0 538996 570004

53-89-96-57
(117.1)

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант 06 10 класс

Место проведения МОСКВА
город

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Покори Воробьёвы горы
наменование олимпиады

по физике
профиль олимпиады

Верходанова Ивана Алексеевича
фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«05» 04 2024 года

Подпись участника
Верх

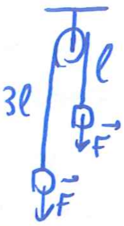
53-89-96-57
(117.1)

Чистовик

Задание №1

Решение вопроса:

Раз масса груза велика, то можно пренебречь массой верёвки, тогда



общее растяжение двух участков верёвки производится как у невесомой пружины под действием внешней одинаковой силы F, тогда можно сказать, что коэффициент жёсткости нити-лески зависит от длины: $k = \frac{\alpha}{l}$ ~ сечение? — это следует из Закона Гука (или из представления, что как будто соединяют последовательно бесконечное количество маленьких пружин, а при увеличении длины он убывает) Запишем жесткости участков:

$k_l = \frac{\alpha}{l}$

$k_{3l} = \frac{\alpha}{3l}$; их удлинения по закону Гука: $\Delta l_l = \frac{F}{k_l} = \frac{Fl}{\alpha}$

$\Delta l_{3l} = \frac{F}{k_{3l}} = \frac{3Fl}{\alpha}$

α совпадает у участков, так как это участки, сделанные из 1 лески

по условию: $\Delta l_{3l} + \Delta l_l = 1$ мм $\quad \frac{4Fl}{\alpha} = 1$ мм $\quad \frac{Fl}{\alpha} = 0{,}25$ мм

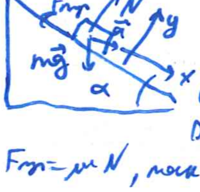
$\Rightarrow \Delta l_l = 0{,}25$ мм; $\Delta l_{3l} = 0{,}75$ мм

Ответ на вопрос: у длинного участка будет: $\frac{1\text{ мм}}{4} \cdot 3 = 0{,}75$ мм, а у короткого: $\frac{1\text{ мм}}{4} = 0{,}25$ мм ⊖

Решение задачи: Дано: $\alpha = 30°$; $\mu = 0{,}4$; $\frac{T_{max}}{T_{min}}$

~~Так~~ Сказано, что деформации нити намного больше, чем деформация остального, значит можно пренебречь деформацией остального $\Rightarrow$ концы нити, закрепленные на стене никуда почти не смещаются.

Можно показать, что без наличия сил натяжения лески груз бы не покоился, то есть сила трения не компенсирует полностью действие силы тяжести.



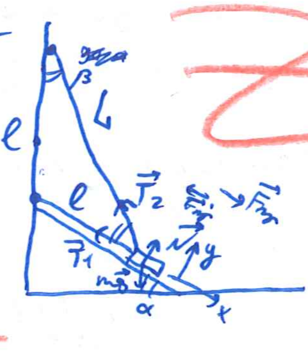
Запишем II закон Ньютона

$\vec{F}_{тр} + \vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}$

Спроецируем на OX и OY:

OX: $mg\sin\alpha - F_{тр} = ma$

OY: $mg\cos\alpha = N$



$F_{тр} = \mu N$, так как $F_{тр}$ max при скольжении

$mg(\sin\alpha - \mu\cos\alpha) = ma$ $\qquad \sin 30° - 0{,}4\cos 30° = 0{,}5 - \frac{0{,}4 \cdot \sqrt{3}}{2} > 0{,}5 - \frac{0{,}4 \cdot 2}{2} = 0{,}1$

$\Rightarrow a$ не равно 0 $\Rightarrow F_{тр}$ не компенсирует mg

Рассмотрим теперь с нитями. Так как деформация лески намного меньше их длин, то общая длина почти неизменна

