

Задание 11-07 МАГНИТНОЕ ПОЛЕ. Электромагнитная индукция

* - задачи для решения дома

Задачи простые

*A1. Определить поток вектора магнитной индукции, пронизывающий плоскую поверхность площадью 100 см^2 при индукции 0.2 Тл , если поверхность: а) перпендикулярна вектору магнитной индукции; б) параллельна; в) расположена под углом 45° к вектору магнитной индукции; г) расположена под углом 30° к вектору магнитной индукции.

*A2. Определить направление индукционного тока в проводящем кольце (рис. 209), если индукция магнитного поля: а) увеличивается; б) уменьшается.

*A3. Магнитный поток через соленоид, содержащий $n = 500$ витков провода, равномерно убывает со скоростью $\Delta \Phi / \Delta t = 60 \text{ мВб/с}$. Определить ЭДС индукции в соленоиде.

*A4. Горизонтальный металлический стержень длиной $l = 0.5 \text{ м}$ вращается около вертикальной оси, проходящей через один из концов с угловой скоростью $\omega = 4\pi \text{ рад/с}$. Определить разность потенциалов между концами стержня, если вертикальная составляющая индукции магнитного поля Земли $B = 5 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$.

*A5. В какой момент искрит рубильник: при замыкании или размыкании? Если параллельно рубильнику включить конденсатор, то искрение прекращается. Объяснить явление.

*A6. Почему колебания стрелки компаса быстрее затухают, если корпус прибора латунный, и медленнее затухают, если корпус прибора пластмассовый?

*A7. Три одинаковых полюсовых магнита падают в вертикальном положении одновременно с одной высоты. Первый падает свободно, второй во время падения проходит сквозь незамкнутый соленоид, третий - сквозь замкнутый соленоид. Сравните время падения магнитов. Ответы обоснуйте на основании правила Ленца и закона сохранения энергии.

*A8. В замкнутом витке проволоки сопротивлением $2 \cdot 10^{-2} \text{ Ом}$ мгновенное значение индукционного тока равно 5 А . Какова ЭДС индукции?

*A9. В контуре проводника магнитный поток изменился за 0.3 с на 0.06 Вб . Какова скорость изменения магнитного потока? Какова ЭДС индукции в контуре? При каком условии ЭДС индукции будет постоянной?

*A10. За 5 мс в соленоиде, содержащем 500 витков провода, магнитный поток равномерно убывает с 7 до 3 мВб . Найдите ЭДС индукции в соленоиде.

*A11. Найдите скорость изменения магнитного потока в соленоиде, состоящем из 2000 витков, при возбуждении в нем ЭДС индукции $\mathcal{E} = 120 \text{ В}$.

*A12. Магнитный поток, пронизывающий контур проводника, равномерно изменился на 0.6 Вб так, что ЭДС индукции оказалась равной 1.2 В . Найдите время изменения магнитного потока. Найдите силу индукционного тока, если сопротивление проводника 0.24 Ом .

*A13. Какова индуктивность витка проволоки, если при силе тока 6.0 А создается магнитный поток 12 мВб ? Зависит ли индуктивность витка от силы тока в нем?

*A14. В катушке с индуктивностью 0.6 Гн сила тока равна 20 А . Какова энергия магнитного поля этой катушки? Как изменится энергия поля, если сила тока уменьшится вдвое?

*A15. Найдите энергию магнитного поля соленоида, в котором при силе тока 10 А возникает магнитный поток 0.5 Вб .

*A16. Усилится ли магнитное поле катушки с током, если в нее ввести стальной сердечник? алюминиевый сердечник? медный сердечник?

Задачи средние

*B1. Около проводника с током находится прямоугольная рамка $ABCD$ (рис. 207), лежащая в одной плоскости с проводником ($OO' \parallel AB$). Поток вектора магнитной индукции, пронизывающий рамку и созданный магнитным полем проводника, равен Φ . Определить изменение магнитного потока, если:

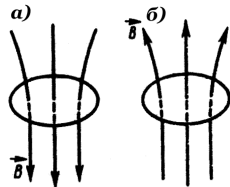


Рис. 209

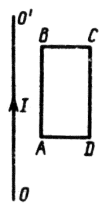


Рис. 207

а) отключить ток в проводнике; б) изменить направление тока на обратное; в) повернуть рамку вокруг оси, проходящей через середины сторон AD и BC , на 90° ; г) на 180° .

