



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	0
	4	4	4	3	6	3			
Оценка цифрами			Оценка прописью				Подпись		
24			двадцать четыре						

Задача 4.

Дано:

v_1 - скорость в первом случае;
 a_1 - ускорение, действующее на мяч в 1 случае.
 F, v_1 - направлены горизонтально.
 v_2 - скорость мяча во 2 случае;
 v_2 - направлена вертикально вверх.

Найти:
 a_2 ?

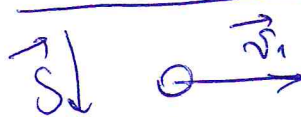
Решение.

Введем ~~массу~~ ~~массу~~ мяча m .
 По условию задачи сказано, что сила сопротивления воздуха, действующая на мяч, прямо пропорциональна квадрату скорости. Тогда введем некоторый коэффициент пропорциональности k , такой, что
 $F_{\text{сопр}} = F_{\text{сопр}}(v) = k v^2$
 Отметим также, что сила сопротивления воздуха направлена противоположно скорости мяча!

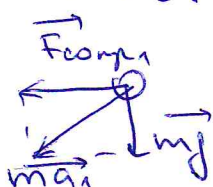
$$\vec{F}_{\text{сопр}} \uparrow \downarrow \vec{v}$$

Рассмотрим подробно 1 случай: мяч летит горизонтально:

мне кажется рисунок:



Теперь составим все силы, действующие на мяч:



Согласно II закону Ньютона:

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

См. продолжение на стр. 2.



Площадка написания

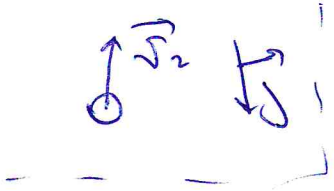
Санкт-Петербургский Государственный электротехнический Университет "ЛЭТИ"

Шифр 94617 Класс 10

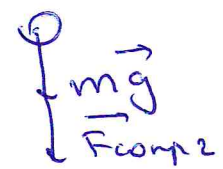
Вариант 1 Дата 20.02.2022

$$\begin{aligned} \vec{F}_{\text{сюр1}} + m\vec{g} &= m\vec{a}_1 \\ \vec{F}_{\text{сюр1}} \perp m\vec{g}, \text{ тогда по теореме Пифагора:} \\ F_{\text{сюр1}}^2 + (mg)^2 &= (ma_1)^2 \\ F_{\text{сюр1}} &= k\sqrt{v_1^2} \\ \text{Тогда: } (k\sqrt{v_1^2})^2 + (mg)^2 &= (ma_1)^2 \quad | : m^2 \\ \left(\frac{k\sqrt{v_1^2}}{m}\right)^2 + g^2 &= a_1^2 \\ \left(\frac{k\sqrt{v_1^2}}{m}\right)^2 &= a_1^2 - g^2 \\ \frac{k\sqrt{v_1^2}}{m} &= \sqrt{a_1^2 - g^2} \\ \frac{k}{m} &= \frac{\sqrt{a_1^2 - g^2}}{\sqrt{v_1^2}}; \quad \frac{k}{m} = \text{const.} \end{aligned}$$

Теперь рассмотрим 2 случай: мяч отбрасывают от поверхности верт. вверх со скоростью v_2 :



Рассставим все силы, действующие на мяч:



Согласно II закону Ньютона!

$$\begin{aligned} \sum \vec{F} &= m\vec{a} \\ m\vec{g} + \vec{F}_{\text{сюр2}} &= m\vec{a}_2 \\ m\vec{g} \uparrow \uparrow \vec{F}_{\text{сюр2}} &\Rightarrow \end{aligned}$$

$$\Rightarrow mg + F_{\text{сюр2}} = ma_2$$

$$F_{\text{сюр2}} = k\sqrt{v_2^2}$$

$$\text{Тогда: } mg + k\sqrt{v_2^2} = ma_2 \quad | : m$$

$$g + \frac{k}{m}\sqrt{v_2^2} = a_2 \quad A$$

См продолжение на листе 3.



