



ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

$$(ab)c = a(bc) \quad E = mc^2 \quad H_2$$

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 89097 Класс 10

Вариант 1 Дата 20.02.2022



Задача № 5

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

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

$$m = 0,2 \text{ кг}$$

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

$$r = 2,26 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$$

$m' = ?$

Решение:

$$1) \eta = 1 - \frac{T_x}{T_n} - \text{непр.} \checkmark$$

$$2) Q_n = \eta = Q_x \Rightarrow \text{Это неверно.}$$

$$\Rightarrow r \cdot m \cdot \left(1 - \frac{T_x}{T_n}\right) = \lambda m' \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m' = \frac{r \cdot m \cdot \left(1 - \frac{T_x}{T_n}\right)}{\lambda} \approx 0,362 \text{ кг}$$

Ответ: 0,362 кг

Задача № 2

$$a = 1 \text{ м}$$

$$M = 1000 \text{ кг}$$

$$\Delta h = 1 \text{ мм}$$

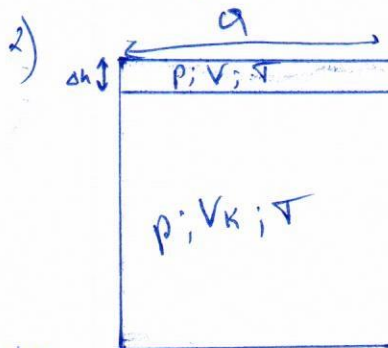
$$T = 300 \text{ K}, \mu = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

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

$m = ?$

Решение:

$$1) \Delta V = p \cdot \epsilon \cdot V_0 - \text{отн. изм. объема.}$$



Запишем ур-ие
менее всего - кислорода

$$p \cdot \Delta h \cdot a^2 = \frac{m}{\mu} \cdot R \cdot T \Rightarrow p = \frac{m R T}{\mu \cdot \Delta h \cdot a^2}$$

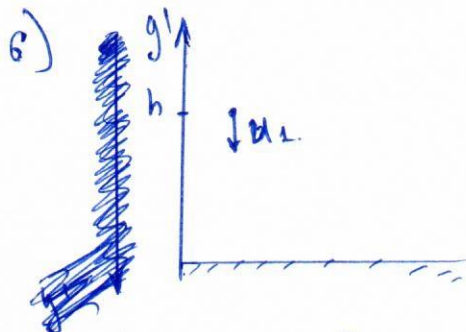


$$y_+(t) = \frac{v_0 \cdot H}{v_0 - u} - \frac{g}{2} \frac{H^2}{(v_0 - u)^2} = \frac{2v_0 H(v_0 - u) - gH^2}{2(v_0 - u)^2} = h?$$

б)



Т.к. во время удара действующим силам можно пренебречь, то из теории абсолютно упругого удара $\Rightarrow$ размен скоростями ($m_1 = m_2$)



$$0 = h_1 - \left(\frac{u(v_0 - u) - gH}{v_0 - u} \right) \cdot T + \frac{gT^2}{2}$$

$$gT^2 - 2\gamma \cdot T + h_1 = 0$$

$$\Delta = 4\gamma^2 - 4gh_1 \Rightarrow T_{1,2} = \frac{2\gamma \pm 2\sqrt{\gamma^2 - gh_1}}{2g}$$

$$T_{1,2} = \frac{2 \cdot \left(\frac{u(v_0 - u) - gH}{v_0 - u} \right) \pm 2\sqrt{\left(\frac{u(v_0 - u) - gH}{v_0 - u} \right)^2 - g \frac{2v_0 H(v_0 - u) - gH^2}{2(v_0 - u)^2}}}{2g}$$

Задача №6

Дано:

F, D, d

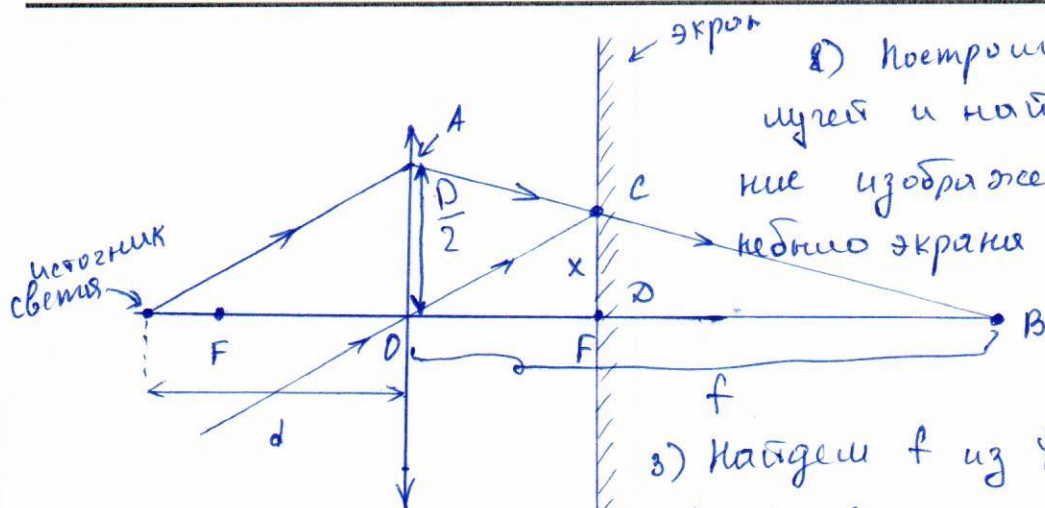
$(d > F)$

$S = ?$

4

Решение:

$$1) \frac{1}{F} = \frac{1}{d} \pm \frac{1}{F} - \text{по опр. ФТЛ}$$



в) Построим ход лучей и найдем положение изображения если бы не было экрана

з) Найдем f из ФТЛ:

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

$$\Rightarrow f = \frac{F \cdot d}{-F + d}$$

и) Обозначим x радиус пятна как x . и рассмотрим подобные треугольники:

$$\triangle BOA \sim \triangle BFC: \quad \frac{f-F}{f} = \frac{x}{\frac{1}{2}D} \Rightarrow x = \frac{\frac{1}{2}D(f-F)}{f} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow S = 2x = \frac{D(f-F)}{f} = \frac{D \cdot \left(\frac{Fd}{-F+d} - F \right)}{\frac{Fd}{-F+d}} \quad \ominus \quad \frac{D(F+d)}{f}$$

$$\ominus \quad \frac{D \cdot (F+d) \cdot \frac{Fd - F(d-F)}{d-F}}{Fd} = \frac{D \cdot F^2}{F \cdot d} = \frac{D \cdot F}{d} \quad \checkmark$$

$$\boxed{\text{Ответ: } S = \frac{DF}{d}}$$



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 89097 Класс 10

Вариант 1 Дата 20.02.2022



3) с другой стороны $V_k = (a - \Delta h) \cdot a^2 \Rightarrow$

$$\Rightarrow (a - \Delta h) \cdot a^2 = \frac{m \kappa T}{\mu \Delta h} \cdot a^3 \Rightarrow m = \frac{(a - \Delta h) \cdot a \cdot \mu \Delta h}{\kappa T} \approx$$

$$\approx 3,2 \text{ кг}$$

Ответ: $m = 3,2 \text{ кг}$

2!



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

$$E = mc^2$$



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

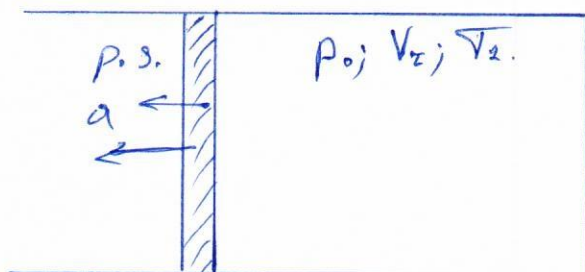
Физика

Площадка написания

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Шифр 89097 Класс 10

Вариант 1 Дата 20.02.2022



1) проще можно считать изобарным т.к. сосуд движется равноускоренно т.е. если мы запишем 3-е Ньютона: $p_0 \cdot S = M \cdot a$ т.к. $S; M = \text{const}$

$\Rightarrow$ если $p \neq \text{const}$, то $a \neq \text{const}$ - противоречие условию $\Rightarrow p = \text{const}$.