шестьдесят четыре

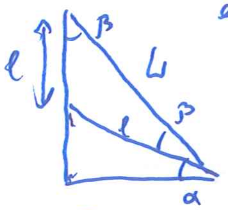
64

N	1	2	3	4
Т	2	4	3	4
З	12	3	16	20

Чистовик

Задание №1

Из геометрии рисунка можно найти угол между верхней ниткой и наклонной плоскостью (β): Лески образуют со стеной равнобедренный треугольник, а верхняя нитка со стенкой и полом — прямоугольный:



сумма углов $=180°$:

$$90+\beta+\alpha+\beta=180^0$$

$$2\beta=90-\alpha=60^0 \quad \beta=30^0 \Rightarrow \alpha=\beta$$

$\Rightarrow$ нижняя нитка — биссектриса в прямоугольном треугольнике

Длина верхней равна L, тогда можно написать т. о биссектрисе в Δ:

$$\frac{l}{L}=\frac{l\sin\alpha}{l\cos\alpha}=\operatorname{tg}\alpha \qquad L=\frac{l}{\operatorname{tg}\alpha}$$

(вообще можно написать было через проекции: $L=\frac{l(1+\sin\alpha)}{\sin 2\alpha}$)

найдём отношения коэффициентов жёсткости (используя решение вопроса): $\frac{k_l}{k_L}=\frac{\frac{\alpha}{l}}{\frac{\alpha}{L}}=\frac{L}{l}$

найдём отношения T_1 и T_2

$$T_1=k_l\cdot\Delta x_1 \quad T_2=k_L\cdot\Delta x_2$$

$$L=\frac{l}{\operatorname{tg}\alpha}$$

$$\Delta L=\frac{\Delta l}{\operatorname{tg}\alpha}$$

$$\Delta x_2=\frac{\Delta x_1}{\operatorname{tg}\alpha}$$

$$\frac{T_1}{T_2}=\frac{k_l\Delta x_1}{k_L\Delta x_2}=\frac{L}{l}\operatorname{tg}\alpha=1$$

Максимальная сила натяжения будет, если $\vec{F}_{тр}\uparrow\uparrow OX$, так как её ещё нужно компенсировать

Минимальная сила натяжения нижней нити будет, когда $\vec{F}_{тр}\uparrow\downarrow OX$

MAX: $T_1=T_2=T$

II закон Ньютона: $\vec{F}_{тр}+m\vec{g}+\vec{N}+\vec{T}_{1MAX}+\vec{T}_{2MAX}=\vec{0}$ (покой)

OX: $mg\sin\alpha+F_{тр}-T_{MAX}-T_{MAX}\cos\beta=0$

OY: $N-mg\cos\alpha+T_{MAX}\sin\beta=0$

$F_{тр}=\mu N$, так как критический случай ($F_{тр}=N$)

$$mg(\sin\alpha+\mu\cos\alpha)-T_{MAX}(\mu\sin\beta+1+\cos\beta)=0$$

$$T_{MAX}=mg\frac{\sin\alpha+\mu\cos\alpha}{\mu\sin\alpha+1+\cos\alpha}$$

min:

Аналогично всё: $\vec{F}_{тр}+m\vec{g}+\vec{N}+\vec{T}_{1min}+\vec{T}_{2min}=\vec{0}$

OX: $mg\sin\alpha-F_{тр}-T_{min}-T_{min}\cos\beta=0$

OY: $N-mg\cos\alpha+T_{min}\sin\beta=0$

$$mg(\sin\alpha-\mu\cos\alpha)-T_{min}(-\mu\sin\alpha+1+\cos\alpha)=0$$

$$T_{min}=mg\frac{\sin\alpha-\mu\cos\alpha}{1+\cos\alpha-\mu\sin\alpha}$$

$$\frac{T_{max}}{T_{min}}=\frac{\sin\alpha+\mu\cos\alpha}{\mu\sin\alpha+1+\cos\alpha}\cdot\frac{1+\cos\alpha-\mu\sin\alpha}{\sin\alpha-\mu\cos\alpha}=$$

$$=\frac{0{,}5+0{,}2\sqrt3}{0{,}2+1+\frac{\sqrt3}{2}}\cdot\frac{1+\frac{\sqrt3}{2}-0{,}2}{0{,}5-0{,}2\sqrt3}=\frac{1+0{,}4\sqrt3}{2{,}4+\sqrt3}\cdot\frac{1{,}6+\sqrt3}{1-0{,}4\sqrt3}\approx\frac{(1+0{,}4\cdot1{,}7)(1{,}6+1{,}7)}{(2{,}4+1{,}7)(1-0{,}4\cdot1{,}7)}\approx4{,}1$$

