



Заполняется проверяющим строго по образцу

Образец заполнения:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0

0 5 0 4 0 6 0 4 0 3 0 4 X X X X X X X X

Оценка цифрами

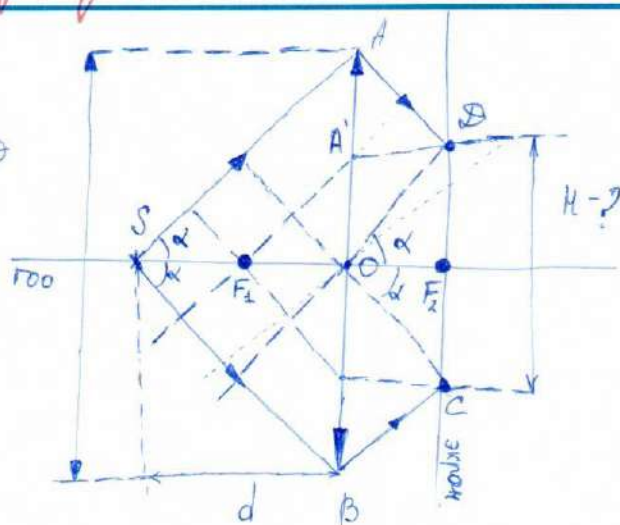
Оценка прописью

Подпись

0 2 6 двадцать шесть

6
4

$SO = d$
 $OF_2 = OF_1 = F$
 $AB = D$



Введем следующие сокращения:

ГОО - главный оптический центр линзы

ГОО - главный оптический ось линзы.

Где H - диаметр светового пята;

O - ГОО;

A - верхний край линзы

B - нижний край линзы

S - источник света.

F_1 - передний "фокус" линзы

F_2 - "задний" фокус линзы

Для того, чтобы узнать диаметр светового пятна, можно рассмотреть преломление лучей света SA и SB (краевыми эффектами в геометрической оптике мы пренебрежем), т.к. именно эти два луча будут границей нашего светового пятна, остальные лучи, попадающие на линзу, будут после преломления падать в области экрана между двумя точками, образованными от пересечения преломленных лучами SA и SB экрана в точках D и C соответственно (они также обозначены на рисунке).

Найдем расположение точек D и C . Экран в данной задаче совпадает с фокальной плоскостью, поэтому, по определению фокальной плоскости, параллельный лучок света после преломления собирающей линзой совершится в одной точке на фокальной плоскости. Выполним вспомогательное построение: проведем луч F_1A' , параллельный SA , после преломления он будет параллелен ГОО. Отметим, что $OD \parallel SA$, т.к. луч проходящий через ГОО не преломляется. Откуда получаем $\angle ASD = \angle DOF_2 = \alpha$,



$$(ab)c = a(bc)$$

$$E = mc^2$$



Площадка написания

Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана

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

Физика

Шифр 88507 Класс 10

Вариант 1 Дата 20.02.2022



примем $f_d = \frac{AO}{SO} = \frac{OF_2}{OF_2}$ (1)

Ввиду симметрии относительно ГОО:

$$AO = OB = \frac{D}{2}$$

$$OF_2 = F_2C = \frac{H}{2}$$

$$\angle ASO = \angle OSB = \angle OF_2 = \angle COF_2 = \alpha$$

из (1) и полученных выше параметров:

$$\frac{AO}{SO} = \frac{OF_2}{OF_2} \Rightarrow \frac{D/2}{d} = \frac{H/2}{F} \Rightarrow \frac{D}{d} = \frac{H}{F} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H = \frac{D \cdot F}{d} \quad \checkmark$$

Ответ: $\frac{D \cdot F}{d}$

5

Дано:

$$T_x = 273 \text{ K}$$

$$T_n = 373 \text{ K}$$

$$m = 200 \text{ г} = 0,2 \text{ кг}$$

$$\lambda = 3,35 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$\tau = 2,26 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

$$m_{\text{лед}} = ? \dots \text{ кг.}$$

Решение:

Заметим, что T_x соответствует температуре превращения воды в лёд, а T_n соответствует превращению воды в пар, т.е. на нагревание ни в том, ни в другом случае энергии (теплоты) не идёт.

