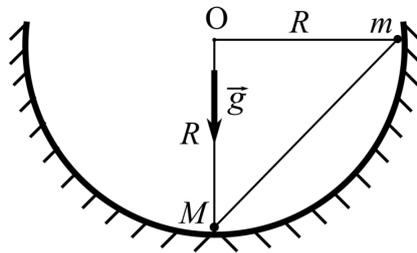


Олимпиада «Физтех» по физике

11 класс, 2023/24 год, онлайн-этап, попытка 3

1. Два шарика, скрепленных легким жестким стержнем, помещены в сферическую лунку радиуса R (см. рис.) и удерживаются в состоянии, представленном на рисунке. Конструкцию отпускают, движение начинается с нулевой начальной скоростью. Через некоторое время конструкция первый раз останавливается. За время движения от старта до первой остановки перемещение нижнего шарика по вертикали $H = 0,21 \cdot R$. Найдите отношение $\frac{M}{m}$ масс шариков. Трения нет. Радиусы, проведенные к шарикам из центра O сферической лунки, образуют прямой угол. В ответе проведите округление до десятых.

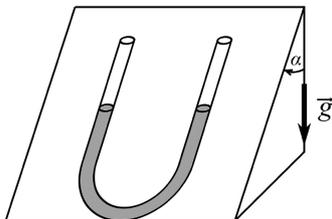


$$\cos \alpha = \frac{H}{R} \Rightarrow \alpha = \arccos \frac{H}{R}$$

2. Водомерный двигатель патрульного катера — это насос, который разгоняет каждую порцию воды от состояния покоя в лабораторной системе отсчета до горизонтальной скорости 18 м/с относительно катера. Площадь поперечного сечения канала, по которому движется вода, $0,01 \text{ м}^2$. Найдите установившуюся скорость прямолинейного движения катера. Силу сопротивления считайте пропорциональной квадрату скорости V катера $F = kV^2$. В этой формуле k — коэффициент пропорциональности, постоянная величина, численно равная $8 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^2}$. Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$. Ответ приведите в $[\text{м/с}]$, округлив до целых.

$$\rho \cdot \pi \cdot 0,01 = \frac{(S \cdot v)^2}{L} \Rightarrow L = \frac{\rho \cdot \pi \cdot 0,01 \cdot S^2 \cdot v^2}{L}$$

3. На наклонной плоскости клина, образующей угол 30° с вертикалью, закреплена U-образная трубка. В трубку налили воду. Объем воды 100 см^3 . Площадь поперечного сечения трубки 1 см^2 . Воду вывели из состояния покоя, в результате возникли малые колебания. Найдите период малых колебаний воды в трубке. Ускорение свободного падения 10 м/с^2 . Ответ приведите в [с], округлив до десятых. Все эффекты, связанные с трением, считайте пренебрежимо малыми. Оба колена трубки перпендикулярны ребру двугранного угла, который наклонная плоскость образует с горизонтальной плоскостью.



$$\omega = \sqrt{\frac{2g \cos \alpha}{L}}$$

4. Автомобиль массой 1 т сталкивается с другим автомобилем массой 2 т и сцепляется с ним. В результате абсолютно неупругого столкновения кинетическая энергия автомобилей уменьшается на 30 кДж . До столкновения автомобили двигались вдоль одной прямой в одном и том же направлении. С какой скоростью сокращалось расстояние между автомобилями перед столкновением? Ответ приведите в [м/с], округлив до десятых.

$$v = \frac{2E}{m_1 + m_2}$$

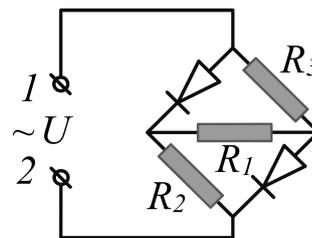
5. Одноатомный идеальный газ в количестве 1 моль расширяется в процессе с постоянной теплоемкостью, при этом число соударений молекул со стенками сосуда в расчете на единицу площади за единицу времени не изменяется. Какое количество Q теплоты подведено к газу, если температура газа увеличилась на 100 К ? Универсальная газовая постоянная $8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$. Ответ приведите в [Дж], округлив до целых.

$$Q = \nu C_V \Delta T = \nu \frac{5}{2} R \Delta T$$

6. В цилиндре под поршнем находится водяной пар при температуре 100°C и давлении 30 кПа . Объем цилиндра медленно изотермически уменьшили в 3 раза. Во сколько раз увеличилось число соударений молекул пара со стенками сосуда в расчете на единицу площади за единицу времени? Давление насыщенного пара при температуре 100°C равно 100 кПа . Ответ приведите с точностью до целых.

$$\xi = \frac{d}{d} = v$$

7. В цепи, схема которой представлена на рисунке, сопротивления резисторов $R_1 = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = 9 \text{ Ом}$, $R_3 = 6 \text{ Ом}$. Клеммы 1 и 2 подключают к источнику переменного гармонического напряжения с амплитудой $U = 380 \text{ В}$. Найдите среднюю за период мощность \bar{P} , рассеиваемую в цепи. Диоды считайте идеальными — при одном направлении тока их сопротивление бесконечно мало, при другом — бесконечно велико. Ответ приведите в [Вт], округлив до десятых.



$$\bar{P} = \frac{U^2}{2} \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} + \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3} + \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \right) = 15081.8 \text{ Вт}$$

8. Расположение точечных зарядов $q_1 = 10 \text{ мкКл}$, $Q = 100 \text{ мкКл}$, $q_2 = 25 \text{ мкКл}$ показано на рисунке к задаче. Расстояние между зарядами q_1 и Q равно 3 см, между зарядами q_2 и Q расстояние 5 см. Какую минимальную работу A следует совершить, чтобы поменять заряды q_1 и q_2 местами? Коэффициент пропорциональности в законе Кулона $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$. Ответ приведите в [Дж], округлив до целых.



$$A = k(q_1 q_2) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) = 180 \text{ Дж}$$

9. Цепь, состоящая из последовательно соединенных резистора, конденсатора и катушки, подключена к источнику напряжения, изменяющегося по гармоническому закону. Амплитуда колебаний напряжения: на резисторе 3 В, на конденсаторе 250 В, на катушке индуктивности 246 В. Найдите амплитуду колебаний напряжения на зажимах источника. Ответ — целое число вольт.

$$U_{\text{max}} = \sqrt{U_R^2 + U_C^2 + U_L^2} = 250 \text{ В}$$

10. Материальная точка движется по окружности радиуса 5 м с постоянным по модулю ускорением 1 м/с^2 . Начальная скорость нулевая. Найдите скорость точки в тот момент, когда радиус-вектор, проведенный в точку из центра окружности, повернется на угол 10° . Ответ приведите в [м/с], округлив до десятых.

$$v = \sqrt{2} r \omega = 1.3 \text{ м/с}$$