



ОТРАСЛЕВАЯ
ОЛИМПИАДА
ШКОЛЬНИКОВ

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

$$E = mc^2$$



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

Физика

Шифр 85642 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022



Площадка написания

Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого

Задача 5 (продолжение)

Р.5. Проверим, было ли справедливо наше допущение по поводу изменения уровня воды:

$$m_n = m_{\text{изм. воды}} = \rho V = \rho S \Delta h \Rightarrow \Delta h = \frac{m_n}{\rho S} = \frac{7,4 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-2}}{10^3 \cdot 20 \cdot 10^{-4}} =$$
$$= \underline{3,7(\text{мм})} \ll \underline{X = 6,34(\text{м})}$$

Значит, наше предположение было справедливо.



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

$$E = mc^2$$



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

Физика

Площадка написания

Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого

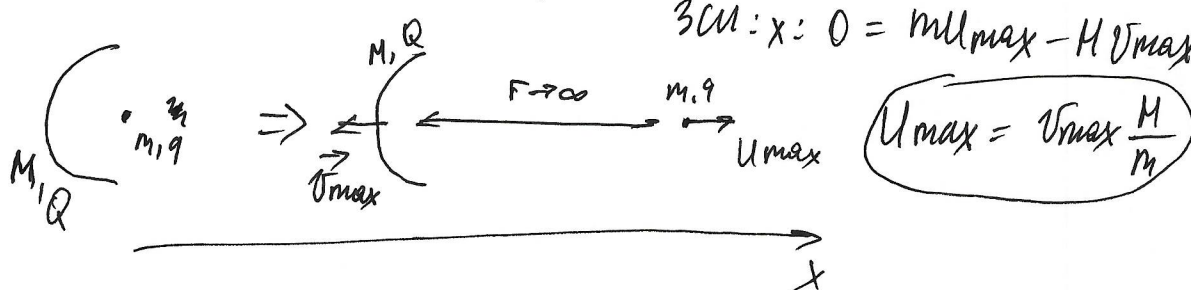
Шифр 85642 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022



Задача 4 (продолжение)

В силу симметрии шарик и полусфера будут двигаться вдоль одной прямой и одновременно достигнут максимальной скорости. Система замкнута $\Rightarrow$ справедлив ЗСМ вдоль хор. ос x ($K_{внеш} = 0$)



3) 4 сл. в момент времени, когда скорость полусферы максимальна, и запишем ЗСЭ от $t=0$ (момент непосредственно перед перемещением шара) до данного момента времени:

$$\frac{kQq}{R} + \frac{kQq}{R} = \frac{m v_{\max}^2}{2} + \frac{M v_{\max}^2}{2} \quad | \cdot 2$$

$$\frac{4kQq}{R} = m \cdot v_{\max}^2 \frac{M^2}{m^2} + M v_{\max}^2$$

$$\frac{4kQq}{R} = v_{\max}^2 \left(\frac{M^2}{m} + M \right); \quad v_{\max}^2 = \frac{4kQq}{R} \cdot \frac{m}{M^2 + Mm}$$

$$v_{\max} = 2 \sqrt{\frac{kQq m}{R M (M+m)}}$$

$$\text{Ответ: } v_{\max} = 2 \sqrt{\frac{kQq m}{M (M+m) R}}$$



ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

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

$$E = mc^2$$



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

Физика

Площадка написания

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Шифр 85642 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	1	6	1	6	2	4		

Оценка цифрами

Оценка прописью

Подпись

9	8	Десятость Восемь							
---	---	------------------	--	--	--	--	--	--	--

Задача 6

Дано:

$L, h, B,$

$v_0, \vec{B} = \text{const}$

$(S = ?)$

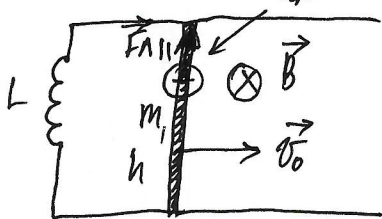
Энергия = ?

ост-ки

Формулы

Решение

перпендикулярно
заряженной частице
провод



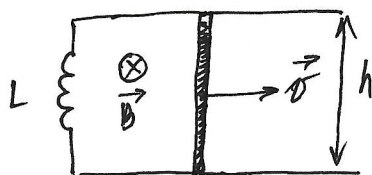
равно $\mathcal{E}_i = B v_0 h$

Для того чтобы определить направление действия $\mathcal{E}_i$, необходимо Δ действие $F_{\text{Л}}$ на положительно заряженную часть (см. рисунок).

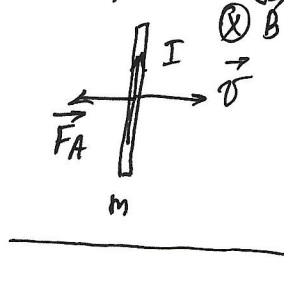
1) При движении проводника в магнитном поле с индукцией B со скоростью v , а длине проводника h в проводнике возникает ЭДС индукции, кото-

$F_{\text{Л}}$ - продольная составляющая силы Лоренца, которая действует на заряды внутри проводника, обуславливая движение самого проводника.