Найдём КПД цикла Карно:

$$\eta = \frac{T_n - T_x}{T_n} = 1 - \frac{T_x}{T_n} = 0,268 \quad \checkmark$$

Найдём теплоту при парообразовании $m = 200 \text{ г}$ воды:

$$Q_{\text{пар}} = \tau m = 0,2 \text{ кг} \cdot 2,26 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} = 452000 \text{ Дж} = 452 \text{ кДж.}$$

Получим из определения КПД:

$$\eta = \frac{Q_{\text{пар}} - Q_{\text{лед}}}{Q_{\text{пар}}} \Rightarrow Q_{\text{лед}} = \eta Q_{\text{пар}} \quad \text{Получим: } Q_{\text{лед}} = \lambda m_{\text{лед}}.$$

$$\lambda m_{\text{лед}} = \eta \tau m \Rightarrow m_{\text{лед}} = \frac{(1 - \frac{T_x}{T_n}) \tau m}{\lambda} = \frac{0,268 \cdot 452000}{3,35 \cdot 10^5} \text{ кг} = 0,3616 \text{ кг} = 362 \text{ г.}$$



$$(ab)c = a(bc)$$

$$E = mc^2$$



Площадка написания

Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана

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

Физика

Шифр 88507 Класс 10

Вариант 1 Дата 20.02.2022



Ответ:

$$m_{\text{каби}} = \frac{(1 - \frac{T_H}{T_X}) \cdot \mu}{\lambda} m = 362 \text{ г}$$

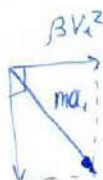
④

1 ситуация:

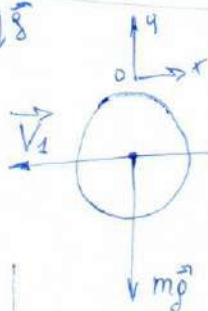
4

из второго закона

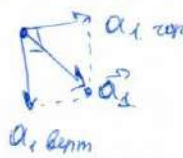
Ньютона: mg



$\downarrow g$



$$-\beta V_1^2 \cdot \frac{\vec{V}_1}{V_1} = \vec{F}_{\text{сфер}}$$



векторный треугольник разложения $\vec{a}_1$ на перпендикулярные компоненты.

$\vec{g}$ - ускорение свободного падения.

Второй закон Ньютона:

$$\text{OX: } \beta V_1^2 = m a_{1, \text{гор}}$$

$$\frac{\beta}{m} V_1^2 = a_{1, \text{гор}}$$

$$\text{OY: } mg = m a_{1, \text{верт}}$$

$$a_{1, \text{верт}} = g$$

По теореме Пифагора:

$$g^2 + \left(\frac{\beta}{m}\right)^2 V_1^4 = a_1^2$$

$$\left(\frac{\beta}{m}\right)^2 V_1^4 = a_1^2 - g^2$$

$$\left(\frac{\beta}{m}\right)^2 = \frac{a_1^2 - g^2}{V_1^4}$$

$$\frac{\beta}{m} = \frac{\sqrt{(a_1 - g)(a_1 + g)}}{V_1^2}$$

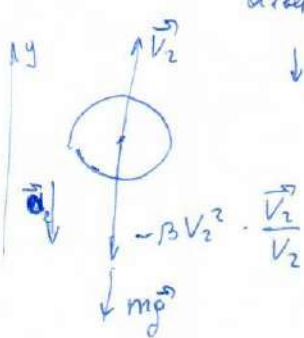
По условию:

$$\vec{F}_{\text{сфер}} = -\beta V_1^2 \cdot \frac{\vec{V}_1}{V_1}$$

где $\beta = \text{const.}$

Пусть m - масса мяча.

