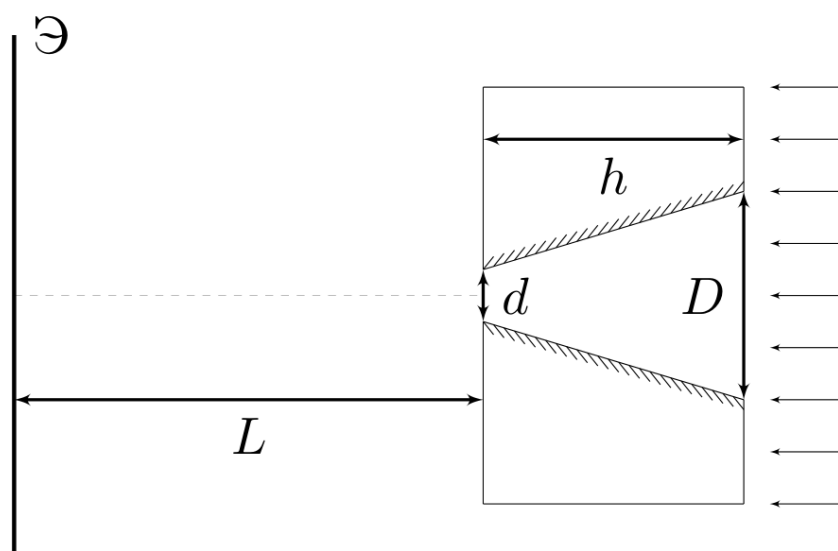


ВсОШ, 2022/23, заключительный этап, 11 класс, теоретический тур

Всероссийская олимпиада школьников по физике **Условия**

Задача 1 Щель Кассини

В непрозрачном плоском слое толщиной h просверлено отверстие, форма боковой поверхности которого представляет собой усечённый конус с диаметрами оснований d и D , ось которого перпендикулярна плоским поверхностям слоя. Боковая поверхность конуса посеребрена и идеально отражает падающий на неё свет. За слоем на расстоянии L от ближайшей к нему плоской поверхности слоя находится плоский экран.



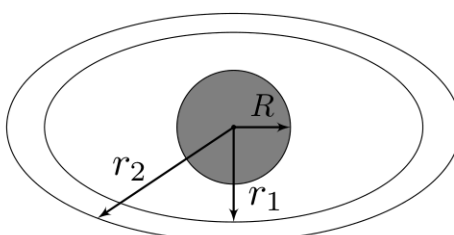
Система освещается параллельным потоком света, направленным вдоль оси конуса.

Геометрические параметры h , d , D и L связаны соотношениями: $D \ll h \ll L$, $D = 4d$.

1. Изобразите картину, наблюдаемую на экране. На рисунке укажите все характерные геометрические размеры.
2. Как изменится картина из пункта 1, если между слоем и экраном поместить тонкую собирающую линзу? Фокусное расстояние линзы $F = L/2$, главная оптическая ось линзы совпадает с осью конуса, экран расположен в фокальной плоскости линзы.

Примечание: все характерные геометрические размеры должны быть выражены через d , h и L .

Задача 2 Похоже на Сатурн

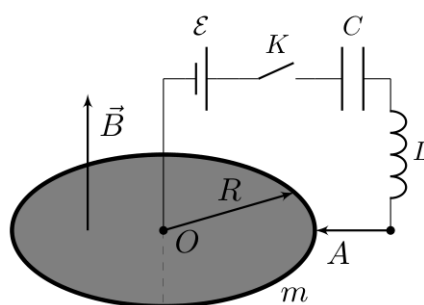


По поверхности тонкого плоского непроводящего кольца с внутренним и внешним радиусами r_1 и r_2 соответственно распределён положительный заряд с постоянной поверхностной плотностью σ . Центр непроводящего шара радиусом $R \ll r_1, r_2$ совпадает с центром кольца. Шар равномерно заряжен по объёму положительным зарядом Q .

Примечание: Ответы на каждый из вопросов задачи должны быть упрощены с учётом приближения $R \ll r_1, r_2$.

1. В каких пределах изменяется модуль электрического поля на поверхности шара?
2. При каких значениях σ вектор напряжённости результирующего поля в точках на поверхности шара, удалённых от плоскости кольца на расстояние большее, чем $0,1 R$, можно считать направленным вдоль оси вращения системы? Заряд Q считайте известным.