Способ:

приложим очень большую силу и отрепетируем его до этого места, не передав скорости телу

Ответ на задачу: $\frac{\sin\alpha+\mu\cos\alpha}{\mu\sin\alpha+1+\cos\alpha}\cdot\frac{1+\cos\alpha-\mu\sin\alpha}{\sin\alpha-\mu\cos\alpha}\approx4{,}1$

53-89-96-57 (117.1)

Чистовик: Задача №2

~~Определение вопроса~~ Решение вопроса!

показатель адиабаты: $\gamma = \frac{C_p}{C_V}$ - это следует из уравнения показателя политропы

$$\gamma = \frac{\frac{i+2}{2}R}{\frac{i}{2}R} = \frac{i+2}{i}$$ i - число степеней свободы

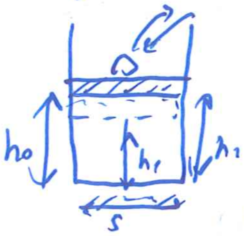
$i=3$ (одноатомный); $\gamma = \frac{5}{3}$

$i=5$ (двухатомный); $\gamma = \frac{7}{5}$

$i=6$ (трёх и более атомный); $\gamma = \frac{4}{3}$

Ответ на вопрос: $\frac{5}{3}; \frac{7}{5}; \frac{4}{3}$

Задача (решение): Дано: $h_0 = 30$ см; $h_1 = 29$ см; h_2 - ?; $i=5$ (двухатомный)



Сосуд изолирован: $Q=0$; $m_г$ - масса груза, $m_п$ - масса поршня

Можно записать 1 закон термодинамики в виде закона сохранения энергии:

$\boxed{\Delta U + \Delta E = 0}$ работа

ΔU - внутреннее изменение энергии

ΔE - механическое изменение потенциальной энергии

$\Delta E = (m_п + m_г) g (h_1 - h_0)$ $\quad \Delta U = \frac{i}{2}(p_1V_1 - p_0V_0) = \frac{i}{2} g(-m_п h_0 + (m_г+m_п)h_1)$

где работа?

$p_0 = \frac{m_п g}{S}$ $V_0 = Sh_0$

$p_1 = \frac{(m_п+m_г)g}{S}$; $V_1 = Sh_1$

$(m_п+m_г)(h_1-h_0) + \frac{5}{2}(-h_0 m_п + h_1(m_г+m_п)) = 0$

$m_г(h_1 + \frac{5}{2}h_1) = m_п(-h_1 + h_0 + \frac{5}{2}h_0 - \frac{5}{2}h_1)$

$m_г = m_п \frac{\frac{7}{2}h_0 - \frac{7}{2}h_1}{\frac{7}{2}h_1 - h_0}$

Запишем то же самое после убирания груза: $\Delta U = \frac{i}{2}(p_2V_2 - p_1V_1)$

$p_2 = \frac{m_п g}{S}$ $\quad V_2 = Sh_2$

$\Delta U + \Delta E = 0$

$\Delta E = m_п g(h_2 - h_1)$ $\quad \Delta U = \frac{5}{2}(m_п g h_2 - (m_г + m_п) g h_1)$

$m_п(h_2 - h_1) + \frac{5}{2} m_п h_2 = \frac{5}{2} h_1 m_п\left(\frac{\frac{7}{2}(h_0 - h_1)}{\frac{7}{2}h_1 - h_0} + 1\right)$

