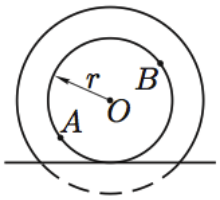
Всероссийская олимпиада школьников по физике

10 класс, заключительный этап, 2007/08 год

Задача 1. По рельсам катится с постоянной скоростью вагонетка. Радиус её колеса равен r, а радиус реборды (бортика, выступающего за обод колеса и предохраняющего колесо от схода с рельса) существенно больше. В некоторый момент времени скорости двух диаметрально противоположных точек A и B обода равны по модулю v_A и v_B соответственно (рис.).



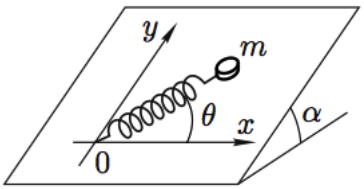
1) С какой скоростью v_0 катится колесо?

2) В тот же момент времени скорость некоторой точки C, находящейся на реборде, направлена вертикально и равна v_C. Однозначно ли определяется положение этой точки?

3) Чему равна проекция ускорения a_{Cy} этой точки на вертикальную координатную ось?

1) $v_0 = \frac{1}{2}\sqrt{v_A^2 + v_B^2}$; 2) таких точек две; 3) $a_{Cy} = \frac{v_A^2 + v_B^2}{4r}$

Задача 2. На наклонной плоскости находится небольшая шайба массы m (рис.). К шайбе прикреплён один конец лёгкой пружины жёсткости k и длины L (в недеформированном состоянии). Другой конец пружины закреплён в некоторой точке O. Угол α наклона плоскости и коэффициент трения μ шайбы о плоскость связаны соотношением $\operatorname{tg}\alpha = \mu$.

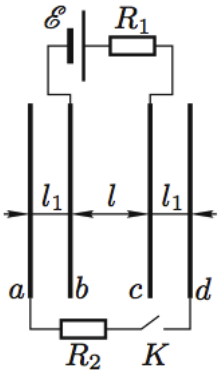


Определите области, в которых шайба находится в состоянии равновесия, их границы и изобразите их качественно на плоскости xy в двух случаях:

1) пружина подчиняется закону Гука как при растяжении, так и при сжатии;

2) пружина подчиняется закону Гука только при растяжении (например, пружина заменена лёгкой резинкой).

Задача 3. Сложный конденсатор состоит из четырёх одинаковых пластин площадью $S = 1$ м^2 каждая, расположенных параллельно друг другу (рис.). Расстояние между средними пластинами b и c равно $l = 2$ см. Расстояние между пластинами a и b, c и d равно $l_1 = l/2$. Пластины b и c подключены к идеальному источнику напряжения с $\mathscr{E} = 120$ В через резистор R_1. В начальном состоянии ключ K разомкнут.



1) Нарисуйте эквивалентную схему сложного конденсатора после замыкания ключа K и найдите его ёмкость C.

2) Какое количество теплоты Q выделится на резисторах R_1 и R_2 (в сумме) при замыкании ключа K?

Электрическая постоянная $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.

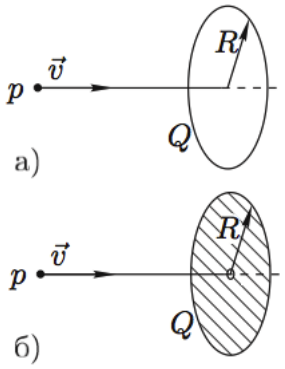
Указание. Воспользуйтесь законом сохранения энергии.

1) $C = \frac{2\varepsilon_0 S}{l} = 0{,}89$ нФ; 2) $Q = \frac{\varepsilon_0 S \mathscr{E}^2}{2l} = 3{,}2$ мкДж

Задача 4. 1) Тонкое кольцо радиусом $R = 5$ см однородно заряжено зарядом $Q = +10^{-8}$ Кл (рис. *а*). Какую минимальную скорость $v_{\min}$ нужно сообщить протону, находящемуся вдали от кольца, чтобы он пролетел по оси кольца через его центр?

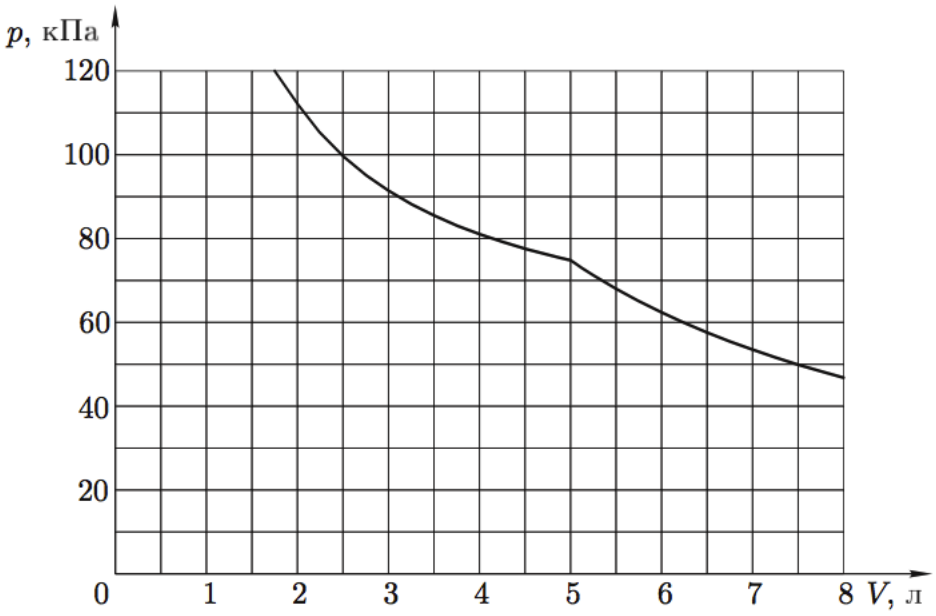
2) Пусть теперь заряд $Q = +10^{-8}$ Кл равномерно распределён по поверхности тонкого диска радиуса $R = 5$ см (рис. *б*). В центре диска имеется небольшое отверстие. Какую минимальную скорость нужно сообщить протону в этом случае, чтобы он пролетел через отверстие в диске?

Элементарный заряд $e = 1{,}602 \cdot 10^{-19}$ Кл, масса протона $m_p = 1{,}672 \cdot 10^{-27}$ кг, электрическая постоянная $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.



1) $v_{\min} = \sqrt{\frac{eQ}{2\pi\varepsilon_0 m_p R}} = 5{,}9 \cdot 10^5$ м/с; 2) $v'_{\min} = v_{\min}\sqrt{2}$

Задача 5. В цилиндре под поршнем находится смесь воздуха и паров некоторой жидкости. Смесь изотермически сжимают. На рисунке представлена экспериментальная зависимость давления в сосуде от объёма в этом процессе.



Чему равны давление насыщенных паров жидкости $p_н$ при данной температуре и внутренняя энергия смеси при объёме цилиндра более 5 л?

Примечание. Считать воздух идеальным двухатомным газом, а пары жидкости — идеальным трёхатомным газом.

$p_н \approx 50$ кПа, $U \approx 1060$ Дж