

22.6 Электromагнетизм.

- 22.6.1** Генератор представляет собой катушку диаметром 2 см, содержащую 500 витков и вращающуюся в однородном магнитном поле индукцией 0,01 Тл. С какой частотой надо вращать катушку, чтобы снимать с ее концов напряжение амплитудой 2,5 В?
- 22.6.2** Квадратная рамка со стороной 0,5 м лежит на столе. Однородное магнитное поле 0,4 Тл, направленное перпендикулярно плоскости рамки, равномерно убывает до нуля в течении 0,1 с. Какую работу совершает за это время вихревое электрическое поле в рамке, если ее сопротивление равно 0,5 Ом?
- 22.6.3** Плоский контур с источником постоянного тока находится во внешнем однородном магнитном поле, вектор индукции которого B перпендикулярен плоскости контура (см. рисунок 1). На сколько процентов изменится мощность тока в контуре после того, как поле начнет увеличиваться со скоростью 0,01 Тл/с? Площадь контура 0,1 дм², ЭДС источника тока 10 мВ.

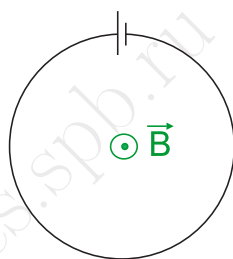


Рис. 1:

- 22.6.4** Плоская горизонтальная фигура $S = 0,01 \text{ м}^2$, ограниченная проводящим контуром, имеющим сопротивление $R = 10 \text{ Ом}$, находится в однородном магнитном поле. Какой заряд протечет по контуру за большой промежуток времени, пока проекция магнитной индукции на вертикаль равномерно меняется с $B_{1z} = 3 \text{ Тл}$ до $B_{2z} = -3 \text{ Тл}$?
- 22.6.5** Медный куб с длиной ребра $a = 0,1 \text{ м}$ скользит по столу с постоянной скоростью $v = 10 \text{ м/с}$, касаясь стола одной из плоских поверхностей. Вектор индукции магнитного поля $B = 0,2 \text{ Тл}$ направлен вдоль поверхности стола и перпендикулярно вектору скорости куба. Найдите модуль вектора напряженности электрического поля, возникающего внутри металла и модуль разности потенциалов между центром куба и одной из его вершин.
- 22.6.6** Плоская замкнутая рамка из одного витка провода, охватывающая прямоугольник площадью $S = 0,01 \text{ м}^2$, лежит на горизонтальной плоскости в однородном вертикальном магнитном поле индукцией $B = 2 \text{ Тл}$. Какой заряд протечет по рамке, если ее повернуть на 180° вокруг одной из ее сторон? Сопротивление рамки равно $R = 0,1 \text{ Ом}$.
- 22.6.7** На рисунке 2 приведена электрическая цепь, состоящая из гальванического элемента, реостата, трансформатора, амперметра и вольтметра. В начальный момент времени ползунк реостата установлен в крайнее верхнее положение и неподвижен. Опираясь на законы

электродинамики, объясните, как будут изменяться показания приборов в процессе перемещения ползунка реостата вниз. ЭДС самоиндукции пренебречь по сравнению с ε .

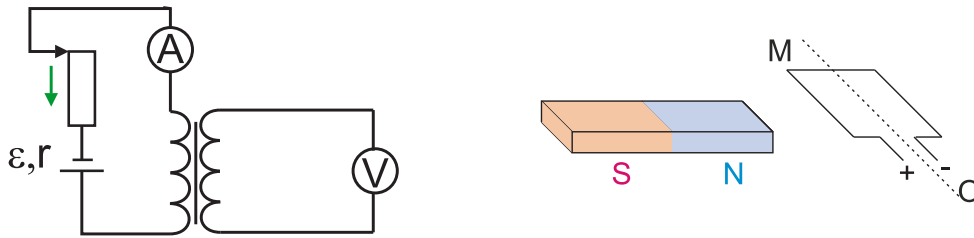


Рис. 2:

Рис. 3:

22.6.8 Рамку с постоянным током удерживают неподвижно в поле полосового магнита (см. рисунок 3). Полярность подключения источника тока выводам рамки показана на рисунке. Как будет двигаться рамка на неподвижной оси MO , если рамку не удерживать? Ответ поясните, указав какие физические закономерности вы использовали для объяснения. Считать, что рамка испытывает небольшое сопротивление движению со стороны воздуха.

