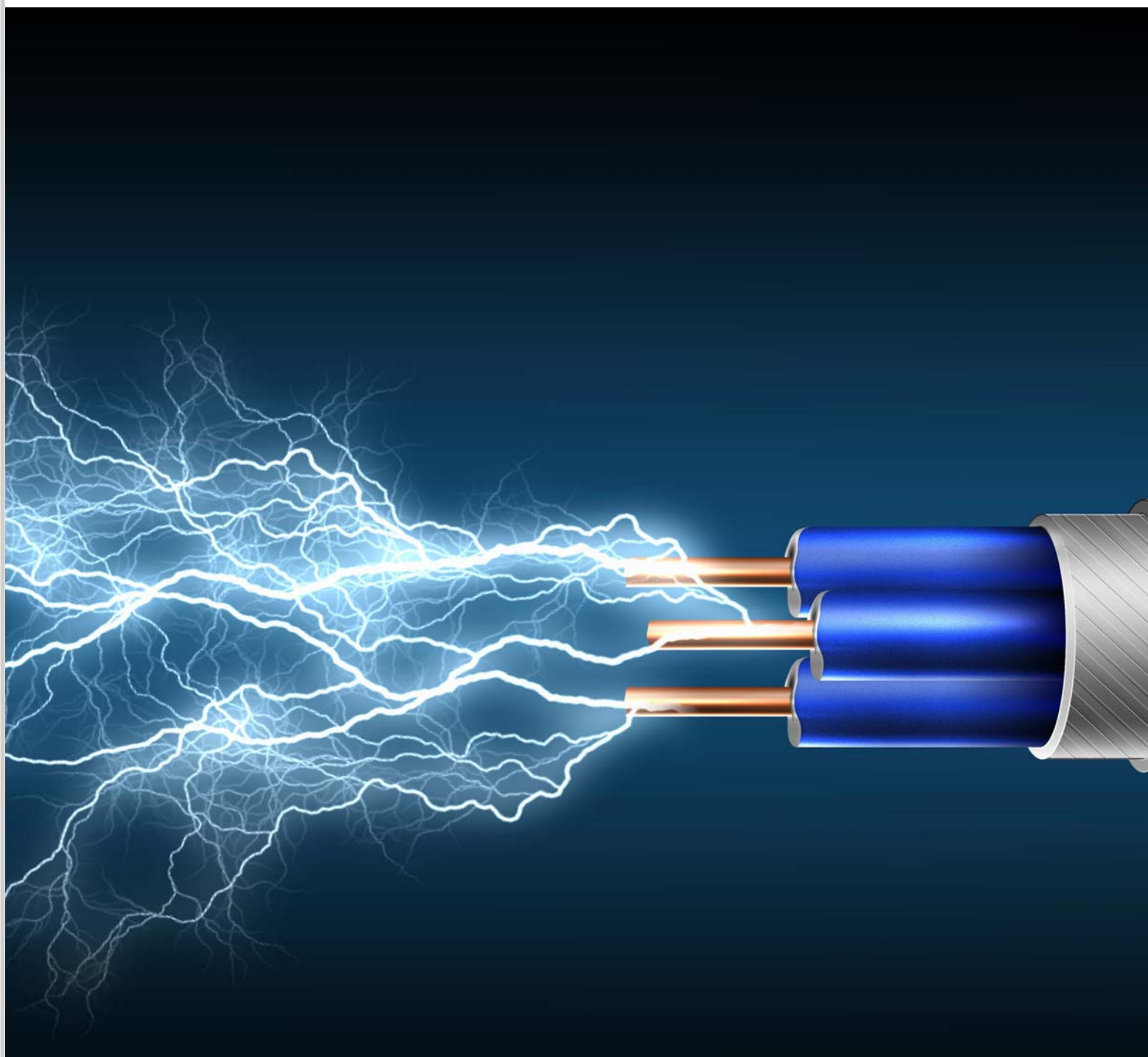


Виртуальный курс физики

Электричество и магнетизм

Магнитное поле. Электромагнитная индукция. Задачи для самостоятельного решения



***Курс дистанционного обучения по физике
изложен в авторской редакции доцента
Петербургского государственного университе-
та путей сообщения Императора Александра I
Кытина Юрия Александровича***

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

Магнитное поле. Электромагнитная индукция

Рекомендации по решению задач

При решении задач, связанных с действием магнитного поля на проводники с током или на движущиеся в поле заряженные частицы, необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

- а) в соответствии с условием задачи начертить схему, на которой указать направления тока в проводнике (направление вектора скорости), вектора магнитной индукции;
- б) используя правило левой руки, определить направление силы Ампера (или силы Лоренца). При нахождении направления силы Лоренца обратить внимание на знак заряда;
- в) составить уравнения динамики для данной задачи в векторном виде и выбрать направления осей координат;
- г) записать уравнения движения в проекциях на оси координат и решить полученную систему уравнений.