2) $V_1 = \frac{a \cdot t^2}{2} \cdot S + V_0$; запишем ур-ие состояния

$$\int p_0 \cdot V_0 = R \cdot T_0 \quad (D=1) \Rightarrow \Delta T = \frac{p_0 \cdot V_0}{R} + \frac{p_0 \cdot a \cdot t^2 \cdot S}{2R} - \frac{p_0 \cdot V_0}{R} \quad \text{③}$$

$$\int p_0 \cdot (V_0 + \frac{a \cdot t^2}{2} \cdot S) = R T_1$$

$$\text{③} \quad \frac{p_0 \cdot S \cdot a \cdot t^2}{2R} = \Delta U = c \Delta T = c \cdot \frac{p_0 \cdot S \cdot a \cdot t^2}{2R}$$

3) Работа по опр $A = \int_{V_0}^{V_1} p(V) \cdot dV \Rightarrow A = p_0 \Delta V = p_0 \cdot \frac{a \cdot t^2}{2} \cdot S$

4) по формуле начала термодинамики

$$Q = \Delta U + A = c \cdot \frac{p_0 \cdot S \cdot a \cdot t^2}{2R} + \frac{p_0 \cdot S \cdot a \cdot t^2}{2}$$

* теперь с учетом $p_0 S = M a \Rightarrow Q = \frac{c \cdot M a^2 \cdot t^2}{2R} + \frac{M a^2 \cdot t^2}{2} =$

$$= \frac{M a^2 \cdot t^2}{2} \left(\frac{c}{R} + 1 \right)$$

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



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

$$E = mc^2$$



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 89097 Класс 10

Вариант 1 Дата 20.02.2022



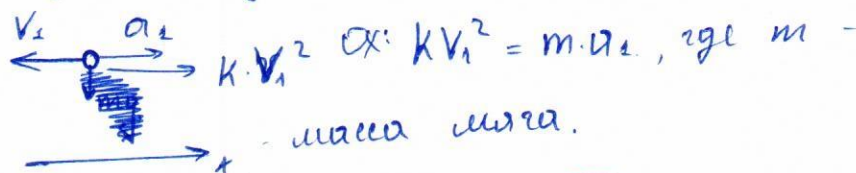
Задача №4

$V_1; a_1; V_2$
горизон. верт
 $F \sim V^2$

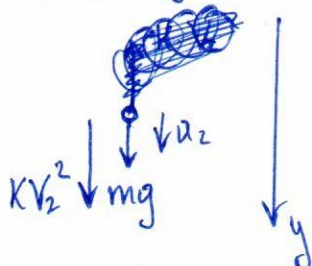
$a_2 = ?$

Решение:

1) II з. Ньютона для горизон. перед ударом



2) II з. Ньютона для ~~горизон.~~ вертик. (4)



$$0Y: K V_2^2 + mg = ma_2$$

3) Получим систему:

$$\Rightarrow \frac{a_1}{V_1^2} \cdot V_2^2 + g = a_2$$

$$K V_1^2 = m a_1 \Rightarrow \frac{K}{m} = \frac{a_1}{V_1^2}$$

$$K V_2^2 + mg = m a_2 \quad / \cdot \frac{1}{m} \Rightarrow$$

$$\text{Ответ: } a_2 = g + a_1 \cdot \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^2 \quad \checkmark$$

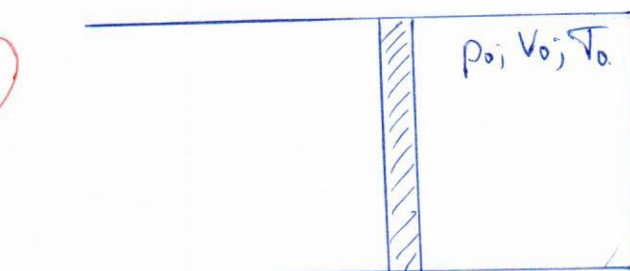
Задача №3

$M; a; x; U = \text{ст}$

$a = ?$

Решение:

(6)





ОТРАСЛЕВАЯ
ОЛИМПИАДА
ШКОЛЬНИКОВ

$(ab)c = a(bc)$ $E = mc^2$ $\frac{1}{2}mv^2$

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 89097 Класс 10

Вариант 1 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	0
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Оценка цифрами

Оценка прописью

Подпись

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
019					двенадцать				

Задача №1.

