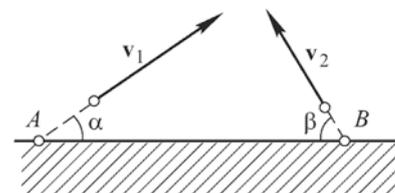


**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников
по физике 2024-2025 учебный год**

10 класс

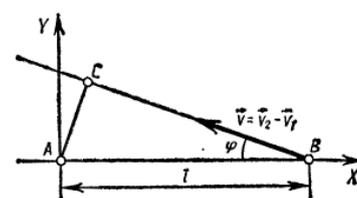
Решения

Задача 1. Из двух портов А и В, расстояние между которыми равно L , одновременно выходят два катера, один из которых плывет со скоростью v_1 , а второй — со скоростью v_2 . Направление движения первого катера составляет угол α , а второго — угол β с линией АВ (см. рисунок). Каким будет наименьшее расстояние s между катерами?



Возможное решение

Свяжем инерциальную систему отсчета не с Землей, а с первым катером. Теперь второй катер относительно этой системы отсчета движется с относительной скоростью $\vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ (1), а его траектория является прямой линией ВС (см. рис.). Минимальное расстояние между катерами – дна



перпендикуляра АС, опущенного из точки А на прямую ВС: $|AC| = l \sin \varphi$ (2), где φ – угол между отрезком ВА и вектором \vec{v} . Проецируя (1) на ось ОУ, найдем: $v \sin \varphi = v_2 \sin \beta - v_1 \sin \alpha$ (3). А по теореме косинусов: $v^2 = v_1^2 + v_2^2 + 2v_1v_2 \cos \alpha + \beta$ (4).

Таким образом, выражая из (3) и (4), получим $\sin \varphi = \frac{v_2 \sin \beta - v_1 \sin \alpha}{\sqrt{v_1^2 + v_2^2 + 2v_1v_2 \cos \alpha + \beta}}$.

Окончательно получим, что $r_{\min} = |AC| = \frac{l v_2 \sin \beta - v_1 \sin \alpha}{\sqrt{v_1^2 + v_2^2 + 2v_1v_2 \cos \alpha + \beta}}$.

Критерии оценивания:

- Предложен переход в новую систему координат – 2 балла
- Получено выражение (2) – 2 балла
- найдено выражение для угла φ – 4 балла
- получено итоговое выражение для минимального расстояния – 2 балла

Задача 2. Через легкий вращающийся без трения блок перекинут шнурок. На одном конце шнурка привязан груз массой m_1 . По другому концу шнурка может скользить кольцо массой m_2 . Кольцо соскальзывает с постоянным относительно шнурка ускорением a_2 . Найти ускорение a_1 груза. Массой шнурка можно пренебречь. Считать, что груз m_1 движется вниз.



Возможное решение

Сила трения равна силе натяжения нити., а ускорение кольца относительно блока $a_k = a_2 - a_1$ (1). Уравнения движения грузов выражаются следующим образом: для тела

$m_1 a_1 = m_1 g - F_{\text{тр}}$ (2), а для кольца – $m_2 a_2 - a_1 = m_2 g - F_{\text{тр}}$. Откуда искомая величина равна: $a_1 = \frac{m_1 g - m_2 (g - a_2)}{m_1 + m_2}$.

Критерии оценивания:

- найдено соотношение (1) – 3 балла
- составлена система уравнений (2)-(3) – 4 балла
- дан правильный ответ – 3 балла

Задача 3. В калориметр, в котором находилось $m_0 = 100$ г воды при температуре $T_0 = 20$ °С, по каплям с постоянной скоростью начинают наливать горячую воду постоянной температуры. Зависимости температуры T воды в калориметре от времени t приведена в таблице. Найдите температуру горячей воды, считая, что между падением капель в калориметре каждый раз успевают установиться тепловое равновесие. Потерями тепла пренебречь.