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

$$E = mc^2$$



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

Физика

Площадка написания

Санкт-Петербургский Государственный электротехнический Университет "ЛЭТИ"

Шифр

94617 Класс

10

Вариант

Дата

20.02.2022



$$\frac{k}{m} = \text{const. Мы выразим } \frac{k}{m}.$$

$$\text{Тогда } a_2 = g + \frac{\sqrt{a_1^2 - g^2}}{v_1^2} \cdot v_2^2$$

$$a_2 = g + \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 \cdot \sqrt{a_1^2 - g^2}.$$

$$\text{Ответ: } a_2 = g + \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 \sqrt{a_1^2 - g^2}.$$

?

3

Задача 6.

Дано:

Тонкая собирающая линза;

F - фокусное расстояние линзы;

D - диаметр линзы

Экран расположен

в фокусе линзы (за линзой)

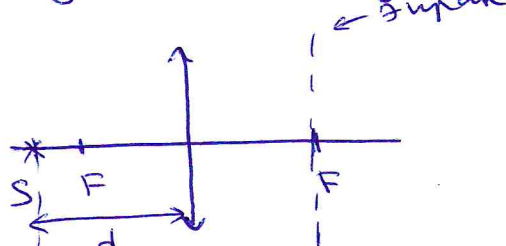
d - расстояние от линзы до точечного источника света.

Найти:

x - ? (диаметр светового пятна на экране)

Решение.

Схематично:



Найти расстояние от линзы до изображения источника. Обозначим его f .

Т.к. линза тонкая и собирающая, то

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d}$$

$$f = \frac{Fd}{d-F}$$

По условию задачи сказано, что $d > F$, то
тогда $\frac{d}{d-F} > 1 \Rightarrow \frac{Fd}{d-F} > F$

См продолжение на листе стр 4



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

$$E = mc^2$$



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

Физика

Площадка написания

Санкт-Петербургский Государственный электротехнический Университет "ЛЭТИ"

Шифр

94617 Класс

10

Вариант

1

Дата

20.02.2022



Тогда $\frac{PQ}{AC} = \frac{BR}{BO} = \frac{F}{d}$

$$PQ = AC \cdot \frac{F}{d} ; AC = D - \text{расстояние между линзами.}$$

$$PQ = \frac{FD}{d} = x - \text{расстояние светового пятна}$$

Ответ: расстояние светового пятна на экране равно $x = \frac{FD}{d}$. + 3

Задача 3.

Дано:

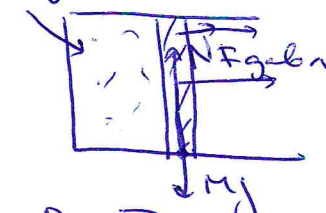
горизонтальный цилиндрический сосуд;
M - масса поршня;
газ нагревают;
a - ускорение поршня;
энергия одного моля газа равна $u = cT$.

Найти:

Q - ? (количество теплоты, сообщенное газу).

Решение

Сделаем рисунок: Рассмотрим силы действующие на поршень.



По II закону Ньютона:

$$\sum \vec{F} = M\vec{a}$$

$$F_{gabn} + \vec{Mg} + \vec{N} = M\vec{a}.$$

$\vec{a}$ направлено горизонтально;

$\vec{Mg}$ и $\vec{N}$ - вертикально.

На горизонтальной оси:

$$\left. \begin{aligned} F_{gabn} &= Ma \\ F_{gabn} &= pS \end{aligned} \right\} \Rightarrow pS = Ma; \quad a = \text{const}; \quad M = \text{const}; \quad S = \text{const (цилиндр)}$$

$p = \text{const}$: изобарный процесс (в нашем случае изобарное нагревание).

Смотри продолжение на стр 6.