*B2. Определить направление сил, действующих на проводящее кольцо (рис. 209), если индукция магнитного поля а) уменьшается; б) увеличивается.

*B3. Какие явления происходят в кольце, если в него вдвигают магнит? Рассмотреть случаи, когда кольцо сделано из: а) проводника; б) диэлектрика.

*B4. Реактивный самолет летит горизонтально со скоростью $V = 900 \text{ км/ч}$. Определить разность потенциалов между концами его крыльев, если вертикальная составляющая индукции магнитного поля Земли равна $B_{\perp} = 50 \text{ мкТл}$, размах крыльев $l = 24 \text{ м}$. Можно ли на самолете измерить эту разность потенциалов?

*B5. Перпендикулярно линиям магнитной индукции перемещается проводник длиной 1.8 м со скоростью 6.0 м/с . ЭДС индукции $\mathcal{E}_i = 1.44 \text{ В}$. Найдите магнитную индукцию поля.

B6. В однородном магнитном поле перпендикулярно к направлению вектора индукции, модуль которого 0.1 Тл , движется провод длиной 2 м со скоростью 5 м/с , перпендикулярной проводнику. Какая ЭДС индуцируется в этом проводнике?

*B7. Какие явления происходят в стержне, если он передвигается в постоянном магнитном поле под углом к силовым линиям? Рассмотреть случаи, когда стержень сделан из: а) проводника; б) диэлектрика.

B8. Определить ЭДС индукции в проводнике длиной $l = 20 \text{ см}$, движущемся в однородном магнитном поле с индукцией $B = 10 \text{ мТл}$ со скоростью $V = 1.0 \text{ м/с}$ под углом $\alpha = 30^\circ$ к вектору магнитной индукции.

B9. Соленоид, содержащий $n = 1000$ витков провода, находится в однородном магнитном поле, индукция которого изменяется со скоростью $\Delta B / \Delta t = 20 \text{ мТл/с}$. Ось соленоида составляет с вектором индукции магнитного поля угол $\alpha = 60^\circ$. Радиус соленоида $r = 2.0 \text{ см}$. Определить ЭДС индукции, возникающей в соленоиде.

*B10. Найти индуктивность проводника, в котором равномерное изменение силы тока на 2.0 А в течение 0.50 с возбуждает ЭДС самоиндукции $\mathcal{E} = 20 \text{ мВ}$.

*B11. В катушке индуктивностью $L = 0.20 \text{ Гн}$ сила тока $I = 10 \text{ А}$. Какова энергия магнитного поля катушки? Как изменится энергия поля, если сила тока увеличится вдвое?

B12. Определить энергию магнитного поля соленоида, в котором при силе тока $I = 5 \text{ А}$ возникает магнитный поток $\Phi = 0.5 \text{ Вб}$.

*B13. Металлическое кольцо колеблется продолжительное время после выведения его из положения равновесия. Если же поднести магнитный стержень так, чтобы при колебаниях кольцо надевалось на магнит (рис. 62), колебания быстро затухают. Объяснить причину быстрого торможения кольца.

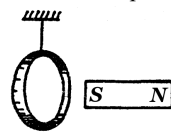


Рис. 62

B14. Магнит падает в длинной вертикальной медной трубе, воздух из которой откачан. Магнит с трубой не соприкасается. Опишите характер падения.

*B15. В короткозамкнутую катушку один раз быстро, другой раз медленно вдвигают магнит. а) Одинаковый ли заряд переносится при этом индукционным током? б) Одинаковую ли работу против электромагнитных сил совершает сила, вдвигающая магнит?

B16. Внутри короткозамкнутой катушки вставлена другая, в которой идет ток от аккумулятора. Во вторую катушку втягивается железный сердечник, вследствие чего в первой индуцируется ток, и она нагревается. За счет какой энергии производится нагрев?

*B17. Кусок провода длиной $l = 2 \text{ м}$ складывают вдвое, и его концы замыкают на гальванометр. Затем провод растягивают в квадрат так, что плоскость квадрата перпендикулярна к горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли $B = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$. Какой заряд Q пройдет через гальванометр, если сопротивление контура $R = 1 \text{ Ом}$?

