

Олимпиада «Покори Воробьёвы горы!» по физике

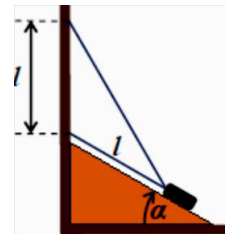
10 класс, 2024 год

Задание 1

ВОПРОС. Легкая леска составлена из двух однородных участков одинаковой массы, изготовленных из одинакового пластика. Длина одного участка в три раза больше, чем другого. Эту леску перекинули через идеальный блок и уравнили двумя грузами, массы которых очень сильно превосходят массу лески. В состоянии равновесия общее растяжение лески равно 1 мм. Каково растяжение каждого из участков? Считайте, что леска подчиняется закону Гука.

Растяжение более короткого участка равно 0,1 мм, а более длинного — 0,9 мм

ЗАДАЧА. Тяжелый груз, помещенный на плоскость, наклоненную под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту, удерживается двумя отрезками одной легкой однородной лески, вторые концы которых закреплены на вертикальной стене. Расстояние между точками закрепления равно длине нижнего отрезка в недеформированном состоянии, коэффициент трения между грузом и наклонной плоскостью $\mu = 0,4$. Длина верхнего участка лески такова, что при плавном перемещении груза по поверхности (вдоль линии «падения воды» в одной вертикальной плоскости с точками закрепления) оба участка натягиваются одновременно.



Исследуйте, какие значения может принимать величина силы натяжения нижнего отрезка лески в положении равновесия этой системы и определите отношение ее максимального и минимального значений. Опишите способ, с помощью которого можно привести систему в положение равновесия с максимально возможной величиной силы натяжения нижнего отрезка лески. Величины деформаций отрезков лески намного меньше их длин, но много больше величин деформаций стенки, груза и поверхности.

$$L_{\max}^I = \frac{2 + \cos(\beta) + \mu \cdot \sin(\beta)}{\sin(\alpha) + \mu \cdot \cos(\alpha)} \cdot 2mg = \frac{2 + \cos(30^\circ) + 0,4 \cdot \sin(30^\circ)}{\sin(30^\circ) + 0,4 \cdot \cos(30^\circ)} \cdot 2mg = \frac{2 + 0,866 + 0,2}{0,5 + 0,346} \cdot 2mg = \frac{3,066}{0,846} \cdot 2mg \approx 7,2 \cdot 2mg$$

$$L_{\min}^I = \frac{2 + \cos(\beta) - \mu \cdot \sin(\beta)}{\sin(\alpha) - \mu \cdot \cos(\alpha)} \cdot 2mg = \frac{2 + \cos(30^\circ) - 0,4 \cdot \sin(30^\circ)}{\sin(30^\circ) - 0,4 \cdot \cos(30^\circ)} \cdot 2mg = \frac{2 + 0,866 - 0,2}{0,5 - 0,346} \cdot 2mg = \frac{2,666}{0,154} \cdot 2mg \approx 34,5 \cdot 2mg$$

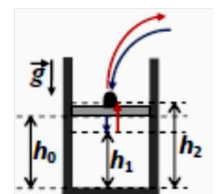
$$\frac{L_{\max}^I}{L_{\min}^I} \approx \frac{7,2}{34,5} \approx 0,21$$

Задание 2

ВОПРОС. Какие значения может принимать показатель адиабаты для идеального газа?

$\frac{5}{3}$ и $\frac{5}{2}$

ЗАДАЧА. В цилиндрическом сосуде с гладкими теплоизолирующими вертикальными стенками под горизонтальным теплоизолирующим поршнем находится воздух. Изначально поршень находится в равновесии, и расстояние между нижней поверхностью поршня и дном сосуда равно $h_0 = 30$ см. На поршень аккуратно поставили небольшую гирьку, и он начал опускаться. В тот момент, когда поршень достиг наинизшего положения на высоте $h_1 = 29$ см над дном сосуда, гирьку так же аккуратно убрали. До какой максимальной высоты h_2 поднимется поршень после этого?



Вязкостью воздуха можно пренебречь, воздух можно считать двухатомным идеальным газом, происходящие с ним процессы — квазиравновесными, а изменениями внешнего атмосфер-

ного давления можно пренебречь.

Математическая подсказка: при $|\alpha| \lesssim 1$ и $\varepsilon \ll 1$ с ошибкой порядка $|\varepsilon|^3$ справедлива приближенная формула $(1 + \varepsilon)^\alpha \approx 1 + \alpha \cdot \varepsilon + \frac{\alpha(\alpha-1)}{2}\varepsilon^2$.

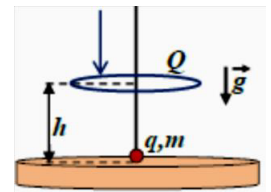
$$h \approx 21 \text{ см}$$

Задание 3

ВОПРОС. В каком случае взаимодействие электрических зарядов можно считать потенциальным?

Все заряды, создающие поле, покоятся уже относительно друг друга; потенциал зависит только от расстояния до зарядов.

ЗАДАЧА. Маленькая бусинка с массой m и зарядом $q > 0$ может скользить по гладкому непроводящему стержню, установленному вертикально на горизонтальной непроводящей поверхности. Изначально бусинка покоится в самом нижнем положении (см. рисунок). Непроводящее кольцо радиуса a , по которому равномерно распределен отрицательный заряд, размещают на большой высоте над поверхностью так, что его плоскость горизонтальна, а ось совпадает с осью стержня. Затем кольцо очень медленно опускают на поверхность, перемещая его поступательно вдоль вертикальной оси.



1. При какой величине заряда кольца $|Q|$ бусинка **не** придет в движение вплоть до касания кольца и поверхности? Ускорение свободного падения равно g , электрическая постоянная ε_0 .
2. Величину заряда кольца выбрали так, что бусинка пришла в движение, когда кольцо оказалось на высоте $h = a = 24$ см над поверхностью. Найдите максимальную возможную высоту, на которую может подняться бусинка в ходе ее дальнейшего движения.

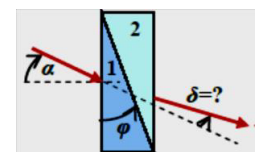
$$h \approx 21 \text{ см} \approx a(1 - \frac{g}{\dots}) = H \left(\frac{b}{c} \sqrt{\frac{b}{a}} \frac{g}{\dots} \gg |\partial| \right)$$

Задание 4

ВОПРОС. Сформулируйте закон преломления света в геометрической оптике.

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

ЗАДАЧА. Узкий пучок света падает под углом $\alpha = 4^\circ$ на поверхность плоскопараллельной пластины, склеенной из двух плотно прижатых клиньев с углом при вершине $\varphi = 3^\circ$. Разность показателей преломления материалов клиньев $\Delta n = n_2 - n_1 = 0,5$. Под каким углом к первоначальному направлению выйдет пучок из пластины? При расчетах учесть, что для малых углов $\text{tg}(\alpha) \approx \sin(\alpha) \approx \alpha$.



$$\delta \approx \Delta n \varphi \approx 1,5^\circ$$