2 ситуация



Второй закон Ньютона:

$$\text{OY: } m a_2 = \beta V_2^2 + mg$$

$$a_2 = \frac{\beta}{m} V_2^2 + g =$$

$$= \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 \cdot \sqrt{(a_1 - g)(a_1 + g)} + g$$

Ответ:

$$a_2 = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 \cdot \sqrt{(a_1 - g)(a_1 + g)} + g$$



ОТРАСЛЕВАЯ
ОЛИМПИАДА
ШКОЛЬНИКОВ



Площадка написания

Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана

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

Физика

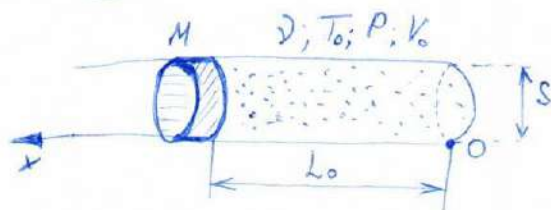
Шифр 88507 Класс 10

Вариант 1 Дата 20.02.2022

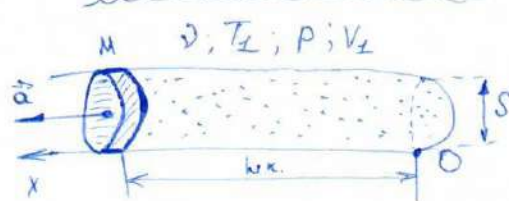


3

начальное состояние системы:



конечное состояние системы:



Пусть V - количество газа в цилиндре
 S - площадь поперечного сечения цилиндра.

$T_0; P; V_0$ - начальная температура, давление и объем соответственно.

L_0 - начальная координата края поршня по оси Ox направленной от дна сосуда вдоль оси цилиндра

L_k - конечная координата края цилиндра.

$T_1; V_1$ - конечная температура и объем.

Рассмотрим силы, действующие на поршень, т.к. сосуда нет, то

$$F_{\text{газ}} = Ma \Rightarrow pS = Ma \Rightarrow p = \frac{Ma}{S}, \text{ по условию } \vec{a} = \text{const, тогда}$$

то поршень начнет периодически:

$$Q = \Delta U + A.$$

то определим:

$$A = \int_{V_0}^{V_1} p dV, \text{ т.к. } p = \text{const, то: } A = p \int_{V_0}^{V_1} dV = p \Delta V = p(V_1 - V_0)$$

с тем же можно, что $\frac{Ma}{S} = p$; $SL_0 = V_0$; $SL_k = V_1$ получим:

$$A = \frac{Ma}{S} (SL_k - SL_0) = Ma(L_k - L_0).$$

т.к. $\vec{a} = \text{const}$ и поршень изначальное покоился, то:

$$L(t) = L_0 + \frac{at^2}{2}; L_k - L_0 = L_0 + \frac{a\tau^2}{2} - L_0 = \frac{a\tau^2}{2}$$

$$A = \frac{Ma^2\tau^2}{2}$$



ОТРАСЛЕВАЯ
ОЛИМПИАДА
ШКОЛЬНИКОВ

$(ab)c = a(bc)$ $E = mc^2$ $u = \frac{h}{m\lambda}$

Площадка написания

Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана

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

Физика

Шифр 88507 Класс 10

Вариант 1 Дата 20.02.2022



По условию внутренняя энергия одного моля газа:

$U = cT$, тогда для ν молей: $U = \nu U_{\text{моль}} = c\nu T$, тогда:

$\Delta U = c\nu \Delta T = c\nu (T_k - T_0)$

Запишем уравнение состояния газа:

$PV = \nu RT$, Рассмотрим малые изменения

$\Delta(PV) = \Delta(\nu RT)$

R - универсальная газовая
постоянная.

$\Delta P \cdot V + \Delta V \cdot P = \nu R \Delta T$

Но так $P = \text{const}$, то $\Delta P = 0$, тогда:

$P \Delta V = \nu R \Delta T$

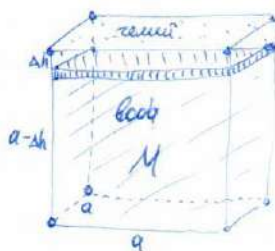
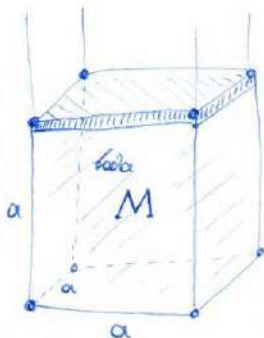
$\frac{A}{R} = \nu \Delta T$

$\Delta U = c\nu \Delta T = \frac{c}{R} A$

$Q = \Delta U + A = \frac{c}{R} A + A = A \left(\frac{c}{R} + 1 \right) = \frac{M a^2 v^2}{2} \left(\frac{c}{R} + 1 \right)$

