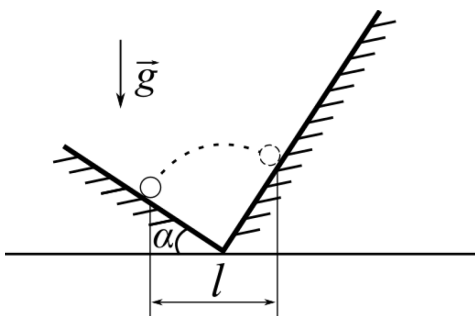


Олимпиада «Физтех» по физике

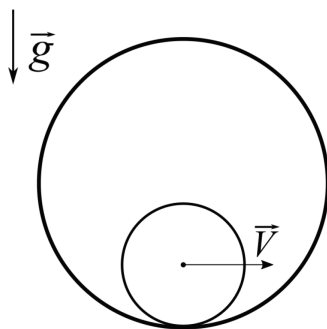
11 класс, 2025/26 год, онлайн-этап, третий тур

1. Шарик движется в однородном поле тяжести по одной траектории туда и обратно между двумя взаимно перпендикулярными полуплоскостями, абсолютно упруго ударяясь о них (см. рис.). Угол наклона одной полуплоскости к горизонту $\alpha = 10^\circ$, расстояние по горизонтали между точками соударения шарика с полуплоскостями $\ell = 20$ см. Найдите модуль минимальной скорости шарика в процессе полёта. Ответ приведите в [м/с] с округлением до десятых. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



$$v_{\min} \approx \sqrt{g \ell \sin(2\alpha)} = \sqrt{10 \cdot 0.2 \cdot \sin(20^\circ)} \approx 0.26 \text{ м/с}$$

2. Однородный обруч катится без проскальзывания по внутренней поверхности закреплённого цилиндра (см. рис.) так, что центр масс обруча движется по окружности в вертикальной плоскости. Модуль максимального центростремительного ускорения центра масс обруча в $n = 50$ раз больше модуля минимального. Найдите модуль максимального центростремительного ускорения центра масс обруча. Ответ приведите в [м/с²] с округлением до целого значения. Силу сопротивления воздуха считайте пренебрежимо малой. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

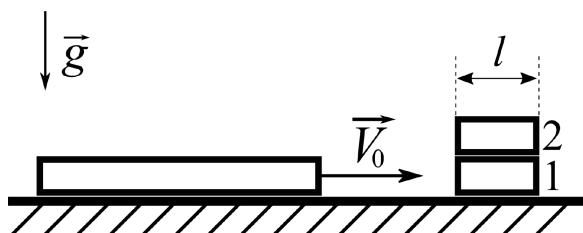


$$a_{\max} = \frac{2n-1}{2} g = \frac{2 \cdot 50 - 1}{2} \cdot 10 = 495 \text{ м/с}^2$$

3. Тепловоз провозит железнодорожную платформу с постоянной скоростью $v = 1,8$ м/с под неподвижным бункером, из которого на платформу насыпается песок. Ежесекундно из бункера на платформу загружается $\alpha = 0,5$ тонны песка. Высота бункера над платформой $h = 1,8$ м. Длина платформы $L = 12$ м. Найдите теплоту, которая выделится при провозе платформы под бункером вследствие погрузки песка. Песок ложится на дно платформы ровным слоем, толщина которого мала по сравнению с высотой бункера над платформой. Весь песок, упавший на платформу из бункера, остаётся на платформе. Ответ приведите в [кДж] с округлением до целого числа. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

$$Q \approx \alpha v h^2 = \frac{\alpha v}{g} = 0$$

4. Длинная доска массой $M = 9$ кг движется поступательно по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью $V_0 = 1$ м/с и абсолютно неупруго сталкивается с покоящимся однородным бруском 1 (см. рис.) длиной $\ell = 25$ см и массой $m = 1$ кг. На бруске лежит такой же брусок 2. Трение между брусками пренебрежимо мало. Высота брусков и доски одинакова. Коэффициент трения между бруском 2 и доской $\mu = 0,1$. Найдите перемещение бруска 2 относительно доски за время с момента столкновения доски с нижним бруском до момента прекращения относительного движения бруска 2 и доски. Ответ приведите в [см] с округлением до целого числа. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



$$\Delta x \approx \frac{V_0^2}{2g} = \frac{1}{20} = 0,05 \text{ м} = 5 \text{ см}$$