Задание 11-07 МАГНИТНОЕ ПОЛЕ. Электромагнитная индукция

** - задачи для решения дома*

V18. В катушке без сердечника за время $\Delta t = 0.01$ с ток возрос от $I_1 = 1$ А до $I_2 = 2$ А, при этом в катушке возникла ЭДС самоиндукции $\mathcal{E}_{si} = 20$ В. Определить поток магнитной индукции Φ в конце процесса нарастания тока и изменение энергии магнитного поля катушки ΔW .

V19. Металлическое кольцо радиуса l находится в однородном магнитном поле с индукцией B , перпендикулярной плоскости кольца. Две металлические стрелки сопротивлением R каждая имеют контакт между собой и с кольцом (рис. 16.19). Одна стрелка неподвижна, а другая равномерно вращается с угловой скоростью ω . Найдите силу тока I , текущего через стрелки. Сопротивлением кольца можно пренебречь.

Рис. 16.19



*V20. Во сколько раз изменится индуктивность цепи если скорость изменения тока возрастет в n раз?

*V21. Два проволочных кольца 1 и 2 лежат на непроводящем столе (рис. 71). Необходимо изобразить графически примерную зависимость, токов от времени в этих кольцах при замыкании и размыкании ключа K .

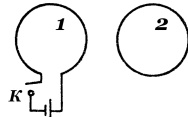


Рис. 71

V22. Плоская рамка площадью $4 \cdot 10^{-4}$ м расположена в магнитном поле так, что нормаль к рамке составляет с направлением поля угол 60° . Индукция магнитного поля, пронизывающего рамку, изменяется по закону $B = 0.05t$ Тл. По истечении 4 с определите ЭДС индукции, возникающей в рамке, и разность потенциалов между двумя произвольными точками рамки.

*V23. Почему отключение от электросети мощных электродвигателей производят плавно и медленно при помощи реостата?

*V24. Размеры катушки изменили так, что ее индуктивность увеличилась в 2 раза. Силу тока в катушке уменьшили в 2 раза. Как изменилась энергия магнитного поля катушки?

Задачи сложные

*С1. Виток медного провода помещен в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Диаметры витка $D = 20$ см, провода $d = 2.0$ мм. С какой скоростью изменяется индукция магнитного поля, если по кольцу течет ток силой $I = 5.0$ А?

*С2. Показать, что полный заряд, протекающий по проводнику, при возникновении в проводнике индукционного тока не зависит от способа изменения магнитного потока, а зависит только от изменения потока и сопротивления проводника.

С3. Однослойная катушка площадью $S = 10$ см², содержащая $n = 100$ витков провода, помещена в однородное магнитное поле с индукцией $B = 8.0$ мТл параллельно линиям магнитной индукции. Сопротивление катушки $R = 10$ Ом. Определить, какой заряд пройдет по катушке, если отключить магнитное поле.

С4. В однородном магнитном поле с индукцией B расположена замкнутая катушка диаметром d с числом витков n . Плоскость катушки перпендикулярна к линиям индукции поля. Какой заряд q протечет по катушке, если ее повернуть на 180° ? Проволока, из которой намотана катушка, имеет поперечное сечения S и удельное сопротивление ρ .

С5. Соленоид, содержащий 1000 витков медной проволоки сечением $S = 0.20$ мм², находится в однородном магнитном поле параллельно линиям магнитной индукции. Индукция магнитного поля равномерно изменяется со скоростью $\Delta B/\Delta t = 10$ мТл/с. Диаметр соленоида $D = 5.0$ см. Определить тепловую мощность, выделяющуюся в соленоиде, концы которого замкнуты между собой.

С6. Квадрат сделан из четырех проводников длиной $l = 8.0$ см и сопротивлением $R = 4.0$ Ом каждый. На расстоянии $l/4$ от одного из проводников квадрат замкнут перемычкой сопротивлением $r = 1.0$ Ом (рис. 210). Плоскость квадрата перпендикулярна однородному магнитному полю, изменяющемуся со скоростью $\Delta B/\Delta t = 200$ мТл/с. Определить силу тока, текущего до перемычке.

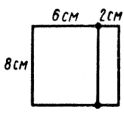


Рис. 210

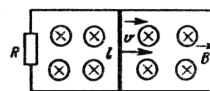


Рис. 211

С7. Проводник массой m длиной l лежит на двух горизонтальных рейках, замкнутых на резистор сопротивлением R . Вся система находится в вертикальном магнитном поле с

индукцией B (рис. 211). Коэффициент трения между рейками и проводником μ . Какую силу F следует приложить к проводнику, чтобы он двигался равномерно со скоростью V ?

