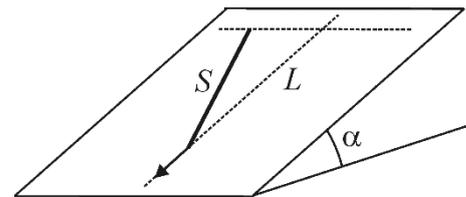


Задача 1

Тонкий однородный жесткий стержень S скользит по гладкой наклонной плоскости, составляющей угол α с горизонтом. В начальный момент времени нижний конец стержня движется вниз вдоль наклонной плоскости (по линии L «падения воды», как указано стрелкой – см. рисунок), а верхний конец стержня движется горизонтально, причем модуль скорости верхнего конца в два раза больше, чем нижнего. По прошествии некоторого промежутка времени оказалось, что середина стержня сместилась на одинаковые расстояния по горизонтали и вдоль линии «падения воды». Во сколько раз изменился модуль скорости середины стержня за этот промежуток времени?



Ответ: за рассматриваемый промежуток времени модуль скорости середины стержня изменился в $\frac{V_{O2}}{V_{O1}} = \sqrt{\frac{13}{5}} \approx 1,61$ раза.

Всякое полностью правильное решение оценивается в 20 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения! Не допускается снижать оценки за плохой почерк, решение способом, отличающимся от авторского и т.д.

Критерии

При решении способом 1) (без использования мгновенной оси вращения)

Записано условие одинаковости проекций концов стержня на его ось – 2 балла.

Найден угол между стержнем и «линией падения воды» (или эквивалентный угол) – 2 балла.

Указано, что скорость каждого конца стержня равна сумме скорости поступательного движения середины стержня и скорости вращательного движения относительно середины стержня – 2 балла.

Найден модуль скорости середины стержня – 4 балла.

Записаны уравнения для смещений середины центра стержня за рассматриваемый промежуток времени t (применена теорема о движении центра масс) в проекциях на координатные оси – 2 балла (по 1 баллу за каждое уравнение).

Найдена длительность промежутка времени t – 2 балла.

Найдены проекции скорости середины стержня на координатные оси по истечении времени t – 2 балла.

Найден модуль скорости середины стержня через время t – 2 балла.

Получен ответ – 2 балла.

ВСЕГО: 20 баллов.

При решении способом 2) (с использованием мгновенной оси вращения)

Построением найдено положение мгновенной оси вращения стержня в начальный момент – 2 балла.

Найден угол между стержнем и «линией падения воды» (или эквивалентный угол) – 2 балла.

Записана связь между угловой скоростью вращения стержня и скоростью какой-либо его точки – 2 балла.

Найден модуль скорости середины стержня – 4 балла.

Записаны уравнения для смещений середины центра стержня за рассматриваемый промежуток времени t (применена теорема о движении центра масс) в проекциях на координатные оси – 2 балла (по 1 баллу за каждое уравнение).

Найдена длительность промежутка времени t – 2 балла.

Найдены проекции скорости середины стержня на координатные оси по истечении времени t – 2 балла.

Найден модуль скорости середины стержня через время t – 2 балла.

Получен ответ – 2 балла.

ВСЕГО: 20 баллов.

Задача 2

Вдоль гладкой горизонтальной поверхности скользит шар неизвестной массы в направлении другого покоящегося шара массой 120 г. В некоторый момент времени происходит абсолютно упругое лобовое соударение этих шаров, в результате которого первый шар передает второму 64% своей кинетической энергии. Опыт повторяют, заменив движущийся шар шаром другой массы, но не изменив его начальной скорости. Оказалось, что в результате второго опыта доля переданной покоящемуся шару кинетической энергии не изменилась. Определите, на какую величину Δm отличались массы движущихся шаров в двух опытах.

Ответ: массы движущихся шаров в двух опытах отличались на 450 г.

Всякое полностью правильное решение оценивается в 20 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения! Не допускается снижать оценки за плохой почерк, решение способом, отличающимся от авторского и т.д.

Критерии

Любым способом доказано, что после соударения покоившийся шар приобретет скорость, равную удвоенной скорости центра масс системы шаров – 6 баллов (если есть все правильные уравнения, необходимые для доказательства, но доказательство до конца не доведено, либо если результат использован без доказательства – то ставится 3 балла).

Доля энергии, полученной в результате столкновения покоившимся шаром, выражена через массы шаров – 4 балла.

Получено уравнение для отыскания отношения масс шаров – 3 балла.

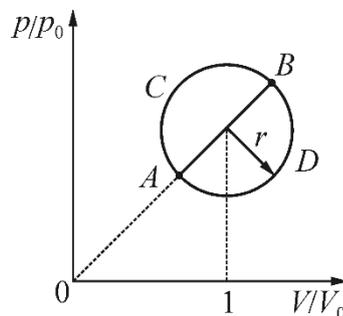
Найдены корни этого уравнения – 4 балла.

Найдена разность масс шаров в двух опытах – 3 балла.

ВСЕГО: 20 баллов.

Задача 3

Две тепловые машины используют в качестве рабочего тела постоянное количество одноатомного идеального газа. Циклы, по которым работают эти машины, при изображении в координатах «давление-объем» при некотором выборе масштабов являются двумя половинами одной окружности: первая машина работает по циклу $ACBA$, а вторая – по циклу $ABDA$ (см. рисунок). Диаметр AB этой окружности лежит на прямой, проходящей через начало координат, и обладает тем свойством, что на участке цикла ACB газ только получает теплоту от нагревателя, а на участке BDA – только отдает теплоту холодильнику. Центр окружности соответствует объему V_0 , радиус окружности при выбранном масштабе равен $r = \frac{1}{\sqrt{10}}$. Во сколько раз максимально возможный КПД второй машины отличается от максимально возможного КПД первой машины?



