ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ГАЗПРОМ

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

Площадка написания
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Шифр 91100 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

Заполняется проверяющим строго по образцу

Образец заполнения: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	0	8	16	16	16	24		

Оценка цифрами: 092

Оценка прописью: девяноста два

Подпись

(1) $g_1 = \frac{1}{4} g_0$, где g_0 – ускорение свободного падения на пов-ти Земли

g_1 – ускорение силы тяжести на некоторой высоте h от пов-ти земли

по условию $g_1 = 0{,}25 g_0$

По 2ЗН: на пов-ти Земли: $F_T = mg_0$; на высоте h: $F_T = mg_1$

по закону всемирного тяготения на пов-ти Земли: $F_{T_1} = m\frac{GM}{R^2}$

на высоте h над пов-ю: $F_{T_1} = \frac{mGM}{(R+h)^2}$

Здесь M – масса Земли, R – радиус Земли

получаем:

$$\begin{cases} mg_0 = \frac{GmM}{R^2} \\ mg_1 = \frac{mGM}{(R+h)^2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} g_0 = \frac{GM}{R^2} \\ g_1 = \frac{GM}{(R+h)^2} \end{cases}$$

Т.к. $g_1 = \frac{1}{4} g_0 \Rightarrow \frac{GM}{(R+h)^2} = \frac{GM}{4R^2} \Rightarrow (R+h)^2 = 4R^2$, $R, h > 0 \Rightarrow$

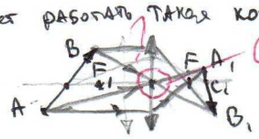
$\Rightarrow 2R = (R+h) \Rightarrow R = h$

На высоте над пов-ю Земли, равной ее радиусу, ускорение в 4 р. меньше ускорения на поверхности.

Ответ: $h = R_З = 6400$ км

(2) Изображение A_1B_1 стрелки AB уменьшенное $\Rightarrow$ это либо рассеивающая линза, либо собирающая, но AB находится ~~[illegible]~~ за двойным фокусом.

Однако если изображение пересекает ГОО линзы, то такие рассуждения неверны. Может работать такая конструкция:



Пользуемся правилами: 1) Луч, проходящий через ГОО линзы, проходит ее без преломления и не меняет направления

2) Луч, идущий ∥ ГОО линзы, после преломления проходит через ее фокус.

Точка C, лежащая на ГОО линзы, обязана дать изображение C_1, которое тоже лежит на ГОО линзы

ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ГАЗПРОМ

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

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

Площадка написания

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

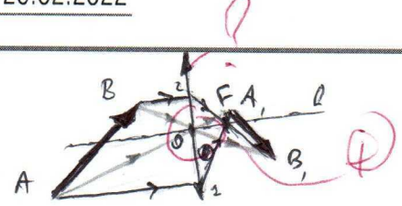
Шифр 91100 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

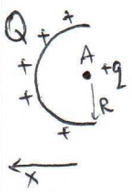
Итак, проведем прямые AA_1 и BB_1 - они пересекаются в точке O. O - глав. опт. центр линзы

лучи $A1$ и $B2$, параллельные главной опт. оси линзы, преломляются в ней так, что проходят через фокус и приходят в точки A_1 и B_1 изображения соответственно.

Прямая l через точки F и O - гл. опт. ось линзы.



4 1) Определим потенциал заряженной полусферы в точке, где находится шарик. Возьмём небольшой заряд Δq на пов-ти полусферы; он создает потенциал $\Delta\varphi = \frac{k\Delta q}{R}$ в т. A



Потенциал многих зарядов - алгебраическая сумма их потенциалов.

$$\varphi_A = \sum \Delta\varphi = \sum k\frac{\Delta q}{R} = \frac{k}{R}\sum \Delta q = \frac{kQ}{R}.$$

Энергия электрического взаимодействия заряженных полусферы и шарика:

$$W_0 = q\cdot\varphi_A = \frac{kqQ}{R}.$$

После пережигания нити сразу же тела остаются неподвижными и энергия их взаимодействия не поменяется.

2) После пережигания нити на систему „полусфера + шарик" не действует внешних сил. Пусть U - скорость сферы на бесконечном удалении от шарика, v - скорость шарика на беск. удалении от полусферы. По закону сохранения импульса для системы:

OX: $0 = MU - mv \Rightarrow mv = MU \Rightarrow v = U\frac{M}{m}$.

3) Негравитационных сил на систему после пережиг. нити не действует => выполняется закон сохранения энергии для системы: $W_0 = \frac{mv^2}{2} + \frac{MU^2}{2}$.

4) $\begin{cases} mv = MU \rightarrow U = v\frac{m}{M} \\ W_0 = \frac{mv^2}{2} + \frac{MU^2}{2} \end{cases} \Rightarrow W_0 = \frac{m(U\frac{m}{M})^2}{2} + \frac{MU^2}{2} = \frac{U^2}{2}\left(m\cdot\frac{M^2}{m^2} + M\right) = \frac{1}{2}U^2\cdot\frac{M^2+Mm}{m} = \frac{M+m}{2}U^2\cdot\frac{M}{m}$

$$U^2 = W_0\cdot\frac{2}{M+m}\cdot\frac{m}{M} = \frac{kqQ}{R}\cdot\frac{2m}{M(m+M)}, \text{ где } k = 9\cdot10^9\ \frac{Н\cdot м^2}{Кл^2}$$

$$U = \sqrt{\frac{2kqQ}{R}\cdot\frac{m}{M}\cdot\frac{1}{m+M}}$$

Ответ: $U = \sqrt{\frac{2kqQ}{R(m+M)}\cdot\frac{m}{M}}$

ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ГАЗПРОМ

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

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

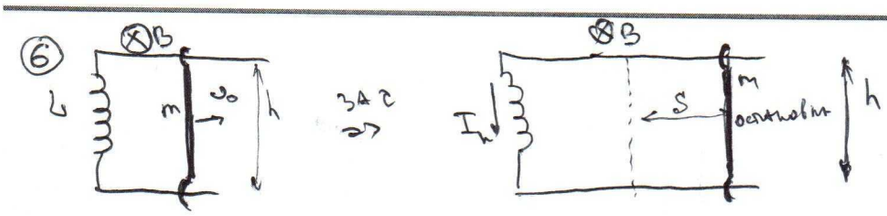
Площадка написания

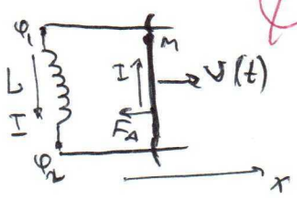
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

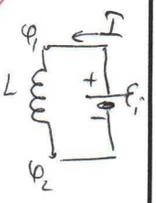
Шифр 91100 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

(6)







1) Рассмотрим систему в произвольный момент времени t:

Рассмотрим ⊕ полож. заряд в перемычке. Вместе с перемычкой он движ. вправо ⇒ по пр. левой руки опр. направление силы Лоренца на эту частицу: вверх ⇒ полож. заряды по перемычке движутся вверх ⇒ в контуре ток течет ↻.

2) $U_L=\varphi_1-\varphi_2$ – напряж. на катушке. $U_L = L I'(t)$.

По формуле ЭДС индукции, возникшая в контуре $\mathcal{E}_i = B v(t)\cdot h$

При этом $\mathcal{E}_i = \varphi_1-\varphi_2 = U_L$, т.е. $Bh\cdot v(t) = L I'(t)$.

В момент остановки перемычки $v_k=0 \Rightarrow I'(t)=0 \Rightarrow I=I_{max}$, $U_L=0$.

3) На перемычку действует только сила Ампера $F_A = BIh\sin 90° = BIh$.

Тогда $ma_x = -BIh = -F_A$

~~$BhU_x = LI' \Rightarrow Bh\frac{dU}{dt} = L\frac{dI}{dt} \Rightarrow BhdU = LdI$ (*)~~

~~Проинтегрируем выражение (*) от 0 до τ: $Bh\int_0^\tau dU = L\int_0^\tau dI$~~

~~где τ – время до остановки перемычки.~~

~~$\int_0^\tau dU = U(\tau)-U(0) = 0-v_0 = -v_0$;~~

~~$\int_0^\tau dI = I(\tau)-I(0) = I_k$~~

~~$U(\tau)=0 \Rightarrow \mathcal{E}_i(\tau)=0 \Rightarrow U_L(\tau)=0 \Rightarrow I_k=I_{max}$~~

5) Для перемычки запишем закон изменения кинетической энергии: $A_{\substack{всех\\сил}} = \Delta E_k = E_k(\tau)-E_k(0) = 0-\frac{mv_0^2}{2} = -\frac{mv_0^2}{2}$.

При этом $A_{\substack{всех\\сил}} = A_{F_A}$. Также верно, что $A_{F_A} = -A_{\mathcal{E}_i}$ – работа ЭДС индукции в контуре

6) Для катушки по закону изм. энергии в цепи $A_{\mathcal{E}_i} = \Delta W_L = W_L(\tau)-W_L(0) = \frac{LI^2(\tau)}{2} - 0 = \frac{LI_k^2}{2}$,

$A_{\mathcal{E}_i} = -A_{F_A} \Rightarrow -\frac{mv_0^2}{2} = -\frac{LI_k^2}{2} \Rightarrow I_k^2 L = mv_0^2 \Rightarrow I_k = \sqrt{\frac{mv_0^2}{mL}}$

(7) ~~$ma_x = -BIh \Rightarrow m\frac{dv_x}{dt} = -BIh \Rightarrow m\int_0^\tau dv_x = -BIh\int_0^\tau dt$~~

~~$\int_0^\tau dv_x = v_x - v_{x_0} = 0 - v_0 = -v_0$;~~

~~$\int_0^\tau dt = \tau \Rightarrow m(-v_0) = -BIh\tau$~~

ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ГАЗПРОМ

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

Площадка написания
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Шифр 91100 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

Заполняется проверяющим строго по образцу

Образец заполнения: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	0	8	16	16	16	24		

Оценка цифрами: 092

Оценка прописью: девяноста два

Подпись

(1) $g_1 = \frac{1}{4} g_0$, где g_0 – ускорение свободного падения на пов-ти Земли

g_1 – ускорение силы тяжести на некоторой высоте h от пов-ти земли

по условию $g_1 = 0{,}25 g_0$

По 2ЗН: на пов-ти Земли: $F_T = mg_0$; на высоте h: $F_T = mg_1$

по закону всемирного тяготения на пов-ти Земли: $F_{T_1} = m\frac{GM}{R^2}$

на высоте h над пов-ю: $F_{T_1} = \frac{mGM}{(R+h)^2}$

Здесь M – масса Земли, R – радиус Земли

получаем:

$$\begin{cases} mg_0 = \frac{GmM}{R^2} \\ mg_1 = \frac{mGM}{(R+h)^2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} g_0 = \frac{GM}{R^2} \\ g_1 = \frac{GM}{(R+h)^2} \end{cases}$$

Т.к. $g_1 = \frac{1}{4} g_0 \Rightarrow \frac{GM}{(R+h)^2} = \frac{GM}{4R^2} \Rightarrow (R+h)^2 = 4R^2$, $R, h > 0 \Rightarrow$

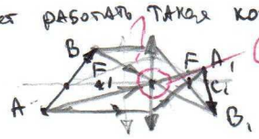
$\Rightarrow 2R = (R+h) \Rightarrow R = h$

На высоте над пов-ю Земли, равной ее радиусу, ускорение в 4 р. меньше ускорения на поверхности.