При решении задач, связанных с применением закона электромагнитной индукции, необходимо установить причины изменения магнитного потока и подставить в выражение для ЭДС электромагнитной индукции изменение соответствующей величины за определенный интервал времени. Далее, если это необходимо в данной задаче, использовать законы постоянного тока и решить полученную систему уравнений.

Основные законы и соотношения

$$F_A = IlB \sin \alpha$$

– сила, действующая на проводник длиной l с силой тока I , находящийся в однородном магнитном поле с индукцией \mathbf{B} , α – угол между вектором \mathbf{B} и направлением тока.

$$F_L = qvB \sin \alpha$$

– сила, действующая на заряд q , движущийся со скоростью v в однородном магнитном поле с индукцией \mathbf{B} ; α – угол между векторами \mathbf{v} и \mathbf{B} .

$$\Phi = BS \cos \alpha$$

– поток вектора магнитной индукции \mathbf{B} однородного магнитного поля; S – площадь, ограниченная плоским контуром; α – угол между вектором \mathbf{B} и нормалью \mathbf{n} к площадке S .

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

– ЭДС электромагнитной индукции; $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$ – изменение магнитного потока за промежуток времени Δt .

$$I_i = \frac{\varepsilon_i}{R}$$

– сила индукционного тока; ε_i – ЭДС электромагнитной индукции; R – сопротивление контура.

$$q = -\frac{\Delta\Phi}{R}$$

– заряд, протекающий в контуре с сопротивлением R при электромагнитной индукции; $\Delta\Phi$ – изменение магнитного потока.

$$\varepsilon_i = vBl \sin \alpha$$

– ЭДС индукции в отрезке проводника длиной l , движущегося со скоростью v в однородном магнитном поле с индукцией \mathbf{B} ; α – угол между векторами \mathbf{v} и \mathbf{B} .

$$\Phi_s = LI$$

– поток самоиндукции; L – индуктивность контура; I – сила тока в контуре.

$$\varepsilon_s = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

– ЭДС самоиндукции, возникающей в контуре с индуктивностью L при изменении тока ΔI в течение промежутка времени Δt .

$$W = \frac{LI^2}{2}$$

– энергия магнитного поля, созданного контуром с индуктивностью L ; I – сила тока в контуре.

Задачи для самостоятельного решения

1. Чему равен максимальный вращающий момент сил, действующих на прямоугольную обмотку электродвигателя, содержащую 100 витков провода размером 4×6 см, по которой проходит ток силой 10 А, в магнитном поле с индукцией 1,2 Тл?

Ответ: 2,88 Н·м.

2. Найти момент пары сил, действующий на рамку, по которой течет ток силой 5 А, если длина рамки 20 см, ширина 10 см, а магнитная индукция поля 0,2 Тл.

Ответ: 0,02 Н·м.

3. На провод обмотки якоря электродвигателя при токе 20 А действует сила 1,0 Н. Определите магнитную индукцию в месте расположения провода, если длина провода 20 см.

Ответ: 0,25 Тл.

4. Определите наибольшее и наименьшее значения силы, действующей на проводник длиной 0,6 м с током 10 А, при разных положениях проводника в однородном магнитном поле, индукция которого 1,5 Тл.

Ответ: 0 и 9 Н.

5. По горизонтально расположенному проводнику длиной 20 см и массой 4 г течет ток силой 10 А. Найти индукцию магнитного поля, в которое требуется поместить проводник, чтобы сила тяжести уравновесилась силой Ампера.

Ответ: 20 мТл.

6. На прямой проводник длиной 0,5 м, расположенный перпендикулярно магнитному полю с индукцией $2 \cdot 10^{-2}$ Тл, действует сила 0,15 Н. Найти силу тока, протекающего по проводнику.

