

ЭКЗАМЕНАЦИОННАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ФИЗИКЕ

Для студентов 2-го курса МФТИ

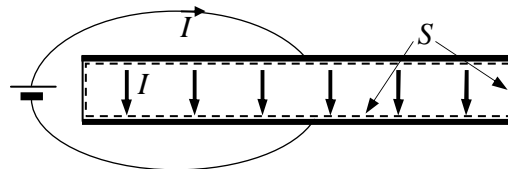
29 декабря 2011 г.

ФИО	№ группы

ВАРИАНТ А

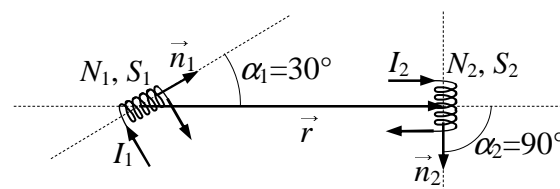
1	2	3	4	5	Σ	оценка

1А. Плоский конденсатор заполнен неидеальным диэлектриком, диэлектрическая проницаемость и удельная проводимость которого изменяются от значений ϵ_1 и λ_1 у верхней пластины до ϵ_2 и λ_2 у нижней пластины. При подключении конденсатора к источнику постоянной ЭДС в цепи устанавливается постоянный ток I (см. рис.). Определить величину и знак суммарного объёмного поляризационного заряда в объёме диэлектрика (т.е. без учёта поверхностных зарядов), а также поток вектора поляризации через замкнутую поверхность S , проходящую вблизи пластин и границ конденсатора.

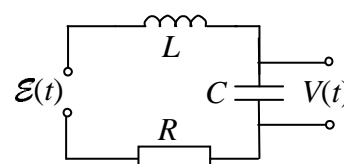


2А. На рис. изображены две небольшие катушки, размеры которых много меньше расстояния r между ними. N_1 и N_2 — числа витков в катушках, S_1 и S_2 — площади витков, I_1 и I_2 — токи в катушках, \vec{n}_1 и \vec{n}_2 — единичные правовинтовые нормали к плоскостям витков, $\alpha_1 = 30^\circ$ и $\alpha_2 = 90^\circ$ — углы, образуемые нормальми \vec{n}_1 и \vec{n}_2 с радиус-вектором \vec{r} .

1. Найдите коэффициент взаимной индукции M катушек.
2. Запишите выражение для взаимной энергии W_{12} катушек.
3. Какую работу нужно совершить, чтобы при неизменных токах I_1 и I_2 повернуть катушку 1 против часовой стрелки на угол 90° ?

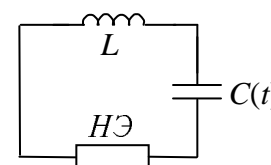


3А. ЭДС, возбуждающая вынужденные колебания в контуре (см. рис.), имеет вид $\mathcal{E}(t) = \mathcal{E}_0(1 + m \cos \Omega t) \cos \omega_0 t$. Найти закон изменения напряжения на конденсаторе $V(t)$, если добротность контура $Q = 10$, $\Omega = \omega_0$ и $m = 1$, а несущая частота ω_0 равна резонансной частоте контура (при расчёте пренебречь погрешностями в амплитуде и фазе менее 1%).



4А. Собрана схема, изображённая на рисунке. Ёмкость конденсатора C может периодически изменяться путём механического перемещения пластин. В схему включён пассивный безынерционный нелинейный элемент $HЭ$, вольтамперная характеристика которого задаётся соотношением $(U/U_0) = (I/I_0)^3 + 2(I/I_0)$, где $I_0 = 0,03\text{А}$, $U_0 = 0,03\text{В}$. Пусть в схеме из-за неизбежных возмущений возникли малые колебания тока и, следовательно, малые колебания напряжения на конденсаторе C . В момент времени, когда напряжение на конденсаторе достигает амплитудного значения, ёмкость конденсатора скачкообразно уменьшают на $\epsilon\%$; через четверть периода $\pi\sqrt{LC}/2$ ёмкость так же скачкообразно увеличивают до прежнего значения. Ещё через четверть периода ёмкость снова скачком уменьшают на $\epsilon\%$ и т.д.

1. Оцените минимальное значение ϵ_{\min} , при котором в схеме возбуждаются незатухающие параметрические колебания, если $L = 0,1\text{Гн}$, $C = 10^{-7}\text{Ф}$.
2. Оцените амплитуду U_{\max} установившихся колебаний на конденсаторе при $\epsilon = 3\%$, предполагая колебания тока в цепи близкими к гармоническим.



Примечание: при решении может понадобиться значение определённого интеграла $\int_0^{2\pi} \cos^4 x dx = \frac{3}{4}\pi$.

