

ПРАВИЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАНИЙ

второго (заключительного) этапа Республиканской школьной олимпиады
«Будущее Республики» по общеобразовательному предмету
«Физика», проведенного 14 февраля 2021 г.
ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»

**ОТВЕТЫ НА
ЗАДАНИЯ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА
РЕСПУБЛИКАНСКОЙ ШКОЛЬНОЙ ОЛИМПИАДЫ
«БУДУЩЕЕ РЕСПУБЛИКИ» ПО ФИЗИКЕ**

1. С каким максимальным периодом можно равномерно вращать в вертикальной плоскости шарик, привязанный к нити, имеющей длину $l = 2,45$ м?
(20 баллов)

Возможное решение:

Шарик совершает полный оборот по окружности в вертикальной плоскости, при этом натяжение нити в верхней точке (и только в ней) обращается в нуль, т. е. выполняется условие

$$ma_{\text{цс}} = mg ,$$

где $a_{\text{цс}} = \frac{v^2}{l}$.

Заменим $v = \omega l = \frac{2\pi}{T}l$. Из этого уравнения следует, что максимальному периоду соответствует минимальная скорость. Сделав подстановку, получим

$$\left(\frac{2\pi}{T}l\right)^2 \cdot \frac{1}{l} = g .$$

Максимальный период вращения шарика в вертикальной плоскости определяется условием

$$T \leq 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} .$$

Подставляя числовые данные, получаем ответ

$$T \leq 2 \cdot 3,14 \sqrt{\frac{2,45}{9,8}} = 3,14(\text{с}) .$$

2. Автомобиль массой 1 т двигался по инерции со скоростью 5 м/с. Подключив двигатель, автомобиль начал разгоняться. Считая полезную мощность двигателя постоянной и равной 10 кВт, определите, с какой скоростью будет двигаться автомобиль через 10 с после подключения двигателя? Начертите график зависимости его скорости от времени. Силами сопротивления пренебречь.

(20 баллов)

Дано: $m = 1 \text{ т} = 10^3 \text{ кг}$

$P = 10 \text{ кВт} = 10^4 \text{ Вт}$

$$t = 10 \text{ с}$$

$$v_1 = 5 \text{ м/с}$$

Найти: $v_2 = ?$

Нарисовать график зависимости скорости от времени.

Возможное решение:

Автомобильный двигатель за время t совершил работу $A = Pt$. По теореме о кинетической энергии эта работа равна изменению кинетической энергии

$$Pt = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2},$$

где v_2 – скорость в момент времени t

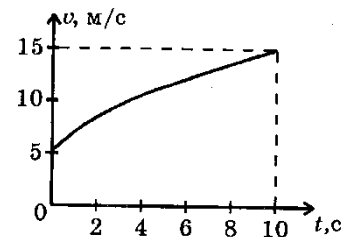
Отсюда получаем формулу

$$v_2 = \sqrt{\frac{2Pt}{m} + v_1^2}.$$

Подставляя числовые данные, получаем

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^4 \cdot 10}{10^3} + 5^2} = 15 \text{ (м/с)}.$$

График зависимости скорости от времени в данном случае представляет собой параболу, а не является прямой линией. Это означает, что движение автомобиля не является равноускоренным.



3. Заряженный до потенциала $\varphi = 1000 \text{ В}$ шар радиусом $R = 20 \text{ см}$ соединяют с незаряженным шаром длинным проводником. После этого соединения потенциал шаров оказался равным $\varphi_1 = 300 \text{ В}$. Каков радиус второго шара?