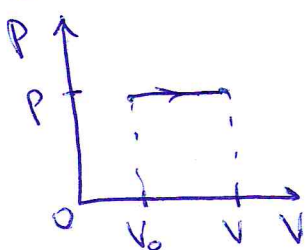


Запишем уравнение 1-го начала Термодинамики:

$$Q = A + \Delta U: VT \Rightarrow A \neq 0$$

$$T \uparrow \Rightarrow \Delta U > 0.$$

Давление газа постоянно и равно $S p$. Нарисуем график зависимости давления от объема:



Тогда V_0 - начальный объем газа
 V - конечный объем газа
 (через время t).

Работа газа равна площади под графиком в осях $p(V)$:

$$A = p(V - V_0)$$

Сосуд имеет форму цилиндра $\Rightarrow S = \text{const.}$
 Тогда $V = Sh$; $V_0 = Sh_0$.

$$\text{Тогда } A = p(Sh - Sh_0) = pS(h - h_0)$$

Начальная высота поршня равна 0 $\Rightarrow$
 $\Rightarrow h - h_0 = \frac{a\tau^2}{2}$, тогда $A = pS \cdot \frac{a\tau^2}{2}$.

в свою очередь $pS = Ma$ (см. выше).

$$\text{Тогда } A = Ma \cdot \frac{a\tau^2}{2} = \frac{Ma^2\tau^2}{2}$$

Разберемся с изменением внутренней энергии:
 $\Delta U = U - U_0 = c(T - T_0)$.

Запишем уравнение Менделеева - Клапейрона
 для начального и конечного случаев:

$$\begin{cases} pV = \nu RT \\ pV_0 = \nu RT_0 \end{cases}$$

$$\text{Тогда } T - T_0 = \frac{p(V - V_0)}{\nu R}$$

$$p(V - V_0) = \nu R(T - T_0)$$

Смотри продолжение на стр 7.



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

Физика



Площадка написания

Санкт-Петербургский Государственный
электротехнический Университет "ЛЭТИ"

Шифр 94617 Класс 10

Вариант 1 Дата 20.02.2022

$$T - T_0 = \frac{p(V - V_0)}{Ma} = \frac{p(S h - S h_0)}{Ma} =$$

$$= \frac{p S (h - h_0)}{Ma} = \frac{p S \frac{a \tau^2}{2}}{Ma} = \frac{Ma^2 \tau^2}{2 p R}$$

$$\text{Тогда } \Delta U = \frac{c Ma^2 \tau^2}{2 p R}$$

по условию известно, что для одного моля газа: $U = CT$; $\Delta U = C \Delta T$

* В условии об этом не сказано, но будем считать, что γ не 1 моль газа по условию.

Тогда из известных данных: $c = \frac{i}{2} p R$; где i — число степеней свободы.

$$\text{Тогда: } \Delta U = \frac{i Ma^2 \tau^2}{2}$$

$$\text{Т.е. } Q = \Delta U + A = \frac{i}{2} Ma^2 \tau^2 + \frac{Ma^2 \tau^2}{2} = \frac{Ma^2 \tau^2}{2} \left(\frac{i}{2} + 1 \right)$$

Ответ: если 1 моль газа: $Q = \frac{Ma^2 \tau^2}{2} \left(\frac{5}{2} + 1 \right)$; —
1 — число степеней свободы.

если не 1 моль, то $Q = \frac{c Ma^2 \tau^2}{2 p R}$,
где γ — молярная теплоемкость.

(4)



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

$$E = mc^2$$



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

Физика



Площадка написания

Санкт-Петербургский Государственный
электротехнический Университет "ЛЭТИ"

Шифр

94617 Класс

10

Вариант

1

Дата

20.02.2022

Задача 2.