2) А систему в произвольный момент времени движение:



Δ сила, действующая на перемычку:

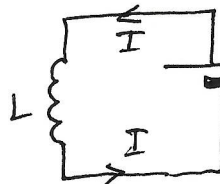


$$\mathcal{E}_i = B v h$$

$$\mathcal{U}_L = \mathcal{E}_i$$

$$L \frac{dI}{dt} = B v h$$

(по стр)



$$L \dot{I} = B v h$$

(направление скорости такое же, как и в начальный момент времени, поэтому направление действия $\mathcal{E}_i$ такое же)

$$2 \text{ЗН: } x: m a_x = -F_A$$

$$m a_x + B I h = 0 \quad | : m$$

$$a_x + B h \cdot \frac{B h}{m L} x = 0$$

$$\ddot{x} + \frac{B^2 h^2}{m L} x = 0$$

уравнение гармонических колебаний

$$I = \frac{B h}{L} x$$

$$\int dI = \int_0^x \frac{B h}{L} \cdot dx$$

$$L \frac{dI}{dt} = B h \cdot v \quad | \cdot dt$$

$$L \cdot dI = B h \cdot v dt$$

$$L dI = B h \cdot dx$$

$$dI = \frac{B h}{L} \cdot dx$$



Задача 5

Дано:

$$S = 20 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$$K = 30 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

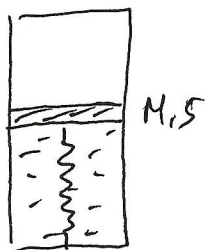
$$T_0 = 273 \text{ К}$$

$$T = 373 \text{ К}$$

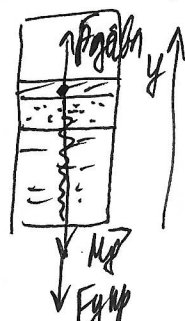
$$M = 1 \text{ кг}$$

$$m_n = ?$$

Решение



1) В систему в конечном момент времени: под поршнем образовался пар, вследствие чего пружинка растянулась на x :



1У.Р. где поршни:

$$y: F_{\text{жид}} = M_p + F_{\text{пру}}$$

$$p_n S = M_p + Kx$$

$$x = \frac{p_n S - M_p}{K}$$

2) В конечном состоянии система находится в равновесии, под поршнем находится пар + вода $\Rightarrow$ пар является насыщенным. В конце температура системы $T = 373 \text{ К}$, а при этой температуре $p_{\text{нп}} = p_0 = 10^5 \text{ Па} \Rightarrow$

$$x = \frac{p_0 S - M_p}{K}$$

3) В самом начале вода полностью заполняла сосуд. По мере того, как систему нагревали, происходило испарение воды, вследствие чего, конечно, уровень воды упал, однако на такую малую величину, что будем считать, что пар, за счет давления которого пружинка растянулась на x , занял этот объем $V_n = xS$.

4) В приближении пар можно считать идеальным газом, поэтому запишем для него уравнение Менделеева - Клапейрона в конечном состоянии:

$$p_n V_n = \frac{m_n}{\mu_{\text{вод}}} RT \Rightarrow m_n = \frac{p_n V_n \mu_{\text{вод}}}{RT} = \frac{p_0 M_{\text{вод}} S \left(\frac{p_0 S - M_p}{K} \right)}{RT}$$

$$m_n = \frac{10^5 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^{-4} \left(\frac{10^5 \cdot 20 \cdot 10^{-4} - 10}{30} \right)}{100 \cdot 8,31 \cdot 373} = 7,4(2)$$

Ответ: 7,4



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

$$E = mc^2$$



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

Физика

Шифр 85642 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

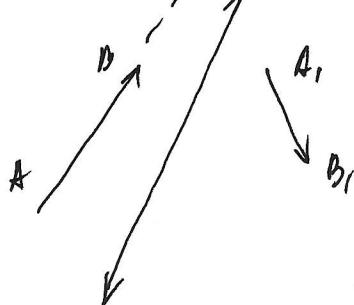


Площадка написания

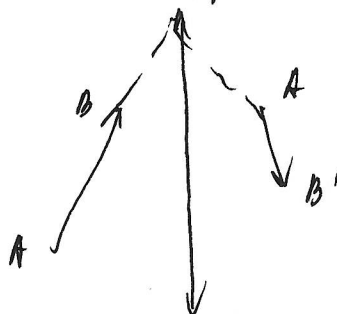
Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого

Задача 2 (продолжение)

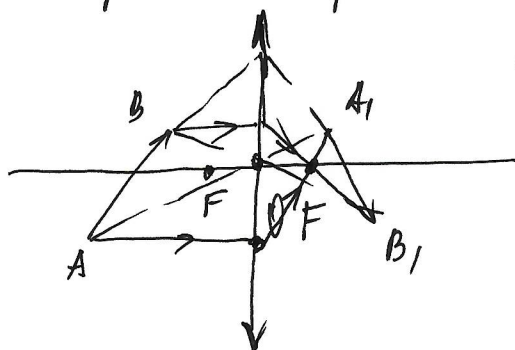
3)



Линза не может быть
параллельна АВ

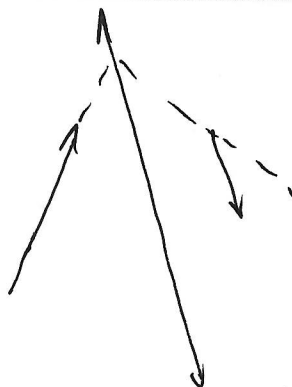


По этой же причине
и подходят все возможные линзы, кроме одного, верного -
- вертикальное расположение линзы.