*С8. Из провода длиной $l = 2.0$ м сделан квадрат, который расположен горизонтально. Какое количество электричества пройдет по проводу, если его потянуть за две диагонально противоположные вершины так, чтобы он сложился? Сопротивление провода $R = 0.10$ Ом. Вертикальная составляющая индукции магнитного поля Земли $B_\perp = 50$ мкТл.

С9. Кольцо радиуса $r = 6.0$ см из провода сопротивлением $R = 0.20$ Ом расположено перпендикулярно однородному магнитному полю с индукцией $B = 20$ мТл. Кольцо складывается так, что получаются два одинаковых кольца в виде восьмерки, лежащей в той же плоскости, что и кольцо. После этого магнитное поле выключают. Определить, какое количество электричества протечет по проволоке за время: 1) когда кольцо складывают; 2) когда выключают магнитное поле.

С10. Прямоугольный контур $ABCD$ перемещается поступательно со скоростью V в магнитном поле тока I , текущего по длинному прямому проводу OO' (рис. 67). Стороны $AD = BC = b$ параллельны проводу и $AB = DC = a$. Сопротивление контура R . Определить силу i тока, индуцированного в контуре, как функцию расстояния x .

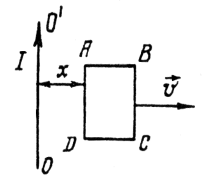


Рис. 67

С11. По двум гладким, замкнутым между собой металлическим шинам, установленным под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту, скользит медный проводник (рис. 214). Система находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 40$ мТл, перпендикулярном плоскости, в которой перемещается проводник. Какой максимальной скорости достигнет проводник? Сопротивлением конструкции по сравнению с сопротивлением проводника пренебречь.

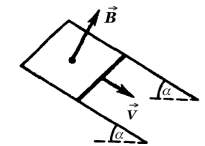


Рис. 214

*С12. Проводник длиной $l = 1.0$ м и сопротивлением $R = 2.0$ Ом лежит на двух горизонтальных шинах, замкнутых на источник тока, ЭДС которого $\mathcal{E} = 1.0$ В. Вся конструкция находится в вертикальном магнитном поле с индукцией $B = 0.1$ Тл (рис. 215). Определить силу тока в проводнике, если: 1) проводник покоится; 2) проводник движется вправо со скоростью $V = 4.0$ м/с;

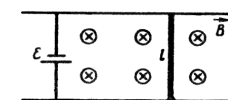


Рис. 215

3) движется влево с той же скоростью. В каком направлении и с какой скоростью надо перемещать проводник, чтобы ток через него не шел? Внутренним сопротивлением источника и сопротивлением шин пренебречь.

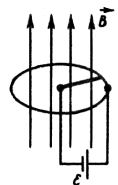


Рис. 216

С13. Стержень длиной l скользит по кольцу, сопротивление которого мало (рис. 216). Контур находится в однородном магнитном поле B , перпендикулярном плоскости кольца. Между концом стержня и кольцом подключен источник тока с ЭДС \mathcal{E} . Определить при какой угловой скорости стержня развивается максимальная мощность.

*С14. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 2.0$ Тл помещено горизонтальное проводящее кольцо радиуса $R = 5.0$ см, причем его ось совпадает с направлением поля. По кольцу может свободно двигаться стержень (рис. 216). Определить установившуюся угловую скорость вращения стержня, когда между центром стержня и кольцом подключили источник тока.

С15. На конце невесомого проводящего стержня укреплен металлический шарик, который касается проводящей сферы радиуса $R = 1.0$ м (рис. 220). Второй конец стержня укреплен в центре сферы так, что стержень может вращаться без трения в любом направлении.

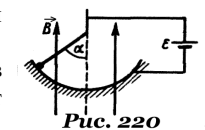


Рис. 220

Вся система помещена в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0.50$ Тл. Когда между сферой и концом закрепления стержня подключили источник тока, угол между стержнем и вертикалью стал равен $\alpha = 60^\circ$. Определить ЭДС источника тока.