Дано:

Бал кубической
формы;

$$a = 1 \text{ м};$$

$$M = 1000 \text{ кг};$$

M — масса воды;

$\mu = 4 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ — моляр-
ная масса гелия;

$$t = 27^\circ\text{C} = 27 + 273 = 300^\circ\text{K};$$

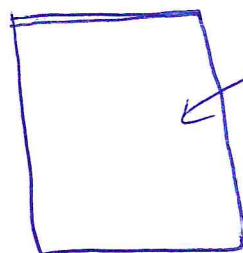
$\Delta h = 1 \text{ мм}$ — расстояние
на которое должен сдвиг-
нуться поршень.

Найти:

m — ? (масса гелия).

Решение.

Сделаем начальный
мазоч:



$\mu \approx 0$. Занимает
весь объем a^3 ,
т.к. $p = 0$.

Разберемся со сжимаемостью
воды:

$$\epsilon = 5 \cdot 10^{-5} \text{ Па}^{-1}$$

Судя по условию:

$$\Delta p \epsilon = \frac{\Delta V}{V} +$$

Начальное давление на воду равно 0 $\Rightarrow$
 $\Rightarrow p \epsilon = \frac{\Delta V}{V}$, где p — давление гелия. +

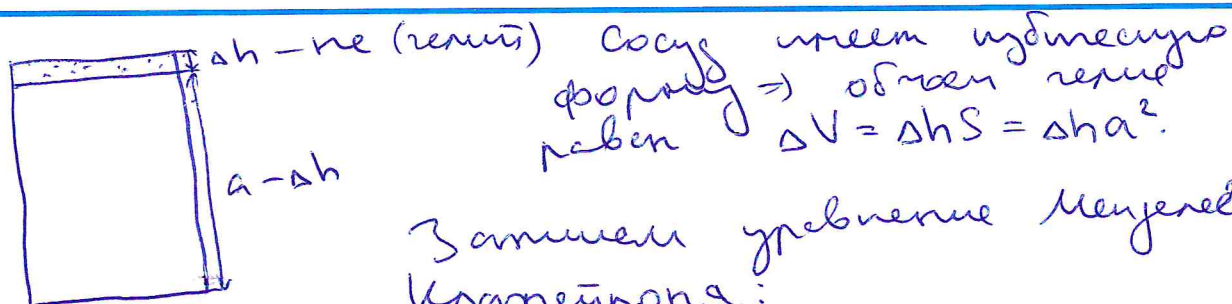
Сказано, что поршень должен сдвинуться
на Δh , получается выш. ΔV и ΔV

$$\Delta V = \Delta h S$$

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta h}{a} +$$

Тогда: $p \epsilon = \frac{\Delta h}{a} \Rightarrow p = \frac{\Delta h}{a \epsilon}$ — вот такое давление
должен оказывать
гелий, чтобы поршень
сдвинулся на 1 мм.
Сделаем мазоч Δh же 2 см, тогда
часть воды занимает не:

см на стр 9.



$$pV = \nu RT$$

Тогда для гение в объеме ΔV и температуре $T = 300^\circ \text{K}$:

$$p \cdot \Delta V = \nu RT$$

$$\nu = \frac{m}{M} \frac{M}{m}, \text{ где } m - \text{масса гение, } M - \text{молярная масса гение:}$$

$$p \Delta V = \frac{m}{M} RT$$

$$m = \frac{p \Delta V M}{RT}$$

$$m = \frac{\Delta h \Delta h a^2 M}{\epsilon E \cdot RT} = \frac{\Delta h^2 \cdot a M}{\epsilon RT}$$

$$m = \frac{(10^{-3})^2 \text{ м}^2 \cdot 1 \text{ м} \cdot 4 \frac{\text{г}}{\text{моль}}}{5 \cdot 10^{-10} \text{ Па}^{-1} \cdot 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 300^\circ \text{K}} \approx 3,2 \text{ г.}$$

Ответ: масса гение равна $m = 3,2 \text{ г.}$

+ 4



Задача 5.

