для определения сопротивления R может выглядеть так.



(8б)

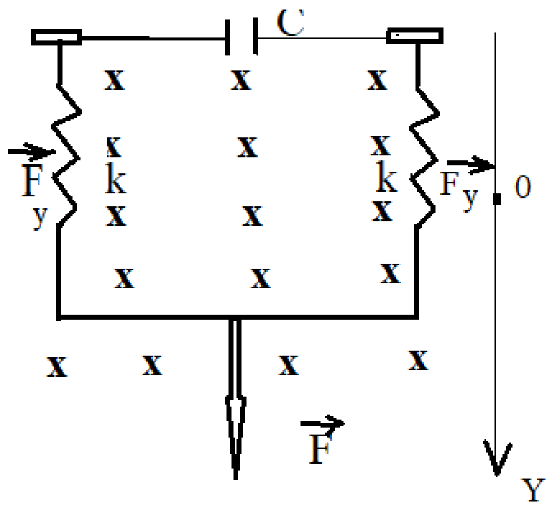
На схеме точки A, B и C имеют одинаковый потенциал, так как амперметр, идеальный. Тогда вольтметр покажет ε, а амперметр покажет силу тока I.

(2б)

Согласно закону Ома для участка цепи получим: $R = \frac{\varepsilon}{I}$. (2б)

4. Плоский м конденсатор емкостью C=200 мкФ с помощью двух параллельных пружин жесткости, которых $k_1=k_2=k=10$ Н/см соответственно, соединен с медным стержнем. Эта конструкция находится в магнитном поле, вектор индукции которого направлен перпендикулярно плоскости, в которой расположен проводник и пружины в направлении от нас, а величина равна B=100 Тл. Некоторая сила, действующая в вертикальной плоскости, выводит стержень один раз из положения равновесия, после чего стержень совершает малые вертикальные колебания. Масса стержня m=20 г, длина стержня l=0,2 м. Сопротивление, индуктивность и емкость проводников не учитывать.

1- Объяснить характер движения стержня в вертикальной плоскости, сделав соответствующий рисунок.
2- Определить период малых вертикальных колебаний стержня.

Дано:	Решение:
C=200 мкФ; $k_1=k_2=k=10$ Н/см$=10^3$Н/м; B=100 Тл; m=20г$=2*10^{-2}$кг; l=0,2 м; $e=1{,}6 10^{-19}$Кл ———— T-?	 Рисунок

Эквивалентная жесткость двух пружин, соединенных параллельно, равна 2k. (2б)

В равновесном состоянии в отсутствии внешнего магнитного поля статическое удлинение определяется из второго закона Ньютона в виде:

$$2k * \Delta x_0 = mg,\ \Delta x_0 = \frac{mg}{2k}. \qquad (2б)$$

Уравнения движения стержня на пружинах, который будем рассматривать как пружинный маятник, совершающий малые колебания в вертикальной плоскости, имеет вид:

$$mg - 2k\Delta x = ma, \Delta x = \Delta x_0 + x, \text{ ma=-2kx}, \ \omega = \sqrt{\frac{2k}{m}}. \qquad (2б)$$

В магнитном поле в стержне, колеблющемся в магнитном поле, под действием силы Лоренца индуцируется электродвижущая сила ЭДС (ε) $\varepsilon = evBl.$ (2б)

За счет этого электрического поля конденсатор заряжается до заряда

$q = C\varepsilon.$ (2б)

Колебания совершаются с переменной скоростью, поэтому заряд q и ЭДС индукции ε будут меняться, т.е. в цепи потечет переменный ток.

