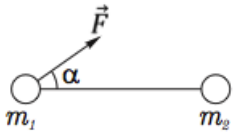
Всероссийская олимпиада школьников по физике

10 класс, заключительный этап, 2018/19 год

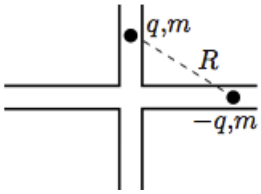


Задача 1. На гладком горизонтальном столе лежит гантель, состоящая из двух маленьких по размеру шайб, имеющих массы m_1 и m_2, соединенных легким жестким (деформации стержня малы по сравнению с его размерами) стержнем длины L. В момент времени $t = 0$ на шайбу с массой m_1 начинает действовать постоянная по величине горизонтальная сила F. Направление действия силы всегда составляет один и тот же острый угол α со стержнем (рис.). Считайте известным, что при таком движении угловое ускорение стержня является постоянным.

В некоторый момент времени τ после начала действия силы стержень на мгновение оказался не напряженным (то есть ни сжатым, ни растянутым).

1. Найдите угловую скорость ω вращения стержня в момент времени τ.
2. Найдите угловое ускорение стержня $d\omega/dt$.
3. Чему равен промежуток времени τ?
4. Найдите угол поворота стержня к моменту времени τ.

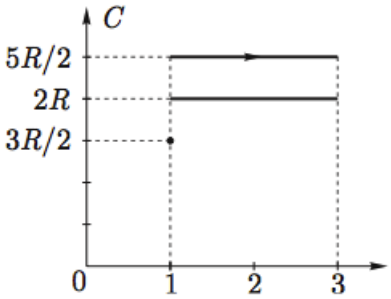
$\boxed{\omega = \sqrt{\frac{F\cos\alpha}{m_1 L}};\ \frac{d\omega}{dt} = \frac{F\sin\alpha}{m_1 L};\ \tau = \sqrt{\frac{m_1 L\cos\alpha}{F\sin^2\alpha}};\ \varphi = \frac{1}{2}\operatorname{ctg}\alpha}$



Задача 2. Небольшие частицы с одинаковыми массами m и зарядами q и $-q$ движутся без трения по пересекающимся под прямым углом узким прямым каналам, расположенным в горизонтальной плоскости (рис.). При этом оказалось, что в процессе дальнейшего движения расстояние R между частицами остаётся неизменным.

Найдите суммарную кинетическую энергию частиц.

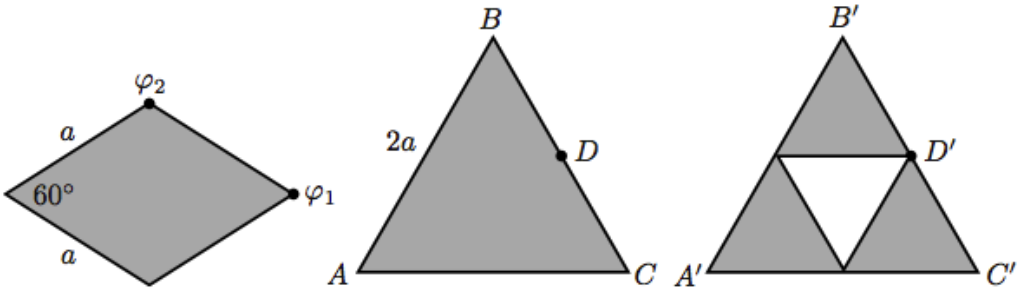
$\boxed{T = \frac{kq^2}{2R}}$



Задача 3. В архиве лорда Кельвина нашли график циклического процесса, совершенного над фиксированным количеством одноатомного идеального газа (рис.). От времени чернила выцвели, и информация про направления некоторых процессов была утрачена. Также была утрачена и информация про то, что отложено по оси абсцисс. Известно лишь, что на оси абсцисс отложена одна из следующих величин: объем, давление, температура или плотность, а шкала выполнена в условных единицах. По оси ординат отложена молярная теплоемкость газа C. Найдите максимально возможный КПД цикла.

$\boxed{1/8}$

Задача 4. Тонкая плоская пластинка из диэлектрика в форме ромба со стороной a и острым углом 60° заряжена однородно с поверхностной плотностью заряда σ. Потенциал в вершине острого угла ромба равен φ_1, в вершине тупого — φ_2 (рис. слева). Из такого же диэлектрика вырезают тонкую пластинку в форме равностороннего треугольника ABC со стороной $2a$ и заряжают ее с такой же поверхностной плотностью заряда (рис. в центре).



1. Определите потенциал в точке C треугольной пластинки.

2. Определите потенциал в точке D, лежащей на середине стороны треугольной пластинки.

Теперь из треугольной пластинки ABC удаляют правильный треугольник со стороной a (рис. справа).

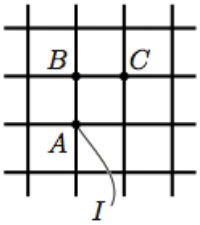
3. Определите потенциал в точке D' «дырявой» пластинки.

4. Определите потенциал в точке C' «дырявой» пластинки.

Примечание. Все пластины удалены друг от друга и других тел.

$\boxed{\varphi_C = \varphi_2;\ \varphi_D = \varphi_1 + \varphi_2;\ \varphi_{D'} = \varphi_1 + \frac{1}{2}\varphi_2;\ \varphi_{C'} = \frac{3}{2}\varphi_2 - \varphi_1}$

Задача 5. Бесконечная сетка с квадратными ячейками собрана из одинаковых резисторов. В узел A извне втекает ток I (рис.). Оцените силу тока в звене BC с погрешностью не более 10%. Докажите, что погрешность вашей оценки не превышает 10%.



$\boxed{I_{BC} = \left(\frac{11}{160} \pm \frac{1}{160}\right) I}$