Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Интернет-институт ТулГУ

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ЗА 2 СЕМЕСТР

по дисциплине

«**Физика**»

2 вариант

Выполнил:

студент группы ИБ262521-ф
Артемов Александр Евгеньевич

Проверил:

Ростовцев Роман Николаевич

Тула, 2025

1. N одинаковых источников ЭДС с одинаковым внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом соединяют в батарею и подключают к клеммам этой батареи нагрузку с сопротивлением $R = 5$ Ом. Если все источники ЭДС соединены в батарею последовательно, то на нагрузке выделяется в 9 раз большая мощность, чем в том случае, когда батарея собрана из параллельно соединенных источников. Найти число N источников ЭДС.

Решение.

1). Рассмотрим последовательное соединение источников.

Общая ЭДС батареи: $E_{посл} = N \cdot E$, где E — ЭДС одного источника.

Общее внутреннее сопротивление батареи: $r_{посл} = N \cdot r = N \cdot 1 = N$ Ом.

Ток в цепи: $I_{посл} = \dfrac{E_{посл}}{R + r_{посл}} = \dfrac{N \cdot E}{5 + N}$.

Мощность, выделяемая на нагрузке: $P_{посл} = I_{посл}^2 \cdot R = \left(\dfrac{N \cdot E}{5 + N}\right)^2 \cdot 5$.

2). Рассмотрим параллельное соединение источников.

Общая ЭДС батареи: $E_{пар} = E$.

Общее внутреннее сопротивление батареи: $r_{пар} = \dfrac{r}{N} = \dfrac{1}{N}$ Ом.

Ток в цепи: $I_{пар} = \dfrac{E_{пар}}{R + r_{пар}} = \dfrac{E}{5 + \dfrac{1}{N}} = \dfrac{N \cdot E}{5N + 1}$.

Мощность, выделяемая на нагрузке: $P_{пар} = I_{пар}^2 \cdot R = \left(\dfrac{N \cdot E}{5N + 1}\right)^2 \cdot 5$.

По условию задачи $P_{посл} = P_{пар} \cdot 9$, значит $\left(\dfrac{N \cdot E}{5 + N}\right)^2 \cdot 5 = 9 \cdot \left(\dfrac{N \cdot E}{5N + 1}\right)^2 \cdot 5$.

Сокращаем числители и пятерки в обеих частях: $\left(\dfrac{1}{5 + N}\right)^2 = 9 \cdot \left(\dfrac{1}{5N + 1}\right)^2$.

Избавляемся от квадратов: $\dfrac{1}{5 + N} = \dfrac{\pm 3}{5N + 1} \Rightarrow 5N + 1 = \pm 3 \cdot (5 + N)$.

Получаем 2 варианта: $5N + 1 = 15 + 3N$ и $5N + 1 = -15 - 3N$. В первом случае $N = 7$, а во втором $N = -2$, что не имеет физического смысла.

Ответ: Число источников ЭДС $N = 7$.

2. Материальная точка движется вдоль оси x так, что ее скорость зависит от координаты x по закону $v=(A-Bx^2)^{1/2}$, где $A=136\,м^2/c^2$, $B=100\,c^2$. Показать, что уравнение движения точки является динамическим уравнением гармонических колебаний и найти период T этих колебаний.

Решение:

Ускорение $a=\frac{dv}{dt}=\frac{dv}{dx}\cdot\frac{dx}{dt}=\frac{dv}{dx}\cdot v$.

Найдем $\frac{dv}{dx}$: $\frac{dv}{dx}=\frac{1}{2}(A-Bx^2)^{-1/2}\cdot(-2Bx)=-\frac{Bx}{\sqrt{A-Bx^2}}$. Подставим $\frac{dv}{dx}$ в уравнение ускорения: $a=\frac{dv}{dx}\cdot v=-\frac{Bx}{\sqrt{A-Bx^2}}\cdot\sqrt{A-Bx^2}=-Bx$. Так как ускорение пропорционально координате x, а также выполняется соотношение $a=-\omega^2 x$, где $\omega=\sqrt{B}$ - некоторая постоянная, то, следовательно, движение точки является динамическим уравнением гармонических колебаний.

Согласно второму закону Ньютона $F=ma=-Bmx$, а так же согласно закону Гука $F=-kx$, откуда $k=Bm$.

Период T гармонических колебаний определяется как $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$. Подставим $k=Bm$: $T=2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}=2\pi\sqrt{\frac{m}{Bm}}=2\pi\sqrt{\frac{1}{B}}$. Подставим численное значение и вычислим период колебаний: $T=2\pi\sqrt{\frac{1}{B}}=2\pi\sqrt{\frac{1}{100}}=2\pi\frac{1}{10}=\frac{\pi}{5}$ с.