Ответ: 15 А.

7. Прямолинейный проводник, по которому протекает ток силой 10 А, помещен в однородное магнитное поле, индукция которого 0,3 Тл. Угол между направлением тока и вектором магнитной индукции равен 30° . С какой силой действует магнитное поле на участок проводника длиной 0,4 м?

Ответ: 0,6 Н.

8. Проводник длиной 0,2 м и массой 1 кг подвешен горизонтально на двух вертикальных пружинах. В окружающем проводник пространстве создается магнитное поле с индукцией 1 Тл, направленной перпендикулярно проводнику. Определить силу тока, проходящего через проводник, при которой он не будет растягивать пружины.

Ответ: 49 А.

9. В проводнике с длиной активной части 8 см сила тока равна 50 А. Он находится в однородном магнитном поле с индукцией 20 мТл. Найти совершенную работу, если проводник переместился на 10 см перпендикулярно силовым линиям.

Ответ: 8 мДж.

10. В однородном магнитном поле, индукция которого равна 2 Тл и направлена под углом 30° к вертикали, вертикально вверх движется прямой проводник массой 2 кг, по которому течет ток силой 4 А. Через 3 с после начала движения проводник имеет скорость 10 м/с. Определить длину проводника.

Ответ: 6,55 м.

11. Электрон движется в вакууме в однородном магнитном поле (его индукция $5 \cdot 10^{-3}$ Тл) со скоростью $10 \cdot 10^3$ км/с перпендикулярно к линиям индукции. Определите силу, действующую на электрон, и радиус окружности, по которой он движется.

Ответ: $8 \cdot 10^{-15}$ Н, 10^{-2} м.

12. Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией 4 мТл. Найти период обращения электрона.

Ответ: 8,9 нс.

13. Электрон начинает двигаться в электрическом поле из состояния покоя, и, пройдя разность потенциалов 220 В, попадает в однородное магнитное поле с индукцией $5 \cdot 10^{-3}$ Тл, где он движется по круговой траектории радиусом $1 \cdot 10^{-2}$ м. Определите массу электрона.

Ответ: $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг.

14. Протон и электрон, ускоренные одинаковой разностью потенциалов, влетают в однородное магнитное поле. Во сколько раз радиус кривизны траектории протона R_1 больше радиуса кривизны траектории электрона R_2 ?

Ответ: в 42,9 раза.

15. Протон и α -частица влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно силовым линиям. Сравните радиусы окружностей, которые описывают частицы, если у них одинаковы: а) скорости; б) энергия.

Ответ: а) $R_\alpha / R_p = 2$; б) $R_\alpha = R_p$.

16. Протон, прошедший ускоряющую разность потенциалов 600 В, влетает в однородное магнитное поле с магнитной индукцией 0,30 Тл и движется по окружности. Найти радиус окружности. Будет ли изменяться энергия протона при движении в этом магнитном поле?

Ответ: 12 мм, нет.

17. Заряженная частица движется в магнитном поле по окружности со скоростью 10^6 м/с. Индукция магнитного поля равна 0,3 Тл, радиус окружности 4 см. Найти заряд частицы, если известно, что ее энергия равна 12 кэВ.

Ответ: $3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл.

18. Протон и α -частица влетают в однородное магнитное поле. Скорость частиц направлена перпендикулярно силовым линиям поля. Во сколько раз период обращения протона в магнитном поле больше периода обращения α -частицы?

Ответ: в два раза.

19. Однородные поля (электрическое и магнитное) расположены взаимно перпендикулярно. Напряженность электрического поля 1 кВ/м, а индукция магнитного поля 1 мТл. Какими должны быть направление и скорость электрона, чтобы траектория его движения оказалась прямолинейной?

Ответ: 10^6 м/с.

20. катушка диаметром 10 см, состоящая из 500 витков, находится в магнитном поле. Чему равно среднее значение ЭДС индукции в этой катушке, если индукция магнитного поля в течение 0,1 с увеличивается с 0 до 2 Вб/м²?

Ответ: 78,5 В.

21. Круговой контур радиусом 2 см помещен в однородное магнитное поле, индукция которого 0,2 Вб/м². Плоскость контура перпендикулярна направлению магнитного поля, сопротивление контура 1 Ом. Какое количество электричества протечет через катушку при повороте ее на 90°?