Ответ: $h = R_З = 6400$ км

(2) Изображение A_1B_1 стрелки AB уменьшенное $\Rightarrow$ это либо рассеивающая линза, либо собирающая, но AB находится ~~[illegible]~~ за двойным фокусом.

Однако если изображение пересекает ГОО линзы, то такие рассуждения неверны. Может работать такая конструкция:



Пользуемся правилами: 1) Луч, проходящий через ГОО линзы, проходит ее без преломления и не меняет направления

2) Луч, идущий ∥ ГОО линзы, после преломления проходит через ее фокус.

Точка C, лежащая на ГОО линзы, обязана дать изображение C_1, которое тоже лежит на ГОО линзы

ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ГАЗПРОМ

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

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

Площадка написания

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

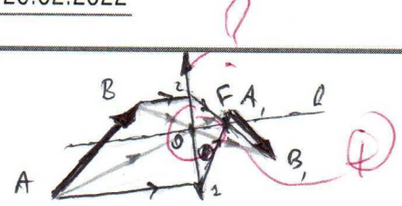
Шифр 91100 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

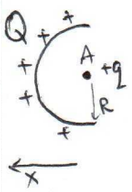
Итак, проведем прямые AA_1 и BB_1 - они пересекаются в точке O. O - глав. опт. центр линзы

лучи $A1$ и $B2$, параллельные главной опт. оси линзы, преломляются в ней так, что проходят через фокус и приходят в точки A_1 и B_1 изображения соответственно.

Прямая l через точки F и O - гл. опт. ось линзы.



4 1) Определим потенциал заряженной полусферы в точке, где находится шарик. Возьмём небольшой заряд Δq на пов-ти полусферы; он создает потенциал $\Delta\varphi = \frac{k\Delta q}{R}$ в т. A



Потенциал многих зарядов - алгебраическая сумма их потенциалов.

$$\varphi_A = \sum \Delta\varphi = \sum k\frac{\Delta q}{R} = \frac{k}{R}\sum \Delta q = \frac{kQ}{R}.$$

Энергия электрического взаимодействия заряженных полусферы и шарика:

$$W_0 = q\cdot\varphi_A = \frac{kqQ}{R}.$$

После пережигания нити сразу же тела остаются неподвижными и энергия их взаимодействия не поменяется.

2) После пережигания нити на систему „полусфера + шарик" не действует внешних сил. Пусть U - скорость сферы на бесконечном удалении от шарика, v - скорость шарика на беск. удалении от полусферы. По закону сохранения импульса для системы:

OX: $0 = MU - mv \Rightarrow mv = MU \Rightarrow v = U\frac{M}{m}$.

3) Негравитационных сил на систему после пережиг. нити не действует => выполняется закон сохранения энергии для системы: $W_0 = \frac{mv^2}{2} + \frac{MU^2}{2}$.

4) $\begin{cases} mv = MU \rightarrow U = v\frac{m}{M} \\ W_0 = \frac{mv^2}{2} + \frac{MU^2}{2} \end{cases} \Rightarrow W_0 = \frac{m(U\frac{m}{M})^2}{2} + \frac{MU^2}{2} = \frac{U^2}{2}\left(m\cdot\frac{M^2}{m^2} + M\right) = \frac{1}{2}U^2\cdot\frac{M^2+Mm}{m} = \frac{M+m}{2}U^2\cdot\frac{M}{m}$

$$U^2 = W_0\cdot\frac{2}{M+m}\cdot\frac{m}{M} = \frac{kqQ}{R}\cdot\frac{2m}{M(m+M)}, \text{ где } k = 9\cdot10^9\ \frac{Н\cdot м^2}{Кл^2}$$

$$U = \sqrt{\frac{2kqQ}{R}\cdot\frac{m}{M}\cdot\frac{1}{m+M}}$$

Ответ: $U = \sqrt{\frac{2kqQ}{R(m+M)}\cdot\frac{m}{M}}$

ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ГАЗПРОМ

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

Площадка написания

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

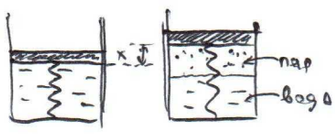
Шифр 91100 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

---

(5) $M=1кг$
$S=20см^2$
$t_0=0°C$
$k=30\frac{Н}{м}$
$t=100°C$
$m_п=?$

1) Пусть масса пара, который испарился, равна $m_п$. Эта масса равна массе испарившейся воды, которая до испарения занимала объем $\Delta V_в=\frac{m_п}{\rho}$, ρ – плотн. воды.
2). После испарения поршень поднялся на некоторую высоту x. Тогда образовавшийся пар занимает объем $\Delta V_в + xS = V_п$.



3) После установления равновесия поршень неподвижен. Пусть в этом состоянии давление пара под поршнем $p_п$. Тогда:

на поршень действует сила тяжести Mg вниз, сила давления со стороны пара $p_пS$ вверх и сила упругости растянутой пружины вниз

условие равновесия: $p_пS = kx + Mg \Rightarrow kx = p_пS - Mg \Rightarrow x = \frac{p_пS-Mg}{k}$

4) Считая пар ид. газом, для него верно ур-е Менделеева Клапейрона: $p_пV_п = \nu_пRT$.
$\nu_п$ – кол-во вещества пара; $\nu_п=\frac{m_п}{\mu}$, где $\mu=18г/моль$ – молярная масса воды. H_2O.

5) В равновесном состоянии после нагрева вода и пар находятся в равновесии $\Rightarrow$ давление пара равно давлению насыщ. пара при данной температуре. При $t=100°C$ давл. нас. пара равно $p_0=10^5Па$ (p_0 – норм. атм. давл.). Получаем $p_0V_п=\frac{m_п}{\mu}RT$ $(T=t+273K=373K)$.

6) $p_0(\Delta V_п + xS) = \frac{m_п}{\mu}RT$

$p_0\left(\frac{m_п}{\rho}+xS\right)=\frac{m_п}{\mu}RT$

$p_0\frac{m_п}{\rho}+p_0xS=\frac{m_пRT}{\mu} \Rightarrow m_п\left(\frac{p_0}{\rho}-\frac{RT}{\mu}\right)=-p_0Sx \Rightarrow m_п=\frac{-p_0Sx}{\frac{p_0}{\rho}-\frac{RT}{\mu}}=\frac{p_0Sx}{\frac{RT}{\mu}-\frac{p_0}{\rho}}$

Подставл. $x=\frac{p_0S-Mg}{k}$: $m_п=\frac{p_0S}{\frac{RT}{\mu}-\frac{p_0}{\rho}}\cdot\frac{p_0S-Mg}{k}=\frac{p_0S(p_0S-Mg)}{\frac{RTk}{\mu}-\frac{p_0k}{\rho}}=\frac{S(p_0S-Mg)}{\frac{RTk}{\mu p_0}-\frac{k}{\rho}}$.

$$\boxed{m_п=\frac{S}{k}\cdot\frac{p_0S-Mg}{\frac{RT}{\mu p_0}-\frac{1}{\rho}}}$$

$$m_п=\frac{20\cdot10^{-4}м^2}{30\frac{Н}{м}}\cdot\frac{10^5Па\cdot20\cdot10^{-4}м^2-1кг\cdot10\frac{Н}{кг}}{\frac{8{,}31\frac{Дж}{моль\cdot K}\cdot373K}{0{,}018\frac{кг}{моль}\cdot10^5Па}-\frac{1\cdot м^3}{1000кг}}\approx7{,}359\cdot10^{-3}кг\approx7{,}36г\approx7{,}4г$$

Ответ: 7,4

ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ГАЗПРОМ

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

Площадка написания

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Шифр 91100 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

7) Имеем выражения: $ma_x = -BI(t)h \Rightarrow -BI(t)\cdot h = m\frac{dV_x}{dt} \Rightarrow -BhI(t)dt = m\,dV_x$ (1)

$BhV(t) = +LI' \Rightarrow +L\frac{dI}{dt} = BhV(t) \Rightarrow +L\,dI = BhV(t)dt$ (2)

(1): $m\,dV_x = -BhI(t)dt$ τ – время движения перемычки до остановки

(2): $+L\,dI = BhV(t)dt$.

Проинтегрируем выражение (1) от $t=0$ до $t=\tau$: $m\int_0^\tau dV_x = -Bh\int_0^\tau I(t)dt$

$\int_0^\tau dV_x = 0 - V_{x0} = -V_0$; $\int_0^\tau I(t)dt = \int_0^\tau dq = q$ – заряд, прошедший через перемычку.

Проинтегрируем выражение (2) от $t=0$ до $t=\tau$: $+L\int_0^\tau dI = Bh\int_0^\tau V(t)dt$

$\int_0^\tau dI = I(\tau) - I(0) = I(\tau) = I_k$; $\int_0^\tau V(t)dt = \int_0^\tau dx = S$ – расстояние пройденное до остановки

Тогда имеем: $m\cdot(-V_0) = -Bh\cdot q$; $\Rightarrow q = \frac{mV_0}{Bh}$

$+L\cdot I_k = +BhS \Rightarrow \underbrace{S = \frac{LI_k}{Bh}}$

из п.6) $I_k = \sqrt{\frac{m}{L}}\cdot V_0 \Rightarrow S = \frac{L}{Bh}\cdot\sqrt{\frac{m}{L}}V_0 = \frac{\sqrt{mL}V_0}{Bh}$.