Ответ: $Q = \frac{M a^2 v^2}{2} \left(\frac{c}{R} + 1 \right)$ ✓

2



Дано:

$a = 1 \text{ м}$

$M = 1000 \text{ кг}$

$\Delta h = 10^{-3} \text{ м}$

$t = 300 \text{ К}$

$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$

$M = 4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$

$E = 5 \cdot 10^{-10} \text{ Дж}$

$m = ? \text{ кг}$

4



ОТРАСЛЕВАЯ
ОЛИМПИАДА
ШКОЛЬНИКОВ



Площадка написания

Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана

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

Физика

Шифр 88507 Класс 10

Вариант 1 Дата 20.02.2022



Проверим, какой объем занимала вода в изначальном состоянии:

$$V_0 = \frac{M}{\rho} = 1 \text{ м}^3, \text{ где } \rho = 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} - \text{плотность воды.}$$

Изменение объема будет равно:

$$\Delta V = \alpha^2 \cdot \Delta h = 10^{-3} \text{ м}^3$$

Из определения сжимаемости воды:

$$\epsilon = \frac{\Delta V}{V_0 \cdot \Delta p}$$

, причем Δp при $t = \text{const}$. Но в нашей ситуации как раз $t = 300 \text{ К} = \text{const}$, т.к. температура воды и льда одинакова.

$$\Delta p = \frac{\Delta V}{V_0 \cdot \epsilon}$$

Из уравнения состояния газа следует, что:

$$\text{т.к. } \nu = \frac{m}{\mu}$$

$$\Delta p \cdot \Delta V = \nu R t \Rightarrow \Delta p \cdot \Delta V = \frac{m}{\mu} R t \Rightarrow \Delta p = \frac{m R t}{\mu \cdot \Delta V}, \text{ тогда:}$$

$$\frac{m R t}{\mu \Delta V} = \frac{\Delta V}{V_0 \cdot \epsilon} \Rightarrow \epsilon m R t V_0 = \mu \Delta V^2 \Rightarrow m = \frac{\mu \Delta V^2}{\epsilon R t V_0} =$$

$$= \frac{\mu \alpha^2 \cdot \Delta h^2 \rho}{\epsilon R t M} = 3,2 \text{ г.}$$

Ответ: $m = 3,2 \text{ г}$ ✓



$$(ab)c = a(bc)$$

$$E = mc^2$$



Площадка написания

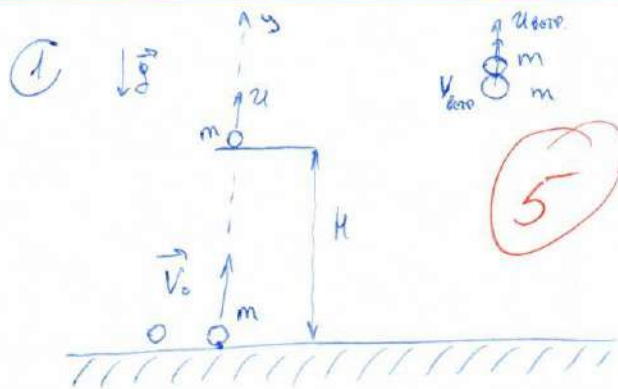
Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана

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

Физика

Шифр 88507 Класс 10

Вариант 1 Дата 20.02.2022



Пусть шары имеют массу m .

Условие встречи:

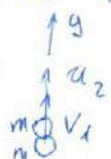
$y_1(\tau) = y_2(\tau)$, где τ - время от броска до встречи.

$$V_0\tau - \frac{g\tau^2}{2} = h + u\tau - \frac{g\tau^2}{2}$$

$$V_0\tau - u\tau = h$$

$$\tau(V_0 - u) = h$$

$$\tau = \frac{h}{V_0 - u}$$



Запишем зависимость координаты по оси Oy от времени:

$$y_1(t) = V_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$y_2(t) = ut - \frac{gt^2}{2} + h$$