ОТВЕТ: максимально возможный КПД второй машины отличается от максимально возможного КПД первой машины в $\frac{\eta_2}{\eta_1} = 1 + \frac{\pi}{8\sqrt{15}} \approx 1,1$ раза.

Всякое полностью правильное решение оценивается в 20 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения! Не допускается снижать оценки за плохой почерк, решение способом, отличающимся от авторского и т.д.

Критерии

Указано (или по умолчанию используется без явного указания), что максимальный КПД «прямой» тепловой машины равен КПД циклического процесса, по которому она работает – 1 балл.

Хотя бы один раз правильно записана формула для КПД цикла – 1 балл.

Отношение КПД циклов выражено через количество теплоты Q_{AB} – 1 балл.

Работа, совершаемая в обоих циклах, выражена через p_0 , V_0 и r – 1 балл.

Записано уравнение окружности (в относительных координатах) – 1 балл.

Применено первое начало термодинамики для малого изменения объема в окрестности точек A и B – 3 балла.

Замечено, что в состояниях, очень близких к состояниям, задаваемым точками A и B , отсутствует теплообмен ($\Delta Q = 0$) – 2 балла.

Найдено давление, соответствующее центру окружности – 4 балла.

Найдены координаты точек A и B – 2 балла.

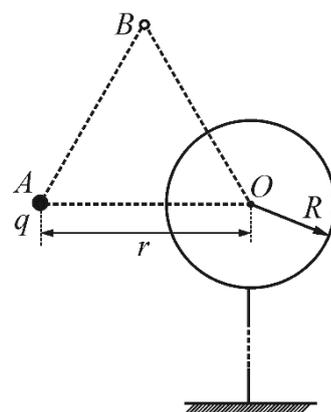
Количество теплоты Q_{AB} выражено через p_0 , V_0 и r – 2 балла.

Получен ответ – 2 балла.

ВСЕГО: 20 баллов.

Задача 4

В точке A , расположенной на расстоянии r от центра O незаряженной проводящей сферы радиусом R , находится точечный заряд q . Сферу заземляют длинным тонким проводником. На сколько изменится (после заземления) потенциал φ_B точки B , являющейся вершиной равностороннего треугольника ABO ?



ОТВЕТ: после заземления потенциал точки B изменится на $\Delta\varphi_B = -\frac{Rq}{4\pi\epsilon_0 r^2}$.

Всякое полностью правильное решение оценивается в 20 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения! Не допускается снижать оценки за плохой почерк, решение способом, отличающимся от авторского и т.д.

Критерии

Указано, что наведенные на сфере заряды, вместе с зарядом q , обеспечивают равенство нулю напряженности электрического поля внутри сферы – 2 балла.

Найден заряд Q , который появляется на сфере после ее заземления – 5 баллов.

Объяснено, почему этот заряд распределен по поверхности сферы равномерно – 3 балла.

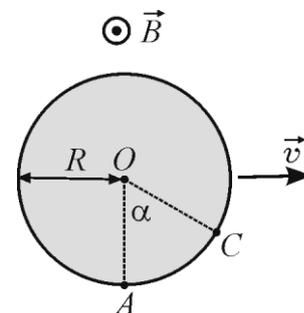
Указано, что суперпозиция всех зарядов (заряда q , наведенных на сфере зарядов, и заряда Q) не создает поля внутри сферы, а значит, именно она будет иметь место, причем появление заряда Q не нарушит исходного распределения зарядов на сфере – 5 баллов.

Найдено, на сколько изменится потенциал в точке B – 5 баллов.

ВСЕГО: 20 баллов.

Задача 5

Незаряженный металлический шарик радиусом $R = 10$ см движется в однородном магнитном поле перпендикулярно вектору магнитной индукции \vec{B} с постоянной скоростью $v = 1$ м/с. Поверхностная плотность зарядов на «полюсе» шара в точке A оказалась равной σ_0 . Определите поверхностную плотность зарядов в точке C , направление на которую из центра шара составляет угол $\alpha = 60^\circ$ с направлением OA (см. рис.). Чему равна разность потенциалов точек A и C ? Модуль вектора индукции магнитного поля $B = 2$ Тл.



Ответ: поверхностная плотность зарядов в точке C равна $\sigma_C = \sigma_0 \cos \alpha = \sigma_0/2$, разность потенциалов точек A и C равна $\varphi_A - \varphi_C = vBR(1 - \cos \alpha) = 0,1$ В.

Всякое полностью правильное решение оценивается в 20 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения! Не допускается снижать оценки за плохой почерк, решение способом, отличающимся от авторского и т.д.

Критерии

Указано, что внутри шарика возникает однородное электрическое поле – 2 балла.

Найдена напряженность этого поля – 3 балла.

Московская городская олимпиада школьников по физике 2016 г., 11 класс, 2 тур

Указано, что если бы шарик двигался в направлении OC со скоростью $v \sin \alpha$, то поверхностная плотность зарядов в точке C оказалась бы равной нулю – 3 балла.

Указано, что если бы шарик двигался в направлении, перпендикулярном OC со скоростью $v \cos \alpha$, то поверхностная плотность зарядов в точке C оказалась бы равной $\sigma_0 \cos \alpha$ – 3 балла.

Замечено, что рассматриваемое движение проводящего шара есть суперпозиция двух указанных выше движений – 3 балла.

Найдена поверхностная плотность зарядов в точке C – 3 балла.

Найдена разность потенциалов между точками A и C – 3 балла.

ВСЕГО: 20 баллов.