

Всероссийская олимпиада школьников по физике

11 класс, региональный этап, 2019/20 год

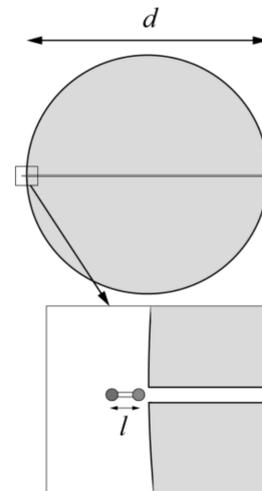
Задача 1. В большом однородном непроводящем шаре вдоль диаметра d просверлен узкий канал. Шар равномерно заряжен по объёму с объёмной плотностью заряда $\rho > 0$ и закреплён. Вещество шара не поляризуется.

Ко входу в канал подносят диполь, образованный двумя заряженными шариками одинаковой массы, закреплёнными на концах лёгкого жёсткого непроводящего стержня, и отпускают. Через время t_d он оказывается на противоположном конце канала. Когда то же самое проделывают с одним из шариков, он пролетает канал за время $t_{ш}$.

Определите плечо диполя l , считая, что $l \ll d$.

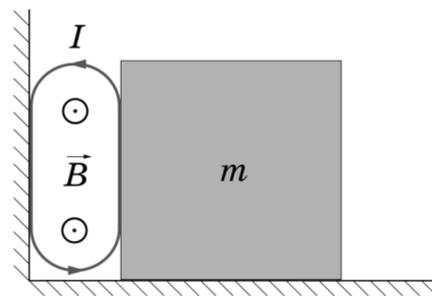
Укажите знак ближнего к шару заряда диполя в момент старта в первом случае и знак заряда шарика во втором. Диаметр шариков практически равен диаметру канала.

Примечание. Диполем называется система из двух одинаковых по величине, но разных по знаку электрических зарядов, находящихся на фиксированном расстоянии l (плечо диполя) друг от друга.



$$\text{диполь} = \text{система из двух одинаковых по величине, но разных по знаку электрических зарядов, находящихся на фиксированном расстоянии } l \text{ друг от друга}$$

Задача 2. Невесомый гибкий провод с током I образует замкнутую петлю длиной L , которая соприкасается с вертикальной стенкой и гранью куба массой m . Система находится в магнитном поле B , перпендикулярном плоскости рисунка. Исходно куб удерживают на расстоянии x_0 от стенки.

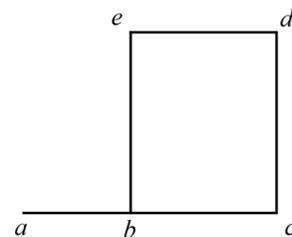


1. До какой наибольшей скорости v_m разгонится куб, если его отпустить?
2. Через какое время t_m будет достигнута эта скорость?

Примечание. Считайте, что при движении куба провод остаётся в одной вертикальной плоскости.

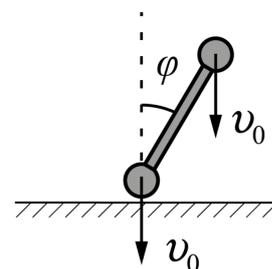
$$\frac{BIL}{m} \Lambda = \omega_1 \cdot \left(0x - \frac{v}{L}\right) \frac{mL}{BIL} \Lambda = \omega_2 \cdot (1)$$

ЗАДАЧА 3. Говорят, что в архиве лорда Кельвина нашли диаграмму (см. рис.) квазистатического циклического процесса тепловой машины, рабочим телом которой являлось неизвестное вещество. Диаграмма процесса была построена в непривычных координатах $T(Q)$ (T — температура, Q — количество подведённой теплоты) и имела вид ломаной линии $abcdeb$. От времени чернила выцвели и координатные оси исчезли, однако из пояснений к рисунку следовало, что каждый отрезок параллелен одной из осей координат. Восстановите построением положение осей Q и T и укажите их направления. Опишите ваш способ построения и нарисуйте в работе диаграмму с осями координат и вспомогательными линиями, использованными при построении.



См. конспект

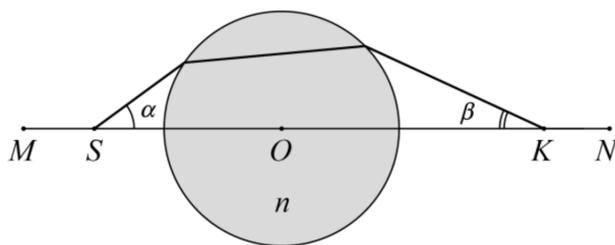
ЗАДАЧА 4. Два одинаковых маленьких шарика, соединённых невесомым твёрдым стержнем длины L , падают на гладкую, абсолютно упругую горизонтальную плоскость. Непосредственно перед ударом нижнего шарика о плоскость скорости шариков направлены вертикально вниз и равны v_0 , а сразу после удара скорости шариков оказались взаимно перпендикулярны.



1. Каковы величина скорости центра масс гантели v_c и угловая скорость вращения стержня ω сразу после удара?
2. Под каким углом φ к вертикали был наклонён стержень перед ударом?

$$v_c = \frac{v_0}{2}, \quad \omega = \frac{v_0}{L}, \quad \varphi = \arcsin\left(\frac{1}{2}\right) \approx 30^\circ$$

ЗАДАЧА 5. Лучи света, испускаемые точечным источником S , падают на однородный шар из прозрачного материала с показателем преломления n . Луч, вышедший из источника S под углом α к прямой MN , на которой лежат источник и центр шара, после двух преломлений на границе шара пересекает MN под углом β в точке K (см. рис.). Расстояние $SK = l$.



1. Выразите радиус R шара и расстояние SO от источника до центра шара через параметры l, α, β, n .
2. Вычислите SO и R для значений $n = 2, \alpha = 60^\circ, \beta = 30^\circ, l = 10$ см.

$$SO = \frac{l \sin \alpha \sin \beta}{\sin \alpha \cos \beta + \sin \beta \cos \alpha}, \quad R = \frac{l \sin \alpha \sin \beta}{\sin \alpha \cos \beta + \sin \beta \cos \alpha} \sqrt{\frac{1 - n^2 \cos^2 \alpha}{1 - n^2 \cos^2 \beta}}$$

Ответ к задаче 3