5. Герметичный цилиндрический сосуд с вертикальными гладкими стенками разделён на две части равного объёма лёгким поршнем, который может скользить в сосуде без трения. В верхней части сосуда находится $\nu_1 = 1,1$ моль гелия при температуре $T_1 = 100^\circ\text{C}$, в нижней части — $\nu_2 = 1$ моль гелия, вода и водяной пар при температуре 100°C . Температуру в цилиндре медленно уменьшили почти до 0°C . Найдите массу сконденсировавшегося водяного пара. Давление водяного пара при конечной температуре считайте пренебрежимо малым. Молярная масса воды $\mu = 0,018$ кг/моль. Ответ приведите в [г] с точностью до десятых. Начальный и конечный объёмы воды много меньше объёма сосуда.

$$m = (\nu_1 - \nu_2) \mu = 0,1 \cdot 0,018 = 0,0018 \text{ кг} = 1,8 \text{ г}$$

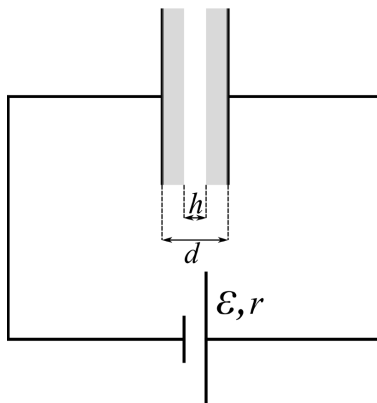
6. Герметичный цилиндрический сосуд разделён на две части лёгким подвижным поршнем, который может скользить внутри сосуда без трения. В одной части сосуда находится $\nu_1 = 1$ моль гелия, объём которого составляет $\alpha = 10\%$ объёма сосуда, а в другой $\nu_2 = 1$ моль аргона. Гелию квазистатически подводят теплоту, температуру аргона поддерживают постоянной. Найдите модуль приращения теплоёмкости гелия при увеличении объёма гелия от α до $\beta = 20\%$ объёма сосуда. Универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль·К). Теплообменом между гелием и аргоном пренебрегите. Объём поршня мал, по сравнению с объёмом сосуда. Ответ приведите в [Дж/(моль·К)] с округлением до десятых.

$$|\Delta C| \approx \frac{R}{\beta - \alpha} = \frac{8,31}{0,1} = 83,1 \text{ Дж/(моль·К)}$$

7. Нерелятивистский протон, движущийся в однородном магнитном поле, абсолютно упруго сталкивается с неподвижным нейтроном. В результате столкновения вектор скорости протона поворачивается на угол $\alpha = 20^\circ$. Найдите отношение радиуса кривизны траектории протона непосредственно перед столкновением к радиусу кривизны начального участка его траектории после столкновения. Протон до и после столкновения движется в плоскости, перпендикулярной линиям индукции магнитного поля. Массы протона и нейтрона считайте равными. Ответ приведите с округлением до десятых. Ядерная реакция при таком ударе не состоялась. Действие магнитной силы на протон в процессе соударения считайте пренебрежимо малым.