22.6.9 Горизонтальный проводящий стержень прямоугольного сечения поступательно движется с ускорением вверх по гладкой. Наклонной плоскости в вертикальном однородном магнитном поле (см. рисунок 4). По стержню протекает ток I . Угол наклона плоскости $\alpha = 30^\circ$. Отношение массы стержня к его длине $m/L = 0,1$ кг/м. Модуль индукции магнитного поля $B = 0,2$ Тл. Ускорение стержня $a = 1,9$ м/с². Чему равна сила тока в стержне?

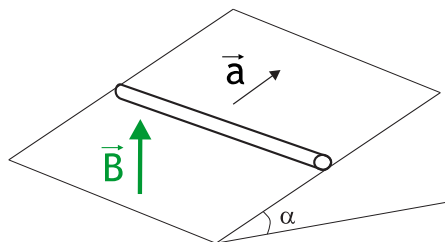


Рис. 4:

22.6.10 Медное кольцо из провода диаметров 2 мм расположено в однородном магнитном поле, индукция которого меняется по модулю со скоростью 1,09 Тл/с. Плоскость кольца перпендикулярна вектору магнитной индукции. Каков диаметр кольца, если возникающий в нем индукционный ток равен 10 А?

22.6.11 Два параллельных друг другу рельса, лежащих в горизонтальной плоскости, находятся в однородном магнитном поле, индукция B которого направлена вертикально вниз (см. рисунок 5 – вид сверху). На рельсах перпендикулярно им лежат два одинаковых проводника, способных скользить по рельсам без нарушения электрического контакта. Левый

проводник движется вправо со скоростью v , а правый покоится. С какой скоростью U надо перемещать правый проводник, чтобы в три раза уменьшить силу Ампера, действующую на левый проводник? (Сопротивлением рельсов пренебречь)

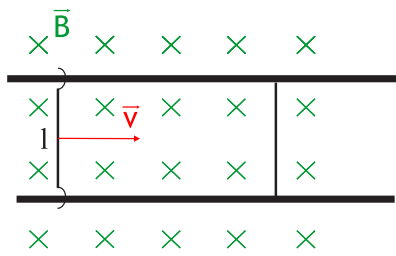


Рис. 5:

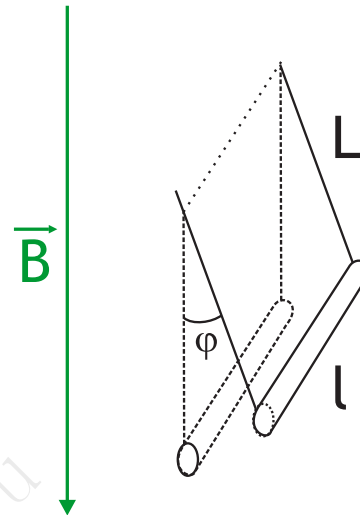


Рис. 6:

- 22.6.12** Металлический стержень длиной $l = 0,1$ м и массой $m = 10$ г, подвешенный на двух параллельных проводящих нитях длиной $L = 1$ м, располагается горизонтально в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,1$ Тл, как показано на рисунке 6. Вектор магнитной индукции направлен вертикально. Какую максимальную скорость приобретёт стержень, если по нему пропустить ток силой 10 А в течении 0,1 с? Угол отклонения φ нитей от вертикали за время протекания тока мал.
- 22.6.13** Электродвигатель постоянного тока подключен к источнику тока и поднимает груз массой 1 г со скоростью 4 см/с. Напряжение на клеммах двигателя 4 В, сила тока 1 мА. Какое количество теплоты выделится в обмотке двигателя за 5 с? Ускорение свободного падения считать равным 10 м/с^2 .
- 22.6.14** Замкнутый контур из тонкой проволоки помещен в магнитное поле. Плоскость контура перпендикулярна вектору магнитной индукции поля. Площадь контура $S = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$, его электрическое сопротивление $R = 1,2$ Ом. Магнитная индукция поля меняется с течением времени в соответствии с формулой $B = a \cos(bt)$, где $a = 6 \cdot 10^{-3}$ Тл, $b = 3500 \text{ с}^{-1}$. Чему равна амплитуда колебаний в контуре?
- 22.6.15** Квадратная проволочная рамка со стороной $l = 10$ см находится в однородном магнитном поле с индукцией B . На рисунке 7 изображена зависимость проекции вектора B на перпендикуляр к плоскости рамки от времени. Какое количество теплоты выделится в рамке за время $t = 10$ с, если сопротивление рамки $R = 0,2$ Ом?
- 22.6.16** Квадратную рамку из медной проволоки со стороной $b = 5$ см и сопротивлением $R = 0,1$ Ом перемещают вдоль оси Ox по гладкой горизонтальной поверхности с постоян-