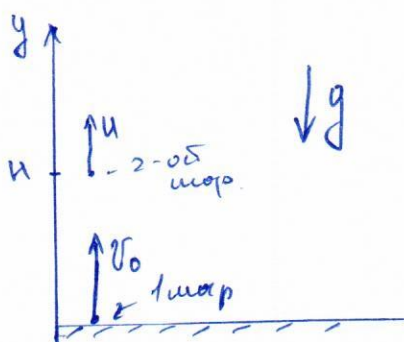
Дано:

v_0 ; H ; u

$v_0 > \sqrt{gH} > u$

$T = ?$

2



Решение:

1) Запишем ур-ие траектории для обоих шариков:

$$y_1(t) = v_0 \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

$$y_2(t) = H + u \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

2) Т.к. в момент удара $y_1 = y_2$:

$$v_0 \cdot t - \frac{gt^2}{2} = H + u \cdot t - \frac{gt^2}{2} \quad (v_0 - u) \cdot t = H \Rightarrow t = \frac{H}{v_0 - u}$$

3) Найдем скорость в момент удара:

$$v(t) = v_0 - g \cdot \frac{H}{v_0 - u} = \frac{v_0(v_0 - u) - gH}{v_0 - u} = v_1$$

данная величина больше нуля ($v_0 > \sqrt{gH} > u$)

$$u(t) = u - g \cdot \frac{H}{v_0 - u} = \frac{u(v_0 - u) - gH}{v_0 - u} = u_1$$

$\Rightarrow$ направлена против оси Oy: ✓

4) Найдем высоту на которой произойдет столкновение.



Задача №5

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

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

$$m = 0,2 \text{ кг}$$

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

$$r = 2,26 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$$

$m' = ?$

Решение:

$$1) \eta = 1 - \frac{T_x}{T_n} - \text{непр.} \checkmark$$

$$2) Q_n = \eta = Q_x \Rightarrow \text{Это неверно.}$$

$$\Rightarrow r \cdot m \cdot \left(1 - \frac{T_x}{T_n}\right) = \lambda m' \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m' = \frac{r \cdot m \cdot \left(1 - \frac{T_x}{T_n}\right)}{\lambda} \approx 0,362 \text{ кг}$$

Ответ: 0,362 кг

Задача №2

$$a = 1 \text{ м}$$

$$M = 1000 \text{ кг}$$

$$\Delta h = 1 \text{ мм}$$

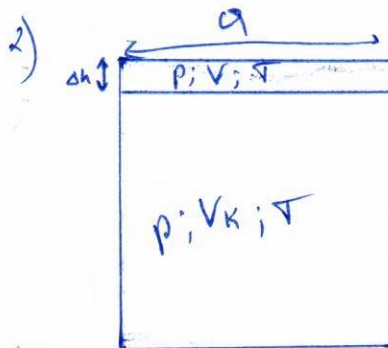
$$T = 300 \text{ K}, \mu = 4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

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

$m = ?$

Решение:

$$1) \Delta V = p \cdot \epsilon \cdot V_0 - \text{отн. изм. объема.}$$



Запишем ур-ие
изменения - кинетическое

$$p \cdot \Delta h \cdot a^2 = \frac{m}{\mu} \cdot R \cdot T \Rightarrow p = \frac{m R T}{\mu \cdot \Delta h \cdot a^2}$$