1

$S = \frac{V_0}{Bh}\sqrt{mL}$ – расстояние, пройденное перемычкой до остановки

$[S] = \frac{м}{Вб\cdot м}\sqrt{кг\cdot Гн} = \frac{1}{Вб\cdot с}\sqrt{кг\cdot Гн} = \frac{A\cdot м\sqrt{кг}}{с\cdot Н}\cdot\frac{\sqrt{В}\cdot\sqrt{с}}{\sqrt{A}} = \frac{м\cdot\sqrt{кг}}{с\cdot кг\cdot м}\cdot с^2\frac{\sqrt{В}\sqrt{с}\sqrt{A}}{A}$

$Н = Вб\cdot A\cdot м \Rightarrow Вб = \frac{Н}{A\cdot м}$; $В = Гн\cdot\frac{A}{с} \Rightarrow Гн = \frac{с\cdot В}{A}$

$Гн\cdot\frac{A}{с} = Вб\cdot\frac{м}{с}\cdot м \Rightarrow Гн = \frac{Вб\cdot м^2}{с^2\cdot A}\cdot с = \frac{Вб\,м^2}{с\cdot A}$

$\frac{1}{с\cdot Вб}\sqrt{кг}\cdot\frac{\sqrt{Вб}\cdot м}{\sqrt{с}\sqrt{A}} = \frac{м\cdot\sqrt{кг}}{с\sqrt{с}\cdot\sqrt{Вб}\sqrt{A}} = \frac{м\cdot\sqrt{кг}}{с\cdot\sqrt{с}}\cdot\frac{1}{\sqrt{A}}\cdot\frac{\sqrt{A}\cdot\sqrt{м}}{\sqrt{Н}} = \sqrt{\frac{кг}{с}}\cdot\frac{с\sqrt{кг}}{\sqrt{кг\cdot м}} = м$

1

Ответ: $S = \frac{V_0\sqrt{mL}}{Bh}$

ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ГАЗПРОМ

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

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

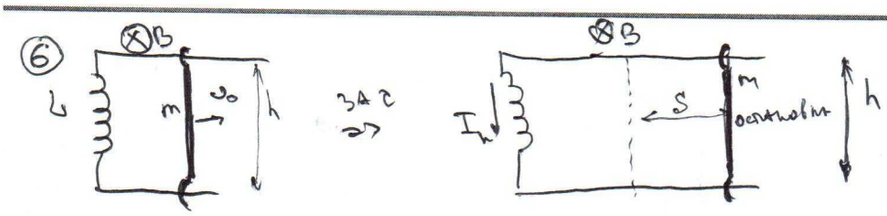
Площадка написания

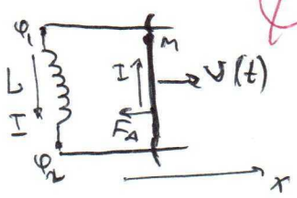
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

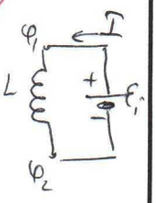
Шифр 91100 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

(6)







1) Рассмотрим систему в произвольный момент времени t:

Рассмотрим ⊕ полож. заряд в перемычке. Вместе с перемычкой он движ. вправо ⇒ по пр. левой руки опр. направление силы Лоренца на эту частицу: вверх ⇒ полож. заряды по перемычке движутся вверх ⇒ в контуре ток течет ↻.

2) $U_L=\varphi_1-\varphi_2$ – напряж. на катушке. $U_L = L I'(t)$.

По формуле ЭДС индукции, возникшая в контуре $\mathcal{E}_i = B v(t)\cdot h$

При этом $\mathcal{E}_i = \varphi_1-\varphi_2 = U_L$, т.е. $Bh\cdot v(t) = L I'(t)$.

В момент остановки перемычки $v_k=0 \Rightarrow I'(t)=0 \Rightarrow I=I_{max}$, $U_L=0$.

3) На перемычку действует только сила Ампера $F_A = BIh\sin 90° = BIh$.

Тогда $ma_x = -BIh = -F_A$

~~$BhU_x = LI' \Rightarrow Bh\frac{dU}{dt} = L\frac{dI}{dt} \Rightarrow BhdU = LdI$ (*)~~

~~Проинтегрируем выражение (*) от 0 до τ: $Bh\int_0^\tau dU = L\int_0^\tau dI$~~

~~где τ – время до остановки перемычки.~~

~~$\int_0^\tau dU = U(\tau)-U(0) = 0-v_0 = -v_0$;~~

~~$\int_0^\tau dI = I(\tau)-I(0) = I_k$~~

~~$U(\tau)=0 \Rightarrow \mathcal{E}_i(\tau)=0 \Rightarrow U_L(\tau)=0 \Rightarrow I_k=I_{max}$~~

5) Для перемычки запишем закон изменения кинетической энергии: $A_{\substack{всех\\сил}} = \Delta E_k = E_k(\tau)-E_k(0) = 0-\frac{mv_0^2}{2} = -\frac{mv_0^2}{2}$.

При этом $A_{\substack{всех\\сил}} = A_{F_A}$. Также верно, что $A_{F_A} = -A_{\mathcal{E}_i}$ – работа ЭДС индукции в контуре

6) Для катушки по закону изм. энергии в цепи $A_{\mathcal{E}_i} = \Delta W_L = W_L(\tau)-W_L(0) = \frac{LI^2(\tau)}{2} - 0 = \frac{LI_k^2}{2}$,

$A_{\mathcal{E}_i} = -A_{F_A} \Rightarrow -\frac{mv_0^2}{2} = -\frac{LI_k^2}{2} \Rightarrow I_k^2 L = mv_0^2 \Rightarrow I_k = \sqrt{\frac{mv_0^2}{mL}}$

(7) ~~$ma_x = -BIh \Rightarrow m\frac{dv_x}{dt} = -BIh \Rightarrow m\int_0^\tau dv_x = -BIh\int_0^\tau dt$~~

~~$\int_0^\tau dv_x = v_x - v_{x_0} = 0 - v_0 = -v_0$;~~

~~$\int_0^\tau dt = \tau \Rightarrow m(-v_0) = -BIh\tau$~~

ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ГАЗПРОМ

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

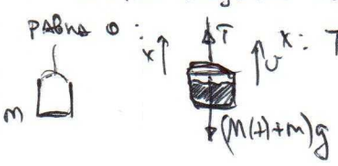
Физика

Площадка написания: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Шифр 91100 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

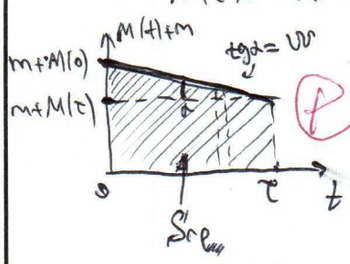
③ 1) Работа по подъему ведра – сумма элементарных работ по перемещению ведра.
$\Delta A = T\Delta h$, где T – сила натяжения нити, Δh – малое перемещение ведра с водой.
Т.к. скорость подъема ведра постоянна, то сумма сил, приложенных к ведру с водой, равна 0:



$x: \; T-(m+M(t))g=0 \Rightarrow T=(m+M(t))g \Rightarrow \Delta A=(m+M(t))g\,\Delta h$

здесь $M(t)$ – масса воды в ведре в некоторый момент времени.

2) Пусть $w=\left|\frac{\Delta M}{\Delta t}\right|$ – модуль скорости изменения воды в ведре, $w>0$.
Т.к. $w=const$, то график зависимости $M(t)$ – прямая с отриц. коэф. наклона.
Пусть τ – время подъема ведра с водой со дна колодца.
Тогда $M(0)=M_0=\rho V=15кг$ – масса воды в ведре на дне
$M(\tau)=\alpha M_0$ – масса воды в ведре, когда его полностью вытащили из колодца.



Площадь под графиком $S_{гр}$ – сумма элементарных площадей $\Delta S_{гр}$
$\Delta S_{гр}=(m+M(t))\cdot\Delta t \Rightarrow S_{гр}=\sum\Delta S_{гр}=\sum(m+M(t))\Delta t$.
$S_{гр}=\frac{1}{2}(m+M(0)+m+M(\tau))\cdot\tau=\frac{1}{2}\tau(2m+M_0+\alpha M_0)=$
$=\frac{\tau}{2}(2m+M_0(1+\alpha))$.

3) $A=\sum\Delta A=\sum(m+M(t))g\Delta h=g\cdot\sum(m+M(t))\Delta h=g\cdot\sum m\Delta h+M(t)\Delta h=$

$=\left(\sum(m+M(t))\cdot v\Delta t\right)g=gv\sum(m+M(t))\Delta t=gv\cdot\frac{\tau}{2}(2m+M_0(1+\alpha))$.

Подставл. $\sum(m+M(t))\Delta t=S_{гр}$

Т.к. $\Delta h=v\Delta t$ – элементарное перемещение ведра с водой с пост. скор. v,
$\tau=\frac{H}{v}$ – время движения с постоян. скоростью.

$A=gv\cdot\frac{1}{2}\frac{H}{v}(2m+M_0(1+\alpha)) \Rightarrow \underline{A=\frac{1}{2}gH(2m+M_0(1+\alpha))}$.

$A=\frac{1}{2}\cdot10\frac{Н}{кг}\cdot20м\cdot\left(2\cdot2кг+15кг\cdot\left(1+\frac{2}{3}\right)\right)=100\frac{Н\cdot м}{кг}\cdot\left(4+15\cdot\frac{5}{3}\right)кг=100Н\cdot м\cdot29=2900Дж$.

Ответ: $\underline{2{,}9кДж}$.

ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ГАЗПРОМ

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

Площадка написания

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

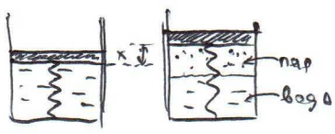
Шифр 91100 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

---

(5) $M=1кг$
$S=20см^2$
$t_0=0°C$
$k=30\frac{Н}{м}$
$t=100°C$
$m_п=?$

1) Пусть масса пара, который испарился, равна $m_п$. Эта масса равна массе испарившейся воды, которая до испарения занимала объем $\Delta V_в=\frac{m_п}{\rho}$, ρ – плотн. воды.
2). После испарения поршень поднялся на некоторую высоту x. Тогда образовавшийся пар занимает объем $\Delta V_в + xS = V_п$.



