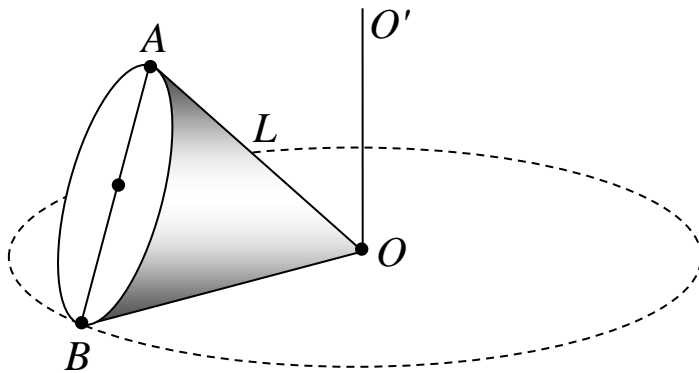


ОТВЕТЫ НА ЗАДАНИЯ
муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников
по физике
10 класс

Время проведения – 3,5 астрономических часа.

Максимальное количество баллов – 50.

Задача 1. Конус катится без проскальзывания по горизонтальной плоскости.



вокруг вертикальной оси, проходящей через вершину конуса O ?

Решение. Точка B является мгновенным центром скоростей и, так как скорость точки A равна v_A , то скорость центра основания C равна

$$v_C = \frac{1}{2} v_A \quad (1)$$

Точка C движется по окружности радиуса R' , то время полного оборота вокруг вертикальной оси равно

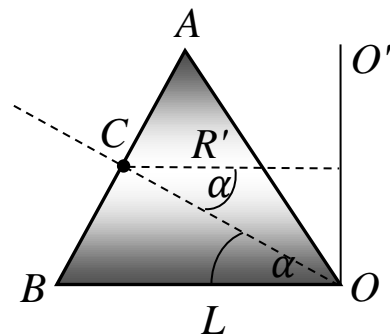
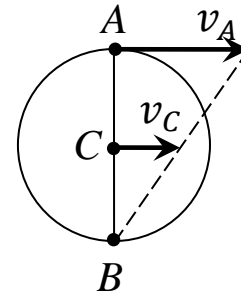
$$T = \frac{2\pi R'}{v_C} \quad (2)$$

Из рисунка следует, что

и тогда

Подставляя значения величин, получим

Длина образующей L и диаметр AB конуса равны 10 см, скорость точки A основания $v_A = 1$ м/с . За какое время конус совершит полный оборот



$$R' = L \cos^2 30^\circ = \frac{3}{4} L \quad (3)$$

$$T = 2\pi \frac{3}{4} L \frac{2}{v_A} = \frac{3\pi L}{v_A} \quad (4)$$

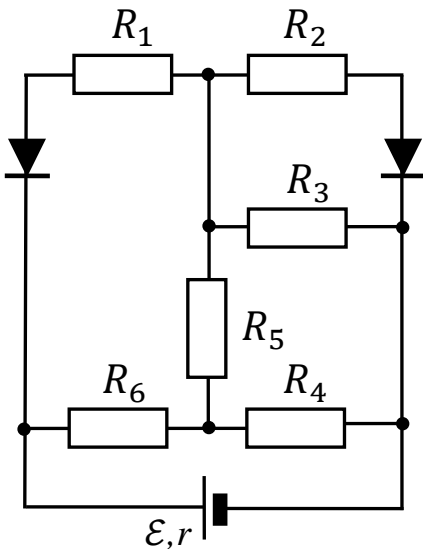
$$T = 0.94 \text{ с.} \quad (5)$$

Ответ: $T = 0.94 \text{ с.}$

Критерии оценивания:

- | | |
|---|------|
| 1. Определена скорость точки C | - 2 |
| 2. Записана формула (1) | - 2 |
| 3. Сделан рисунок | - 1 |
| 4. Вычислен радиус R' | - 2 |
| 5. Получена формула (4) для времени оборота | - 2 |
| 6. Сделаны вычисления времени (5) и записан ответ | - 1 |
| Всего | - 10 |

Задача 2. Электрическая цепь, схема которой показана на рисунке, содержит два идеальных диода, шесть резисторов $R_1 = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = 40 \text{ Ом}$, $R_3 = 60 \text{ Ом}$, $R_4 = 40 \text{ Ом}$, $R_5 = 16 \text{ Ом}$, $R_6 = 20 \text{ Ом}$, источник питания с ЭДС $\mathcal{E} = 8.4 \text{ В}$ и внутренним сопротивлением $r = 2 \text{ Ом}$. Найти мощность P , потребляемую резистором R_3 .