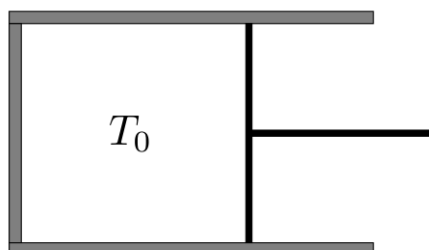
Задача 3 Кружатся диски



На рисунке показана схема электрической цепи, состоящей из источника с электродвижущей силой $\mathcal{E}$, конденсатора ёмкостью C , катушки индуктивностью L , ключа K и металлического диска радиусом R . Диск может вращаться вокруг своей оси без трения. Диск расположен в однородном магнитном поле с индукцией $\vec{B}$, направленном вдоль его оси так, как показано на рисунке. Практически вся масса m диска сосредоточена в его тонком ободе. Источник соединён с диском в его центре O , а катушка индуктивности соединена с диском с помощью неподвижного скользящего контакта A . Омическим сопротивлением контура, по которому течёт ток, и наличием у него индуктивности (дополнительно к L) можно пренебречь. Изначально ключ K разомкнут, диск неподвижен, ток в катушке отсутствует, а конденсатор не заряжен. Ключ K замыкают.

Определите максимальную угловую скорость диска $\omega_{\max}$ после замыкания ключа, а также время τ после замыкания ключа, через которое угловая скорость диска впервые достигает значения $\omega_{\max}$.

Задача 4 Адиабатическая анизотропия



В горизонтальный цилиндрический сосуд герметично вставлен поршень, перемещающийся с помощью прикреплённой к нему рукоятки. В сосуде находится насыщенный пар воды при температуре $T_0 = 333$ К. Жидкой фазы воды в сосуде нет.

Водяной пар можно считать идеальным многоатомным газом. Удельная теплота парообразования воды при температуре T_0 равна $L = 2,36$ МДж/кг и в рамках задачи может считаться не зависящей от температуры. Универсальная газовая постоянная равна $R = 8,31$ Дж/(моль $\cdot$ К). Молярная масса воды равна $\mu = 18,0$ г/моль.

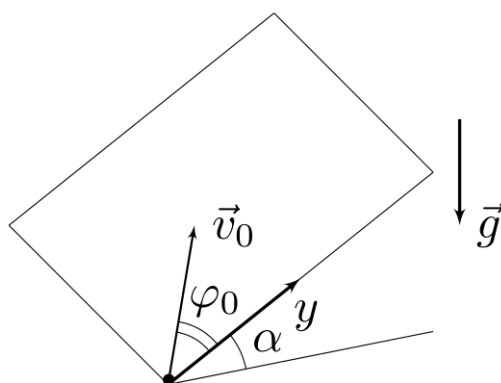
Считайте известным, что малые относительные изменения давления насыщенного пара и его абсолютной температуры вблизи значений $p_0(T_0)$ и T_0 соответственно связаны соотношением $\varepsilon_p = \Delta p/p_0 = \alpha \varepsilon_T = \alpha \cdot \Delta T/T_0$, где $\alpha = 15,3$.

1. Температуру в сосуде начинают медленно изменять. Объём сосуда изменяется таким образом, что всё вещество в сосуде всё время остаётся в газообразном состоянии, при этом водяной пар всё время является насыщенным. Чему равна молярная теплоёмкость водяного пара в данном процессе?

Рассмотрим адиабатически изолированный сосуд.

2. Найдите изменение температуры ΔT_1 в сосуде при медленном относительном уменьшении его объёма на величину $\beta = 5\%$.
3. Найдите изменение температуры ΔT_2 в сосуде при медленном относительном увеличении его объёма на величину $\beta = 5\%$.

Задача 5 Туда-сюда



На плоской доске, образующей с горизонтом угол $\alpha = 30,0^\circ$, находится маленькая шайба. Коэффициент трения между шайбой и доской равен $\mu = \operatorname{tg} \alpha$. Вблизи основания доски шайбе сообщают скорость $v_0 = 8,00$ м/с, и она движется по доске, пока снова не достигнет основания. Основание доски горизонтально. Известно, что в моменты старта и повторного достижения основания доски вектор скорости шайбы образовывал углы $\varphi_0 = 60,0^\circ$ и $\varphi_1 = 159,3^\circ$ соответственно с положительным направлением оси y , направленной вверх по доске (см. рис). Ускорение свободного падения $g = 9,80$ м/с². Шайба не вращается.

Примечание: Ответ на каждый из вопросов задачи должен быть как рассчитан, так и выражен аналитически через заданные в условии величины!

1. Определите ускорения шайбы a_0 и a_1 в момент старта и прямо перед повторным достижением основания доски соответственно.
2. Определите скорости шайбы u и v_1 в верхней точке траектории и прямо перед повторным достижением основания доски соответственно.
3. Определите время t , через которое шайба повторно достигает основания доски.

Источник: Всероссийская олимпиада школьников по физике, 2022/23, заключительный этап, 11 класс, теоретический тур — условия, решения. Задачи перенабраны на botay.pro, решения — по официальным.