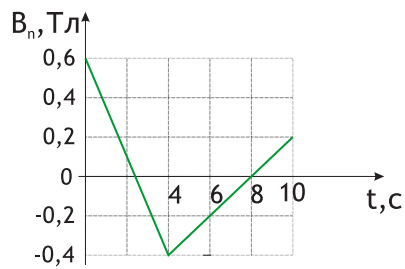


Рис. 7:

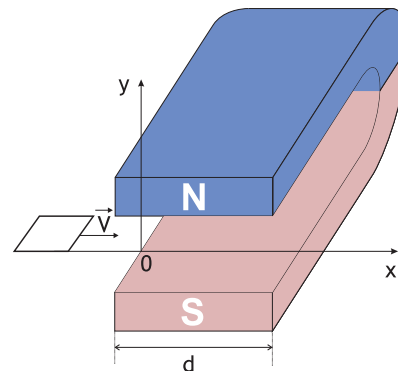


Рис. 8:

ной скоростью $v = 1 \text{ м/с}$. Начальное положение рамки изображено на рисунке 8. За время движения рамка успевает пройти между полюсами магнита и оказаться в области, где магнитное поле отсутствует. Индукционные токи, возникающие в рамке, оказывают тормозящее действие, поэтому для поддержания постоянной скорости движения к ней прикладывают внешнюю силу F , направленную вдоль оси Ox . Ширина полюсов магнита $d = 20 \text{ см}$, магнитное поле имеет резкую границу и однородно между полюсами. Чему равна индукция B магнитного поля между полюсами, если суммарная работа внешней силы за время движения рамки $A = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$.

22.6.17 Цилиндрическая катушка из проволоки сопротивлением $R = 5 \text{ Ом}$, состоящая из $N = 500$ витков с площадью сечения каждого витка $S = 1 \text{ см}^2$, замкнута накоротко и ее вращают вокруг вертикальной оси, перпендикулярной оси катушки, с угловой частотой $\omega = 314 \text{ с}^{-1}$ в однородном горизонтальном магнитном поле с индукцией $B = 0,2 \text{ Тл}$. Какую среднюю мощность необходимо развивать для поддержания такого вращения? Индуктивность катушки и всеми потерями на трение можно пренебречь.

22.6.18 На непроводящей горизонтальной поверхности стола проводящая жесткая рамка массой m из однородной тонкой проволоки, согнутая в виде квадрата $ACDE$ со стороной a (см. рисунок 9). Рамка находится в однородном горизонтальном магнитном поле, вектор индукции B которого перпендикулярен сторонам AE и CD и равен по модулю B . По рамке течет ток в направлении, указанном стрелками (см. рисунок). При какой минимальной силе тока рамка начнет поворачиваться вокруг стороны CD ?

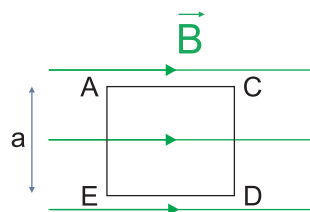


Рис. 9:

22.6.19 В постоянном магнитном поле заряженная частица движется по окружности. Когда индукцию магнитного поля стали увеличивать, обнаружилось, что скорость частицы изменяется так, что поток вектора магнитной индукции через площадь, ограниченную орбитой, остается постоянным. Найдите кинетическую энергию частицы E в поле с индукцией B , если в поле с индукцией B_0 ее кинетическая энергия равна E_0 .

22.6.20 Цилиндрическая катушка длиной $l = 15$ см, состоящая из $N = 2000$ витков тонкого провода, равномерно намотанного на каркас, имеет сопротивление $R = 100$ Ом и площадь каждого витка $S = 1$ см². Концы обмотки соединены накоротко. Катушка движется вдоль своей оси со скоростью $v = 1$ м/с и попадает в область с однородным магнитным полем с индукцией $B = 1,8$ Тл, линии которой направлены под углом $\alpha = 60^\circ$ к оси катушки (см. рисунок 10). Какой заряд ΔQ протечёт через обмотку катушки спустя время $T = 0,1$ с после попадания переднего торца катушки в область с магнитным полем?