ГОО проходит через Т.О
↓ линза по определению

Ответ: последний рисунок
или самый первый



Линза не может быть
параллельна А1В,
(при, сонаправленном
преломлении, должен
полностью проходить
через ~~фронт~~ изображения,
так как этот луч должен
сформировать изображение
всех точек предмета)

Пустив из т. А и В лучи, параллель-
ные ГОО, они + определим
положение правого фокуса
линзы (с помощью циркуля мы
можем отмерить такое же расстоя-
ние и слева)

(луч, параллельный ГОО,
проходит через фокус
линзы)



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

$$E = mc^2$$



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

Физика

Площадка написания

Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого

Шифр

85642 Класс

11

Вариант

6

Дата

20.02.2022



Задача 6 (продолжение)

$$\ddot{x} + \left(\frac{B^2 h^2}{mL}\right) \omega^2 x = 0 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{B^2 h^2}{mL}} \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{mL}{B^2 h^2}}$$

В общем случае: $x(t) = A \cos \omega t + B \sin \omega t + x_0 \rightarrow 0$

Начальные условия: $x(0) = 0$

$$x(0) = A \cdot 1 + B \cdot 0 = 0$$

$$\dot{x}(0) = v_x(0) = v_0$$

$$A = 0$$

$$\dot{x}(t) = v_x(t) = -A\omega \sin \omega t + B\omega \cos \omega t$$

$$v_x(0) = B\omega \cdot 1 - A\omega \cdot 0 = v_0 ; B\omega = v_0 ; B = \frac{v_0}{\omega} = v_0 \sqrt{\frac{mL}{B^2 h^2}}$$

$$x(t) = B \sin \omega t = v_0 \sqrt{\frac{mL}{B^2 h^2}} \cdot \sin \omega t$$

$$v_x(t) = v_0 \cos \omega t$$

В моменты остановки $v_x(t) = 0$ (первые моменты времени
первой остановки
равен t_1)

$$v_0 \cos \omega t = 0$$

$$\cos \omega t = 0$$

первая
остановка
($n=0$)

$$\omega t = \frac{\pi}{2} + \pi n, n \in \mathbb{Z}$$

$$\omega t_1 = \frac{\pi}{2} ; t_1 = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{\omega} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{\frac{B^2 h^2}{mL}} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{mL}{B^2 h^2} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{mL}{B^2 h^2}}$$

$$x(t_1) = s = v_0 \sqrt{\frac{mL}{B^2 h^2}} \cdot \sin(\omega t_1) = v_0 \sqrt{\frac{mL}{B^2 h^2}} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) = v_0 \sqrt{\frac{mL}{B^2 h^2}} \cdot 1 = v_0 \sqrt{\frac{mL}{B^2 h^2}}$$

Ответ: $s = v_0 \sqrt{\frac{mL}{B^2 h^2}}$



Задача 3 (продолжение)

$$\delta A_F = \left[(m_0 g + \rho V g) - \frac{\rho V g (1-d)}{H} x \right] dx$$

$$\int_0^{A_{\text{ср.сш}}} \delta A_F = \int_0^H \left[(m_0 g + \rho V g) - \frac{\rho V g (1-d)}{H} x \right] dx$$

$$A_{\text{ср.сш}} = (m_0 g + \rho V g) H - \frac{\rho V g (1-d)}{H} \cdot \frac{H^2}{2} =$$

$$= (m_0 g + \rho V g) H - \frac{1}{2} \rho V g H (1-d)$$

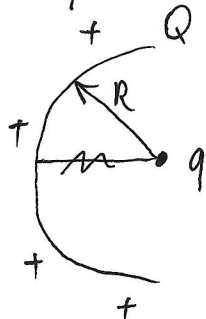
$$A_{\text{ср.сш}} = (20 + 10^3 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 10) \cdot 20 - \frac{1}{2} \cdot 10^3 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 20 \cdot \frac{1}{3} =$$

$$= 170 \cdot 20 - 500 = 2900 \text{ Дж}$$

Ответ: $A_{\text{ср.сш}} = (m_0 g + \rho V g) H - \frac{\rho V g (1-d)}{2} H = 2900 \text{ Дж}$

(№4) M, m, Q, q

решение



$v_{\text{max}} = ?$

1) А в начальный момент времени систему "полусфера + заряд" после перетяжки шты:

$$W_{\text{сст}} = W_{\text{зар}} + W_{\text{полусферы}}$$

Работаем полусферу, обходим зарядом Q на точечные заряды ΔQ . Каждый из них будет создавать в центре полусферы на расстоянии R от себя потенциал $\Delta \varphi = \frac{k \Delta Q}{R}$. А по принципу суперпозиции $\varphi_{\text{полусферы}} = \sum_i \Delta \varphi_i = \sum_i \frac{k \Delta Q_i}{R} = \frac{k}{R} \sum_{i=1}^N \Delta Q_i = \frac{k Q}{R}$



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

$$E=mc^2$$



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

Физика

Шифр

85642 Класс

11

Вариант 6

Дата

20.02.2022



Площадка написания

Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого

Задача 3

Дано:

$$H = 20 \text{ м}$$

$$d = \frac{m_{\text{вода}}}{m_{\text{песок}}} = \frac{2}{3}$$

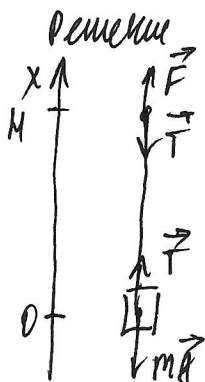
$$m = 2 \text{ кг} = m_0$$

$$V = 15 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$$A = ?$$

- скорость вытекания воды = const
- равномерный подъем



- 1) Пусть верро тянут с силой F . Работа силы F по подъему верра и есть искомая работа сторонних сил: $A_F = A_{\text{стор. сил}}$

- 2) Сила F вытесняет в кити силу натяжения T , которая равна F .

