

ЭКЗАМЕНАЦИОННАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ФИЗИКЕ

Для студентов 2-го курса МФТИ.

29 декабря 2008 г.

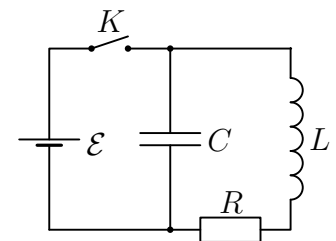
1	2	3	4	5	Σ

ВАРИАНТ А

1А. Известен эксперимент по левитации при комнатной температуре тонкого карандашного грифеля у полюса постоянного магнита в магнитном поле $B \approx 1$ Тл. Этот эксперимент можно было бы спутать с демонстрацией высокотемпературной сверхпроводимости (аналог «гроба Магомета»). Оцените градиент поля в области левитации грифеля, если магнитная восприимчивость графита $\chi = -6,75 \cdot 10^{-6}$ ед. СГС, а плотность графита $\rho = 2,25$ г/см³.



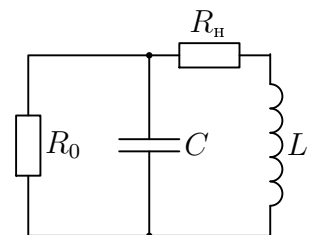
2А. Колебательный контур, изображённый на рисунке, имеет добротность $Q = 50$ и настроен на частоту $f_0 = 500$ Гц, $\mathcal{E} = 10$ В. Первоначально ключ K был продолжительное время замкнут, и в цепи установился стационарный процесс. В момент времени $t = 0$ ключ размыкают. Определите для последующего после размыкания ключа процесса



- 1) максимальное значение напряжения на конденсаторе U_{\max} ,
- 2) время τ , через которое напряжение на конденсаторе достигнет максимального значения в первый раз.

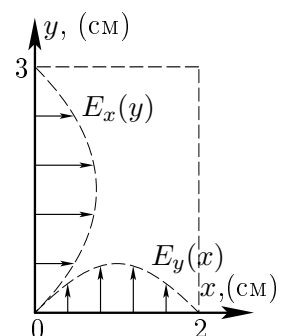
3А. В момент времени $t = 0$ в постоянное однородное электромагнитное поле ($E = E_y = 1$ СГС, $B = B_z = 3 \cdot 10^3$ Гс) влетают параллельно оси X со скоростями $v_H = 5 \cdot 10^7$ см/с и $v_\alpha = 2 \cdot 10^7$ см/с ион водорода H^+ и α -частица. Начальные координаты иона водорода $x = 0$, $y = 0$; α -частицы: $x = 0$, $y = 3,2$ см. Пренебрегая взаимодействием между частицами, определите время и место, где они впервые «соприкоснутся» друг с другом. При вычислении принять округлённо $M_H = 2 \cdot 10^{-24}$ г, $M_\alpha = 4M_H$. Скорость света $c = 3 \cdot 10^{10}$ см/с.

4А. Некоторому классу высокочастотных генераторов незатухающих колебаний соответствует эквивалентная схема, приведённая на рисунке, где R_0 — резистор с отрицательным сопротивлением (накачку энергии в колебательный контур с использованием цепи обратной связи в автоколебательной системе можно описать с помощью эквивалентного «отрицательного сопротивления»). Найдите модуль предельного значения этого сопротивления $|R_0|$, при котором в контуре возникнет генерация. Определите частоту генерации, при $|R_0| = |R_{0\text{пред}}|$. Параметры элементов схемы: $C = 80$ пФ, $L = 2,5$ мкГн, сопротивление нагрузки $R_n = 100$ Ом.



Указание: Запишите дифференциальное уравнение, описывающее процесс в схеме.

5А. С помощью СВЧ-генератора во входном прямоугольном (2×3 см²) сечении (x, y) волновода (см. рисунок) с проводящими стенками, возбуждаются колебания. Частота колебаний в 3 раза превышает критическую частоту для волны E_y , а распределение поля $E_x(y)$ и $E_y(x)$ во входном сечении соответствует основным наименьшим модам колебаний. Найти расстояние Δz между сечениями волновода, в которых входное распределение $E(x, y)$ воспроизводится (т.е. амплитуда колебания поля в каждой точке x, y этих сечений повторяет распределение амплитуды поля во входном сечении $z = 0$). Волны $E_x(y, z, t)$ и $E_y(x, z, t)$ считать независимыми.



ЭКЗАМЕНАЦИОННАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ФИЗИКЕ

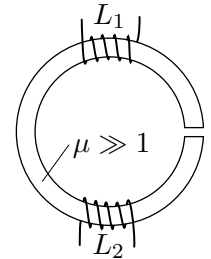
Для студентов 2-го курса МФТИ.

29 декабря 2008 г.

1	2	3	4	5	Σ

ВАРИАНТ Б

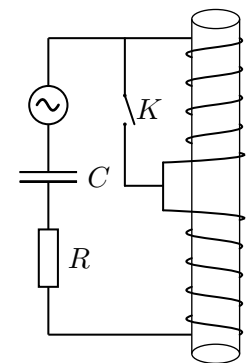
1Б. На тороидальный сердечник ($\mu \gg 1$) с узким зазором намотаны две катушки, как показано на рисунке. Точные измерения самоиндукции катушек дали значения: $L_1 = 0,152$ Гн, $L_2 = 0,385$ Гн. Катушки включили последовательно, при этом индуктивность оказалась равной $L = 0,945$ Гн. Оцените из этих данных, какая доля магнитного потока рассеивается из сердечника.



2Б. Идеальный газ с упругим механизмом поляризации молекул с поляризуемостью $\alpha = 10^{-24}$ см³ находится между обкладками сферического конденсатора при температуре 300 К. Напряжённость электрического поля у внутренней обкладки $E_1 = 400$ ед. СГС, у внешней — $E_2 = 300$ ед. СГС. Найдите относительную разность концентраций $\frac{\Delta n}{n_0}$ у внутренней и внешней обкладок конденсатора.

3Б. В момент времени $t = 0$ электрон и позитрон влетают в однородное постоянное электромагнитное поле, в котором $E = E_y = 10^{-2}$ ед. СГС, $B = B_z = 3$ Гс. При этом влетают они параллельно оси x со скоростями $v_e = 3 \cdot 10^8$ см/с и $v_p = 2 \cdot 10^8$ см/с. Начальные координаты электрона: $x = 0, y = 0$, позитрона: $x = 0, y = 12$ см. Пренебрегая взаимодействием между частицами, определите время аннигиляции и место, в котором они аннигилируют. При вычислении принять $e = 5 \cdot 10^{-10}$ ед. СГС, $m = 10^{-27}$ г, $c = 3 \cdot 10^{10}$ см/с.

4Б. Две одинаковые катушки, намотанные на цилиндрический каркас, как показано на рисунке, подключены последовательно с конденсатором ёмкостью $C = 0,1$ мкФ и резистором с сопротивлением $R = 10$ Ом к генератору синусоидального напряжения. При разомкнутом ключе К резонансная частота контура оказалась равной $f_1 = 1780$ Гц, а при замкнутом ключе — $f_2 = 1990$ Гц. Пренебрегая омическим сопротивлением катушек и подводящих проводов, определите



- 1) добротность контуров Q_1 и Q_2 в обоих случаях,
- 2) коэффициенты самоиндукции L каждой катушки и коэффициент взаимной индукции между ними.

5Б. С помощью СВЧ-генератора во входном квадратном сечении волновода (2×2 см²) с проводящими стенками возбуждаются колебания электрического поля $E_y(x, t)$, соответствующие двум нижшим типам колебаний ($n = 1$ и $n = 2$): $E_y(x, t) = E_{y1}(x, t) + E_{y2}(x, t)$ (см. рисунок). Частота генератора в пять раз превышает критическую частоту для волновода. Найти расстояние z между сечениями волновода, в которых воспроизводится распределение амплитуды колебаний (т.е. амплитуда колебаний в каждой точке (x, y) сечения $z = \text{const}$ повторяет распределение амплитуды по входному сечению $z = 0$).