идеальных диода, шесть резисторов $R_1 = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = 40 \text{ Ом}$, $R_3 = 60 \text{ Ом}$, $R_4 = 40 \text{ Ом}$, $R_5 = 16 \text{ Ом}$, $R_6 = 20 \text{ Ом}$, источник питания с ЭДС $\mathcal{E} = 8.4 \text{ В}$ и внутренним сопротивлением $r = 2 \text{ Ом}$. Найти мощность P , потребляемую резистором R_3 .

Решение. Так как диоды идеальные, то ток через резистор R_1 отсутствует и этот участок цепи можно исключить из схемы. Также можно исключить и второй диод, так как его сопротивление в "прямом" направлении равно нулю. Тогда эквивалентная схема выглядит, как показано на рисунке.

Мощность, потребляемая резистором R_3

$$P = \frac{U_3^2}{R_3} \quad (1)$$

где U_3^2 - разность потенциалов на этом резисторе. Полный ток через источник питания

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_6 + R_{4523} + r} \quad (2)$$

Сопротивление R_{4523} можно найти, используя схему последовательных и параллельных соединений между точками 1 и 2

$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 24 \text{ Ом} \quad (3)$$

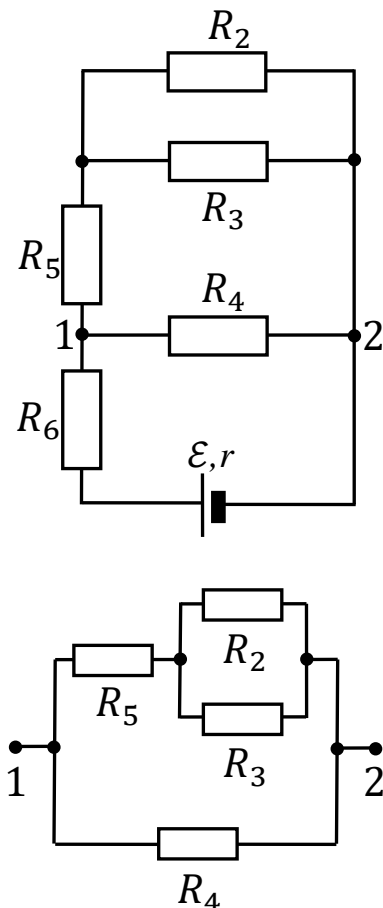
$$R_{523} = R_5 + R_{23} = 40 \text{ Ом} \quad (4)$$

$$R_{4523} = \frac{R_4 R_{523}}{R_4 + R_{523}} = 20 \text{ Ом} \quad (5)$$

Тогда полный ток

$$= \frac{8.4}{20 + 20 + 2} = 0.2 \text{ А} \quad (6)$$

Разность потенциалов между точками 1 и 2



$$U_{12} = IR_{4523} = 4 \text{ В} \quad (7)$$

Ток через резистор R_5 можно найти из закона Ома для участка цепи

$$I_5 = \frac{U_{12}}{R_{523}} = 0.1 \text{ А} \quad (8)$$

Напряжение на резисторе R_3

$$U_3 = I_5 R_{23} = 2.4 \text{ В} \quad (9)$$

Тогда, потребляемая мощность

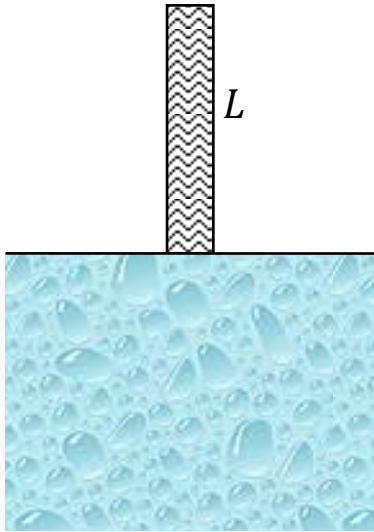
$$P = \frac{U_3^2}{R_3} = 0.096 \text{ Вт} \quad (10)$$

Ответ: $P = 0.096 \text{ Вт}$

Критерии оценивания:

- | | | |
|--|---|----|
| 1. Нарисована эквивалентная схема | - | 2 |
| 2. Записана формула для мощности (1) | - | 1 |
| 3. Выполнен расчет сопротивлений по формулам (3) - (9) | - | 3 |
| 4. Вычислен полный ток (6) и напряжение U_{12} формула (7) | - | 1 |
| 5. Найден ток через резистор , R_5 , (8) | - | 1 |
| 6. Определено напряжение на резисторе R_3 , (9) | - | 1 |
| 7. Сделаны вычисления мощности (10) и записан ответ | - | 1 |
| Всего | - | 10 |

Задача 3. Стержень из сосны ($\rho = 520 \text{ кг/м}^3$) длиной $L = 10 \text{ см}$ удерживают



вертикально так, что его нижняя грань касается воды ($\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$). На какую максимальную глубину погрузится эта грань, если стержень отпустить.