$I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = eCBl\frac{\Delta v}{\Delta t} = eCBla, a$ −ускорение стержня. (2б)

На проводящий стержень в магнитном поле будет действовать сила Ампера в виде: $F_A = IB\,l$=eaB^2l^2C. (2б)

Характер движения стержня будет теперь определяться не только силой упругости, но и силой Ампера направление которой будет определяться правилом Ленца, а величина будет зависеть от ускорения. (2б)

Сила Ампера всегда будет направлена к положению равновесия. Поэтому уравнение движения с учетом силы Ампера будет иметь вид:

ma= - 2kx - eaB^2l^2C или $a(m +$ e$B^2l^2C)$= - 2kx. (2б)

Это колебания пружинного маятника, масса которого больше, чем в отсутствии магнитного поля на величину $\Delta m =$eB^2l^2C. (2б)

Период малых (гармонических) колебаний определяется в виде:

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m+eB^2l^2C}{2k}}=2\pi\sqrt{\frac{2*10^{-2}+1,6^{-19}*10^4*410^{-2}*2*10^{-4}}{2*10^3}} = 20$мс (2б)

Ответ: Т = 20 мс.

5. Турист пытается с помощью пучка сухой травы и стеклянного шара, показатель преломления которого равен n=1,5, разжечь костер. Радиус шара равен R=2,5 см. Определите на каком расстоянии от пучка сухой травы надо расположить центр стеклянного шара.

Дано:	Решение
R= 0,025м	
OA -?	

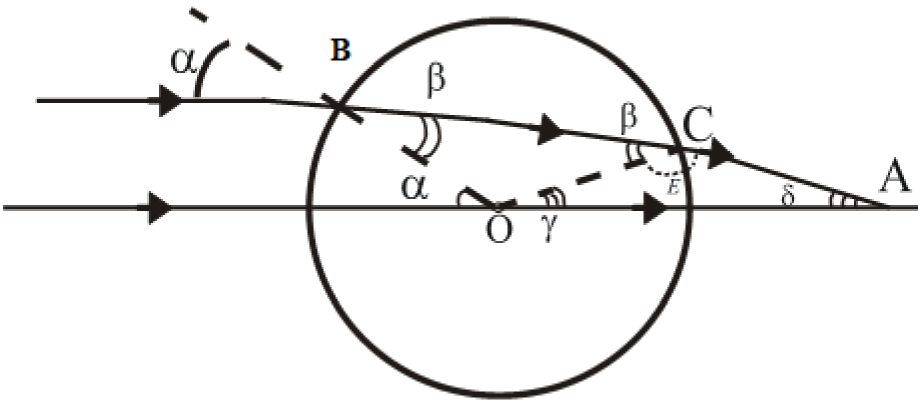


Рисунок (6б)

Поскольку источник света – Солнце – «бесконечно» далеко, пучок солнечных лучей можно считать параллельным. Покажем на рисунке ход пары лучей. После преломления в шаре они сойдутся в точке А (фокусе), соответственно, на этом расстоянии от пучка сухой травы и следует поместить центр шара. (4б)

Значит, требуется найти расстояние ОА. Углы $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ малы. Для таких углов справедливо: $\sin x \approx x, tgx \approx x$ (где угол x выражен в радианах).

Закон преломления на первой границе: $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n$ или $\alpha \approx \beta n$. (2б)

Из треугольников ВОС и ОСА видно, что углы равны $\gamma = \pi - \alpha - (\pi - 2\beta) = 2\beta - \alpha = \beta(2-n)$, и $\delta = \alpha - \gamma = 2\beta(n-1)$.

Запишем теорему синусов для треугольника ОАС:

$\frac{OA}{OC} = \frac{\sin\varepsilon}{\sin\delta}$, откуда $OA = OC\frac{\sin\varepsilon}{\sin\delta}$.

Учитывая, что $\sin\varepsilon = \sin(\pi - \alpha) = \sin\alpha \approx \alpha \approx \beta n$, получим:

$$OA = R\frac{\beta n}{2\beta(n-1)} = R\frac{n}{2(n-1)} = R\frac{1{,}5}{2(1{,}5-1)} = \frac{3}{2}R = 0{,}0375м$$ (8б)

Ответ: ОА=0,0375 м