

# ЭКЗАМЕНАЦИОННАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ФИЗИКЕ

Для студентов 2-го курса МФТИ.

29 декабря 2007 г.

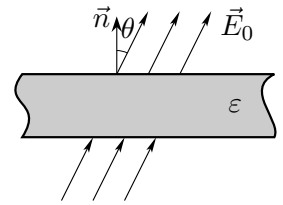
1	2	3	4	5	$\Sigma$

## ВАРИАНТ А

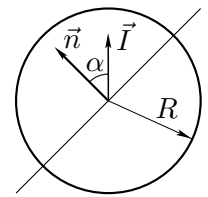
**1А.** Широкая тонкая пластина из диэлектрика вносится в однородное электрическое поле  $\vec{E}_0$ . Диэлектрическая проницаемость пластины  $\epsilon > 1$ . Вектор  $\vec{E}_0$  составляет с нормалью к поверхности пластины угол  $\theta$ .

1) Определите поверхностную плотность поляризационного заряда на верхней поверхности пластины.

2) Найдите модуль и направление вектора  $\vec{P}$  поляризации пластины.



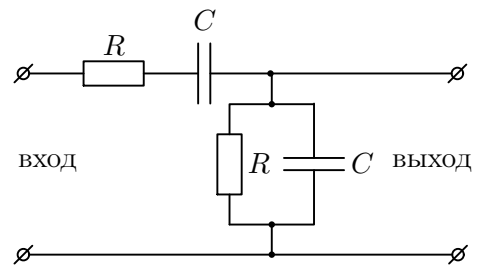
**2А.** Имеется однородно намагниченный шар, вектор намагниченности которого равен  $\vec{I}$ . Найдите потоки напряжённости  $\vec{H}$  и индукции  $\vec{B}$  магнитного поля через бесконечную плоскость, проходящую через центр шара. Вектор  $\vec{n}$  нормали к плоскости составляет угол  $\alpha$  с вектором  $\vec{I}$ .



**3А.** Электрический диполь с дипольным моментом  $\vec{p}$  и моментом инерции  $J$  находится на расстоянии  $L$  от идеально проводящей плоскости. Диполь может свободно вращаться относительно оси, параллельной проводящей плоскости и проходящей через его центр масс. Найдите период малых колебаний диполя.

Указание: воспользуйтесь методом зеркальных изображений.

**4А.** В радиотехнике при рассмотрении воздействия гармонического сигнала некоторой частоты  $\Omega$  на линейные цепи (фильтры) вводится понятие частотной характеристики (комплексной передаточной функции)  $\hat{K}(\Omega)$ , которая определяется как отношение комплексной амплитуды напряжения на выходе фильтра к комплексной амплитуде входного напряжения  $\hat{K}(\Omega) = \hat{V}_{\text{вых}}/\hat{V}_{\text{вх}}$ . Найдите частотную характеристику моста Вина, изображённого на рисунке.



**5А.** В схеме, изображённой на рисунке 1, ёмкость конденсатора  $C$  периодически изменяется путём механического перемещения пластин. Допустим, что вследствие некоторого малого возмущения в схеме возникли колебания с амплитудой напряжения на конденсаторе порядка нескольких милливольт. В момент времени, когда напряжение на конденсаторе максимально, его ёмкость скачкообразно уменьшается на долю  $\epsilon = |\Delta C|/C$ . Через четверть периода  $\Delta t = \frac{\pi}{2}\sqrt{LC}$  ёмкость скачком увеличивают до прежнего значения; ещё через четверть периода ёмкость вновь скачкообразно уменьшают на долю  $\epsilon$  и т.д. При определённых условиях в схеме могут возбудиться незатухающие электрические колебания.

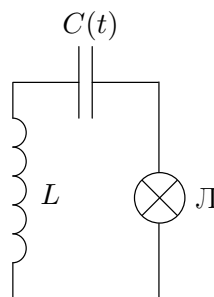


рис. 1

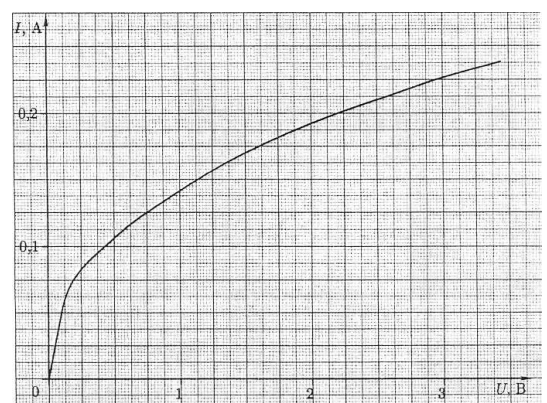


рис. 2

В схему включён нелинейный инерционный элемент — лампочка накаливания Л, вольт-амперная характеристика которой, снятая на постоянном токе, представлена на рис. 2.

1) Определите минимальное значение  $\epsilon_{\text{мин}}$ , при котором в схеме возбуждаются незатухающие параметрические колебания, если  $L = 0,1$  Гн,  $C = 10^{-7}$  Ф.