Ответ: $2,5 \cdot 10^{-4}$ Кл.

22. Магнитный поток, пронизывающий контур проводника, равномерно изменился на 0,6 Вб так, что ЭДС индукции оказалась равной 1,2 В. Найти время изменения магнитного потока. Найти силу индукционного тока, если сопротивление проводника 0,24 Ом.

Ответ: 0,5 с, 5 А.

23. Квадратная рамка помещена в однородное магнитное поле. Нормаль к плоскости рамки составляет с направлением магнитного поля угол 60° . Сторона рамки 10 см. Определите индукцию магнитного поля, если известно, что среднее значение ЭДС индукции, возникшей в рамке при выключении поля в течение 0,01 с, равно 50 мВ.

Ответ: 0,1 Тл.

24. Каков магнитный поток, пронизывающий каждый виток катушки, которая состоит из 1000 витков, если при равномерном исчезновении магнитного поля за промежуток времени 0,1 с в катушке индуцируется ЭДС 10 В?

Ответ: 10^{-3} Вб.

25. Проволочный виток, имеющий площадь 100 см^2 , разрезан в некоторой точке и в разрез включен конденсатор емкостью 10 мкФ. Виток помещен в однородное магнитное поле, силовые линии которого перпендикулярны плоскости витка. Магнитное поле равномерно изменяется во времени со скоростью 5 Тл/с. Определите заряд конденсатора.

Ответ: $5 \cdot 10^{-7}$ Кл.

26. Если сила тока, проходящего в соленоиде, изменяется со скоростью 50 А/с, то на концах обмотки соленоида возникает ЭДС самоиндукции, равная 0,08 В. Определите индуктивность соленоида.

Ответ: 1,6 мГн.

27. Определите скорость изменения тока в катушке с индуктивностью 100 мГн, если в ней возникла ЭДС самоиндукции, равная 80 В.

Ответ: 800 А/с.

28. В катушке сопротивлением 5 Ом течет ток силой 17 А. Индуктивность катушки 50 мГн. Каким будет напряжение на зажимах катушки, если ток в ней равномерно возрастает со скоростью 1000 А/с?

Ответ: 135 В.

29. С какой скоростью следует перемещать проводник, длина активной части которого 1 м, под углом 60° к линиям индукции магнитного поля, чтобы в проводнике возбуждалась ЭДС индукции 1 В? Индукция магнитного поля равна 0,2 Тл.

Ответ: 5,8 м/с.

30. В однородном магнитном поле, индукция которого 0,1 Тл, движется проводник длиной 10 см. Скорость движения проводника 15 м/с и направлена она перпендикулярно магнитному полю. Чему равна индуцированная в проводнике ЭДС?

Ответ: 0,15 В.

31. Ток в катушке уменьшился с 12 до 8 А. При этом энергия магнитного поля катушки уменьшилась на 2 Дж. Каковы индуктивность катушки и энергия ее магнитного поля в обоих случаях?

Ответ: 0,25 Гн, 18 и 8 Дж.

32. Плоская проволочная рамка, состоящая из одного витка, имеющего сопротивление 0,001 Ом и площадь 1 см², пронизывается магнитным однородным полем. Направление силовых линий поля перпендикулярно к плоскости рамки. Индукция магнитного поля изменяется с течением времени равномерно на величину 0,01 Тл/м² за 1 с. Какое количество теплоты выделяется в рамке за 1 с?

Ответ: $2,1 \cdot 10^{-9}$ Дж.

33. Определите индуктивность соленоида, в котором при равномерном изменении силы тока на 4 А энергия магнитного поля изменяется на 0,1 Дж. Средняя сила тока в катушке 10 А.

Ответ: $2,5 \cdot 10^{-3}$ Гн.

34. По цилиндрической катушке, содержащей 120 витков, течет ток силой 10 А. При этом магнитный поток через один виток равен 0,005 Вб. Определите энергию магнитного поля в катушке.

Ответ: 3 Дж.

От авторов

Возникли трудности в усвоении теоретического курса или в его применении при решении конкретных задач, тестов – записывайтесь на наши курсы и мы поможем Вам подойти к экзамену во всеоружии.

Наш адрес:

190031, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, дом 9, ПГУПС, факультет довузовской подготовки.

Наши телефоны отдела заочной формы обучения:

8 (931) 214-51-45;

8 (812) 457-88-07 .