$h_2 - h_1 + \frac{5}{2}h_2 = \frac{5}{2}h_1\left(\frac{\frac{5}{2}h_0}{\frac{7}{2}h_1 - h_0}\right)$

$\frac{7}{2}h_2 = h_1\left(\frac{\frac{25}{4}h_0}{\frac{7}{2}h_1 - h_0} + 1\right)$ $\quad h_2 = \frac{2}{7}h_1\left(\frac{\frac{25}{4}h_0}{\frac{7}{2}h_1 - h_0} + 1\right) =$

$= \frac{2}{7}h_1\left(\frac{\frac{21}{4}h_0 + \frac{7}{2}h_1}{\frac{7}{2}h_1 - h_0}\right)$

$h_2 = \frac{2}{7} \cdot 29\left(\frac{\frac{21}{4} \cdot 30 + 3,5 \cdot 29}{3,5 \cdot 29 - 30}\right)$

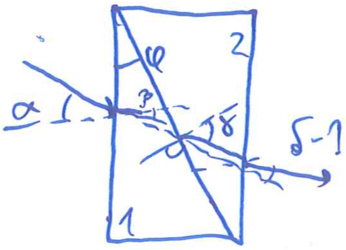
Ответ: $\frac{2}{7}h_1\left(\frac{\frac{21}{4}h_0 + \frac{7}{2}h_1}{\frac{7}{2}h_1 - h_0}\right) \approx$

Задание №4 Шустовик

Ответ на вопрос: n_1 α β n_2 Закон Снеллиуса: $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{n_2}{n_1}$ – закон преломления

n_i – показатель преломления среды

Задача (решение): Дано: $\alpha = 4^\circ$; $\varphi = 3^\circ$; $\Delta n = n_2 - n_1 = 0,5$; δ – ?



Судя по данным все углы маленькие, которые используются в задаче

показатель преломления воздуха равен 1

Запишем закон преломление света сразу с учетом $\operatorname{tg}\alpha \approx \sin\alpha \simeq \alpha$

$1 \cdot \sin\alpha = n_1 \sin\beta \Rightarrow n_1\beta = \alpha$

$n_1 \sin(\beta + \varphi) = n_2 \sin\gamma \Rightarrow n_1(\beta + \varphi) = n_2 \gamma$

$n_2 \sin(\gamma - \varphi) = \sin(\alpha - \delta)$ $n_2(\gamma - \varphi) = (\alpha - \delta)$

$n_1\left(\frac{\alpha}{n_1} + \varphi\right) = n_2 \gamma$

$n_2\left(\frac{n_1}{n_2}\left(\frac{\alpha}{n_1} + \varphi\right) - \varphi\right) = \alpha - \delta$

$\delta = (n_2 - n_1)\varphi = 1,5^\circ$

$\alpha - \delta \overset{?}{>} 0$

$4^\circ - 1,5^\circ > 0$

$2,5^\circ > 0 \Rightarrow$ Ответ верен.

Ответ: $\Delta n \varphi = 1,5^\circ$

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!

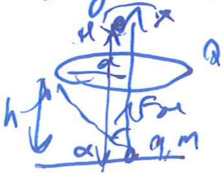
53-89-96-57 (117.1)

Задание N 3 Чистовик

Ответ на вопрос:

Если заряды покоятся или очень медленно двигаются ?

Задача (решение): Дано: m; $q>0$; a; ε_0; g



1) для того, чтобы бусинка не взлетела:

$mg \geq F_{эл}$ (очевидно, что $Q<0$ для того, чтобы взлетела)

$$F_{эл} = E_{кольца} \cdot q \cdot \cos\alpha = E_{кольца}\, q \frac{h}{\sqrt{h^2+a^2}}$$

$E_{кольца} = \dfrac{k|Q|}{a^2+h^2}$ – известный результат для кольца

$$mg > \frac{k a |Q| h q}{\sqrt{a^2+h^2}^3}$$

для того, чтобы бусинка не взлетела, надо $F_{эл\,max} < mg$ (при $\forall h$)