Итак же сила T действует и на верро с водой. По условию подъем верра равномерный, то есть прилагается минимально возможная сила F , и верро дв-ся без ускорения $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \text{в верре где верра: } x: m_0 = T$$

Учитывая $F=T$, получаем, что $F = m_0$

3) Поскольку скорость вытекания воды не постоянна, зададим функцию массы верра как функцию от координаты x (см. рисунок), причем $m(x) = kx + b$ (исходи из условия)

$$m(0) = m_{\text{верра}} + m_{\text{вода}} = m_0 + \rho V = k \cdot 0 + b = b = m_1$$

$$m(H) = m_{\text{верра}} + m_{\text{песок}} = m_0 + d\rho V = kH + m_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow k = \frac{m_0 + d\rho V - m_1}{H} = \frac{m_0 + d\rho V - m_0 - \rho V}{H} = \frac{\rho V(-1+d)}{H} = -\frac{\rho V(1-d)}{H}$$

$$m(x) = m_0 + \rho V - \frac{\rho V(1-d)}{H} x$$

$$m(x) = m_0 + kx$$

$$m(x) = m_0 + \rho V - \frac{\rho V(1-d)}{H} x \Rightarrow F(x) = m_0 g + \rho V g - \frac{\rho V g(1-d)}{H} x$$

$$4) \delta A_F = \vec{F} \cdot d\vec{x} = F \cdot \cos 0^\circ \cdot dx = F(x) \cdot dx = \left[m_0 g + \rho V g - \frac{\rho V g(1-d)}{H} x \right] dx$$

↓ см. след. блок



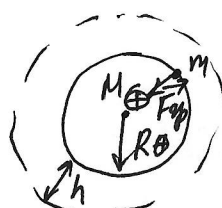
Задача 1

Дано:

$g(R+h) = \frac{1}{4} g(R) = \frac{1}{4} g_0$,
 где g_0 - ускорение свободно падающего тела на пов-ти Земли

$h = ?$

Решение



$M_\oplus$ - масса Земли

1) Для точечную массу m , находящуюся на пов-ти Земли: на нее действует

$$F_{гп} = \left(G \frac{M_\oplus m}{R_\oplus^2} \right) g_0 = m g_0$$

$$g_0 = \frac{GM_\oplus}{R_\oplus^2}$$

$$2) g(R+h) = \frac{GM_\oplus}{(R+h)^2}$$

из гравитационной теории Гайсса

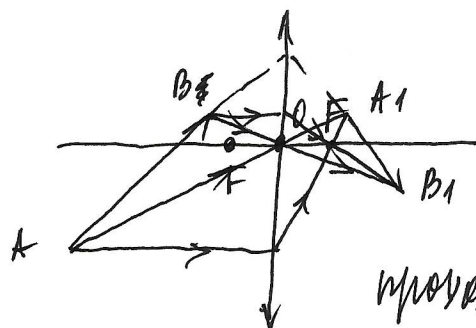
$$\begin{cases} g_0 = \frac{GM_\oplus}{R_\oplus^2} \\ g(R+h) = \frac{1}{4} g_0 = \frac{GM_\oplus}{(R+h)^2} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{g_0}{\frac{1}{4} g_0} = \frac{\frac{GM_\oplus}{R_\oplus^2}}{\frac{GM_\oplus}{(R+h)^2}} ; h = \frac{(R+h)^2}{R_\oplus^2} ;$$

$$2 = \frac{R+h}{R_\oplus} \Rightarrow \boxed{h = R_\oplus \approx 6400 \text{ км}}$$

Ответ: $h = R_\oplus = 6400 \text{ км}$

Задача 2



1) Соединим точки A и A_1 , B и B_1 - эти отрезки обязательно пройдут через $Г.О$ - оптический центр линзы, поскольку изображение точечного предмета формируются лучами, которые проходят через оптический центр линзы и которые не преломляются

2) Как видно из рисунка, (то есть, точка, ее изображение и оптический центр линзы всегда лежат на одной прямой)
 изобр. $A_1 B_1$ - действительное, уменьш., перевернутое $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ линза собирающая.



Площадка написания

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Физика

Шифр 85642 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

Заряд q сам на себе (своим же полем) действовать не может, поэтому $\mathcal{W}_{зар} = \varphi_{полусферы} \cdot q = \frac{kqQ}{R}$

P.S. заряд q = шарик с зарядом q в одну малость разне-
 жё

Теперь Δ поле заряда ~~точечного~~ ^{шарика с зарядом} q : на расстоянии R от себя он создаёт сферический потенциал $\varphi_{зар} = \frac{kq}{R}$
 (то есть эквипотенциальная поверхность поле заряда совпадает со всей пов-тью полусферы).

Разобьём полусферу на бесконечно-много зарядов ΔQ :

$$\Delta \mathcal{W}_{полусферы} = \varphi_{зар} \cdot \Delta Q; \quad \mathcal{W}_{полусферы} = \sum_i \varphi_{зар} \cdot \Delta Q_i = \varphi_{зар} \sum_i \Delta Q_i = \varphi_{зар} \cdot Q = \frac{kqQ}{R}$$

$$\mathcal{W}_{сист} = \frac{2kqQ}{R}$$

2) Δ сист. в произв. момент времени движения:

Система является замкнутой, диссипативных сил нет, поэтому $\mathcal{W}_{сист} = const$

$$\mathcal{W}_{сист} = \underbrace{\mathcal{W}_{шар} + \mathcal{W}_{полусферы}}_{const} + \underbrace{E_{кшар} + E_{кполусферы}}_{\uparrow max}$$

Кинетическая энергия полусферы (равно как и шарика) будет максимальна, когда потенциальная энергия их вз/г будет минимальна или вообще равна нулю. Этот момент наступит, когда они улетят улетят друг от друга на расстояние $r \rightarrow \infty$, т.е. на бесконечность, и их энергию вз/г будет можно считать пренебрежимо малой.



