

Олимпиада «Курчатов» по физике

11 класс, 2024 год

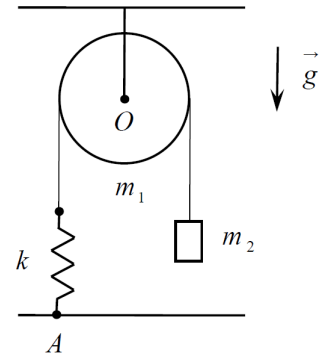
1. Тонкий обруч, масса которого равномерно распределена по его длине, поставили на шероховатую наклонную плоскость и отпустили без толчка. Угол наклона плоскости к горизонту $\alpha = 30^\circ$. Считая, что обруч скатывается без проскальзывания, найдите следующие величины:

1. Ускорение a центра обруча.
2. Минимальное значение коэффициента трения μ между обручем и плоскостью, при котором возможно движение без проскальзывания.

Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

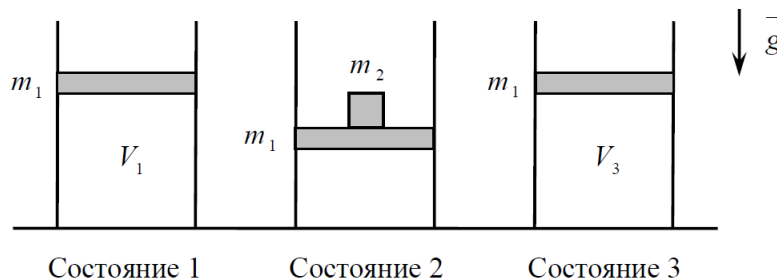
$$6\pi \cdot 0 = \frac{\varepsilon \wedge z}{1} = \frac{z}{\sigma \beta \alpha} = \pi (z : z^{\sigma} / \pi \sigma z = \frac{z}{\sigma \alpha \beta} = v (1$$

2. К потолку прикреплен блок в виде тонкого обруча с невесомыми спицами. Масса обруча $m_1 = 1,5 \text{ кг}$ равномерно распределена по его длине. Обруч может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, проходящей через его центр O . Через обруч переброшена невесомая и нерастяжимая нить, к правому концу которой подвешен груз массой $m_2 = 0,5 \text{ кг}$. Левый конец нити привязан к невесомой вертикальной пружине, закреплённой на полу в точке A . Жёсткость пружины $k = 50 \text{ Н/м}$. Считая, что при движении нить не скользит по обручу, найдите период T малых вертикальных колебаний груза около положения равновесия.



$$\sigma \varepsilon \cdot 1 = \frac{y}{z \alpha + 1 \alpha} \wedge \Delta z = L$$

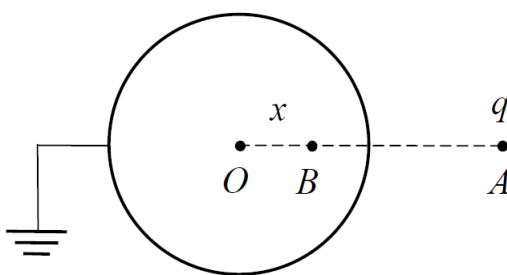
3. В камере, откачанной до глубокого вакуума, расположен высокий вертикальный цилиндр, закрытый сверху поршнем массой m_1 . Под поршнем, в объёме $V_1 = 5 \text{ л}$, находится гелий. В начальном состоянии 1 давление гелия уравнивает давление поршня. На поршень ставят груз массой m_2 , и гелий переходит в новое равновесное состояние 2. После этого груз убирают, и гелий переходит в конечное равновесное состояние 3. Найдите разность $\Delta V = V_3 - V_1$, где V_3 — объём гелия в конечном состоянии. Числовой ответ выразите в кубических сантиметрах и округлите до целого значения. Стенки цилиндра и поршень не проводят тепло, поршень движется без трения, отношение масс груза и поршня $k = m_2/m_1 = 0,1$.



$$\Delta V \text{ см}^3 = \frac{(y+1)z}{1 \cdot z^k} = \Delta V$$

4. Металлический шар с центром в точке O и радиусом $R = 2$ см заземлён. На расстоянии $L = 4$ см от центра шара, в точке A , расположен точечный заряд $q = 40$ нКл.