Дано:

T_x - температура холодильника;

T_n - температура нагревателя;

$m = 1002$ - масса воды превратившейся в пар в нагревателе;

$\lambda = 3,35 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ - удельное теплота плавления льда;

$r = 2,26 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$ - удельное теплота парообразования воды.

Найти:

M - ? (наименьшая масса воды, которая замораживается в холодильнике)

Решение.

Как и любая тепловая машина: имеет Карно (в основе лежит цикл Карно: 2 адиабаты и 2 изобары) она имеет КПД:

$$\eta = \frac{Q_n - Q_x}{Q_n}, \text{ где}$$

Q_n - кол-во теплоты, полученное от нагревателя

Q_x - кол-во теплоты, отданное холодильнику.

С другой стороны:

$$\eta = \frac{T_n - T_x}{T_n}$$

T_n - температура нагревателя

T_x - температура холодильника.

$$\text{Также: } \eta = \eta: \frac{Q_n - Q_x}{Q_n} = \frac{T_n - T_x}{T_n}$$

$$1 - \frac{Q_x}{Q_n} = 1 - \frac{T_x}{T_n}$$

$$\frac{Q_x}{Q_n} = \frac{T_x}{T_n}$$

Q_x - теплота отданная на кристаллизацию воды: по формуле: $Q_x = \lambda M$

Q_n - теплота полученная на парообразование воды.

$Q_n = r m$. Смотрим продолжение на стр 11.

Таким образом:

$$\frac{\lambda M}{r m} = \frac{T_x}{T_n}$$

$$M = \frac{T_x}{T_n} \cdot \frac{r}{\lambda} \cdot m$$

$$M = \frac{273^\circ K}{373^\circ K} \cdot \frac{2,26 \cdot 10^6 \frac{J}{kg}}{3,35 \cdot 10^5 \frac{J}{kg}} \cdot 100 \approx 988 \text{ г.}$$

*Примером $T_x = 273^\circ K = 0^\circ C$ - ^{вода} будет кристал.
 $T_n = 373^\circ K = 100^\circ C$ - ^{вода} будет паром/перегретой жидкостью.

Ответ: в холодильнике можно заморозить $M = 988 \text{ г.}$ воды.

Дано:

2 одинаковых шарика:

$$m_1 = m_2 = m.$$

шарик 1: из

земле: v_0 - скорость, с которой его подбросили вверх.

шарик 2: на высоте H и подброшен со скоростью u вверх.

$$v_0 > \sqrt{gH} > u$$

происходит абсолютно упругий удар.

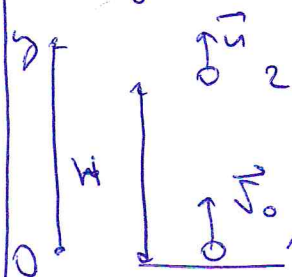
Найти:

Δt - время от столкновения до упреждения 1 шарика.

Решение.

Сделаем рисунок:

Заменим уровни координатой где обоих шариков:



Заменим уровни координатой где обоих шариков:

$$①: v_0 t - \frac{gt^2}{2} = y_1$$

$$②: H + ut - \frac{gt^2}{2} = y_2$$

В момент столкновения:

$$y_1 = y_2:$$

$$v_0 t - \frac{gt^2}{2} = H + ut - \frac{gt^2}{2}$$

$$v_0 t = H + ut$$

$$t = \frac{H}{v_0 - u} \text{ - момент встречи.}$$

В этот момент скорость первого шара равна:

$$v_1 = v_0 - gt = v_0 - \frac{gH}{v_0 - u}$$

Второго шара:

$$v_2 = v_0 u - gt = u - \frac{gH}{v_0 - u}$$

стр 11

См. продолжение на стр 12.