3) После установления равновесия поршень неподвижен. Пусть в этом состоянии давление пара под поршнем $p_п$. Тогда:

на поршень действует сила тяжести Mg вниз, сила давления со стороны пара $p_пS$ вверх и сила упругости растянутой пружины вниз

условие равновесия: $p_пS = kx + Mg \Rightarrow kx = p_пS - Mg \Rightarrow x = \frac{p_пS-Mg}{k}$

4) Считая пар ид. газом, для него верно ур-е Менделеева Клапейрона: $p_пV_п = \nu_пRT$.
$\nu_п$ – кол-во вещества пара; $\nu_п=\frac{m_п}{\mu}$, где $\mu=18г/моль$ – молярная масса воды. H_2O.

5) В равновесном состоянии после нагрева вода и пар находятся в равновесии $\Rightarrow$ давление пара равно давлению насыщ. пара при данной температуре. При $t=100°C$ давл. нас. пара равно $p_0=10^5Па$ (p_0 – норм. атм. давл.). Получаем $p_0V_п=\frac{m_п}{\mu}RT$ $(T=t+273K=373K)$.

6) $p_0(\Delta V_п + xS) = \frac{m_п}{\mu}RT$

$p_0\left(\frac{m_п}{\rho}+xS\right)=\frac{m_п}{\mu}RT$

$p_0\frac{m_п}{\rho}+p_0xS=\frac{m_пRT}{\mu} \Rightarrow m_п\left(\frac{p_0}{\rho}-\frac{RT}{\mu}\right)=-p_0Sx \Rightarrow m_п=\frac{-p_0Sx}{\frac{p_0}{\rho}-\frac{RT}{\mu}}=\frac{p_0Sx}{\frac{RT}{\mu}-\frac{p_0}{\rho}}$

Подставл. $x=\frac{p_0S-Mg}{k}$: $m_п=\frac{p_0S}{\frac{RT}{\mu}-\frac{p_0}{\rho}}\cdot\frac{p_0S-Mg}{k}=\frac{p_0S(p_0S-Mg)}{\frac{RTk}{\mu}-\frac{p_0k}{\rho}}=\frac{S(p_0S-Mg)}{\frac{RTk}{\mu p_0}-\frac{k}{\rho}}$.

$$\boxed{m_п=\frac{S}{k}\cdot\frac{p_0S-Mg}{\frac{RT}{\mu p_0}-\frac{1}{\rho}}}$$

$$m_п=\frac{20\cdot10^{-4}м^2}{30\frac{Н}{м}}\cdot\frac{10^5Па\cdot20\cdot10^{-4}м^2-1кг\cdot10\frac{Н}{кг}}{\frac{8{,}31\frac{Дж}{моль\cdot K}\cdot373K}{0{,}018\frac{кг}{моль}\cdot10^5Па}-\frac{1\cdot м^3}{1000кг}}\approx7{,}359\cdot10^{-3}кг\approx7{,}36г\approx7{,}4г$$

Ответ: 7,4

ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ГАЗПРОМ

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

Площадка написания

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Шифр 91100 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

7) Имеем выражения: $ma_x = -BI(t)h \Rightarrow -BI(t)\cdot h = m\frac{dV_x}{dt} \Rightarrow -BhI(t)dt = m\,dV_x$ (1)

$BhV(t) = +LI' \Rightarrow +L\frac{dI}{dt} = BhV(t) \Rightarrow +L\,dI = BhV(t)dt$ (2)

(1): $m\,dV_x = -BhI(t)dt$ τ – время движения перемычки до остановки

(2): $+L\,dI = BhV(t)dt$.

Проинтегрируем выражение (1) от $t=0$ до $t=\tau$: $m\int_0^\tau dV_x = -Bh\int_0^\tau I(t)dt$

$\int_0^\tau dV_x = 0 - V_{x0} = -V_0$; $\int_0^\tau I(t)dt = \int_0^\tau dq = q$ – заряд, прошедший через перемычку.

Проинтегрируем выражение (2) от $t=0$ до $t=\tau$: $+L\int_0^\tau dI = Bh\int_0^\tau V(t)dt$

$\int_0^\tau dI = I(\tau) - I(0) = I(\tau) = I_k$; $\int_0^\tau V(t)dt = \int_0^\tau dx = S$ – расстояние пройденное до остановки

Тогда имеем: $m\cdot(-V_0) = -Bh\cdot q$; $\Rightarrow q = \frac{mV_0}{Bh}$

$+L\cdot I_k = +BhS \Rightarrow \underbrace{S = \frac{LI_k}{Bh}}$

из п.6) $I_k = \sqrt{\frac{m}{L}}\cdot V_0 \Rightarrow S = \frac{L}{Bh}\cdot\sqrt{\frac{m}{L}}V_0 = \frac{\sqrt{mL}V_0}{Bh}$.

1

$S = \frac{V_0}{Bh}\sqrt{mL}$ – расстояние, пройденное перемычкой до остановки

$[S] = \frac{м}{Вб\cdot м}\sqrt{кг\cdot Гн} = \frac{1}{Вб\cdot с}\sqrt{кг\cdot Гн} = \frac{A\cdot м\sqrt{кг}}{с\cdot Н}\cdot\frac{\sqrt{В}\cdot\sqrt{с}}{\sqrt{A}} = \frac{м\cdot\sqrt{кг}}{с\cdot кг\cdot м}\cdot с^2\frac{\sqrt{В}\sqrt{с}\sqrt{A}}{A}$

$Н = Вб\cdot A\cdot м \Rightarrow Вб = \frac{Н}{A\cdot м}$; $В = Гн\cdot\frac{A}{с} \Rightarrow Гн = \frac{с\cdot В}{A}$

$Гн\cdot\frac{A}{с} = Вб\cdot\frac{м}{с}\cdot м \Rightarrow Гн = \frac{Вб\cdot м^2}{с^2\cdot A}\cdot с = \frac{Вб\,м^2}{с\cdot A}$

$\frac{1}{с\cdot Вб}\sqrt{кг}\cdot\frac{\sqrt{Вб}\cdot м}{\sqrt{с}\sqrt{A}} = \frac{м\cdot\sqrt{кг}}{с\sqrt{с}\cdot\sqrt{Вб}\sqrt{A}} = \frac{м\cdot\sqrt{кг}}{с\cdot\sqrt{с}}\cdot\frac{1}{\sqrt{A}}\cdot\frac{\sqrt{A}\cdot\sqrt{м}}{\sqrt{Н}} = \sqrt{\frac{кг}{с}}\cdot\frac{с\sqrt{кг}}{\sqrt{кг\cdot м}} = м$

1

Ответ: $S = \frac{V_0\sqrt{mL}}{Bh}$

ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ГАЗПРОМ

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

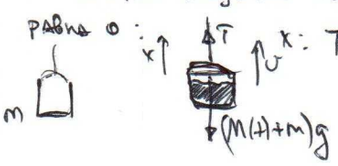
Физика

Площадка написания: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Шифр 91100 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

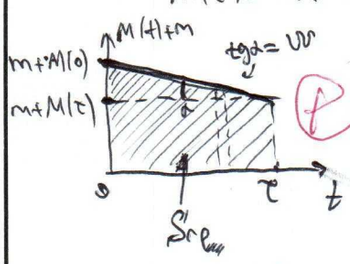
③ 1) Работа по подъему ведра – сумма элементарных работ по перемещению ведра.
$\Delta A = T\Delta h$, где T – сила натяжения нити, Δh – малое перемещение ведра с водой.
Т.к. скорость подъема ведра постоянна, то сумма сил, приложенных к ведру с водой, равна 0:



$x: \; T-(m+M(t))g=0 \Rightarrow T=(m+M(t))g \Rightarrow \Delta A=(m+M(t))g\,\Delta h$

здесь $M(t)$ – масса воды в ведре в некоторый момент времени.

2) Пусть $w=\left|\frac{\Delta M}{\Delta t}\right|$ – модуль скорости изменения воды в ведре, $w>0$.
Т.к. $w=const$, то график зависимости $M(t)$ – прямая с отриц. коэф. наклона.
Пусть τ – время подъема ведра с водой со дна колодца.
Тогда $M(0)=M_0=\rho V=15кг$ – масса воды в ведре на дне
$M(\tau)=\alpha M_0$ – масса воды в ведре, когда его полностью вытащили из колодца.



Площадь под графиком $S_{гр}$ – сумма элементарных площадей $\Delta S_{гр}$
$\Delta S_{гр}=(m+M(t))\cdot\Delta t \Rightarrow S_{гр}=\sum\Delta S_{гр}=\sum(m+M(t))\Delta t$.
$S_{гр}=\frac{1}{2}(m+M(0)+m+M(\tau))\cdot\tau=\frac{1}{2}\tau(2m+M_0+\alpha M_0)=$
$=\frac{\tau}{2}(2m+M_0(1+\alpha))$.

3) $A=\sum\Delta A=\sum(m+M(t))g\Delta h=g\cdot\sum(m+M(t))\Delta h=g\cdot\sum m\Delta h+M(t)\Delta h=$

$=\left(\sum(m+M(t))\cdot v\Delta t\right)g=gv\sum(m+M(t))\Delta t=gv\cdot\frac{\tau}{2}(2m+M_0(1+\alpha))$.

Подставл. $\sum(m+M(t))\Delta t=S_{гр}$

Т.к. $\Delta h=v\Delta t$ – элементарное перемещение ведра с водой с пост. скор. v,
$\tau=\frac{H}{v}$ – время движения с постоян. скоростью.

$A=gv\cdot\frac{1}{2}\frac{H}{v}(2m+M_0(1+\alpha)) \Rightarrow \underline{A=\frac{1}{2}gH(2m+M_0(1+\alpha))}$.

$A=\frac{1}{2}\cdot10\frac{Н}{кг}\cdot20м\cdot\left(2\cdot2кг+15кг\cdot\left(1+\frac{2}{3}\right)\right)=100\frac{Н\cdot м}{кг}\cdot\left(4+15\cdot\frac{5}{3}\right)кг=100Н\cdot м\cdot29=2900Дж$.

Ответ: $\underline{2{,}9кДж}$.

ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ГАЗПРОМ

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

Площадка написания
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Шифр 91100 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

Заполняется проверяющим строго по образцу

Образец заполнения: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	0	8	16	16	16	24		

Оценка цифрами: 092

Оценка прописью: девяноста два

Подпись

(1) $g_1 = \frac{1}{4} g_0$, где g_0 – ускорение свободного падения на пов-ти Земли

g_1 – ускорение силы тяжести на некоторой высоте h от пов-ти земли

по условию $g_1 = 0{,}25 g_0$

По 2ЗН: на пов-ти Земли: $F_T = mg_0$; на высоте h: $F_T = mg_1$

по закону всемирного тяготения на пов-ти Земли: $F_{T_1} = m\frac{GM}{R^2}$

на высоте h над пов-ю: $F_{T_1} = \frac{mGM}{(R+h)^2}$

Здесь M – масса Земли, R – радиус Земли

получаем:

$$\begin{cases} mg_0 = \frac{GmM}{R^2} \\ mg_1 = \frac{mGM}{(R+h)^2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} g_0 = \frac{GM}{R^2} \\ g_1 = \frac{GM}{(R+h)^2} \end{cases}$$

Т.к. $g_1 = \frac{1}{4} g_0 \Rightarrow \frac{GM}{(R+h)^2} = \frac{GM}{4R^2} \Rightarrow (R+h)^2 = 4R^2$, $R, h > 0 \Rightarrow$

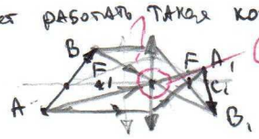
$\Rightarrow 2R = (R+h) \Rightarrow R = h$

На высоте над пов-ю Земли, равной ее радиусу, ускорение в 4 р. меньше ускорения на поверхности.

Ответ: $h = R_З = 6400$ км

(2) Изображение A_1B_1 стрелки AB уменьшенное $\Rightarrow$ это либо рассеивающая линза, либо собирающая, но AB находится ~~[illegible]~~ за двойным фокусом.

Однако если изображение пересекает ГОО линзы, то такие рассуждения неверны. Может работать такая конструкция:



Пользуемся правилами: 1) Луч, проходящий через ГОО линзы, проходит ее без преломления и не меняет направления

2) Луч, идущий ∥ ГОО линзы, после преломления проходит через ее фокус.

Точка C, лежащая на ГОО линзы, обязана дать изображение C_1, которое тоже лежит на ГОО линзы

ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ГАЗПРОМ

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

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

Площадка написания

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

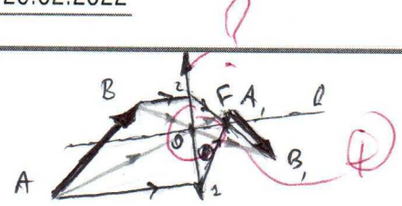
Шифр 91100 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

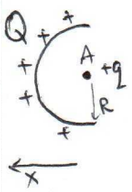
Итак, проведем прямые AA_1 и BB_1 - они пересекаются в точке O. O - глав. опт. центр линзы

лучи $A1$ и $B2$, параллельные главной опт. оси линзы, преломляются в ней так, что проходят через фокус и приходят в точки A_1 и B_1 изображения соответственно.

Прямая l через точки F и O - гл. опт. ось линзы.



4 1) Определим потенциал заряженной полусферы в точке, где находится шарик. Возьмём небольшой заряд Δq на пов-ти полусферы; он создает потенциал $\Delta\varphi = \frac{k\Delta q}{R}$ в т. A



Потенциал многих зарядов - алгебраическая сумма их потенциалов.

$$\varphi_A = \sum \Delta\varphi = \sum k\frac{\Delta q}{R} = \frac{k}{R}\sum \Delta q = \frac{kQ}{R}.$$

Энергия электрического взаимодействия заряженных полусферы и шарика:

$$W_0 = q\cdot\varphi_A = \frac{kqQ}{R}.$$

После пережигания нити сразу же тела остаются неподвижными и энергия их взаимодействия не поменяется.

2) После пережигания нити на систему „полусфера + шарик" не действует внешних сил. Пусть U - скорость сферы на бесконечном удалении от шарика, v - скорость шарика на беск. удалении от полусферы. По закону сохранения импульса для системы:

OX: $0 = MU - mv \Rightarrow mv = MU \Rightarrow v = U\frac{M}{m}$.

3) Негравитационных сил на систему после пережиг. нити не действует => выполняется закон сохранения энергии для системы: $W_0 = \frac{mv^2}{2} + \frac{MU^2}{2}$.

4) $\begin{cases} mv = MU \rightarrow U = v\frac{m}{M} \\ W_0 = \frac{mv^2}{2} + \frac{MU^2}{2} \end{cases} \Rightarrow W_0 = \frac{m(U\frac{m}{M})^2}{2} + \frac{MU^2}{2} = \frac{U^2}{2}\left(m\cdot\frac{M^2}{m^2} + M\right) = \frac{1}{2}U^2\cdot\frac{M^2+Mm}{m} = \frac{M+m}{2}U^2\cdot\frac{M}{m}$

$$U^2 = W_0\cdot\frac{2}{M+m}\cdot\frac{m}{M} = \frac{kqQ}{R}\cdot\frac{2m}{M(m+M)}, \text{ где } k = 9\cdot10^9\ \frac{Н\cdot м^2}{Кл^2}$$

$$U = \sqrt{\frac{2kqQ}{R}\cdot\frac{m}{M}\cdot\frac{1}{m+M}}$$

Ответ: $U = \sqrt{\frac{2kqQ}{R(m+M)}\cdot\frac{m}{M}}$

ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ГАЗПРОМ

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

Площадка написания
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Шифр 91100 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

Заполняется проверяющим строго по образцу

Образец заполнения: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	0	8	16	16	16	24		

Оценка цифрами: 092

Оценка прописью: девяноста два

Подпись

(1) $g_1 = \frac{1}{4} g_0$, где g_0 – ускорение свободного падения на пов-ти Земли

g_1 – ускорение силы тяжести на некоторой высоте h от пов-ти земли

по условию $g_1 = 0{,}25 g_0$

По 2ЗН: на пов-ти Земли: $F_T = mg_0$; на высоте h: $F_T = mg_1$

по закону всемирного тяготения на пов-ти Земли: $F_{T_1} = m\frac{GM}{R^2}$

на высоте h над пов-ю: $F_{T_1} = \frac{mGM}{(R+h)^2}$

Здесь M – масса Земли, R – радиус Земли

получаем:

$$\begin{cases} mg_0 = \frac{GmM}{R^2} \\ mg_1 = \frac{mGM}{(R+h)^2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} g_0 = \frac{GM}{R^2} \\ g_1 = \frac{GM}{(R+h)^2} \end{cases}$$

Т.к. $g_1 = \frac{1}{4} g_0 \Rightarrow \frac{GM}{(R+h)^2} = \frac{GM}{4R^2} \Rightarrow (R+h)^2 = 4R^2$, $R, h > 0 \Rightarrow$

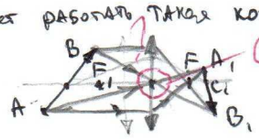
$\Rightarrow 2R = (R+h) \Rightarrow R = h$

На высоте над пов-ю Земли, равной ее радиусу, ускорение в 4 р. меньше ускорения на поверхности.

Ответ: $h = R_З = 6400$ км

(2) Изображение A_1B_1 стрелки AB уменьшенное $\Rightarrow$ это либо рассеивающая линза, либо собирающая, но AB находится ~~[illegible]~~ за двойным фокусом.

Однако если изображение пересекает ГОО линзы, то такие рассуждения неверны. Может работать такая конструкция:



Пользуемся правилами: 1) Луч, проходящий через ГОО линзы, проходит ее без преломления и не меняет направления

2) Луч, идущий ∥ ГОО линзы, после преломления проходит через ее фокус.

Точка C, лежащая на ГОО линзы, обязана дать изображение C_1, которое тоже лежит на ГОО линзы

ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ГАЗПРОМ

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

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

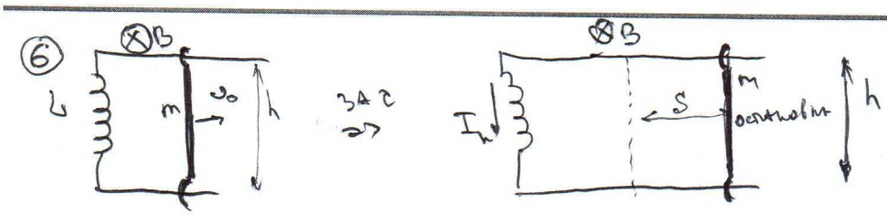
Площадка написания

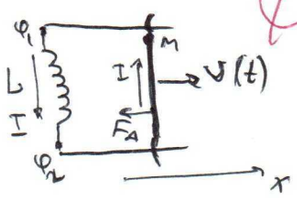
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

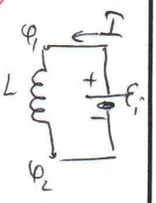
Шифр 91100 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

(6)







1) Рассмотрим систему в произвольный момент времени t:

Рассмотрим ⊕ полож. заряд в перемычке. Вместе с перемычкой он движ. вправо ⇒ по пр. левой руки опр. направление силы Лоренца на эту частицу: вверх ⇒ полож. заряды по перемычке движутся вверх ⇒ в контуре ток течет ↻.

2) $U_L=\varphi_1-\varphi_2$ – напряж. на катушке. $U_L = L I'(t)$.

По формуле ЭДС индукции, возникшая в контуре $\mathcal{E}_i = B v(t)\cdot h$

При этом $\mathcal{E}_i = \varphi_1-\varphi_2 = U_L$, т.е. $Bh\cdot v(t) = L I'(t)$.

В момент остановки перемычки $v_k=0 \Rightarrow I'(t)=0 \Rightarrow I=I_{max}$, $U_L=0$.

3) На перемычку действует только сила Ампера $F_A = BIh\sin 90° = BIh$.

