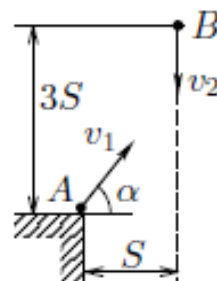


2024-2025 учебный год
Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по
физике

11 класс

Задача 1. Снежки А и В, отстоящие друг от друга по горизонтали на S , а по вертикали на $3S$, бросают одновременно со скоростями $v_1 = 5$ м/с под углом α ($\cos \alpha = 4/5$) к горизонту вверх и v_2 вертикально вниз. Через некоторое время снежки столкнулись. Найдите скорость v_2 .



Решение:

При столкновении через время t координат снежков совпадают. Поэтому получаем:

$$v_1 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} = 3S - v_2 t - \frac{gt^2}{2}$$

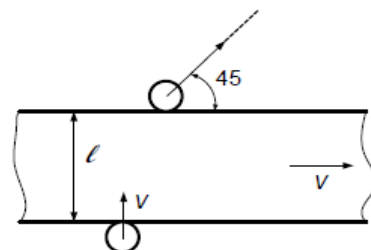
$$v_1 t \cos \alpha = S$$

Отсюда находим скорость второго снежка:

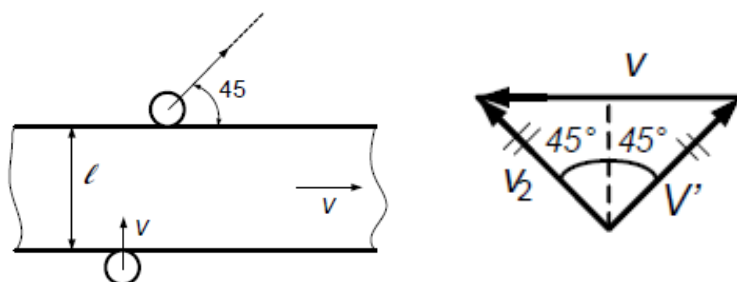
$$v_2 = v_1 (3 \cos \alpha - \sin \alpha) = 9 \text{ м/с}$$

Критерии оценивания	баллы
Записаны уравнения движения шариков	3
Записано условие столкновения шариков	4
Определена скорость второго снежка	3
Итого	10

Задача 2 На горизонтальную шероховатую ленту шириной l , движущуюся со скоростью V , въезжает шайба со скоростью V , направленной перпендикулярно краю ленты. Шайба съезжает с ленты со скоростью, направленной под углом 45° к краю. Найдите коэффициент трения шайбы о ленту.



Решение:



В системе отсчета, связанной с лентой, начальная скорость $\vec{v}_1$ направлена под углом 45° к первоначальному направлению (см. рис.) и $|\vec{v}_1| = v\sqrt{2}$.

Направление вектора скорости в этой системе отсчета под действием силы трения не изменяется, поэтому конечная скорость $\vec{v}_2$ здесь направлена под углом 90° к конечной скорости $\vec{v}'$ в лабораторной системе отсчета (по условию $|\vec{v}'| = v$).

Из рисунка видно, что

$$|\vec{v}_2| = |\vec{v}'| = \frac{v}{\sqrt{2}}$$

Оба дополнительных рисунка показывают переход из лабораторной системы отсчета в систему отсчета, связанную с лентой. Шайба проходит по ленте путь, равный $l\sqrt{2}$.

По закону сохранения энергии получаем:

$$\frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} = \frac{m}{2} \left(2v^2 - \frac{v^2}{2} \right) = \frac{3}{4}mv^2 = \mu mgl\sqrt{2}$$

Отсюда находим:

$$\mu = \frac{3}{4\sqrt{2}} \cdot \frac{v^2}{gl}$$

Критерии оценивания	баллы
Определена скорость шайбы в системе отсчета, связанной с лентой	3
Определена длина пути, который шайба проходит по ленте	3
Записан закон сохранения энергии	2
Дан итоговый ответ	2
Итого	10

Задача 3. Посередине горизонтальной трубки, закрытой с торцов, находится поршень. Слева и справа от него при давлении p имеется водяной пар, конденсирующийся при давлении $2p$. Трубку ставят вертикально. При этом объем под поршнем уменьшается в четыре раза. Найдите вес поршня, если площадь поршня равна S . Трение пренебрежимо мало. Температура в обоих отсеках одинакова и постоянна.