(20 баллов)

Дано: $\varphi = 1000 \text{ В}$

$\varphi_1 = 300 \text{ В}$ $\varphi_2 = 300 \text{ В}$

$R = 20 \text{ см}$

Найти: $r = ?$

Возможное решение: Электроёмкость уединённого шара радиусом R равна $C = 4\pi\epsilon_0 R$. Такой шар, заряженный до потенциала φ , имеет заряд $q = C\varphi = 4\pi\epsilon_0 R\varphi$. После соединения этого шара с другим, незаряженным шаром, произойдёт перетекание заряда. Условием равновесия является равенство потенциалов: $\varphi_1 = \varphi_2$, т. е.

$$\frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 R} = \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 r}, \text{ или } \frac{q_1}{R} = \frac{q_2}{r}. \text{ Откуда } q_2 = q_1 \frac{r}{R}$$

При этом выполняется закон сохранения заряда $q = q_1 + q_2$. Тогда

$$q_1 + q_1 \frac{r}{R} = q = 4\pi\varepsilon_0 R\varphi, \text{ или } q_1 \left(1 + \frac{r}{R}\right) = 4\pi\varepsilon_0 R\varphi.$$

Учитывая, что $\frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 R} = \varphi_1$ получаем $\varphi_1 \left(1 + \frac{r}{R}\right) = \varphi$. Решая это уравнение относительно r , получаем результат

$$r = R \cdot \left(\frac{\varphi}{\varphi_1} - 1\right).$$

Подставляя числовые данные, находим ответ

$$r = 20 \cdot \left(\frac{1000}{300} - 1\right) \approx 46,7(\text{см}).$$

4. Два источника с одинаковыми ЭДС $\varepsilon = 120$ В соединены параллельно. Определить напряжение на зажимах и мощность, развиваемую каждым из них, если сопротивление внешней цепи $R = 10$ Ом. Внутренние сопротивления источников $r_1 = 0,5$ Ом и $r_2 = 0,6$ Ом.

(20 баллов)

Дано: $\varepsilon = 120$ В

$R = 10$ Ом

$r_1 = 0,5$ Ом

$r_2 = 0,6$ Ом

Найти: $U_{\text{н}}=?$ $P_1=?$ $P_2=?$

Возможное решение:

Два источника с одинаковыми эдс, соединённые параллельно, можно заменить источником с той же эдс, но с внутренним сопротивлением

$$r = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} = \frac{0,5 \cdot 0,6}{0,5 + 0,6} = 0,27(\text{Ом}).$$

Тогда, используя закон Ома для замкнутой цепи, содержащей эдс, находим ток в цепи

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} = \frac{120}{10 + 0,27} = 11,7(\text{А})$$

Напряжение на зажимах $U_{\text{н}} = IR = 11,7 \cdot 10 = 117(\text{В})$

Чтобы рассчитать мощность, развиваемую каждым источником, нужно найти токи, текущие через каждый источник. Это можно найти из условия $U_{\text{н}} = I_1 r_1 = I_2 r_2$

и $I = I_1 + I_2$

Решая эту систему уравнений, находим $I_1 = 6,37(\text{А})$ и $I_2 = 5,33(\text{А})$.

Тогда мощность, развиваемая каждым источником, будет равна

$$P_1 = I_1 \varepsilon = 6,37 \cdot 120 = 764 \text{ (Вт)}$$

$$P_2 = I_2 \varepsilon = 5,33 \cdot 120 = 640 \text{ (Вт)}$$

5. Шарик падает без начальной скорости с высоты 1 м на собирающую линзу и разбивает её. В начальный момент времени расстояние от шарика до линзы в два раза меньше расстояния от линзы до действительного изображения шарика. Найти время существования мнимого изображения.

(20 баллов)

Дано: $d = 1 \text{ м}$

$$f = 2d$$

Найти $\Delta t = ?$

Возможное решение:

Мнимое изображение в собирающей линзе существует, когда предмет находится на расстоянии между фокусом и линзой. Для нахождения фокусного расстояния воспользуемся формулой тонкой линзы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} .$$

Используя условие задачи $f = 2d$, находим $F = \frac{2}{3}d = 0,67 \text{ (м)}$.

Шарик падает с высоты $d = 1 \text{ м}$ без начальной скорости. До удара о линзу

пройдёт время $t_0 = \sqrt{\frac{2d}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1}{9,8}} = 0,45 \text{ (с)}$.

Время движение до фокуса

$$t_1 = \sqrt{\frac{2(d - F)}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (1 - 0,67)}{9,8}} = 0,26 \text{ (с)}$$

Тогда время движения от фокуса до линзы, т. е. время существования мнимого изображения оказывается равным $\Delta t = t_0 - t_1 = 0,19 \text{ (с)}$