Время, с	0	100	200	400	500
Температура в калориметре, °С	20	25	30	35	40

Возможное решение

Обозначим искомую температуру горячей воды через T_r , а массу горячей воды, поступающей в единицу времени через μ . Тогда температура воды в калориметре в момент времени t определяется уравнение теплового баланса: $cm_0 T - T_0 = c\mu t T_r - T$, где c – удельная теплоемкость воды. Записывая это уравнение для двух моментов времени t_1 и t_2 , когда температура воды в калориметре равна T_1 и T_2 соответственно, получим:

$$\begin{cases} m_0 T_1 - T_0 = \mu t_1 T_r - T_1 \\ m_0 T_2 - T_0 = \mu t_2 T_r - T_2 \end{cases}$$

Разделим первое уравнение на второе, откуда получим выражение для T_r :

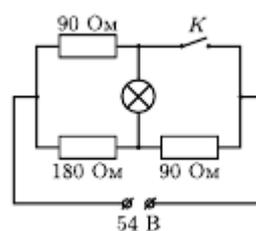
$$T_r = \frac{T_2 T_1 - T_0 t_2 - T_1 T_2 - T_0 t_1}{T_1 - T_0 t_2 - T_2 - T_0 t_1}$$

Из приведенных в таблице данных, например, в момент времени $t_1 = 200$ с температура $T_1 = 30$ °С, а в момент времени $t_2 = 500$ с температура $T_2 = 40$ °С. Подставляя эти числа в полученную формулу, найдём, что температура горячей воды равна $T_r = 80$ °С.

Критерии оценивания

- составлено уравнение теплового баланса – 3 балла
- Получено выражение для T_r – 4 балл
- выбраны точки из таблицы – 2 балла
- получен правильный ответ – 1 балл

Задача 4. В собранной схеме (см. рисунок) лампочка горит одинаково ярко как при замкнутом, так и при разомкнутом ключе К. Найдите напряжение на лампочке.



Возможное решение

Обозначим сопротивление лампочки через R , а искомое напряжение на ней — через U . Исходную электрическую цепь с незамкнутым ключом можно изобразить в эквивалентном виде, показанном на рисунке 1. Тогда напряжение на участке цепи, содержащем параллельное соединение, равно $U_1 = U + 90 \cdot U/R$, сила текущего через этот участок тока составляет $U/R + U_1/180$, и закон Ома для данной схемы дает

$$U + 90 \cdot \frac{U}{R} + 90 \cdot \left(\frac{U}{R} + \frac{U + 90 \cdot U/R}{180} \right) = 54$$

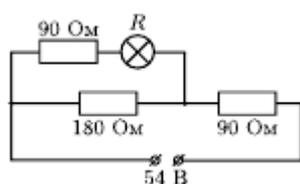


Рисунок 1

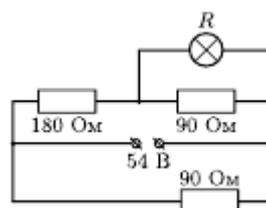


Рисунок 2.

После замыкания ключа цепь можно перерисовать так, как указано на рисунке 2. Из него видно, что напряжение на верхнем участке цепи, содержащем резистор и лампочку, составляет 54 В. Закон Ома для этого участка цепи имеет вид:

$$U + 180 \cdot \left(\frac{U}{R} + \frac{U}{90} \right) = 54.$$

Решая полученные уравнения вместе, найдем, что сопротивление лампочки равно $R = 30$ Ом, а напряжение на ней $U = 6$ В.

Критерии оценивания

- правильно построены эквивалентные схемы – 2 балла (по 1 баллу за каждую)
- составлен закон Ома для первого случая – 3 балла
- составлен закон Ома для второго случая – 3 балла
- правильно решена система уравнений и получен верный численный ответ – 2 балла

Задача 5. Луч света выходит из призмы под тем же углом, под которым входит в нее, причем отклоняется от первоначального направления распространения на угол $\varphi = 15^\circ$. Преломляющий угол призмы равен $\Theta = 45^\circ$. Найдите показатель преломления n материала призмы. Призма находится в воздухе.

Возможное решение

Нормали к поверхности призмы нарисованы пунктиром. По закону преломления $\sin \alpha = n \sin \angle DBE$. Чтобы угол падения луча на призму был равен углу выхода луча из призмы, отрезки АВ и АС должны быть равны, тогда треугольник ВАС равнобедренный,