Мы не знаем их направления, т.е.
 $\rightarrow$ нас не заданы $\vec{v}_0$; H ; γ . Ось направлена
 вверх, поэтому если $\vec{v}_1 > 0$, то направлено вверх,
 если меньше 0 то вниз. Такое же
 рассуждение справедливо и для 2 шара.

$\downarrow$ нас абсолютно упругий удар $\Rightarrow$ импульсы
 до взаимодействия равны импульсу после
 взаимодействия. Т.е. удар абсолютно упругий, то
 выполняется еще и закон сохранения энергии!

$$\begin{aligned}
 (1) : m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 &= m\vec{v}_1' + m\vec{v}_2' \\
 \vec{v}_1 + \vec{v}_2 &= \vec{v}_1' + \vec{v}_2'
 \end{aligned}$$

$$(2) \quad \frac{m\vec{v}_1^2}{2} + \frac{m\vec{v}_2^2}{2} = \frac{m\vec{v}_1'^2}{2} + \frac{m\vec{v}_2'^2}{2}$$

$$\text{Т.о.} \begin{cases} \vec{v}_1 + \vec{v}_2 = \vec{v}_1' + \vec{v}_2' \\ \vec{v}_1^2 + \vec{v}_2^2 = \vec{v}_1'^2 + \vec{v}_2'^2 \end{cases}$$

из первого уравнения: $\vec{v}_2' = \vec{v}_1 + \vec{v}_2 - \vec{v}_1'$ тогда

$$\vec{v}_1^2 + \vec{v}_2^2 = \vec{v}_1'^2 + \vec{v}_2'^2$$

$$\vec{v}_1^2 + \vec{v}_2^2 = \vec{v}_1'^2 + (\vec{v}_1 + \vec{v}_2 - \vec{v}_1')^2$$

$$\vec{v}_1^2 + \vec{v}_2^2 = \vec{v}_1'^2 + \vec{v}_1^2 + \vec{v}_2^2 + 2\vec{v}_1\vec{v}_2 - 2\vec{v}_1\vec{v}_1' - 2\vec{v}_2\vec{v}_1'$$

$$2\vec{v}_1\vec{v}_2 + 2\vec{v}_1\vec{v}_2 - 2\vec{v}_1'(\vec{v}_1 + \vec{v}_2) = 0$$

$$\vec{v}_1\vec{v}_2 + 2\vec{v}_1\vec{v}_2 - 2\vec{v}_1'(\vec{v}_1 + \vec{v}_2) = 0$$

$$\vec{v}_1\vec{v}_2 - \vec{v}_1'(\vec{v}_1 + \vec{v}_2) + 2\vec{v}_1\vec{v}_2 = 0$$

$$\text{получаем:} \begin{cases} \vec{v}_1' = \vec{v}_1 \\ \vec{v}_2' = \vec{v}_2 \end{cases}$$

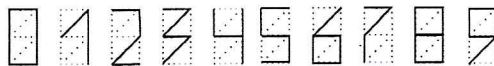
Две сферы.

Тогда у нас шарик находится на
 высоте $h = \vec{v}_0 t - \frac{gt^2}{2} = \frac{\vec{v}_0 H}{\vec{v}_0 - u} - \frac{gH^2}{2(\vec{v}_0 - u)^2}$

Т.о. уравнение координаты после соударения:

$$y = \vec{v}_1' t - \frac{gt^2}{2} + \frac{\vec{v}_0 H}{\vec{v}_0 - u} - \frac{gH^2}{2(\vec{v}_0 - u)^2} = 0$$

в момент прижатия $y = 0$.



Решае квадратное уравнение:

$$\sqrt{g} \Delta t - \frac{g \Delta t^2}{2} + \frac{\sqrt{g} H}{\sqrt{g_0 - 4}} - \frac{g H^2}{2(\sqrt{g_0 - 4})^2} = 0.$$

Должно выполняться неравенство:

$$\sqrt{g_0} > \sqrt{g H} > 4.$$

Уравнения не решен.