Тогда $ma_x = -BIh = -F_A$

~~$BhU_x = LI' \Rightarrow Bh\frac{dU}{dt} = L\frac{dI}{dt} \Rightarrow BhdU = LdI$ (*)~~

~~Проинтегрируем выражение (*) от 0 до τ: $Bh\int_0^\tau dU = L\int_0^\tau dI$~~

~~где τ – время до остановки перемычки.~~

~~$\int_0^\tau dU = U(\tau)-U(0) = 0-v_0 = -v_0$;~~

~~$\int_0^\tau dI = I(\tau)-I(0) = I_k$~~

~~$U(\tau)=0 \Rightarrow \mathcal{E}_i(\tau)=0 \Rightarrow U_L(\tau)=0 \Rightarrow I_k=I_{max}$~~

5) Для перемычки запишем закон изменения кинетической энергии: $A_{\substack{всех\\сил}} = \Delta E_k = E_k(\tau)-E_k(0) = 0-\frac{mv_0^2}{2} = -\frac{mv_0^2}{2}$.

При этом $A_{\substack{всех\\сил}} = A_{F_A}$. Также верно, что $A_{F_A} = -A_{\mathcal{E}_i}$ – работа ЭДС индукции в контуре

6) Для катушки по закону изм. энергии в цепи $A_{\mathcal{E}_i} = \Delta W_L = W_L(\tau)-W_L(0) = \frac{LI^2(\tau)}{2} - 0 = \frac{LI_k^2}{2}$,

$A_{\mathcal{E}_i} = -A_{F_A} \Rightarrow -\frac{mv_0^2}{2} = -\frac{LI_k^2}{2} \Rightarrow I_k^2 L = mv_0^2 \Rightarrow I_k = \sqrt{\frac{mv_0^2}{mL}}$

(7) ~~$ma_x = -BIh \Rightarrow m\frac{dv_x}{dt} = -BIh \Rightarrow m\int_0^\tau dv_x = -BIh\int_0^\tau dt$~~

~~$\int_0^\tau dv_x = v_x - v_{x_0} = 0 - v_0 = -v_0$;~~

~~$\int_0^\tau dt = \tau \Rightarrow m(-v_0) = -BIh\tau$~~

ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ГАЗПРОМ

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

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

Площадка написания

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

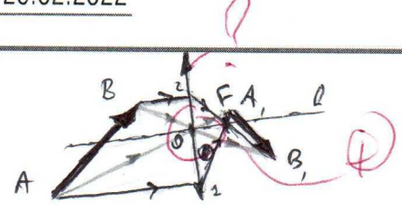
Шифр 91100 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

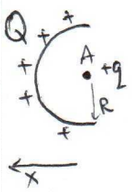
Итак, проведем прямые AA_1 и BB_1 - они пересекаются в точке O. O - глав. опт. центр линзы

лучи $A1$ и $B2$, параллельные главной опт. оси линзы, преломляются в ней так, что проходят через фокус и приходят в точки A_1 и B_1 изображения соответственно.

Прямая l через точки F и O - гл. опт. ось линзы.



4 1) Определим потенциал заряженной полусферы в точке, где находится шарик. Возьмём небольшой заряд Δq на пов-ти полусферы; он создает потенциал $\Delta\varphi = \frac{k\Delta q}{R}$ в т. A



Потенциал многих зарядов - алгебраическая сумма их потенциалов.

$$\varphi_A = \sum \Delta\varphi = \sum k\frac{\Delta q}{R} = \frac{k}{R}\sum \Delta q = \frac{kQ}{R}.$$

Энергия электрического взаимодействия заряженных полусферы и шарика:

$$W_0 = q\cdot\varphi_A = \frac{kqQ}{R}.$$

После пережигания нити сразу же тела остаются неподвижными и энергия их взаимодействия не поменяется.

2) После пережигания нити на систему „полусфера + шарик" не действует внешних сил. Пусть U - скорость сферы на бесконечном удалении от шарика, v - скорость шарика на беск. удалении от полусферы. По закону сохранения импульса для системы:

OX: $0 = MU - mv \Rightarrow mv = MU \Rightarrow v = U\frac{M}{m}$.

3) Негравитационных сил на систему после пережиг. нити не действует => выполняется закон сохранения энергии для системы: $W_0 = \frac{mv^2}{2} + \frac{MU^2}{2}$.

4) $\begin{cases} mv = MU \rightarrow U = v\frac{m}{M} \\ W_0 = \frac{mv^2}{2} + \frac{MU^2}{2} \end{cases} \Rightarrow W_0 = \frac{m(U\frac{m}{M})^2}{2} + \frac{MU^2}{2} = \frac{U^2}{2}\left(m\cdot\frac{M^2}{m^2} + M\right) = \frac{1}{2}U^2\cdot\frac{M^2+Mm}{m} = \frac{M+m}{2}U^2\cdot\frac{M}{m}$

$$U^2 = W_0\cdot\frac{2}{M+m}\cdot\frac{m}{M} = \frac{kqQ}{R}\cdot\frac{2m}{M(m+M)}, \text{ где } k = 9\cdot10^9\ \frac{Н\cdot м^2}{Кл^2}$$

$$U = \sqrt{\frac{2kqQ}{R}\cdot\frac{m}{M}\cdot\frac{1}{m+M}}$$

Ответ: $U = \sqrt{\frac{2kqQ}{R(m+M)}\cdot\frac{m}{M}}$

ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ГАЗПРОМ

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

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

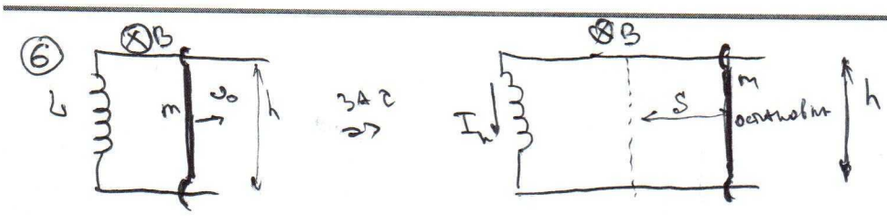
Площадка написания

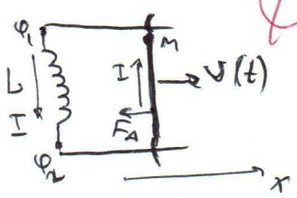
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

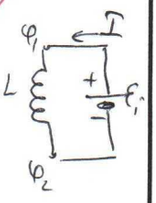
Шифр 91100 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

(6)







1) Рассмотрим систему в произвольный момент времени t:

Рассмотрим ⊕ полож. заряд в перемычке. Вместе с перемычкой он движ. вправо ⇒ по пр. левой руки опр. направление силы Лоренца на эту частицу: вверх ⇒ полож. заряды по перемычке движутся вверх ⇒ в контуре ток течет ↻.

2) $U_L=\varphi_1-\varphi_2$ – напряж. на катушке. $U_L = L I'(t)$.

По формуле ЭДС индукции, возникшая в контуре $\mathcal{E}_i = B v(t)\cdot h$

При этом $\mathcal{E}_i = \varphi_1-\varphi_2 = U_L$, т.е. $Bh\cdot v(t) = L I'(t)$.

В момент остановки перемычки $v_k=0 \Rightarrow I'(t)=0 \Rightarrow I=I_{max}$, $U_L=0$.

3) На перемычку действует только сила Ампера $F_A = BIh\sin 90° = BIh$.

Тогда $ma_x = -BIh = -F_A$

~~$BhU_x = LI' \Rightarrow Bh\frac{dU}{dt} = L\frac{dI}{dt} \Rightarrow BhdU = LdI$ (*)~~

~~Проинтегрируем выражение (*) от 0 до τ: $Bh\int_0^\tau dU = L\int_0^\tau dI$~~

~~где τ – время до остановки перемычки.~~

~~$\int_0^\tau dU = U(\tau)-U(0) = 0-v_0 = -v_0$;~~

~~$\int_0^\tau dI = I(\tau)-I(0) = I_k$~~

~~$U(\tau)=0 \Rightarrow \mathcal{E}_i(\tau)=0 \Rightarrow U_L(\tau)=0 \Rightarrow I_k=I_{max}$~~

5) Для перемычки запишем закон изменения кинетической энергии: $A_{\substack{всех\\сил}} = \Delta E_k = E_k(\tau)-E_k(0) = 0-\frac{mv_0^2}{2} = -\frac{mv_0^2}{2}$.

При этом $A_{\substack{всех\\сил}} = A_{F_A}$. Также верно, что $A_{F_A} = -A_{\mathcal{E}_i}$ – работа ЭДС индукции в контуре

6) Для катушки по закону изм. энергии в цепи $A_{\mathcal{E}_i} = \Delta W_L = W_L(\tau)-W_L(0) = \frac{LI^2(\tau)}{2} - 0 = \frac{LI_k^2}{2}$,

$A_{\mathcal{E}_i} = -A_{F_A} \Rightarrow -\frac{mv_0^2}{2} = -\frac{LI_k^2}{2} \Rightarrow I_k^2 L = mv_0^2 \Rightarrow I_k = \sqrt{\frac{mv_0^2}{mL}}$

(7) ~~$ma_x = -BIh \Rightarrow m\frac{dv_x}{dt} = -BIh \Rightarrow m\int_0^\tau dv_x = -BIh\int_0^\tau dt$~~

~~$\int_0^\tau dv_x = v_x - v_{x_0} = 0 - v_0 = -v_0$;~~

~~$\int_0^\tau dt = \tau \Rightarrow m(-v_0) = -BIh\tau$~~

ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ГАЗПРОМ

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

Площадка написания

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

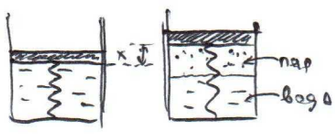
Шифр 91100 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

---

(5) $M=1кг$
$S=20см^2$
$t_0=0°C$
$k=30\frac{Н}{м}$
$t=100°C$
$m_п=?$

1) Пусть масса пара, который испарился, равна $m_п$. Эта масса равна массе испарившейся воды, которая до испарения занимала объем $\Delta V_в=\frac{m_п}{\rho}$, ρ – плотн. воды.
2). После испарения поршень поднялся на некоторую высоту x. Тогда образовавшийся пар занимает объем $\Delta V_в + xS = V_п$.