ОТРАСЛЕВАЯ
ОЛИМПИАДА
ШКОЛЬНИКОВ

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

$$E = mc^2$$



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

Физика

Шифр 85642 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022



Площадка написания

Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого

Задача 5 (продолжение)

Р.5. Проверим, было ли справедливо наше допущение по поводу изменения уровня воды:

$$m_n = m_{\text{нп. воды}} = \rho V = \rho S \Delta h \Rightarrow \Delta h = \frac{m_n}{\rho S} = \frac{7,4 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-2}}{10^3 \cdot 20 \cdot 10^{-4}} =$$
$$= \underline{3,7(\text{мм})} \ll \underline{X = 6,34(\text{м})}$$

Значит, наше предположение было справедливо.



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

$$E = mc^2$$



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

Физика

Площадка написания

Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого

Шифр

85642 Класс

11

Вариант

6

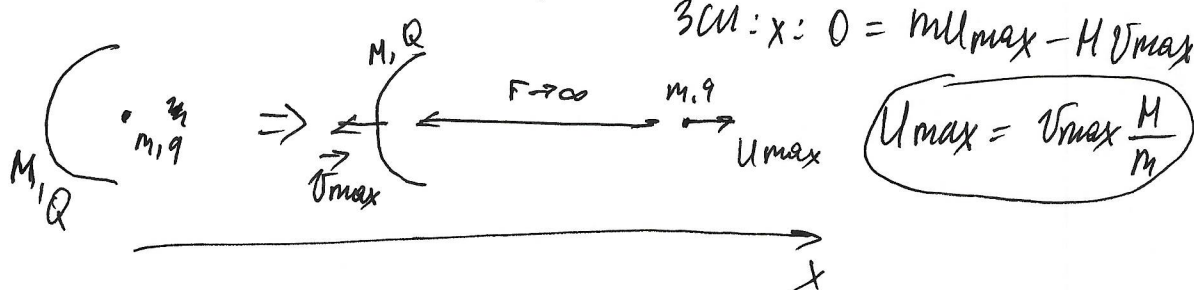
Дата

20.02.2022



Задача 4 (продолжение)

В силу симметрии шарик и полусфера будут двигаться вдоль одной прямой и одновременно достигнут максимальной скорости. Система замкнута $\Rightarrow$ справедлив ЗСИ вдоль хор. осн x ($K_{внеш} = 0$)



3) 4 сис. в момент времени, когда скорость полусферы максимальна, и запишем ЗСА от $t=0$ (момент непосредственно перед перемещением шара) до данного момента времени:

$$\frac{kQq}{R} + \frac{kQq}{R} = \frac{m v_{\max}^2}{2} + \frac{M v_{\max}^2}{2} \quad | \cdot 2$$

$$\frac{4kQq}{R} = m \cdot v_{\max}^2 \frac{M^2}{m^2} + M v_{\max}^2$$

$$\frac{4kQq}{R} = v_{\max}^2 \left(\frac{M^2}{m} + M \right); \quad v_{\max}^2 = \frac{4kQq}{R} \cdot \frac{m}{M^2 + Mm}$$

$$v_{\max} = 2 \sqrt{\frac{kQq m}{R M (M+m)}}$$

$$\text{Ответ: } v_{\max} = 2 \sqrt{\frac{kQq m}{M (M+m) R}}$$



ОТРАСЛЕВАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

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

$$E = mc^2$$



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

Физика

Площадка написания

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Шифр 85642 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022



Заполняется проверяющим строго по образцу

Образец заполнения:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	1	6	1	6	1	4	1	6
2	4								

Оценка цифрами

Оценка прописью

Подпись

9	8	Десять восемь									
---	---	---------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Задача 6

Дано:

$L, h, B,$

$v_0, \vec{B} = \text{const}$

$(S = ?)$

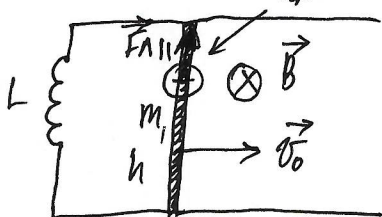
Энергия = ?

ост-ки

Формулы

Решение

перпендикулярно
заряженной частице



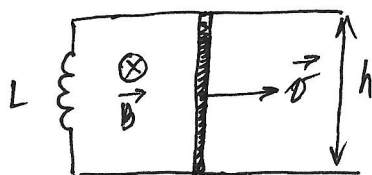
равно $\mathcal{E}_i = B\sigma h$

Для того чтобы определить направление действия $\mathcal{E}_i$, необходимо Δ действие $F_{ли}$ на положительно заряженную часть (см. рисунок).

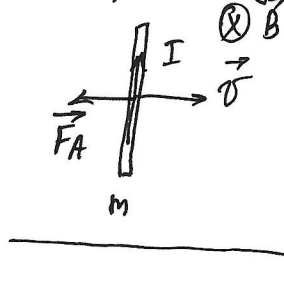
1) При движении проводника в магнитном поле с индукцией B со скоростью v , а длине проводника h в проводнике возникает ЭДС индукции, кото-

$F_{ли}$ - продольная составляющая силы Лоренца, которая действует на заряды внутри проводника, обусловленная движением самого проводника.

2) А систему в произвольный момент времени движение:



Δ сила, действующая на перемычку:

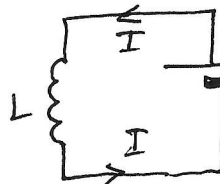


$$\mathcal{E}_i = B\sigma h$$

$$U_L = \mathcal{E}_i$$

$$L \frac{dI}{dt} = B\sigma h$$

(по стр)



$$L \dot{I} = B\sigma h$$

(направление скорости такое же, как и в начальный момент времени, поэтому направление действия $\mathcal{E}_i$ такое же)

$$2 \text{ ЗН: } x: m \ddot{x} = -FA$$

$$m \ddot{x} + B I h = 0 \quad | : m$$

$$\ddot{x} + B h \cdot \frac{B h}{m L} x = 0$$

$$\ddot{x} + \frac{B^2 h^2}{m L} x = 0$$

уравнение гармонических колебаний

$$I = \frac{B h}{L} x$$

$$\int_0^x dI = \int_0^x \frac{B h}{L} \cdot dx$$

$$L \frac{dI}{dt} = B h \cdot \sigma \quad | \cdot dt$$

$$L \cdot dI = B h \cdot \sigma dx$$

$$L dI = B h \cdot dx$$

$$dI = \frac{B h}{L} \cdot dx$$

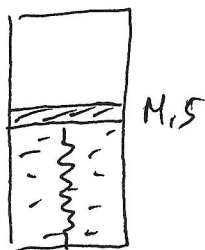


Задача 5

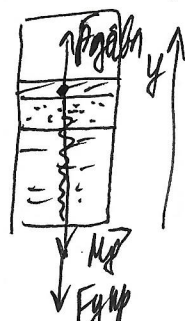
Дано:
 $S = 20 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$
 $K = 30 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$
 $T_0 = 273 \text{ К}$
 $T = 373 \text{ К}$
 $M = 1 \text{ кг}$

$m_n = ?$

Решение



1) В систему в конечном момент времени: под поршнем образовался пар, вследствие чего пружинка растянулась на x :



1У.Р. где поршни:

$$y: F_{\text{жид}} = M g + F_{\text{пру}}$$

$$p n S = M g + K x$$

$$x = \frac{p n S - M g}{K}$$

2) В конечном состоянии система находится в равновесии, под поршнем находится пар + вода $\Rightarrow$ пар является насыщенным. В конце температура системы $T = 373 \text{ К}$, а при этой температуре $p_{\text{нп}} = p_0 = 10^5 \text{ Па} \Rightarrow$

$$x = \frac{p_0 S - M g}{K}$$

3) В самом начале вода полностью заполняла сосуд. По мере того, как систему нагревали, происходило испарение воды, вследствие чего, конечно, уровень воды упал, однако на такую малую величину, что будем считать, что пар, за счет давления которого пружинка растянулась на x , занял этот объем $V_n = x S$.

4) В приближении пар можно считать идеальным газом, поэтому запишем для него уравнение Менделеева - Клапейрона в конечном состоянии:

$$p_n V_n = \frac{m_n}{\mu_{\text{вод}}} R T \Rightarrow m_n = \frac{p_0 V_n \mu_{\text{вод}}}{R T} = \frac{p_0 M_{\text{вод}} S \left(\frac{p_0 S - M g}{K} \right)}{R T}$$

$$m_n = \frac{10^5 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^{-4} \left(\frac{10^5 \cdot 20 \cdot 10^{-4} - 10}{30} \right)}{100 \cdot 8,31 \cdot 373} = 7,4(2)$$

Ответ: 7,4



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

$$E = mc^2$$

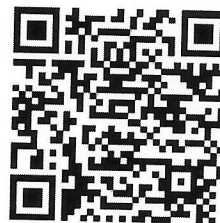


1. Используйте только размеченные стороны листов.
2. Заполните номер варианта и номер страницы в поле внизу.

Физика

Шифр 85642 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022

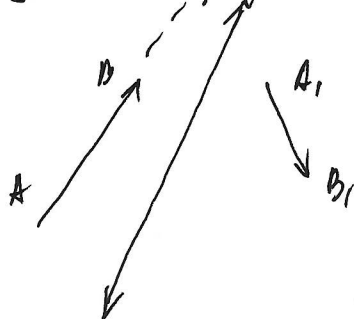


Площадка написания

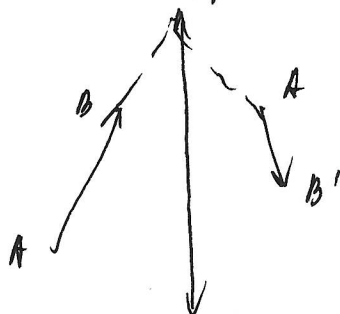
Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого

Задача 2 (продолжение)

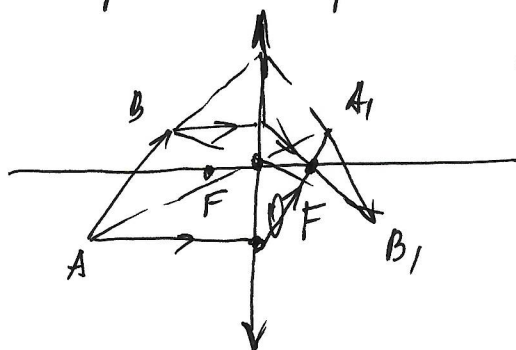
3)



Линза не может быть
параллельна АВ

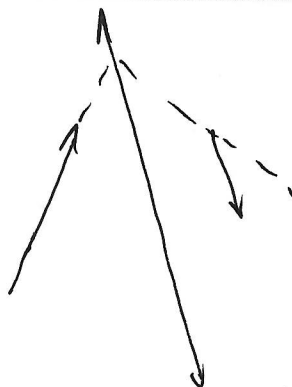


По этой же причине
и подходят все возможные линзы, кроме одного, верного -
вертикальное расположение линзы.