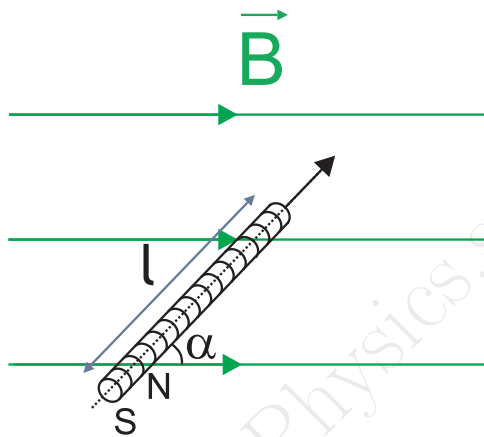


Рис. 10:

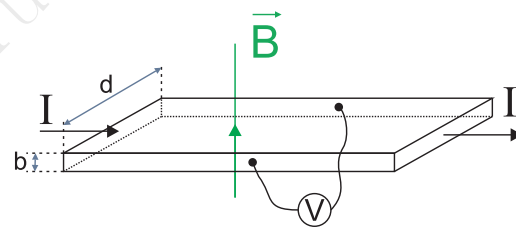


Рис. 11:

22.6.21 В современных научных и технических устройствах часто используются линейные датчики индукции магнитного поля, работа которых основана на эффекте Холла. Этот эффект состоит в возникновении поперечной разности потенциалов в проводнике или полупроводнике с электрическим током, находящемся в магнитном поле, перпендикулярном току. Пусть вдоль однородного длинного образца полупроводника прямоугольной формы с поперечным сечением размерами $b = 0,3$ мм и $d = 8$ мм и концентрацией носителей заряда e положительного знака ("дырок"), равной $n = 5 \cdot 10^{18}$ см⁻³, течёт постоянный ток $I = 200$ мА, а сам образец находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 1,5$ Тл, направленной перпендикулярно плоскости образца, вдоль его ребра b (см. рисунок 11). Чему равна при этом холловская разность потенциалов U_x между гранями образца, параллельными вектору магнитной индукции и току?

22.6.22 Квадратная проводящая рамка со стороной $l = 50$ см и массой $m = 400$ г лежит на наклонной плоскости с углом наклона к горизонту, равным альфа. Нижняя горизонтальная сторона рамки шарнирно прикреплена к плоскости так, что рамка может без трения поворачиваться вокруг оси, проходящей через эту сторону (см. рисунок 12, вид сбоку). Система

находится в однородном горизонтальном магнитном поле с индукцией $B = 1$ Тл, направленной перпендикулярно оси O . Ток какой силой I и в каком направлении надо пропускать по рамке, чтобы она начала приподниматься над плоскостью, поворачиваясь вокруг оси O ?

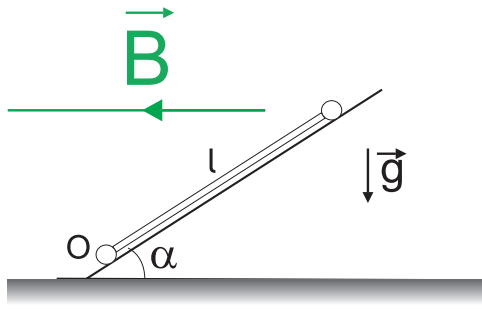


Рис. 12:

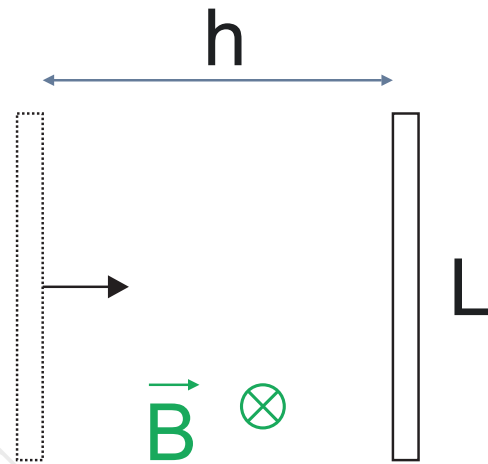


Рис. 13:

22.6.23 Тонкий стержень длиной $l = 50$ см начинает двигаться из состояния покоя с постоянным ускорением. Движение происходит в однородном магнитном поле индукцией $B = 2$ Тл, линии которого перпендикулярны стержню и направлению его скорости (см. рисунок 13). К моменту, когда стержень сместился от исходного положения на расстояние $x = 20$ см, разность потенциалов между концами стержня была равна $U = 0,5$ В. Найдите ускорение стержня.