Решение. Выберем систему координат с началом на поверхности воды. Рассмотрим случай, когда нижняя грань остановится точно на глубине $x = L$.
Условие остановки

$$A_g = A_a, \quad (1)$$

где A_g - работа силы тяжести, A_a - работа силы Архимеда. Работа силы тяжести

$$A_g = mgL = g\rho SL^2, \quad (2)$$

где S - площадь сечения стержня. Сила Архимеда в рассматриваемом случае зависит от глубины как

$$F_a = \rho_{\text{ж}} g S x, \quad (3)$$

и ее работа (по аналогии с силой упругости)

$$A_a = \frac{1}{2} \rho_{\text{ж}} g S x^2. \quad (4)$$

Тогда, если стержень остановился на глубине $x = L$, то из (1) получаем

$$\frac{1}{2} \rho_{\text{ж}} g S L^2 = g \rho S L^2 \quad (5)$$

или

$$\frac{1}{2} \rho_{\text{ж}} = \rho, \quad \rho_{\text{ж}} = 2\rho. \quad (6)$$

Полученное условие определяет две возможности погружения:

а) $\rho_{\text{ж}} \geq 2\rho$ - стержень погрузится на глубину $x \leq L$;

б) $\rho_{\text{ж}} < 2\rho$ - после погружения на глубину $x = L$ стержень будет иметь ненулевую скорость и сможет погрузиться глубже.

Условию задачи соответствует второй случай и для определения условия остановки, когда глубина будет максимальной, необходимо учесть действие силы на дополнительном участке $x - L$. Так как на этом участке сила Архимеда будет постоянной и равной

$$F_a = \rho_{\text{ж}} g S L, \quad (7)$$

то получим

$$\rho g S L x = \frac{1}{2} \rho_{\text{ж}} g S L^2 + \rho_{\text{ж}} g S L (x - L) \quad (8)$$

и, решая это уравнение, найдем

$$x = \frac{1}{2} \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho_{\text{ж}} - \rho} L. \quad (9)$$

Подставляя данные задачи, получим для глубины погружения

$$x = 10.4 \text{ см} \quad (10)$$

Ответ: Нижняя грань погрузится на глубину 10.4 см

Критерии оценивания:

- | | | |
|---|---|----|
| 1. Рассмотрен случай остановки на глубине L | - | 1 |
| 2. Записано условие остановки (1) | - | 1 |
| 3. Записана формула (2) | - | 1 |
| 4. Записаны формулы для переменной силы Архимеда и работы (3) - (4) | - | 2 |
| 5. Получено условие (6), рассмотрены два случая погружения и определен необходимый для задачи | - | 1 |
| 6. Записано уравнение (8) для определения глубины погружения | - | 2 |
| 7. Найдено решение (9) | - | 1 |
| 8. Сделаны вычисления (10) и записан ответ | - | 1 |
| Всего | - | 10 |

Задача 4. Вода с начальной температурой $t_0 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ закипела в электрическом чайнике через 10 минут после его включения. Через какое время после этого вода в чайнике полностью испарится. (Теплоемкость воды $C = 4.2 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг }^\circ\text{C}$, теплота испарения $L = 2.3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$).

Решение. Пусть мощность чайника равна P . Так как за время $\Delta t_1 = 10$ мин. вода нагрелась до температуры кипения $t_{\text{к}} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$, то

$$P\Delta t_1 = Cm(t_{\text{к}} - t_0), \quad (1)$$

где m - масса воды в чайнике. После этого вся мощность будет расходоваться на испарение воды