А также:

$$u_2(t) = u - gt$$

$$V_1(t) = V - gt$$

Во время столкновения шары будут иметь следующие скорости:

$$V_1(\tau) = V - g\tau$$

$$u_2(\tau) = u - g\tau$$

Закон сохранения импульса в направлении на ось Oy : (далее ЗСИ)

$$mV_1 + mu_2 = mV_1' + mu_2'$$

$$V_1 + u_2 = V_1' + u_2'$$

Закон сохранения энергии: (далее ЗСЭ)

$$\frac{mV_1^2}{2} + \frac{mu_2^2}{2} = \frac{mV_1'^2}{2} + \frac{mu_2'^2}{2} + \Pi_1 + \Pi_2$$

$$V_1^2 + u_2^2 = V_1'^2 + u_2'^2$$

Π_1 и Π_2 потенциальные энергии шаров, не изменяющиеся в ходе столкновения.

ЗСЭ верно, т.к. удар совершен упругий.

Из ЗСИ и ЗСЭ найдем, что:

$$V_1' = u_2$$

$$u_2' = V_1$$

V_1' - скорость первого после столкновения

u_2' - скорость второго после столкновения



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

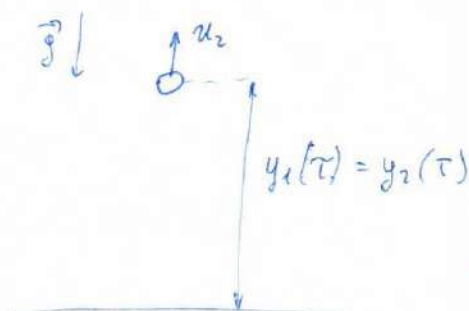
Физика

Шифр 88507 Класс 10

Вариант 1 Дата 20.02.2022



Напомним, что для первого шарика следующая картинка:



$$u_2 = u - g\tau = u - g \frac{H}{V_0 - u} =$$

$$= \frac{u(V_0 - u) - gH}{V_0 - u}$$

$$H_{\text{встр.}} = V_0 \cdot \tau - \frac{g\tau^2}{2} =$$

$$= \frac{V_0 H}{V_0 - u} - \frac{g \frac{H^2}{(V_0 - u)^2}}{2} = \frac{H}{V_0 - u} \left(V_0 - \frac{gH}{2(V_0 - u)} \right)$$

Один из корней в отрицательном.

$$= \frac{-u_2 + \sqrt{u_2^2 - 2H_{\text{встр.}}g}}{g}$$

$$\frac{-\frac{2gH}{(V_0 - u)} \left(V_0 - \frac{gH}{2(V_0 - u)} \right)}{g} =$$

$$-\frac{2gH}{(V_0 - u)} \left(V_0 - \frac{gH}{2(V_0 - u)} \right)$$

$$\text{Пусть } H_{\text{встр.}} = y_1(\tau) = y_2(\tau)$$

тогда новая зависимость координаты от времени:

$$y_1'(t) = H_{\text{встр.}} + u_2 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$y_1'(T) = 0 \quad T - \text{искомое время,}$$

$$H_{\text{встр.}} + u_2 T - \frac{gT^2}{2} = 0$$

$$D = u_2^2 - 4H_{\text{встр.}} \cdot \frac{g}{2} =$$

$$= u_2^2 - 2H_{\text{встр.}}g$$

$$T = \frac{-u_2 \pm \sqrt{D}}{g}$$

Нам нужен корень в плюс, т.к. время неотрицательно.

$$= \frac{-u(V_0 - u) + gH}{V_0 - u} + \sqrt{\left(u - \frac{gH}{V_0 - u} \right)^2 -}$$

$$\frac{u(u - V_0) + gH}{V_0 - u} + \sqrt{\frac{(u(V_0 - u) - gH)^2}{(V_0 - u)^2}}$$



ОТРАСЛЕВАЯ
ОЛИМПИАДА
ШКОЛЬНИКОВ



Площадка написания

Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана

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

Физика

Шифр 88507 Класс 10

Вариант 1 Дата 20.02.2022



Ответ:
$$T = \frac{u(u - V_0) + gH}{V_0 - u} + \sqrt{\frac{(u(V_0 - u) - gH)^2}{(V_0 - u)^2} - \frac{2gH}{(V_0 - u)} V_0 - \frac{gH}{2(V_0 - u)}}$$