Ответ: Движение точки является динамическим уравнением гармонических колебаний с периодом $T=\frac{\pi}{5}$ с.

3. Энтропия некоторой термодинамической системы изменяется с температурой T по закону $S = bT^5 + const$, где $b = 2 \cdot 10^{-10}\,Дж/К^6$. Определить теплоемкость C этой системы при температуре $T = 200\ К$.

Решение:

Теплоемкость определяется через энтропию S как $C = T \cdot \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)$.

Дифференцируем S по T: $\frac{\partial S}{\partial T} = \frac{\partial}{\partial T}\left(bT^5 + const\right) = 5bT^4$.

Подставим производную в формулу для теплоемкости:

$C = T \cdot \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right) = T \cdot 5bT^4 = 5bT^5$.

Подставим численные значения b и T:

$C = 5 \cdot \left(2 \cdot 10^{-10}\,Дж/К^6\right) \cdot \left(200\,К\right)^5 = 5 \cdot \left(2 \cdot 10^{-10}\,Дж/К^6\right) \cdot 32 \cdot 10^{10}\,К^5 = 320\,Дж/К$.

Ответ: теплоемкость этой системы $C = 320\,Дж/К$.

4. Бесконечный тонкий прямой проводник равномерно заряжен с линейной плотностью заряда $\rho = 5\cdot 10^{-10}\,Кл/м$. Считая, что на расстоянии $r_1 = 1\,м$ от проводника потенциал созданного им электрического поля равен $\varphi_1 = 20\,В$, определить величину потенциала на расстоянии $r_2 = e = 2{,}72\,м$. $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9\cdot 10^9\,Ф/м$.

Решение:

Потенциал φ на расстоянии r от бесконечного тонкого проводника с линейной плотностью заряда ρ выражается как: $\varphi(r) = -\frac{\rho}{2\pi\epsilon_0}\ln(r)+C$. При условии, что $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9\cdot 10^9\,Ф/м$, имеем $\frac{1}{2\pi\epsilon_0} = 2\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 18\cdot 10^9\,Ф/м$.

Учитывая, что на расстоянии $r_1 = 1\,м$ от проводника потенциал созданного им электрического поля равен $\varphi_1 = 20\,В$, имеем $\varphi_1 = -\frac{\rho}{2\pi\epsilon_0}\ln(r_1)+C \Rightarrow 20 = -\frac{\rho}{2\pi\epsilon_0}\ln(1)+C$, где $\ln(1) = 0$, откуда постоянная $C = 20\,В$. Теперь формула для потенциала принимает вид $\varphi(r) = -\frac{\rho}{2\pi\epsilon_0}\ln(r)+20$.

Найдем потенциал $\varphi(r_2)$ на расстоянии $r_2 = e = 2{,}72\,м$:

$$\varphi(r_2) = -\frac{\rho}{2\pi\epsilon_0}\ln(r_2)+20 = -\frac{\rho}{2\pi\epsilon_0}\ln(e)+20 = -\frac{\rho}{2\pi\epsilon_0}+20 = -(5\cdot 10^{-10}\cdot 18\cdot 10^9)+20 =$$

$$= -9+20 = 11 \text{ В}.$$

Ответ: потенциал $\varphi(r_2)$ на расстоянии $r_2 = e = 2{,}72\,м$ равен $\varphi(r_2) = 11$ В.

5. Сколько главных максимумов будет видно за дифракционной решеткой, изготовленной нанесением $N = 3000$ равноудаленных штрихов на прозрачную полоску длины $L = 1$ см? Свет с длиной волны $\lambda = 600$ нм падает на решетку нормально.

Решение:

Вычислим период дифракционной решетки: $d = \frac{L}{N} = \frac{0{,}01}{3000} \approx 3{,}33 \cdot 10^{-6}$ м. Так как свет падает на решетку нормально, угол θ прямой.

Главные максимумы наблюдаются под углами θ, удовлетворяющими условию $d \sin\theta = m\lambda$, откуда получаем $d \cdot 1 = m_{max}\lambda$.

Выразим количество главных максимумов и подставим значения d и λ:
$m_{max} = \frac{d}{\lambda} = \frac{3{,}33 \cdot 10^{-6}}{600 \cdot 10^{-9}} \approx 5{,}55$.

Поскольку порядок m должен быть целым числом, максимальный порядок примем как $m_{max} = 5$.

Главные максимумы наблюдаются для порядков $m = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots, \pm m_{max}$. Таким образом, общее количество главных максимумов равно $2m_{max}+1$. Подставляем $m_{max} = 5$ и получаем $2m_{max}+1 = 2 \cdot 5+1 = 11$.

Ответ: За дифракционной решеткой будет видно 11 главных максимумов.