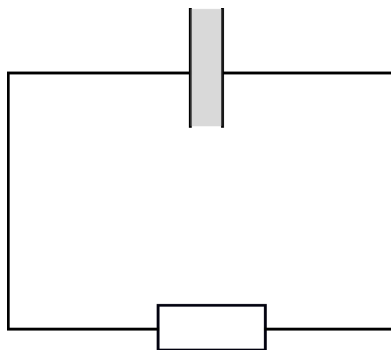
$$1,1 \approx (\cos 20^\circ) \frac{v}{v} = \frac{v}{v}$$

8. В плоский конденсатор, заряженный до напряжения, $U = 2$ В вставляют (см. рис.) две пластины из диэлектрика ($\epsilon = 11$) таким образом, что между ними остаётся небольшой зазор шириной $h = \alpha \cdot d$, где $d = 13$ мм — расстояние между обкладками конденсатора, $\alpha = 0,6$. Затем конденсатор подключают к батарее с ЭДС $\mathcal{E} = 2$ В и небольшим внутренним сопротивлением r . Через некоторое время сила тока в цепи становится практически равной нулю. Найдите напряжённость электрического поля в зазоре после подключения конденсатора к батарее. Ответ приведите в [В/м] с округлением до целого числа.



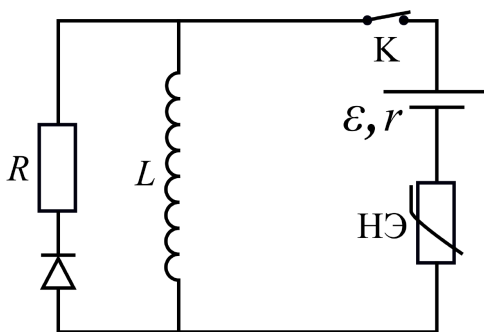
$$E = \frac{\mathcal{E}}{\epsilon} \frac{d(1 + \alpha(\epsilon - 1))}{d} = \frac{2}{11} \frac{13(1 + 0,6(11 - 1))}{13} \approx 242 \text{ В/м}$$

9. Из-за длительного хранения изменились характеристики диэлектрика ($\varepsilon = 2$, которым заполнен плоский конденсатор с круглыми обкладками: увеличилась электропроводность диэлектрика, диэлектрическая проницаемость возросла в $\alpha = 1,5$ раза. В результате постоянная времени разряда $\tau = 0,5$ с конденсатора через сопротивление (см. рис.) уменьшилась в $\beta = 1,5$ раза. Определите удельное сопротивление диэлектрика, которым заполнен конденсатор, после длительного хранения. Электропроводностью диэлектрика в исходном состоянии пренебрегите. Ответ приведите в $[\text{ГОм} \cdot \text{м}]$ с округлением до десятых. Электрическая постоянная $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м. Краевыми эффектами пренебрегите. *Указание:* постоянная времени разряда конденсатора $\tau = RC$, где C — ёмкость конденсатора, R — полное сопротивление цепи, в которой исследуется процесс разрядки конденсатора.



$$\pi \cdot \pi \text{ОГ} 9; 22 \approx \pi \cdot \pi \text{ОГ} \frac{L L}{000} = \frac{(1-g^{\alpha})^{0.23}}{L} = d$$

10. В электрическую цепь, схема которой представлена на рисунке, подключен нелинейный элемент НЭ, вольтамперная характеристика которого имеет вид $U = \alpha I^2$, где $\alpha = 0,9$ В/А², ЭДС источника и его внутреннее сопротивление равны соответственно $\mathcal{E} = 12$ В и $r = 1$ Ом, $R = 2$ Ом, $L = 50$ мГн. Ключ замыкают. Через некоторое время сила тока в цепи практически перестаёт изменяться. Ключ размыкают. Найдите заряд, протекший через сопротивление R после размыкания ключа. Ответ приведите в $[\text{мКл}]$ с округлением до целых. Сопротивление диода в прямом направлении много меньше R , в обратном — бесконечно велико.



$$\pi \cdot \pi \text{ОГ} 9; 22 \approx \pi \cdot \pi \text{ОГ} \frac{L L}{000} = \frac{(1-g^{\alpha})^{0.23}}{L} = d$$