2) Найдите амплитуду установившихся колебаний на лампочке, если  $\epsilon = 3\%$ .

# ЭКЗАМЕНАЦИОННАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО ФИЗИКЕ

Для студентов 2-го курса МФТИ.

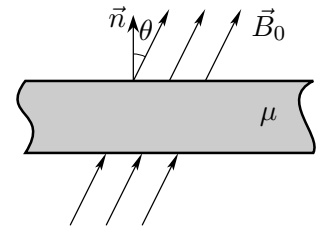
29 декабря 2007 г.

1	2	3	4	5	$\Sigma$

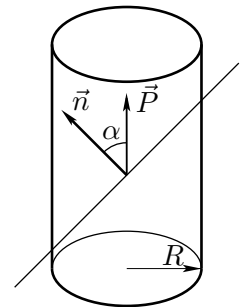
## ВАРИАНТ Б

**1Б.** Широкая тонкая пластина из магнитного материала вносится в однородное магнитное поле  $\vec{B}_0$ . Магнитная проницаемость пластины  $\mu > 1$ . Вектор  $\vec{B}_0$  и нормаль  $\vec{n}$  к поверхности пластины составляют угол  $\theta$ .

- 1) Определите модуль и направление поверхностной плотности  $\vec{i}_m$  молекулярных токов намагничения, текущих по верхней поверхности пластины.
- 2) Найдите модуль и направление вектора намагничивания  $\vec{I}$  внутри пластины.



**2Б.** Имеется однородно поляризованный цилиндр конечной длины и радиуса  $R$ . Вектор поляризации равен  $\vec{P}$  и направлен вдоль оси цилиндра. Найдите потоки  $\Phi_E$  и  $\Phi_D$  напряжённости  $\vec{E}$  и индукции  $\vec{D}$  электрического поля через бесконечную плоскость, пересекающую цилиндр. Нормаль к плоскости составляет угол  $\alpha$  с вектором  $\vec{P}$ .

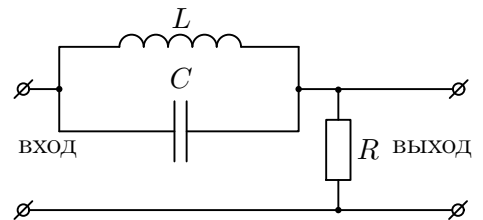


**3Б.** Магнитный диполь с дипольным моментом  $p_m$  и моментом инерции  $J$  может свободно вращаться относительно оси, проходящей через его центр масс и расположенной параллельно сверхпроводящей плоскости на расстоянии  $L$  от неё. Определите период малых колебаний диполя.

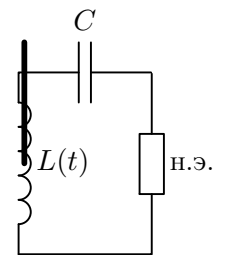
Указание: воспользуйтесь методом зеркальных изображений.

**4Б.** На рисунке изображён линейный фильтр.  $L = 0,1$  мГн,  $C = 100$  мкФ,  $R = 100$  Ом.

- 1) Найдите частотную характеристику  $K(\omega)$  фильтра (отношение комплексной амплитуды выходного сигнала  $\hat{V}_{\text{вых}}$  к комплексной амплитуде входного сигнала  $\hat{V}_{\text{вх}}$ ).
- 2) Найдите зависимость амплитуды выходного сигнала  $|V_{\text{вых}}|$  от частоты  $\omega$  входного сигнала и нарисуйте график этой зависимости.
- 3) При каком отклонении  $\Delta\omega$  частоты входного сигнала от собственной частоты контура  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$  амплитуда выходного сигнала уменьшится в  $\sqrt{2}$  раз?



**5Б.** В схеме, изображённой на рисунке, индуктивность катушки периодически изменяется путём механического перемещения сердечника. Допустим, что вследствие некоторого малого возмущения в схеме возникли колебания тока с амплитудой порядка нескольких миллиампер. В момент времени, когда ток в катушке максимален, её индуктивность скачкообразно уменьшается на долю  $\varepsilon = \frac{|\Delta L|}{L}$ . Через четверть периода  $\Delta t = \frac{\pi}{2}\sqrt{LC}$  индуктивность также скачком увеличивают до прежнего значения. Ещё через три четверти периода  $\Delta t = \frac{3\pi}{2}\sqrt{LC}$  индуктивность вновь скачкообразно уменьшают на долю  $\varepsilon$ . Далее процесс повторяется периодически. При определённых условиях в схеме могут возбудиться незатухающие электрические колебания.



В схему включён инерционный нелинейный элемент НЭ, вольт-амперная характеристика которого, снятая на постоянном токе, описывается уравнением  $V = AI + BI^2$ , где  $A = 2$  Ом,  $B = 4$  Ом/А.

- 1) Определите минимальное значение  $\varepsilon_{\text{мин}}$ , при котором в схеме возбуждаются незатухающие параметрические колебания, если  $L = 0,4$  Гн,  $C = 10^{-7}$  Ф.
- 2) Найдите амплитуду установившихся колебаний тока, если  $\varepsilon = 5\varepsilon_{\text{мин}}$ .