Задание 11-07 МАГНИТНОЕ ПОЛЕ. Электромагнитная индукция

** - задачи для решения дома*

C16. Параллельно соединенные катушка индуктивности L и резистор с сопротивлением R подключены через ключ K к батарее с ЭДС \mathcal{E} и внутренним сопротивлением r (рис. 77). В начальный момент времени ключ K разомкнут и тока в цепи нет. Какой заряд q протечет через резистор после замыкания ключа? Сопротивлением катушки пренебречь.

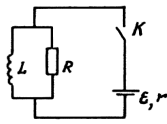


Рис. 77

*C17. Поверх длинного соленоида намотана вплотную катушка. Ток в соленоиде нарастает прямо пропорционально времени. Каков характер зависимости тока от времени в катушке?

C18. В каком случае электродвигатель нагреется быстрее: когда совершает механическую работу или когда работает вхолостую?

*C19. Что показывают гальванометры в схеме, изображенной на рис. 217? Катушка сделана из толстой проволоки. Что покажут гальванометры, если разомкнуть ключ K ? если замкнуть ключ K ?

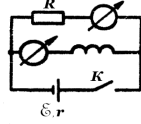


Рис. 217

C20. Через длинный соленоид, индуктивность которого $L = 0.40$ мГн и площадь поперечного сечения $S = 10$ см², проходит ток силой $I = 0.50$ А. Какова индукция поля внутри соленоида, если он содержит $n = 100$ витков?

*C21. Как сделать намотку, чтобы получить безындуктивную катушку?

*C22. Катушка индуктивностью $L = 0.30$ Гн, намотанная толстым медным проводом, соединена параллельно с резистором сопротивлением R и подключена к источнику тока с ЭДС $\mathcal{E} = 4.0$ В и внутренним сопротивлением $r = 2.0$ Ом. Какое количество теплоты выделится в катушке и резисторе после отключения источника тока?

*C23. Виток провода площадью $S = 50$ см² замкнут на конденсатор емкостью $C = 20$ мкФ. Плоскость витка перпендикулярна однородному магнитному полю. Определить скорость изменения магнитного поля, если заряд на конденсаторе равен $q = 1.0$ нКл.

C24. Проволочный виток площадью $S = 10$ см² разрезан в некоторой точке, в разрез включен конденсатор емкостью $C = 10$ мкФ. Виток находится в однородном магнитном поле, линии индукции которого перпендикулярны плоскости витка. Индукция магнитного поля равномерно изменяется во времени со скоростью $\Delta B/\Delta t = 5 \cdot 10^{-3}$ Тл/с. Определить заряд конденсатора.

*C25. По двум металлическим стержням, замкнутым проводником и расположенным параллельно друг другу на расстоянии $l = 0.5$ м под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту, скользит железный стержень, массой $m = 10$ г. Система расположена в однородном вертикальном поле с индукцией $B = 0.1$ Тл. Определить установившуюся скорость движения стержня V , если коэффициент трения $\mu = 0.5$, а сопротивление контура $R = 0.1$ Ом.

C26. Прямоугольная рамка со сторонами $l_1 = 0.5$ м и $l_2 = 0.3$ м, изготовленная из медного провода с погонным сопротивлением $\rho = 1.7 \cdot 10^{-5}$ Ом/м, с постоянной скоростью $V = 4$ м/с вводится в область магнитного поля с индукцией $B = 3.4 \cdot 10^{-2}$ Тл, линий индукции перпендикулярны к плоскости рамки. Определить работу A , которая затрачивается на введение рамки в область магнитного поля. Сторона l_2 параллельна границе поля.

*C27. Прямоугольная проволочная рамка со сторонами $a = 5$ см, $b = 10$ см входит с постоянной скоростью $V = 1$ м/с своей узкой стороной в область однородного магнитного поля, индукция которого $B = 10^{-2}$ Тл и направлена по нормали к плоскости рамки. Сопротивление рамки $R = 0.01$ Ом. Каковую работу A совершает индукционный ток с момента, когда рамка начинает входить в поле, до момента, когда рамка полностью выйдет из поля?

C28. В цепь включены последовательно батарея с ЭДС $\mathcal{E} = 1.2$ В, проводник сопротивлением $R = 1$ Ом и катушка с индуктивностью $L = 1$ Гн. В цепи протекал постоянный ток I_0 . Начиная с некоторого момента, сопротивление изменяют так, чтобы ток уменьшался с постоянной скоростью $\Delta I/\Delta t = 0.2$ А/с. Каково сопротивление R_1 цепи спустя время $t = 2$ с после начала изменения тока? Внутренним сопротивлением батареи пренебречь.