5А. Предельный угол полного отражения электромагнитной волны частоты ω от поверхности плазмы равен $\alpha = 30^\circ$. При увеличении частоты на $\Delta\omega = 10^8\text{с}^{-1}$ этот угол возрастает на $\Delta\alpha = 3^\circ$. Определите концентрацию электронов в плазме, полагая $\Delta\omega \ll \omega$. $e = 4,8 \cdot 10^{-10}$ ед. СГСЭ, $m_e = 0,9 \cdot 10^{-27}$ г.

ЭКЗАМЕНАЦИОННАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ФИЗИКЕ

Для студентов 2-го курса МФТИ

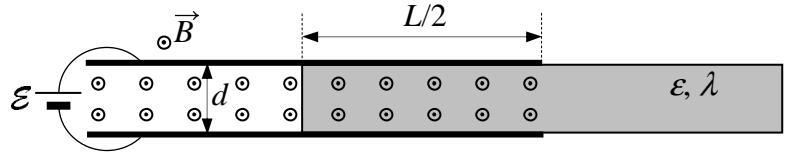
29 декабря 2011 г.

ФИО	№ группы

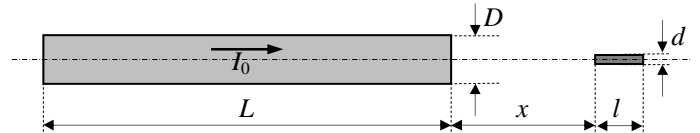
ВАРИАНТ Б

1	2	3	4	5	Σ	оценка

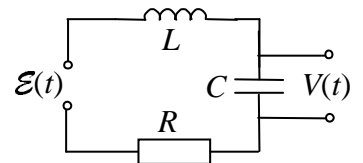
1Б. В плоский конденсатор с квадратными пластинами площади $S = L \times L$ и расстоянием между ними d вставлена на глубину $L/2$ диэлектрическая пластинка с проницаемостью ϵ , обладающая слабой проводимостью λ . Конденсатор подключён к батарее с ЭДС \mathcal{E} . Между пластинами конденсатора и диэлектрической пластиной имеется электрический контакт. Конденсатор помещён в однородное магнитное поле \vec{B} , направленное параллельно пластинам и границе диэлектрика (см. рис.). Пренебрегая краевыми эффектами, найдите силу, действующую на пластинку.



2Б. На расстоянии x от торца длинного цилиндрического магнита ($D \ll L$) с намагниченностью I_0 (см. рис.) расположен образец из ферромагнетика с магнитной проницаемостью μ . Образец представляет собой тонкий маленький цилиндр ($d \ll l$), ось которого совпадает с осью магнита. Полагая, что $l \ll x \ll L$ и образец намагничивается однородно, определите силу, действующую на него со стороны магнитного поля магнита. Как изменится эта сила, если образец заменить небольшой плоской «лепёшкой» того же объёма и с той же магнитной проницаемостью, ориентированной перпендикулярно магнитному полю?

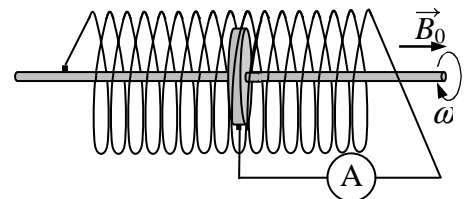


3Б. ЭДС, возбуждающая вынужденные колебания в контуре (см. рис.), имеет вид $\mathcal{E}(t) = \mathcal{E}_0 \cos[\omega_0 t + \varphi(t)]$, где $\varphi(t) = m \cos \Omega t$. Полагая, что $\Omega = \omega_0$ и $m \ll 1$ (при расчётах пренебречь слагаемыми порядка m^2 и выше) и добротность контура $Q = 100$, найти закон изменения напряжения на конденсаторе $V(t)$ (ошибками в амплитуде и фазе менее 1% пренебречь). Частота ω_0 совпадает с резонансной частотой контура.



4Б. Металлический диск радиуса r может вращаться внутри длинной прямой катушки (см. рис.). Ось вращения диска совпадает с осью катушки. С помощью скользящих контактов один конец катушки соединяется с краем диска, а другой присоединён к оси. Омическое сопротивление катушки равно R , число витков на единицу длины катушки (плотность намотки) равно n . Катушка расположена в магнитном поле Земли B_0 , ориентированном вдоль оси катушки.

1. Найдите ток I , протекающий по катушке, и индукцию магнитного поля B' в катушке при вращении диска с угловой скоростью ω .
2. Нарисуйте (качественно) графики зависимости тока I и магнитного поля B' от угловой скорости ω для двух направлений вращения.



5Б. Плоская электромагнитная волна с частотой $\omega = 10^{11} \text{ с}^{-1}$ падает нормально на поверхность плазмы. Уменьшение частоты на $\Delta\omega = -10^{10} \text{ с}^{-1}$ приводит к росту амплитудного коэффициента отражения на 0,01. Определите концентрацию электронов плазмы, полагая $\omega_p^2 \ll \omega^2$. $e = -4,8 \cdot 10^{-10} \text{ ед. СГСЭ}$, $m_e = 0,9 \cdot 10^{-27} \text{ г}$.