

Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников

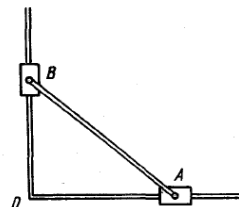
по физике

2023-2024 учебный год

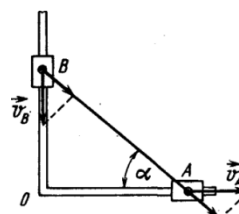
11 класс

Решения

Задача 1. Стержень длиной $l=1$ м шарнирно соединен с муфтами А и В, которые перемещаются по двум взаимно перпендикулярным рейкам (см. рис.). Муфта А движется с постоянной скоростью $v_A = 30$ см/с. Найти скорость v_B муфты В в момент, когда угол $OAB = 60^\circ$.



Возможное решение. В любой момент времени проекции скоростей v_A и v_B концов стержня должны быть равны между собой, так как в противном случае стержень должен был бы удлиняться или укорачиваться. Таким образом, $v_A \cos \alpha = v_B \sin \alpha$, откуда $v_B = v_A \operatorname{ctg} \alpha$



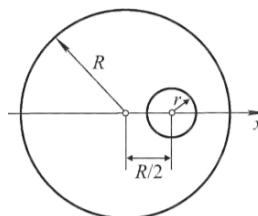
Критерии оценивания:

Дано указание на нерастяжимость стержня – 4 балла

Приведено соотношение между проекциями скорости на ось стержня – 4 балла

Получен правильный ответ – 2 балла

Задача 2. В однородном тонком диске радиуса R вырезано отверстие радиуса $r < R/2$, центр которого находится на расстоянии $R/2$ от центра диска. На каком расстоянии x от центра диска находится центр масс этой системы.



Возможное решение. Будем рассматривать систему, так как если бы в большом диске не было отверстия, но в центре малого диска действовала бы сила F , направленная вверх и равная силе тяжести вырезанной части. Пусть масса единицы поверхности диска равна ρ . Тогда масса большого диска без выреза $M = \pi \rho R^2$, а малого – $m = \pi \rho r^2$. Центр масс определяется равенством моментов сил тяжести большого диска и силы F . Исходя из физических соображений эта точка должна лежать левее центра большого диска по оси X . Поскольку система находится в равновесии, то $Mgx + mg\left(\frac{R}{2} + x\right) = 0$. Из этого

уравнения после подстановки величин масс получим: $x = \frac{1}{2} \frac{r^2 R}{R^2 - r^2}$.

Критерии оценивания:

Выражены массы через величину поверхностной плотности – 3 балла

Обосновано равенство моментов сил относительно центра масс – 3 балла

Получено уравнения моментов – 3 балла

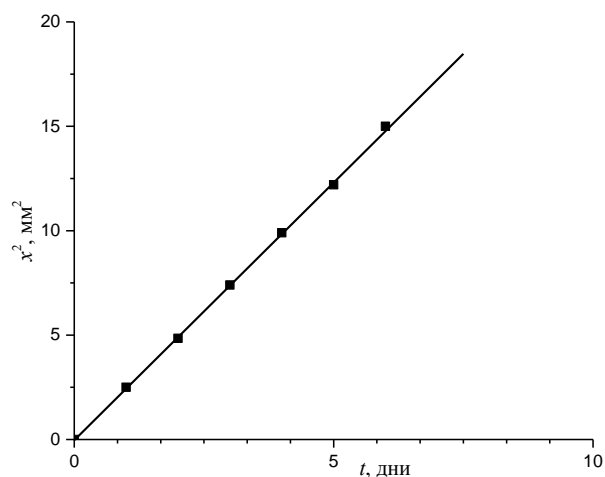
Получен итоговый правильный ответ – 1 балл

Задача 3. Под диффузией подразумевается процесс проникновения частиц одного вещества в другое. В данном случае на границе веществ возникает разность концентраций, являющаяся одним из основных факторов диффузии. Для изучения этого процесса в домашних условиях можно провести следующий эксперимент. Для этого подготавливают емкость с концентрированным раствором пищевого красителя и в него помещают вареные очищенные яйца так, чтобы яйцо было полностью погружено в раствор красителя. Яйца по одному вытаскивают из раствора через разное время выдержки. После этого разрезают так, чтобы срез получился как можно более круглым. Находят толщину окрашенной зоны тем или иным методом. Будем считать, что концентрация красителя и объем раствора на столько велики, что уменьшением его доли за счет проникновения в белок яйца можно пренебречь. Тогда на поверхности белки и в его глубине сохраняется постоянная разность концентрации красителя. Для такого случая зависимость толщины слоя от времени выдержки при постоянной температуре может быть описана уравнением $x^2=4Dt$. В таблице приведены данные зависимости толщины слоя от времени выдержки. Точность измерения 0,1 мм. По этим данным найдите коэффициент диффузии и укажите его размерность.

Время выдержки, дни	1	2	3	4	5
Толщина окрашенного слоя, мм	1,58	2,2	2,7	3,1	3,5

Возможное решение.