ГОО проходит через Т.О
↓ линза по определению

Ответ: последний рисунок
или самый первый



Линза не может быть
параллельна A_1B_1
(при, сонаправленном
преломлении, должен
полностью проходить
через ~~фронт~~ изображения,
так как этот луч должен
сформировать изображение
всех точек предмета)

Пустив из т. А и В лучи, параллель-
ные ГОО, они + определим
положение правого фокуса
линзы (с помощью циркуля мы
можем отмерить такое же расстоя-
ние и слева)

(луч, параллельный ГОО,
проходит через фокус
линзы)



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

$$E = mc^2$$



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

Физика

Площадка написания

Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого

Шифр

85642 Класс

11

Вариант

6

Дата

20.02.2022



Задача 6 (продолжение)

$$\ddot{x} + \left(\frac{B^2 h^2}{mL}\right) \omega^2 x = 0 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{B^2 h^2}{mL}} \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{mL}{B^2 h^2}}$$

В общем случае: $x(t) = A \cos \omega t + B \sin \omega t + x_0 \rightarrow 0$

Начальные условия: $x(0) = 0$

$$x(0) = A \cdot 1 + B \cdot 0 = 0$$

$$\dot{x}(0) = v_x(0) = v_0$$

$$A = 0$$

$$\dot{x}(t) = v_x(t) = -A\omega \sin \omega t + B\omega \cos \omega t$$

$$v_x(0) = B\omega \cdot 1 - A\omega \cdot 0 = v_0 ; B\omega = v_0 ; B = \frac{v_0}{\omega} = v_0 \sqrt{\frac{mL}{B^2 h^2}}$$

$$x(t) = B \sin \omega t = v_0 \sqrt{\frac{mL}{B^2 h^2}} \cdot \sin \omega t$$

$$v_x(t) = v_0 \cos \omega t$$

В момент остановки $v_x(t) = 0$ (первая остановка
первой остановки
равен t_1)

$$v_0 \cos \omega t = 0$$

$$\cos \omega t = 0$$

первая
остановка
($n=0$)

$$\omega t = \frac{\pi}{2} + \pi n, n \in \mathbb{Z}$$

$$\omega t_1 = \frac{\pi}{2} ; t_1 = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{\omega} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{\frac{B^2 h^2}{mL}} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{mL}{B^2 h^2} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{mL}{B^2 h^2}}$$

$$x(t_1) = s = v_0 \sqrt{\frac{mL}{B^2 h^2}} \cdot \sin(\omega t_1) = v_0 \sqrt{\frac{mL}{B^2 h^2}} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) = v_0 \sqrt{\frac{mL}{B^2 h^2}} \cdot 1 = v_0 \sqrt{\frac{mL}{B^2 h^2}}$$

$$\text{Ответ: } s = v_0 \sqrt{\frac{mL}{B^2 h^2}}$$



Задача 3 (продолжение)

$$\delta A_F = \left[(m_0 g + \rho V g) - \frac{\rho V g (1-d)}{H} x \right] dx$$

$$\int_0^{A_{\text{ср.сш}}} \delta A_F = \int_0^H \left[(m_0 g + \rho V g) - \frac{\rho V g (1-d)}{H} x \right] dx$$

$$A_{\text{ср.сш}} = (m_0 g + \rho V g) H - \frac{\rho V g (1-d)}{H} \cdot \frac{H^2}{2} =$$

$$= (m_0 g + \rho V g) H - \frac{1}{2} \rho V g H (1-d)$$

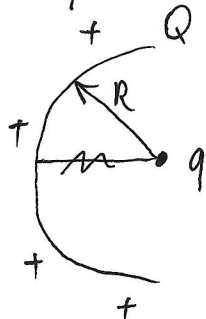
$$A_{\text{ср.сш}} = (20 + 10^3 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 10) \cdot 20 - \frac{1}{2} \cdot 10^3 \cdot 15 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 20 \cdot \frac{1}{3} =$$

$$= 170 \cdot 20 - 500 = 2900 \text{ Дж}$$

Ответ: $A_{\text{ср.сш}} = (m_0 g + \rho V g) H - \frac{\rho V g (1-d)}{2} H = 2900 \text{ Дж}$

(№4) M, m, Q, q

решение



$v_{\text{max}} = ?$

1) А в начальный момент времени систему "полусфера + заряд" после перемещения шты:

$$W_{\text{смет}} = W_{\text{зар}} + W_{\text{полусферы}}$$

Работаем полусферу, обходим зарядом Q на точечные заряды ΔQ . Каждый из них будет создавать в центре полусферы на расстоянии R от себя потенциал $\Delta \varphi = \frac{k \Delta Q}{R}$. А по принципу суперпозиции $\varphi_{\text{полусферы}} = \sum_i \Delta \varphi_i = \sum_i \frac{k \Delta Q_i}{R} = \frac{k}{R} \sum_{i=1}^N \Delta Q_i = \frac{k Q}{R}$



$$(ab)^c = a(b^c)$$

$$E=mc^2$$



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

Физика

Шифр

85642 Класс

11

Вариант 6

Дата

20.02.2022



Площадка написания

Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого

Задача 3

Дано:

$$H = 20 \text{ м}$$

$$d = \frac{m_{\text{вода}}}{m_{\text{песок}}} = \frac{2}{3}$$

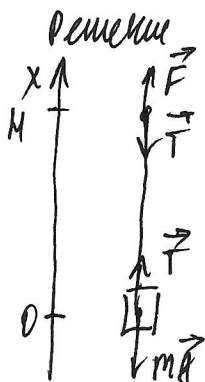
$$m = 2 \text{ кг} = m_0$$

$$V = 15 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$$

$A = ?$
стор
ан

- скорость вытекания воды = const
- равномерный подъем



- 1) Пусть верро тянут с силой F . Работа силы F по подъему верра и есть искомая работа сторонних сил: $A_F = A_{\text{стор ан}}$

- 2) Сила F вытесняет в кити силу натяжения T , которая равна F .