3) После установления равновесия поршень неподвижен. Пусть в этом состоянии давление пара под поршнем $p_п$. Тогда:

на поршень действует сила тяжести Mg вниз, сила давления со стороны пара $p_пS$ вверх и сила упругости растянутой пружины вниз

условие равновесия: $p_пS = kx + Mg \Rightarrow kx = p_пS - Mg \Rightarrow x = \frac{p_пS-Mg}{k}$

4) Считая пар ид. газом, для него верно ур-е Менделеева Клапейрона: $p_пV_п = \nu_пRT$.
$\nu_п$ – кол-во вещества пара; $\nu_п=\frac{m_п}{\mu}$, где $\mu=18г/моль$ – молярная масса воды. H_2O.

5) В равновесном состоянии после нагрева вода и пар находятся в равновесии $\Rightarrow$ давление пара равно давлению насыщ. пара при данной температуре. При $t=100°C$ давл. нас. пара равно $p_0=10^5Па$ (p_0 – норм. атм. давл.). Получаем $p_0V_п=\frac{m_п}{\mu}RT$ $(T=t+273K=373K)$.

6) $p_0(\Delta V_п + xS) = \frac{m_п}{\mu}RT$

$p_0\left(\frac{m_п}{\rho}+xS\right)=\frac{m_п}{\mu}RT$

$p_0\frac{m_п}{\rho}+p_0xS=\frac{m_пRT}{\mu} \Rightarrow m_п\left(\frac{p_0}{\rho}-\frac{RT}{\mu}\right)=-p_0Sx \Rightarrow m_п=\frac{-p_0Sx}{\frac{p_0}{\rho}-\frac{RT}{\mu}}=\frac{p_0Sx}{\frac{RT}{\mu}-\frac{p_0}{\rho}}$

Подставл. $x=\frac{p_0S-Mg}{k}$: $m_п=\frac{p_0S}{\frac{RT}{\mu}-\frac{p_0}{\rho}}\cdot\frac{p_0S-Mg}{k}=\frac{p_0S(p_0S-Mg)}{\frac{RTk}{\mu}-\frac{p_0k}{\rho}}=\frac{S(p_0S-Mg)}{\frac{RTk}{\mu p_0}-\frac{k}{\rho}}$.

$$\boxed{m_п=\frac{S}{k}\cdot\frac{p_0S-Mg}{\frac{RT}{\mu p_0}-\frac{1}{\rho}}}$$

$$m_п=\frac{20\cdot10^{-4}м^2}{30\frac{Н}{м}}\cdot\frac{10^5Па\cdot20\cdot10^{-4}м^2-1кг\cdot10\frac{Н}{кг}}{\frac{8{,}31\frac{Дж}{моль\cdot K}\cdot373K}{0{,}018\frac{кг}{моль}\cdot10^5Па}-\frac{1\cdot м^3}{1000кг}}\approx7{,}359\cdot10^{-3}кг\approx7{,}36г\approx7{,}4г$$

Ответ: 7,4

ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ГАЗПРОМ

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

Площадка написания

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Шифр 91100 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

7) Имеем выражения: $ma_x = -BI(t)h \Rightarrow -BI(t)\cdot h = m\frac{dV_x}{dt} \Rightarrow -BhI(t)dt = m\,dV_x$ (1)

$BhV(t) = +LI' \Rightarrow +L\frac{dI}{dt} = BhV(t) \Rightarrow +L\,dI = BhV(t)dt$ (2)

(1): $m\,dV_x = -BhI(t)dt$ τ – время движения перемычки до остановки

(2): $+L\,dI = BhV(t)dt$.

Проинтегрируем выражение (1) от $t=0$ до $t=\tau$: $m\int_0^\tau dV_x = -Bh\int_0^\tau I(t)dt$

$\int_0^\tau dV_x = 0 - V_{x0} = -V_0$; $\int_0^\tau I(t)dt = \int_0^\tau dq = q$ – заряд, прошедший через перемычку.

Проинтегрируем выражение (2) от $t=0$ до $t=\tau$: $+L\int_0^\tau dI = Bh\int_0^\tau V(t)dt$

$\int_0^\tau dI = I(\tau) - I(0) = I(\tau) = I_k$; $\int_0^\tau V(t)dt = \int_0^\tau dx = S$ – расстояние пройденное до остановки

Тогда имеем: $m\cdot(-V_0) = -Bh\cdot q$; $\Rightarrow q = \frac{mV_0}{Bh}$

$+L\cdot I_k = +BhS \Rightarrow \underbrace{S = \frac{LI_k}{Bh}}$

из п.6) $I_k = \sqrt{\frac{m}{L}}\cdot V_0 \Rightarrow S = \frac{L}{Bh}\cdot\sqrt{\frac{m}{L}}V_0 = \frac{\sqrt{mL}V_0}{Bh}$.

1

$S = \frac{V_0}{Bh}\sqrt{mL}$ – расстояние, пройденное перемычкой до остановки

$[S] = \frac{м}{Вб\cdot м}\sqrt{кг\cdot Гн} = \frac{1}{Вб\cdot с}\sqrt{кг\cdot Гн} = \frac{A\cdot м\sqrt{кг}}{с\cdot Н}\cdot\frac{\sqrt{В}\cdot\sqrt{с}}{\sqrt{A}} = \frac{м\cdot\sqrt{кг}}{с\cdot кг\cdot м}\cdot с^2\frac{\sqrt{В}\sqrt{с}\sqrt{A}}{A}$

$Н = Вб\cdot A\cdot м \Rightarrow Вб = \frac{Н}{A\cdot м}$; $В = Гн\cdot\frac{A}{с} \Rightarrow Гн = \frac{с\cdot В}{A}$

$Гн\cdot\frac{A}{с} = Вб\cdot\frac{м}{с}\cdot м \Rightarrow Гн = \frac{Вб\cdot м^2}{с^2\cdot A}\cdot с = \frac{Вб\,м^2}{с\cdot A}$

$\frac{1}{с\cdot Вб}\sqrt{кг}\cdot\frac{\sqrt{Вб}\cdot м}{\sqrt{с}\sqrt{A}} = \frac{м\cdot\sqrt{кг}}{с\sqrt{с}\cdot\sqrt{Вб}\sqrt{A}} = \frac{м\cdot\sqrt{кг}}{с\cdot\sqrt{с}}\cdot\frac{1}{\sqrt{A}}\cdot\frac{\sqrt{A}\cdot\sqrt{м}}{\sqrt{Н}} = \sqrt{\frac{кг}{с}}\cdot\frac{с\sqrt{кг}}{\sqrt{кг\cdot м}} = м$

1

Ответ: $S = \frac{V_0\sqrt{mL}}{Bh}$

ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ГАЗПРОМ

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

Площадка написания

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

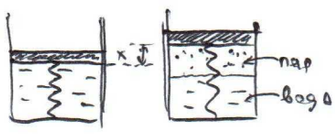
Шифр 91100 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

---

(5) $M=1кг$
$S=20см^2$
$t_0=0°C$
$k=30\frac{Н}{м}$
$t=100°C$
$m_п=?$

1) Пусть масса пара, который испарился, равна $m_п$. Эта масса равна массе испарившейся воды, которая до испарения занимала объем $\Delta V_в=\frac{m_п}{\rho}$, ρ – плотн. воды.
2). После испарения поршень поднялся на некоторую высоту x. Тогда образовавшийся пар занимает объем $\Delta V_в + xS = V_п$.



3) После установления равновесия поршень неподвижен. Пусть в этом состоянии давление пара под поршнем $p_п$. Тогда:

на поршень действует сила тяжести Mg вниз, сила давления со стороны пара $p_пS$ вверх и сила упругости растянутой пружины вниз

условие равновесия: $p_пS = kx + Mg \Rightarrow kx = p_пS - Mg \Rightarrow x = \frac{p_пS-Mg}{k}$

4) Считая пар ид. газом, для него верно ур-е Менделеева Клапейрона: $p_пV_п = \nu_пRT$.
$\nu_п$ – кол-во вещества пара; $\nu_п=\frac{m_п}{\mu}$, где $\mu=18г/моль$ – молярная масса воды. H_2O.

5) В равновесном состоянии после нагрева вода и пар находятся в равновесии $\Rightarrow$ давление пара равно давлению насыщ. пара при данной температуре. При $t=100°C$ давл. нас. пара равно $p_0=10^5Па$ (p_0 – норм. атм. давл.). Получаем $p_0V_п=\frac{m_п}{\mu}RT$ $(T=t+273K=373K)$.

6) $p_0(\Delta V_п + xS) = \frac{m_п}{\mu}RT$

$p_0\left(\frac{m_п}{\rho}+xS\right)=\frac{m_п}{\mu}RT$

$p_0\frac{m_п}{\rho}+p_0xS=\frac{m_пRT}{\mu} \Rightarrow m_п\left(\frac{p_0}{\rho}-\frac{RT}{\mu}\right)=-p_0Sx \Rightarrow m_п=\frac{-p_0Sx}{\frac{p_0}{\rho}-\frac{RT}{\mu}}=\frac{p_0Sx}{\frac{RT}{\mu}-\frac{p_0}{\rho}}$

Подставл. $x=\frac{p_0S-Mg}{k}$: $m_п=\frac{p_0S}{\frac{RT}{\mu}-\frac{p_0}{\rho}}\cdot\frac{p_0S-Mg}{k}=\frac{p_0S(p_0S-Mg)}{\frac{RTk}{\mu}-\frac{p_0k}{\rho}}=\frac{S(p_0S-Mg)}{\frac{RTk}{\mu p_0}-\frac{k}{\rho}}$.

$$\boxed{m_п=\frac{S}{k}\cdot\frac{p_0S-Mg}{\frac{RT}{\mu p_0}-\frac{1}{\rho}}}$$

$$m_п=\frac{20\cdot10^{-4}м^2}{30\frac{Н}{м}}\cdot\frac{10^5Па\cdot20\cdot10^{-4}м^2-1кг\cdot10\frac{Н}{кг}}{\frac{8{,}31\frac{Дж}{моль\cdot K}\cdot373K}{0{,}018\frac{кг}{моль}\cdot10^5Па}-\frac{1\cdot м^3}{1000кг}}\approx7{,}359\cdot10^{-3}кг\approx7{,}36г\approx7{,}4г$$

Ответ: 7,4

ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ГАЗПРОМ

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

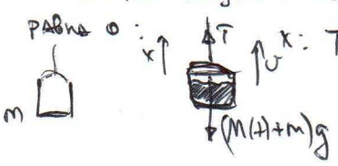
Физика

Площадка написания: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Шифр 91100 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

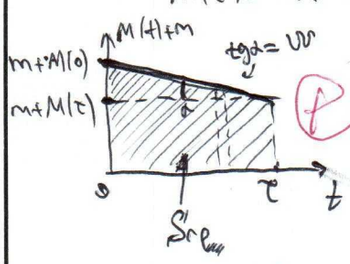
③ 1) Работа по подъему ведра – сумма элементарных работ по перемещению ведра.
$\Delta A = T\Delta h$, где T – сила натяжения нити, Δh – малое перемещение ведра с водой.
Т.к. скорость подъема ведра постоянна, то сумма сил, приложенных к ведру с водой, равна 0:



$x: \; T-(m+M(t))g=0 \Rightarrow T=(m+M(t))g \Rightarrow \Delta A=(m+M(t))g\,\Delta h$

здесь $M(t)$ – масса воды в ведре в некоторый момент времени.