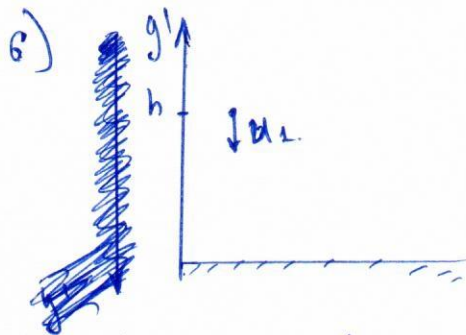


$$y_+(t) = \frac{v_0 \cdot H}{v_0 - u} - \frac{g}{2} \frac{H^2}{(v_0 - u)^2} = \frac{2v_0 H(v_0 - u) - gH^2}{2(v_0 - u)^2} = h?$$

б)



Т.к. во время удара действующим силам можно пренебречь, то из теории абсолютно упругого удара $\Rightarrow$ размен скоростями ($m_1 = m_2$)



$$0 = h_1 - \left(\frac{u(v_0 - u) - gH}{v_0 - u} \right) \cdot T + \frac{gT^2}{2}$$

$$gT^2 - 2\delta \cdot T + h_1 = 0$$

$$\delta = u\delta^2 - ugh_1 \Rightarrow T_{1,2} = \frac{2\delta \pm \sqrt{4\delta^2 - 4gh_1}}{2g}$$

$$T_{1,2} = \frac{2 \cdot \left(\frac{u(v_0 - u) - gH}{v_0 - u} \right) \pm 2 \sqrt{\left(\frac{u(v_0 - u) - gH}{v_0 - u} \right)^2 - g \frac{2v_0 H(v_0 - u) - gH^2}{2(v_0 - u)^2}}}{2g}$$

Задача №6

Дано:

F, D, d

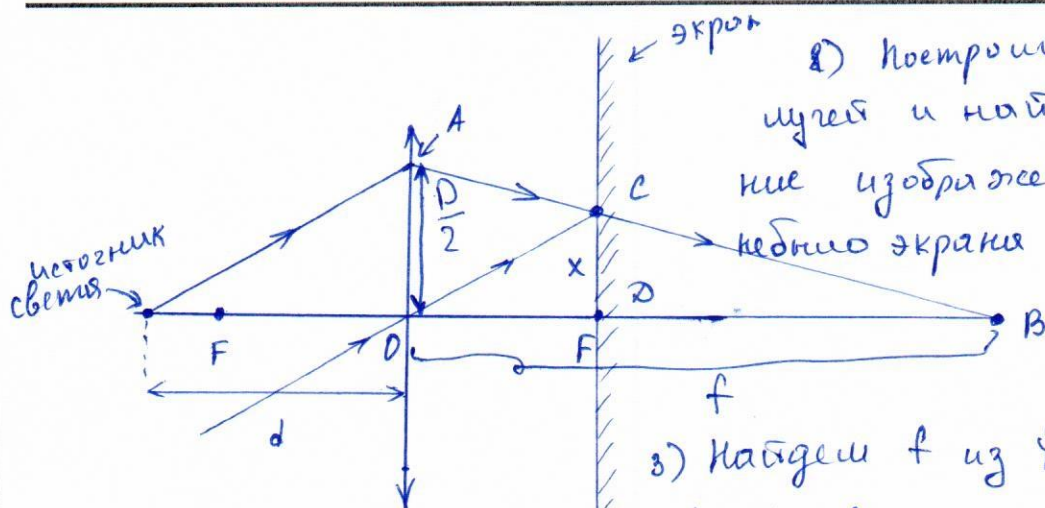
$(d > F)$

$S = ?$

4

Решение:

$$1) \frac{1}{F} = \frac{1}{d} \pm \frac{1}{F} - \text{по опр. ФТЛ}$$



в) Построим ход лучей и найдем положение изображения если бы не было экрана

з) Найдем f из ФТЛ:

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

$$\Rightarrow f = \frac{F \cdot d}{-F + d}$$

и) Обозначим x радиус пятна как x . и рассмотрим подобные треугольники:

$$\triangle BOA \sim \triangle BFC: \quad \frac{f-F}{f} = \frac{x}{\frac{1}{2}D} \Rightarrow x = \frac{\frac{1}{2}D(f-F)}{f} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow S = 2x = \frac{D(f-F)}{f} = \frac{D \cdot \left(\frac{Fd}{-F+d} - F \right)}{\frac{Fd}{-F+d}} \quad \ominus \quad \frac{D(F+d)}{f}$$

$$\ominus \quad \frac{D \cdot (F+d) \cdot \frac{Fd - F(d-F)}{d-F}}{Fd} = \frac{D \cdot F^2}{F \cdot d} = \frac{D \cdot F}{d} \quad \checkmark$$

$$\boxed{\text{Ответ: } S = \frac{DF}{d}}$$



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 89097 Класс 10

Вариант 1 Дата 20.02.2022



3) с другой стороны $V_k = (a - \Delta h) \cdot a^2 \Rightarrow$

$$\Rightarrow (a - \Delta h) \cdot a^2 = \frac{m \kappa T}{\mu \Delta h} \cdot a^3 \Rightarrow m = \frac{(a - \Delta h) \cdot a \cdot \mu \Delta h}{\kappa T} \approx$$

$$\approx 3,2 \text{ кг}$$

Ответ: $m = 3,2 \text{ кг}$

2!



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

$$E = mc^2$$



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

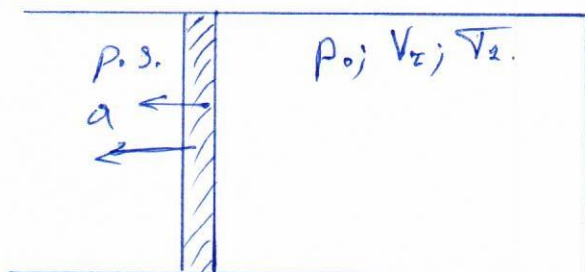
Физика

Площадка написания

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Шифр 89097 Класс 10

Вариант 1 Дата 20.02.2022



1) проще можно считать ударным т.к. сосуд движется равноускоренно т.е. если мы запишем 3-е Ньютона: $p_0 \cdot S = M \cdot a$ т.к. $S; M = \text{const}$

$\Rightarrow$ если $p \neq \text{const}$, то $a \neq \text{const}$ - противоречие условию $\Rightarrow p = \text{const}$.

2) $V_2 = \frac{a \cdot x^2}{2} \cdot S + V_0$; Запишем уравнение состояния

$$\begin{cases} p_0 \cdot V_0 = R \cdot T_0 & (D=1) \\ p_0 \cdot (V_0 + \frac{a x^2}{2} \cdot S) = R T_2 \end{cases} \Rightarrow \Delta T = \frac{p_0 V_0}{R} + \frac{p_0 a x^2 S}{2R} - \frac{p_0 V_0}{R} \quad \text{③}$$

$$\text{③} \quad \frac{p_0 \cdot S \cdot a x^2}{2R} = \Delta U = c \Delta T = c \cdot \frac{p_0 \cdot S \cdot a x^2}{2R}$$

3) Работа по опр $A = \int_{V_1}^{V_2} p(V) \cdot dV \Rightarrow A = p_0 \Delta V = p_0 \cdot \frac{a x^2}{2} \cdot S$

4) по формуле начала термодинамики

$$Q = \Delta U + A = c \cdot \frac{p_0 \cdot S \cdot a x^2}{2R} + \frac{p_0 \cdot S \cdot a x^2}{2}$$