найдём $F_{эл\,max}$:

$$\left(\frac{k a|Q|h q}{\sqrt{a^2+h^2}^3}\right)' = 0$$

$$\frac{k a|Q|q}{\sqrt{a^2+h^2}^3} - \frac{k a|Q|q h \cdot 1{,}5 \cdot 2h}{\sqrt{a^2+h^2}^5} = 0 \qquad a^2+h^2 \neq 0$$

$$a^2+h^2 = 3h^2 \qquad 2h^2 = a^2 \qquad h = \frac{a}{\sqrt{2}} \text{ при } F_{эл\,max}$$

$$mg > \frac{k a |Q| a q}{\sqrt{2} \cdot a^3 \cdot \left(\frac{3}{2}\right)^{\frac{3}{2}}} = \frac{2kq|Q|}{a^2\sqrt{3}^3}$$

Ответ на 1 пункт:

$$\boxed{|Q| < \frac{3\sqrt{3}\, mg a^2}{2kq};\ Q<0}$$

2) $mg = F_{эл} = \dfrac{k|Q|q}{a^2\sqrt{2}^3}$ $\qquad a = h = 2\text{ см}$ $\qquad \dfrac{k|Q|q}{mg} = a^2\sqrt{2}^3$

Запишем энергию (она сохраняется): $\qquad H - ?$

$\Delta E = 0$ $\qquad W_{эл} = \varphi_{кольца} \cdot q = -q \cdot \dfrac{k|Q|}{\sqrt{h^2+a^2}}$ $\qquad h' = H - a$

$$\Delta W_{эл} + \underbrace{\Delta E_п}_{mg\Delta h} = 0 \Rightarrow -\frac{kq|Q|}{\sqrt{h'^2+a^2}} + \frac{kq|Q|}{\sqrt{2}a} + mgH = 0$$

$$\left(-\frac{1}{\sqrt{(H-a)^2+a^2}} + \frac{1}{\sqrt{2}a}\right) a^2\sqrt{2}^3 + H = 0$$

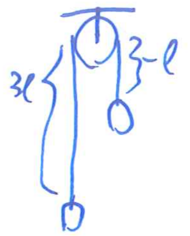
$$H + 2a = \frac{a^2\sqrt{2}^3}{\sqrt{(H-a)^2+a^2}} \qquad H^2 + 4a^2 + 4aH = \frac{a^4\sqrt{2}^6}{(H-a)^2+a^2} = \frac{a^4\sqrt{2}^6}{H^2+2a^2-2aH}$$

$$\cancel{(H^2+4aH+4a^2)(H^2+2a^2-2aH) = 8a^4}$$

идея верная

ответа нет

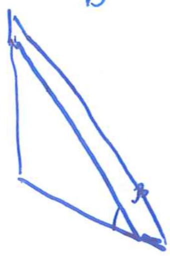
Черновик



$k \sim \frac{S}{l}$

$\Delta l = \frac{F}{k'} = \frac{F}{\frac{k_0}{4}} = \frac{F}{k_0} + \frac{F}{\frac{k_0}{3}}$

0,25 мм 0,75 мм



$\frac{l(1+\sin\alpha)}{\sin 2\alpha} = L$

$\frac{l}{\operatorname{tg}\alpha} = L$

$\frac{1+0,5}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = \sqrt{3}$

$1,7 \cdot 0,4 = 0,68$

$\frac{1,68 \cdot 3,3}{0,32 \cdot 4,1} = \frac{168 \cdot 33}{41 \cdot 32} \approx 4,1$

$\frac{\sin\alpha}{1} = \frac{\sin\beta}{n_1}$

$n_1\alpha = \beta$

$n_2(\beta + \varphi) = n_1\gamma$

$\gamma - \varphi = n_2(\alpha - \delta)$

$\cancel{n_2}\,\frac{n_1\alpha + \varphi}{n_1} - \varphi = n_2(\alpha - \delta)$

$\delta =$

Подписывать лист-вкладыш запрещается! Писать на полях листа-вкладыша запрещается!