

Олимпиада «Шаг в будущее» по физике

11 класс, 2022 год, вариант 1

1. Маленькая шайба массы $m = 0,86$ кг лежит неподвижно на гладкой горизонтальной поверхности. В момент времени $t = 0$ на неё начинает действовать горизонтальная сила $F_x(t)$, график которой представляет собой четверть окружности (рис. 1). Максимальное значение силы $F_{x\max} = 10$ Н. Время действия силы $\Delta t = 4$ с. После прекращения действия силы шайба продолжает двигаться по горизонтальной поверхности и въезжает на незакреплённую горку массы $M = 1,14$ кг с плавно меняющимся углом наклона (рис. 2). Шайба поднимается по поверхности горки на некоторую высоту, а затем, не достигнув вершины, соскальзывает вниз. Найдите модуль скорости шайбы после её соскальзывания. Трением пренебречь.

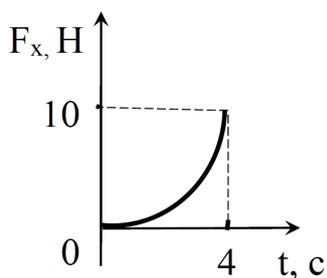


Рис. 1

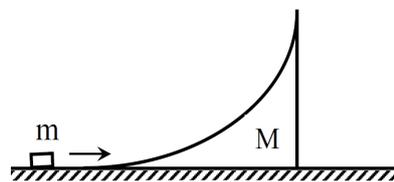
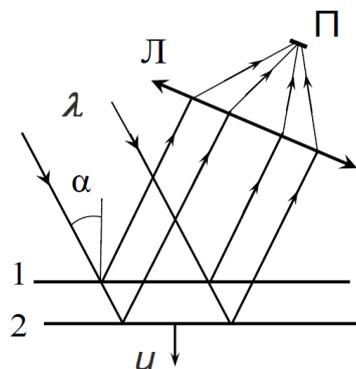


Рис. 2

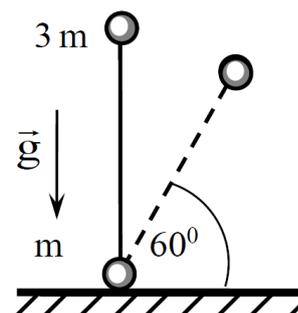
$$v = \frac{c}{n} \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} = a \cdot \frac{u + \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}{u - \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} = \tau a$$

2. В интерференционной схеме параллельный пучок монохроматического света с длиной волны $\lambda = 0,5$ мкм падает под углом $\alpha = 60^\circ$ на систему из двух плоскопараллельных, полупрозрачных зеркал 1, 2. Часть светового пучка отражается от зеркала 1, оставшаяся часть, пройдя зеркало 1, частично отражается от зеркала 2, и, снова пройдя зеркало 1, вместе с пучком, отражённым от зеркала 1, с помощью собирающей линзы Л фокусируется на приёмник П, сигнал которого пропорционален интенсивности падающего на него света. Найдите частоту переменного сигнала, регистрируемого приёмником, если второе зеркало равномерно движется относительно первого со скоростью $u = 0,01$ см/с.



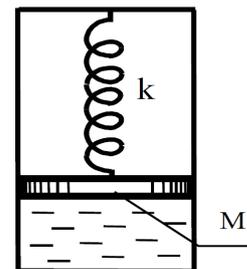
$$\nu_{\text{сиг}} = \frac{c}{\lambda \cos \alpha} = a$$

3. На шероховатую горизонтальную поверхность вертикально поставили гантель, состоящую из двух маленьких шариков массами $m_1 = 3m$ и $m_2 = m$, соединённых невесомым жёстким стержнем. Гантель отпускают без начальной скорости, и она начинает падать. Определите величину коэффициента трения между гантелью и плоскостью, если нижний шарик начинает скользить по плоскости, когда угол наклона стержня с плоскостью достигнет $\alpha = 60^\circ$.



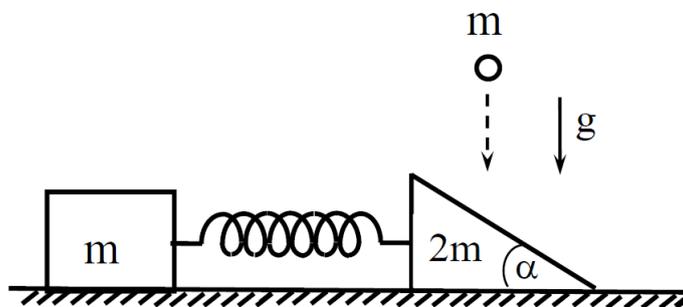
$$\mu = \frac{v_{\text{шарика}} + \frac{(z - v_{\text{шарика}}) \tau u}{c u}}{v \cos \alpha} = \tau$$

4. Замкнутый вертикально расположенный цилиндрический сосуд сечением $S = 20 \text{ см}^2$ разделён поршнем массы $M = 5 \text{ кг}$ на две части. Нижняя часть цилиндра под поршнем целиком заполнена водой при начальной температуре $t_0 = 0^\circ\text{C}$, над поршнем — вакуум. Поршень связан с верхним основанием цилиндра пружиной жесткости $k = 15 \text{ Н/м}$. Вначале пружина не деформирована. Определите массу m пара под поршнем при нагревании воды до температуры $t = 100^\circ\text{C}$. Трением и массой пружины пренебречь.



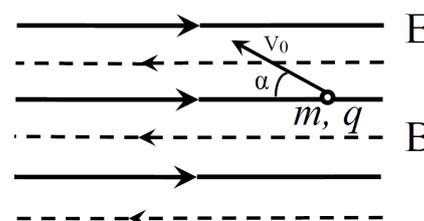
$$x \Delta \Pi = \frac{q}{(b \mu - S \rho d)} \cdot \frac{(S \Delta t + i) \mu}{S \rho d} = m$$

5. На гладкой горизонтальной поверхности расположена треугольная призма массы $2m$ с углом $\alpha = 60^\circ$, соединённая невесомой недеформированной пружиной жёсткости k с бруском массы m . Шар массы m падает вертикально вниз и ударяется в призму со скоростью v . Определите величину максимальной деформации пружины при дальнейшем движении тел. Силами трения пренебречь.



$$\frac{q}{m \mu} \sqrt{\frac{11}{2}} = v$$

6. Частица массы m с положительным зарядом q находится в однородном электрическом и магнитном полях. Напряжённость электрического поля E . Линии индукции магнитного поля параллельны силовым линиям электрического поля. В начальный момент частице сообщают скорость v_0 , направленную под углом α к линиям индукции. Через некоторое время частица возвращается в начальную точку. Найдите время, через которое частица вернётся в начальную точку. Найдите индукцию магнитного поля B , при которой возвращение в начальную точку возможно.



$$t_1 = \frac{2 m v_0 \cos \alpha}{E N} ; B N = \frac{E N}{v_0 \cos \alpha} ; t_2 = 1, 2, 3, \dots$$

7. Ситуационная задача. Устройство для развлекательных полетов представляет собой ранец с двумя управляемыми соплами круглого сечения, через которые с высокой скоростью выбрасывается вода, подающаяся по шлангу с плавучего насоса, следующего за пилотом посредством данного шланга.

Определите необходимую мощность насоса и суммарную площадь сопел для выброса воды, если взлетная масса (пилот + ранец + шланг с водой) составляет 150 кг , а скорость истечения воды 100 м/с .

$$N = M g V^2 = 147,1 \text{ кВт}; S = \frac{M g}{\rho V^2} = 150 \text{ м}^2$$