2) Пусть $w=\left|\frac{\Delta M}{\Delta t}\right|$ – модуль скорости изменения воды в ведре, $w>0$.
Т.к. $w=const$, то график зависимости $M(t)$ – прямая с отриц. коэф. наклона.
Пусть τ – время подъема ведра с водой со дна колодца.
Тогда $M(0)=M_0=\rho V=15кг$ – масса воды в ведре на дне
$M(\tau)=\alpha M_0$ – масса воды в ведре, когда его полностью вытащили из колодца.



Площадь под графиком $S_{гр}$ – сумма элементарных площадей $\Delta S_{гр}$
$\Delta S_{гр}=(m+M(t))\cdot\Delta t \Rightarrow S_{гр}=\sum\Delta S_{гр}=\sum(m+M(t))\Delta t$.
$S_{гр}=\frac{1}{2}(m+M(0)+m+M(\tau))\cdot\tau=\frac{1}{2}\tau(2m+M_0+\alpha M_0)=$
$=\frac{\tau}{2}(2m+M_0(1+\alpha))$.

3) $A=\sum\Delta A=\sum(m+M(t))g\Delta h=g\cdot\sum(m+M(t))\Delta h=g\cdot\sum m\Delta h+M(t)\Delta h=$

$=\left(\sum(m+M(t))\cdot v\Delta t\right)g=gv\sum(m+M(t))\Delta t=gv\cdot\frac{\tau}{2}(2m+M_0(1+\alpha))$.

Подставл. $\sum(m+M(t))\Delta t=S_{гр}$

Т.к. $\Delta h=v\Delta t$ – элементарное перемещение ведра с водой с пост. скор. v,
$\tau=\frac{H}{v}$ – время движения с постоян. скоростью.

$A=gv\cdot\frac{1}{2}\frac{H}{v}(2m+M_0(1+\alpha)) \Rightarrow \underline{A=\frac{1}{2}gH(2m+M_0(1+\alpha))}$.

$A=\frac{1}{2}\cdot10\frac{Н}{кг}\cdot20м\cdot\left(2\cdot2кг+15кг\cdot\left(1+\frac{2}{3}\right)\right)=100\frac{Н\cdot м}{кг}\cdot\left(4+15\cdot\frac{5}{3}\right)кг=100Н\cdot м\cdot29=2900Дж$.

Ответ: $\underline{2{,}9кДж}$.

ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ГАЗПРОМ

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

Площадка написания

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Шифр 91100 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

7) Имеем выражения: $ma_x = -BI(t)h \Rightarrow -BI(t)\cdot h = m\frac{dV_x}{dt} \Rightarrow -BhI(t)dt = m\,dV_x$ (1)

$BhV(t) = +LI' \Rightarrow +L\frac{dI}{dt} = BhV(t) \Rightarrow +L\,dI = BhV(t)dt$ (2)

(1): $m\,dV_x = -BhI(t)dt$ τ – время движения перемычки до остановки

(2): $+L\,dI = BhV(t)dt$.

Проинтегрируем выражение (1) от $t=0$ до $t=\tau$: $m\int_0^\tau dV_x = -Bh\int_0^\tau I(t)dt$

$\int_0^\tau dV_x = 0 - V_{x0} = -V_0$; $\int_0^\tau I(t)dt = \int_0^\tau dq = q$ – заряд, прошедший через перемычку.

Проинтегрируем выражение (2) от $t=0$ до $t=\tau$: $+L\int_0^\tau dI = Bh\int_0^\tau V(t)dt$

$\int_0^\tau dI = I(\tau) - I(0) = I(\tau) = I_k$; $\int_0^\tau V(t)dt = \int_0^\tau dx = S$ – расстояние пройденное до остановки

Тогда имеем: $m\cdot(-V_0) = -Bh\cdot q$; $\Rightarrow q = \frac{mV_0}{Bh}$

$+L\cdot I_k = +BhS \Rightarrow \underbrace{S = \frac{LI_k}{Bh}}$

из п.6) $I_k = \sqrt{\frac{m}{L}}\cdot V_0 \Rightarrow S = \frac{L}{Bh}\cdot\sqrt{\frac{m}{L}}V_0 = \frac{\sqrt{mL}V_0}{Bh}$.

1

$S = \frac{V_0}{Bh}\sqrt{mL}$ – расстояние, пройденное перемычкой до остановки

$[S] = \frac{м}{Вб\cdot м}\sqrt{кг\cdot Гн} = \frac{1}{Вб\cdot с}\sqrt{кг\cdot Гн} = \frac{A\cdot м\sqrt{кг}}{с\cdot Н}\cdot\frac{\sqrt{В}\cdot\sqrt{с}}{\sqrt{A}} = \frac{м\cdot\sqrt{кг}}{с\cdot кг\cdot м}\cdot с^2\frac{\sqrt{В}\sqrt{с}\sqrt{A}}{A}$

$Н = Вб\cdot A\cdot м \Rightarrow Вб = \frac{Н}{A\cdot м}$; $В = Гн\cdot\frac{A}{с} \Rightarrow Гн = \frac{с\cdot В}{A}$

$Гн\cdot\frac{A}{с} = Вб\cdot\frac{м}{с}\cdot м \Rightarrow Гн = \frac{Вб\cdot м^2}{с^2\cdot A}\cdot с = \frac{Вб\,м^2}{с\cdot A}$

$\frac{1}{с\cdot Вб}\sqrt{кг}\cdot\frac{\sqrt{Вб}\cdot м}{\sqrt{с}\sqrt{A}} = \frac{м\cdot\sqrt{кг}}{с\sqrt{с}\cdot\sqrt{Вб}\sqrt{A}} = \frac{м\cdot\sqrt{кг}}{с\cdot\sqrt{с}}\cdot\frac{1}{\sqrt{A}}\cdot\frac{\sqrt{A}\cdot\sqrt{м}}{\sqrt{Н}} = \sqrt{\frac{кг}{с}}\cdot\frac{с\sqrt{кг}}{\sqrt{кг\cdot м}} = м$

1

Ответ: $S = \frac{V_0\sqrt{mL}}{Bh}$

ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ГАЗПРОМ

1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

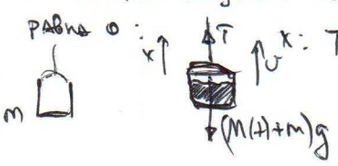
Физика

Площадка написания: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Шифр 91100 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

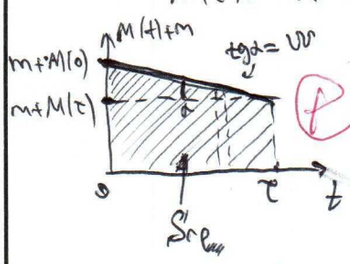
③ 1) Работа по подъему ведра – сумма элементарных работ по перемещению ведра.
$\Delta A = T\Delta h$, где T – сила натяжения нити, Δh – малое перемещение ведра с водой.
Т.к. скорость подъема ведра постоянна, то сумма сил, приложенных к ведру с водой, равна 0:



$x: \; T-(m+M(t))g=0 \Rightarrow T=(m+M(t))g \Rightarrow \Delta A=(m+M(t))g\,\Delta h$

здесь $M(t)$ – масса воды в ведре в некоторый момент времени.

2) Пусть $w=\left|\frac{\Delta M}{\Delta t}\right|$ – модуль скорости изменения воды в ведре, $w>0$.
Т.к. $w=const$, то график зависимости $M(t)$ – прямая с отриц. коэф. наклона.
Пусть τ – время подъема ведра с водой со дна колодца.
Тогда $M(0)=M_0=\rho V=15кг$ – масса воды в ведре на дне
$M(\tau)=\alpha M_0$ – масса воды в ведре, когда его полностью вытащили из колодца.



Площадь под графиком $S_{гр}$ – сумма элементарных площадей $\Delta S_{гр}$
$\Delta S_{гр}=(m+M(t))\cdot\Delta t \Rightarrow S_{гр}=\sum\Delta S_{гр}=\sum(m+M(t))\Delta t$.
$S_{гр}=\frac{1}{2}(m+M(0)+m+M(\tau))\cdot\tau=\frac{1}{2}\tau(2m+M_0+\alpha M_0)=$
$=\frac{\tau}{2}(2m+M_0(1+\alpha))$.

3) $A=\sum\Delta A=\sum(m+M(t))g\Delta h=g\cdot\sum(m+M(t))\Delta h=g\cdot\sum m\Delta h+M(t)\Delta h=$

$=\left(\sum(m+M(t))\cdot v\Delta t\right)g=gv\sum(m+M(t))\Delta t=gv\cdot\frac{\tau}{2}(2m+M_0(1+\alpha))$.

Подставл. $\sum(m+M(t))\Delta t=S_{гр}$

Т.к. $\Delta h=v\Delta t$ – элементарное перемещение ведра с водой с пост. скор. v,
$\tau=\frac{H}{v}$ – время движения с постоян. скоростью.

$A=gv\cdot\frac{1}{2}\frac{H}{v}(2m+M_0(1+\alpha)) \Rightarrow \underline{A=\frac{1}{2}gH(2m+M_0(1+\alpha))}$.

$A=\frac{1}{2}\cdot10\frac{Н}{кг}\cdot20м\cdot\left(2\cdot2кг+15кг\cdot\left(1+\frac{2}{3}\right)\right)=100\frac{Н\cdot м}{кг}\cdot\left(4+15\cdot\frac{5}{3}\right)кг=100Н\cdot м\cdot29=2900Дж$.

Ответ: $\underline{2{,}9кДж}$.