Решение:

Пар под поршнем должен частично сконденсироваться. Давление пара после начала конденсации и до ее окончания равно давлению насыщенного пара $2p$. Давление над поршнем легко вычисляется по закону Бойля-Мариотта:

$$p_1 = p \frac{V}{V_1} = p \frac{V}{V + 3V/4} = \frac{4}{7} p$$

Из условия равновесия поршня имеем:

$$p_1 S + mg = 2pS$$

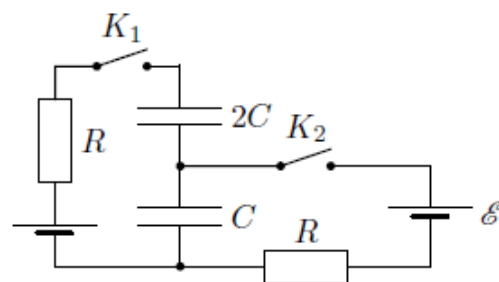
Отсюда находим вес поршня:

$$mg = \left(2 - \frac{4}{7}\right) pS = \frac{10}{7} pS$$

Критерии оценивания	баллы
Указано, что давление пара под поршнем равно $2p$	2
Найдено давление пара над поршнем	3
Записано условие равновесия поршня	2
Найден вес поршня	3
Итого	10

Задача 4

В изображенной на рисунке схеме в начальный момент времени конденсаторы не заряжены. Параметры элементов указаны на рисунке. Сначала замыкают ключ K_1 и дожидаются установившегося режима. Затем замыкают ключ K_2 . Ток через него сразу после замыкания оказался равным ε/R и направленным слева направо.



- 1) Найдите ε левой батареи
- 2) Найдите величину заряда, протекшего через ключ K_2 после его замыкания, и укажите направление в котором протек заряд.

Решение:

1) Зная величину и направление начального тока получаем, что напряжение на конденсаторе C перед замыканием равно 2ε . Поэтому ЭДС левой батареи равна 3ε .

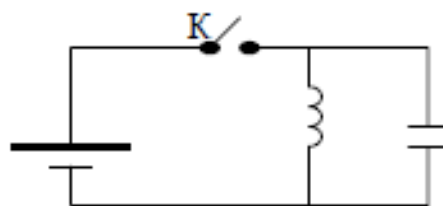
2) Окончательно на нижнем конденсаторе будет напряжение, равное ε , а на верхнем - 2ε . Заряд проводника, состоящего из соединенных проводником пластин конденсаторов, изменился от нуля до

$$C\varepsilon - 2C \cdot 2\varepsilon = -3C\varepsilon \quad ,$$

Поэтому через ключ протек заряд $3C\varepsilon$ направо.

Критерии оценивания	баллы
Найдено напряжение на конденсаторе C	2
Определена ЭДС левой батареи	2
Записан закон сохранения электрического заряда	2
Найден искомый заряд, протекший через ключ	3
Найдено направление протекания заряда	1
Итого	10

Задача 5. Колебательный контур, состоящий из катушки индуктивности и конденсатора, через ключ K подключен к источнику постоянного напряжения с внутренним сопротивлением r (см. рис.), причем первоначально ключ замкнут. После



установления стационарного режима ключ размыкают, и в контуре возникают свободные колебания с периодом T , при этом амплитудное значение напряжения на конденсаторе в N раз больше, чем ЭДС источника. Пренебрегая активным сопротивлением катушки, найдите ее индуктивность и емкость конденсатора.

Решение:

В стационарном режиме напряжение на конденсаторе равно нулю, ток через

индуктивность равен $I_0 = \frac{\varepsilon}{r}$.

По закону сохранения энергии $LI_0^2 = C(N\varepsilon)^2$, откуда получаем выражение для индуктивности $L = CN^2r^2$.

Период колебаний в контуре $T = 2\pi\sqrt{LC}$. Используя предыдущее

соотношение, имеем $C = \frac{T}{2\pi Nr}$, $L = \frac{TNr}{2\pi}$.

Ответ: $C = \frac{T}{2\pi Nr}$, $L = \frac{TNr}{2\pi}$.

Критерии оценивания	баллы
Определена начальная сила тока в катушке	2
Найдена индуктивность катушки	3
Определена емкость конденсатора	3
Дан итоговый ответ	2
Итого	10