

Автор: доцент Барабанов Алексей Леонидович

Задание 1. Электромагнитная индукция

1.1 (Иродов "Задачи", 1997, 2.315) Провод, имеющий форму параболы $y = kx^2$, находится в плоскости (x, y) в однородном и постоянном магнитном поле с индукцией \vec{B} , направленной вдоль оси z . Из вершины параболы в момент $t = 0$ начали перемещать переключку, соединяющую две ветви параболы и перпендикулярную оси y . Найдите э.д.с. индукции в образовавшемся замкнутом контуре как функцию положения переключки y , если ее перемещают: (а) с постоянной скоростью v ; (б) с постоянным ускорением a , причем в момент $t = 0$ скорость переключки равна нулю.

1.2 (БКФ, т.2, 7.1) Чему равна максимальная величина электродвижущей силы, индуцированной в катушке с $N = 4000$ витками и средним радиусом $r = 12$ см, которая вращается со скоростью $n = 30$ об/сек в магнитном поле Земли величиной $B = 0.5$ Гс?

1.3 (Иродов "Задачи", 1997, 2.335) Магнитный поток через неподвижный контур с сопротивлением R изменяется в течение времени τ по закону $\Phi = at(\tau - t)$. Найдите количество теплоты, выделенной в контуре за это время. Магнитным полем индукционного тока пренебрегите.

1.4 Прямоугольная рамка $ABCD$ из тонкого провода расположена в одной плоскости с бесконечным проводом так, что ближняя к проводу сторона AB рамки длины b параллельна проводу и находится от него на расстоянии $d > a$, где a – длина сторон BC и DA . По проводу течет ток I . Какой заряд Q протечет по рамке, если рамку повернуть на пол-оборота вокруг стороны AB (так что ближней к проводу становится сторона CD)? Поперечное сечение провода, из которого изготовлена рамка равно S , удельное сопротивление этого провода ρ .

1.5 (БКФ, т.2, 7.14) Через заряжающийся конденсатор течет ток I . Конденсатор состоит из двух круглых параллельных пластин радиуса b , отстоящих на малое расстояние s друг от друга. Воспользовавшись интегральной записью (в системе Гаусса)

$$\oint_C \vec{B} d\vec{l} = \frac{1}{c} \int_S \left(\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + 4\pi \vec{j} \right) d\vec{\sigma}$$

одного из уравнений Максвелла, найдите индукцию магнитного поля внутри конденсатора на расстоянии $r < b$ от его оси.

1.6 (БКФ, т.2, 7.15) Покажите, что электромагнитное поле, выраженное следующими уравнениями,

$$E_x = E_y = 0, \quad E_z = \cos(y - ct), \quad B_x = \cos(y - ct), \quad B_y = B_z = 0,$$

удовлетворяет уравнениям Максвелла. Изобразите графически это поле. Найдите плотность энергии w_f этого поля как функцию координат и времени. Связан ли с этим полем какой-либо перенос энергии в пространстве? Какова плотность потока энергии \mathbf{S}_f ?

1.7 (БКФ, т.2, 7.12) В межзвездном пространстве нашей Галактики величина магнитного поля обычно принимается равной 10^{-6} Гс. Вещество в этом пространстве состоит из атомов водорода (приблизительно 1 атом на 1 см^3), движущихся с тепловыми скоростями порядка 10^5 см/сек. Как относится величина энергии, запасенной в данном объеме магнитного поля, к величине кинетической энергии атомов в этом объеме?

1.8 Источник постоянного тока, обеспечивающий напряжение U , связан коаксиальным кабелем с сопротивлением R . Считая сопротивление кабеля бесконечно малым, исследуйте, каким образом энергия, выделяющаяся в сопротивлении, передается по кабелю. Докажите, что поток энергии, передающейся по кабелю, точно равен UI . Вычислите емкость и индуктивность, приходящиеся на единицу длины коаксиального кабеля, если внутренний провод имеет радиус a , а радиус внешней тонкой обмотки равен b .

1.9 Найдите индуктивность единицы длины телефонного кабеля, представляющего собой два параллельных сплошных тонких провода. Провода имеют одинаковый радиус a , расстояние между осями проводов равно b . Выполните расчет, используя "традиционное" и "энергетическое" определения индуктивности.

1.10 (Иродов "Задачи", 1997, 2.339) Катушку индуктивности $L = 300$ мГн с сопротивлением $R = 140$ мОм подключили к постоянному напряжению. Через какое время τ ток через катушку достигнет $\eta = 50\%$ установившегося значения?

1.11 (Иродов "Задачи", 1997, 2.337) Сколько метров тонкого провода нужно взять для изготовления соленоида длины $l_0 = 100$ см с индуктивностью $L = 1.0$ мГн, если диаметр сечения соленоида значительно меньше его длины?

1.12 Центры двух круговых витков, расположенных в параллельных плоскостях, находятся на одной оси, перпендикулярной этим плоскостям, на расстоянии a . По малому витку радиуса $R_1 \ll a$ течет ток I_1 . Найдите магнитный поток сквозь второй виток радиуса R_2 , сравнимого с расстоянием a .