1. Найдите заряд шара Q . Числовой ответ выразите в нанокюлонах.
2. Заряд Q , распределённый по поверхности шара, можно заменить точечным зарядом той же величины, расположенным в некоторой точке B , лежащей внутри шара на отрезке OA . Найдите расстояние $x = OB$ исходя из условия, что потенциал электрического поля, создаваемого точечными зарядами q и Q , расположенными в точках A и B , обращается в нуль в любой точке поверхности шара.
3. Используя результаты предыдущих пунктов, найдите силу F , действующую со стороны шара на заряд q . Числовой ответ выразите в миллиньютонах. Считайте, что $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9$ Ф/м.

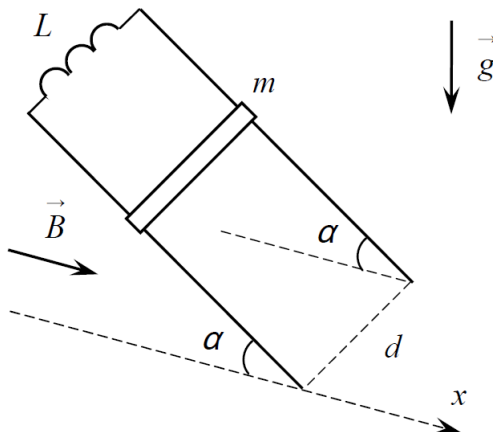


$$\text{Нм } 8 = \frac{\epsilon(\epsilon_H - \epsilon_T)}{7H^2 b^4} = \mathcal{J} (\epsilon : \text{м} : 1 = \frac{T}{\epsilon^2} = x (\epsilon : \text{м} : \text{н} : 0\text{г} - = \frac{T}{H^2} - = \partial (1$$

5. Два параллельных гладких металлических рельса, расстояние между которыми $d = 20$ см, установлены под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту и находятся в постоянном однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,5$ Тл, направленной горизонтально вдоль оси x . Сверху рельсы соединены проводом через катушку с индуктивностью $L = 5$ мГн. На рельсы кладут горизонтальную планку массой $m = 20$ г и отпускают её без толчка. Найдите следующие величины:

1. Силу тока I , текущего через планку в момент её отрыва от рельсов.
2. Расстояние S , пройденное планкой вдоль рельсов к моменту отрыва.
3. Скорость планки V в момент отрыва.

Сопротивление всех проводников не учитывайте. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{90} + \frac{1}{3} = \frac{1}{30} \Rightarrow f = 30 \text{ см}$$

6. Простейший телескоп-рефрактор, собранный по схеме Кеплера, состоит из объектива — собирающей линзы с фокусным расстоянием $F_1 = 90$ см, и окуляра — собирающей линзы с фокусным расстоянием $F_2 = 3$ см. Главные оптические оси линз совпадают. Рассматривая в телескоп очень далёкий объект (например, планету), наблюдатель видит увеличенное перевернутое изображение. Сначала планету изучает близорукий наблюдатель. При этом его глаз аккомодирован на расстояние наилучшего зрения $d_1 = 15$ см. Затем его сменяет дальнорезкий наблюдатель, глаз которого аккомодируется на расстояние наилучшего зрения $d_2 = 45$ см. Найдите следующие величины:

1. Расстояние x , на которое дальнорезкий наблюдатель должен передвинуть окуляр. Числовой ответ выразите в миллиметрах и округлите до целого значения.
2. Разность $\Delta k = k_1 - k_2$, где k_1 и k_2 — угловые увеличения для близорукого и дальнорезкого наблюдателей. Угловое увеличение $k = \beta/\alpha$, где β — угол, под которым наблюдатель видит объект в телескоп, α — угол, под которым он видит тот же объект невооружённым глазом.

Считайте, что в обоих случаях глаз наблюдателя расположен вплотную к окуляру и все углы малы.

Подсказка: объектив телескопа строит изображение планеты в фокальной плоскости, а наблюдатель рассматривает это изображение в окуляр как в лупу.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{90} + \frac{1}{3} = \frac{1}{30} \Rightarrow f = 30 \text{ см}$$