C29. Определить ЭДС самоиндукции \mathcal{E}_s в неподвижной катушке, в которой за время $\Delta t = 0.2$ с энергия магнитного поля равномерно

уменьшилась в $n = 4$ раза. Индуктивность катушки $L = 0.16$ Гн, первоначальный ток в катушке $I = 8$ А.

*C30. Катушка индуктивностью $L = 2.0$ мкГн и сопротивлением $R_0 = 1.0$ Ом подключена (рис. 72) к источнику постоянного тока с ЭДС $\mathcal{E} = 3.0$ В. Параллельно катушке включен проводник с сопротивлением $R = 2.0$ Ом. После того как ток в катушке принимает установившееся значение, источник тока отключается. Найти количество теплоты Q , выделившееся из проводника R в окружающую среду после разрыва цепи. Сопротивлением источника тока и соединительных проводов пренебречь. Температура проводника после разрыва становится равной температуре до разрыва.

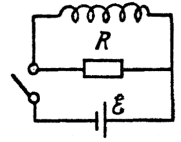


Рис. 72

C31. Две катушки с индуктивностями L_1 и L_2 подключены через ключи K_1 и K_2 к источнику с ЭДС \mathcal{E} и внутренним сопротивлением r (рис. 73). В начальный момент времени оба ключа разомкнуты. После того как ключ K_1 замкнули и ток через катушку L_1 достиг некоторого значения I_0 , замыкают ключ K_2 . Определить установившиеся токи через катушки L_1 и L_2 после замыкания ключа K_2 . Сопротивления катушек пренебречь.

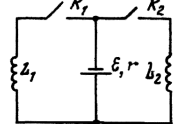


Рис. 73

C32. Конденсатор емкости C , заряженный до разности потенциалов V , через ключ K подключен к двум параллельно соединенным катушкам, с индуктивностями L_1 и L_2 (рис. 74). Если замкнуть ключ K , то через некоторое время конденсатор полностью перезарядится (напряжение на конденсаторе поменяет знак). Какие заряды q_1 и q_2 протекут через катушки за это время? Сопротивления катушек пренебречь.

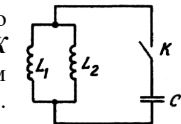


Рис. 74

*C33. В схеме, изображенной на рис. 75, конденсатор емкости C заряжен вначале зарядом q_0 . До какой разности потенциалов V зарядится конденсатор если замкнуть ключ K ? ЭДС батареи равна \mathcal{E} . Внутренним сопротивлением батареи пренебречь. Диод D считать идеальным. Индуктивность L достаточно велика, так что процесс зарядки идет медленно.

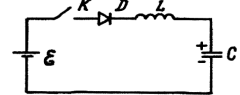


Рис. 75

C34. Конденсатор емкости $C_1 = 1$ мкФ заряжен до разности потенциалов $V_0 = 300$ В. К нему через идеальный диод D и катушку индуктивности L подключают незаряженный конденсатор емкости $C_0 = 2$ мкФ (рис. 76). До какой разности потенциалов V_2 он зарядится после замыкания ключа K ? Индуктивность достаточно велика, так что процесс перезарядки происходит медленно.

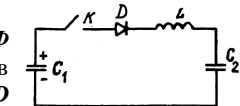


Рис. 76

C35. В цилиндрическом сердечнике радиуса R создано однородное магнитное поле, направленное вдоль оси цилиндра. Индукция магнитного поля изменяется со временем по закону $B = kt$. Найдите напряженность E вихревого электрического поля на расстоянии r от оси цилиндра.

Теория

1. Г.Я. Мякишев - Электродинамика. §§ 5.1-6.6.
2. Б.М. Яворский, А.А. Пинский - Основы физики Т.2. §§ 6.1-7.12.
3. Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев - Физика для углублённого изучения. Т.2. Электродинамика. Оптика. §§ 17-19.
4. Г.С. Ландсберг - Элементарный учебник физики Т.2. §§ 138-150, 156, 157, 164, 165.
5. Д. Джанколи - Физика. Т.2. §§ 30.1-31.6.