Для более точного построения надо учесть еще одну экспериментальную точку: в начальный момент времени толщина слоя равно нулю. Будем строить зависимость в координатах $x^2(t)$, тогда в этих координатах уравнение будет давать прямую линию. Наклон полученной прямой составляет $2,48 \pm 0,02$. Исходя из этих данных величина коэффициента диффузии будет равна $0,62 \text{ мм}^2/\text{день}$.



Критерии оценивания:

Указано наличие дополнительной экспериментальной точки – 2 балла

Предложен выбор координат $x^2(t)$ или $x(\sqrt{t})$ – 2 балла

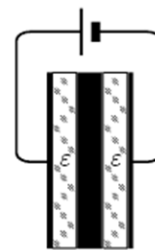
Построен график в указанных координатах с указанием размерности – 2 балла

Найден угол наклона прямой – 2 балла

Вычислено значение коэффициента диффузии – 1 балл

Указана размерность искомой величины – 1 балл

Задача 4. Обкладки плоского конденсатора подключены к источнику постоянного напряжения. При этом они притягиваются с силой F_0 . С какой силой будут притягиваться эти обкладки, если в конденсатор ввести две диэлектрические и одну металлическую пластины (см. рисунок)? Толщина каждой из пластин чуть меньше $1/3$ расстояния между пластинами конденсатора. Относительная диэлектрическая проницаемость крайних пластин равна ε .



Возможное решение

Пусть после того, как в конденсатор внесли пластины, напряжённость электрического поля около его обкладок вне диэлектрика стала равна E . Тогда напряжённость поля внутри диэлектрических пластин стала равна $E' = E/\varepsilon$ (1), а разность потенциалов между каждой из обкладок и металлической пластиной $\varphi' = \frac{d}{3} E' = \frac{Ed}{3\varepsilon}$ (2). Поскольку исходный конденсатор с вставленной в него металлической пластиной можно рассматривать, как два последовательно соединённых конденсатора, заряженных до разности потенциалов φ' каждый, то разность потенциалов между обкладками исходного конденсатора равна просто $2\varphi'$. С другой стороны, исходный конденсатор подключен к источнику постоянного напряжения с ЭДС, равной \mathcal{E} . Поэтому $\mathcal{E} = 2\varphi' = \frac{2Ed}{3\varepsilon}$ (3). Отсюда $E = \frac{3\varepsilon}{2d} \mathcal{E}$.

Так как сила притяжения обкладок друг к другу пропорциональна квадрату напряжённости электрического поля, то $\frac{F}{F_0} = \left(\frac{E}{E_0}\right)^2$ (4). Здесь $E_0 = \mathcal{E}/d$ – напряжённость электрического поля между обкладками конденсатора до того, как в него были вставлены пластины, а F – искомая сила. Принимая во внимание выражение для E , получим ответ

$$F = F_0 \left(\frac{3\varepsilon}{2}\right)^2 \quad (5).$$

Критерии оценивания:

Получено уравнение (1) – 1 балла

Получено уравнение (2) – 2 балла

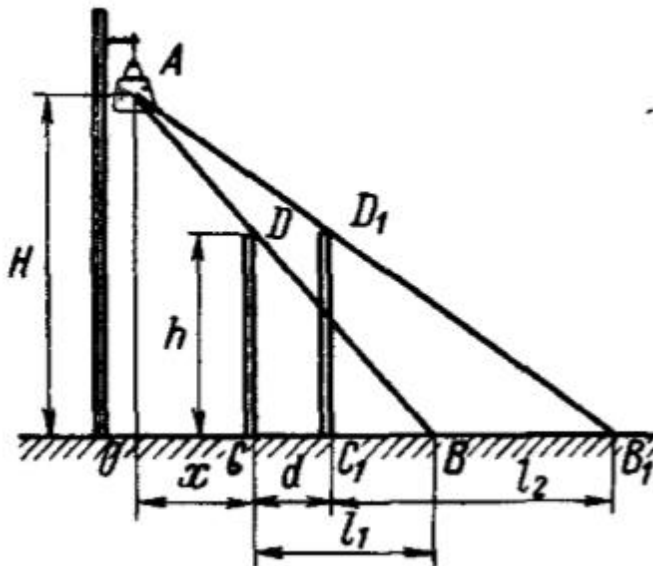
Получено уравнение (3) – 2 балла

Получено уравнение (4) – 3 балла

Найден ответ задачи (5) – 2 балла.

Задача 5. Вертикальный колышек высотой $h_1=1$ м, поставленный вблизи уличного столба, отбрасывает тень длиной $l_1 = 0,8$ м. если перенести колышек на расстояние $d = 1$ м дальше от фонаря (в той же плоскости), то он отбрасывает тень длиной $l_2 = 1,25$ м. На какой высоте повешен фонарь.

Решение. Обозначим расстояние от первого колышка до столба за x . Тогда из подобия треугольников OAB и CDB запишем $\frac{H}{h} = \frac{x+l_1}{l_1}$ (1). А из подобия треугольников OAB_1 и $C_1D_1B_1$ получим $\frac{H}{h} = \frac{x+d+l_2}{l_2}$ (2). Исключая из этих уравнений x , получим $H = \frac{(d+l_2-l_1)h}{l_2-l_1}$.



Критерии оценивания:

Получено уравнение (1) – 4 балла

Получено уравнение (2) – 4 балла

Найден ответ задачи – 2 балла.