Т.е. сила T действует и на верро с водой. По условию подъем верра равномерный, то есть прилагается минимально возможная сила F , а верро дв-ся без ускорения $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \text{в верре: } x: m_0 = T$$

Учитывая $F=T$, получаем, что $F = m_0$

3) Поскольку скорость вытекания воды не постоянна, зададим функцию массы верра как функцию от координаты x (см. рисунок), причем $m(x) = kx + b$ (исходн из условия)

$$m(0) = m_{\text{верра}} + m_{\text{вода}} = m_0 + \rho V = k \cdot 0 + b = b = m_1$$

$$m(H) = m_{\text{верра}} + m_{\text{песок}} = m_0 + d\rho V = kH + m_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow k = \frac{m_0 + d\rho V - m_1}{H} = \frac{m_0 + d\rho V - m_0 - \rho V}{H} = \frac{\rho V(d-1)}{H} = -\frac{\rho V(d+1)}{H}$$

$$m(x) = m_0 + \rho V - \frac{\rho V(d+1)}{H} x$$

$$m(x) = m_0 + kx$$

$$m(x) = m_0 + \rho V - \frac{\rho V(d+1)}{H} x \Rightarrow F(x) = m_0 g + \rho V g - \frac{\rho V g(d+1)}{H} x$$

$$4) \delta A_F = \vec{F} \cdot d\vec{x} = F \cdot \cos 0^\circ \cdot dx = F(x) \cdot dx = \left[m_0 g + \rho V g - \frac{\rho V g(d+1)}{H} x \right] dx$$

↓ см. след. блок



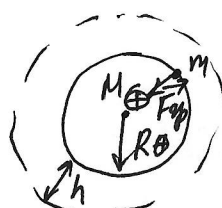
Задача 1

Дано:

$g(R+h) = \frac{1}{4} g(R) = \frac{1}{4} g_0$,
 где g_0 - ускорение свободно падающего тела на поверхности Земли

$h = ?$

Решение



$M_\oplus$ - масса Земли

1) Для точечной массы m , находящейся на поверхности Земли: на нее действует

$$F_{грав} = \left(G \frac{M_\oplus m}{R_\oplus^2} \right) g_0 = m g_0$$

$$g_0 = \frac{G M_\oplus}{R_\oplus^2}$$

$$2) g(R+h) = \frac{G M_\oplus}{(R+h)^2}$$

из гравитационной теории Гаусса

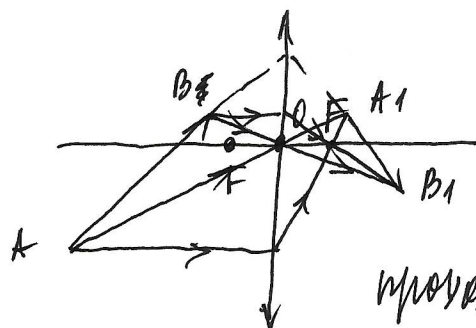
$$\begin{cases} g_0 = \frac{G M_\oplus}{R_\oplus^2} \\ g(R+h) = \frac{1}{4} g_0 = \frac{G M_\oplus}{(R+h)^2} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{g_0}{\frac{1}{4} g_0} = \frac{\frac{G M_\oplus}{R_\oplus^2}}{\frac{G M_\oplus}{(R+h)^2}} ; h = \frac{(R+h)^2}{R_\oplus^2} ;$$

$$2 = \frac{R+h}{R_\oplus} \Rightarrow \boxed{h = R_\oplus \approx 6400 \text{ км}}$$

Ответ: $h = R_\oplus = 6400 \text{ км}$

Задача 2



1) Соединим точки A и A_1 , B и B_1 - эти отрезки обязательно пройдут через $Г.О$ - оптический центр линзы, поскольку изображение точечного предмета формирует лучи, которые проходят через оптический центр линзы и которые не преломляются

2) Как видно из рисунка, (то есть, точка, ее изображение и оптический центр линзы всегда лежат на одной прямой)
 изобр. $A_1 B_1$ - действительное, уменьшенное, перевернутое $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ линза собирающая.



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

$$E = mc^2$$



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

Физика

Площадка написания

Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого

Шифр 85642 Класс 11

Вариант 6 Дата 20.02.2022



Заряд q сам на себе (своим же полем) действовать не может, поэтому $\mathcal{W}_{\text{зар}} = \varphi_{\text{полусферы}} \cdot q = \frac{kqQ}{R}$

Теперь Δ поле заряда ~~точечного~~ ^{шарика с зарядом} q : на расстоянии R от себя он создает сферический потенциал $\varphi_{\text{зар}} = \frac{kq}{R}$ (то есть эквипотенциальная поверхность поле заряда совпадает со всей пов-тью полусферы).

Разобьем полусферу на бесконечно-много зарядов ΔQ :

$$\Delta \mathcal{W}_{\text{полусферы}} = \varphi_{\text{зар}} \cdot \Delta Q; \quad \mathcal{W}_{\text{полусферы}} = \sum_i \varphi_{\text{зар}} \cdot \Delta Q_i = \varphi_{\text{зар}} \sum_i \Delta Q_i = \varphi_{\text{зар}} \cdot Q = \frac{kqQ}{R}$$

$$\mathcal{W}_{\text{сист}} = \frac{2kqQ}{R}$$

2) Δ сист. в произв. момент времени движения:

Система является замкнутой, диссипативных сил нет, поэтому $\mathcal{W}_{\text{сист}} = \text{const}$

$$\mathcal{W}_{\text{сист}} = \underbrace{\mathcal{W}_{\text{шар}} + \mathcal{W}_{\text{полусферы}}}_{\text{const}} + \underbrace{E_{\text{шар}} + E_{\text{полусферы}}}_{\uparrow \text{max}}$$

Кинетическая энергия полусферы (равно как и шарика) будет максимальна, когда потенциальная энергия их взаимно будет минимальна или вообще равна нулю. Этот момент наступит, когда они улетят улетят друг от друга на расстояние $r \rightarrow \infty$, т.е. на бесконечность, и их энергию взаимно будет можно считать пренебрежимо малой.