* теперь с учетом $p_0 S = M a \Rightarrow Q = \frac{c \cdot M a^2 x^2}{2R} + \frac{M a^2 x^2}{2} =$

$$= \frac{M a^2 x^2}{2} \left(\frac{c}{R} + 1 \right)$$

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



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

$$E = mc^2$$



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 89097 Класс 10

Вариант 1 Дата 20.02.2022



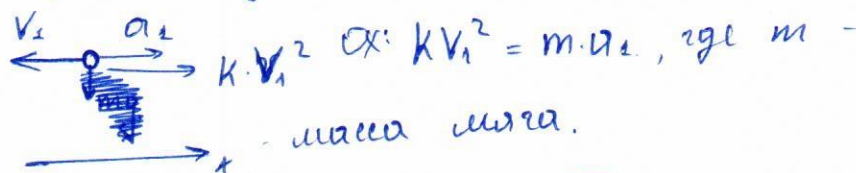
Задача №4

$V_1; a_1; V_2$
горизон. верт
 $F \sim V^2$

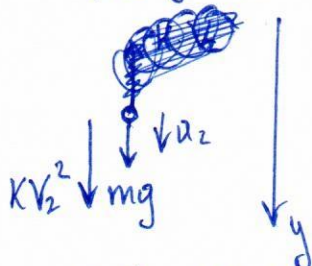
$a_2 = ?$

Решение:

1) II з. Ньютона для горизон. перед ударом



2) II з. Ньютона для ~~горизон.~~ вертик. (4)



$$OY: K V_2^2 + mg = m a_2$$

3) Поделим уравнения:

$$\Rightarrow \frac{a_1}{V_1^2} \cdot V_2^2 + g = a_2$$

$$K V_1^2 = m a_1 \Rightarrow \frac{K}{m} = \frac{a_1}{V_1^2}$$

$$K V_2^2 + mg = m a_2 \quad / \cdot \frac{1}{m} \Rightarrow$$

$$\text{Ответ: } a_2 = g + a_1 \cdot \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^2 \quad \checkmark$$

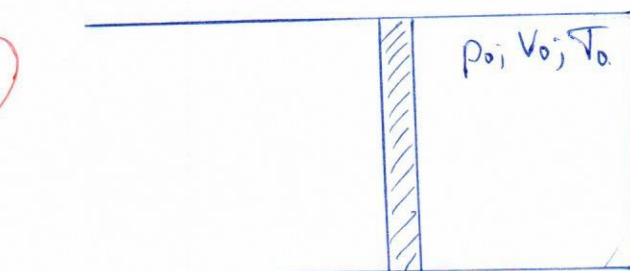
Задача №3

$M; a; x; U = \text{ст}$

$a = ?$

Решение:

(6)





ОТРАСЛЕВАЯ
ОЛИМПИАДА
ШКОЛЬНИКОВ

$(ab)c = a(bc)$ $E=mc^2$ $\frac{1}{2}mv^2$

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 89097 Класс 10

Вариант 1 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	0
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Оценка цифрами

Оценка прописью

Подпись

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Задача №1.

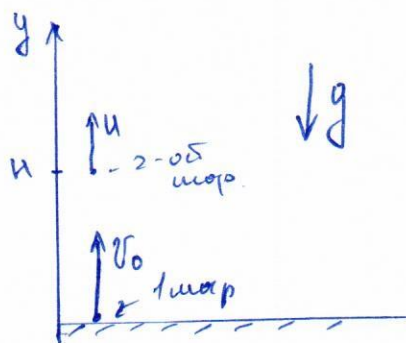
Дано:

$v_0; H; u$

$v_0 > \sqrt{gH} > u$

Т-?

2



Решение:

1) Запишем ур-ие траектории для обоих шариков:

$$y_1(t) = v_0 \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

$$y_2(t) = H + u \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

2) Т.к. в момент удара $y_1 = y_2$:

$$v_0 \cdot t - \frac{gt^2}{2} = H + u \cdot t - \frac{gt^2}{2} \quad (v_0 - u) \cdot t = H \Rightarrow t = \frac{H}{v_0 - u}$$

3) Найдем скорость в момент удара:

$$v(t) = v_0 - g \cdot \frac{H}{v_0 - u} = \frac{v_0(v_0 - u) - gH}{v_0 - u} = v_1$$

данная величина больше нуля ($v_0 > \sqrt{gH} > u$)

$$u(t) = u - g \cdot \frac{H}{v_0 - u} = \frac{u(v_0 - u) - gH}{v_0 - u} = u_1$$

$\Rightarrow$ направлена против оси Oy: ✓

4) Найдем высоту на которой произойдет столкновение.