$$P\Delta t_2 = Lm. \quad (2)$$

Выражая мощность и (1) и подставляя в (2), получим

$$\frac{Cm(t_{\text{к}} - t_0)}{\Delta t_1} \Delta t_2 = L. \quad (3)$$

Тогда

$$\Delta t_2 = \frac{L\Delta t_1}{Cm(t_{\text{к}} - t_0)}. \quad (4)$$

Подставляя данные задачи, получим для времени испарения

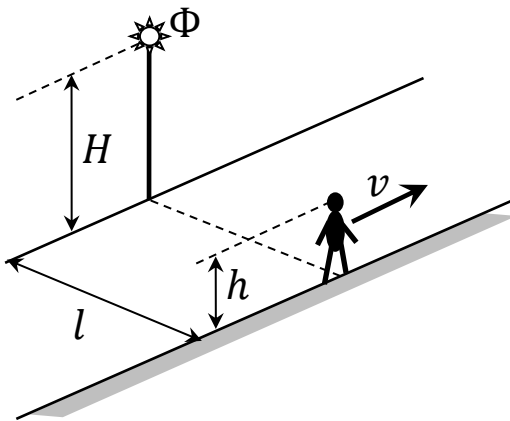
$$\Delta t_2 \cong 60 \text{ мин.} \quad (5)$$

Ответ: Вода полностью испарится за 60 минут.

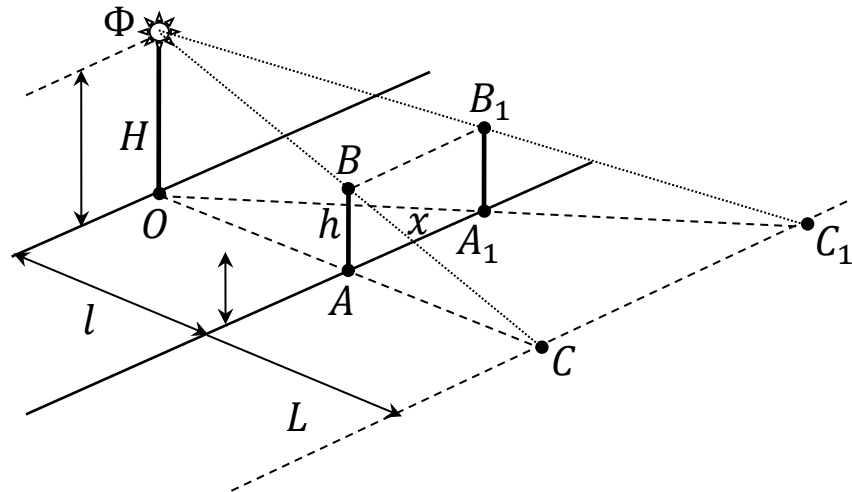
Критерии оценивания:

- | | |
|--|------|
| 1. Записано уравнение баланса для нагревания (1) | - 2 |
| 2. Записано уравнение баланса для испарения (2) | - 2 |
| 3. Выражена мощность и получено уравнение (3) | - 2 |
| 4. Получена формула для времени испарения (4) | - 2 |
| 5. Сделаны вычисления (5) и записан ответ | - 2 |
| Всего | - 10 |

Задача 5. Человек идет со скоростью v по краю тротуара, на расстоянии l от которого находится фонарь Φ высотой H . Найти зависимость скорости движения тени головы человека от координаты x .



Решение. Построим тени, соответствующие моментам времени, когда человек был на минимальном расстоянии l от фонаря и после того, как он пройдет путь x . Из рисунка видно, что треугольники ΦOC и BAC , а также ΦOC_1 и B_1AC_1 подобны для всех моментов



времени. Отсюда следует, что расстояние точки C_1 от края тротуара меняться не будет, т.е. край тени человека будет двигаться по прямой линии. Тогда из подобия треугольников OAA_1 и OCC_1 следует, что

$$\frac{x}{S} = \frac{l}{L} \tag{1}$$

и тогда скорость движения тени

$$u = v \frac{L}{l} \tag{2}$$

Из подобия треугольников ΦOC и BAC получим

$$\frac{L}{H} = \frac{l - L}{h} \quad (3)$$

откуда

$$\frac{L}{l} = \frac{H}{H - h} \quad (4)$$

Следовательно

$$u = v \frac{H}{H - h} \quad (5)$$

Ответ: скорость движения тени головы человека $u = v \frac{H}{H - h}$

Критерии оценивания:

- | | | |
|--|---|----|
| 1. Выполнено построение хода лучей и теней | - | 2 |
| 2. Сделан вывод о прямолинейном движении тени головы | - | 2 |
| 3. Получено соотношение для перемещений человека и тени (1) | - | 2 |
| 4. Получена скорость тени (2) | - | 1 |
| 5. Исключена неизвестная величина L и получена формула (4) | - | 2 |
| 6. Найдена скорость и записан ответ | - | 1 |
| Всего | - | 10 |