

Вектор напряженности

1. На единицу длины тонкого однородно заряженного стержня AB , имеющего форму дуги окружности радиуса R с центром в точке O , приходится заряд λ . Найдите модуль напряженности электрического поля в точке O , если угол AOB равен φ .
2. Кольцо радиуса R из тонкой проволоки имеет однородно распределенный заряд q . Найдите модуль напряженности электрического поля на оси кольца как функцию расстояния y до его центра. Исследуйте E_y при $y \gg R$.
3. Находящийся в вакууме тонкий прямой стержень длины $2b$ заряжен однородно зарядом $q > 0$. Найдите модуль напряженности электрического поля как функцию расстояния r от центра стержня до точки прямой, совпадающей с осью стержня ($r > b$). Исследуйте полученное выражение при $r \gg b$.
4. Тонкий прямой стержень заряжен с линейной плотностью $\lambda = \lambda_0(x/l)^2$, где l длина стержня, x расстояние от конца стержня, λ_0 положительная постоянная. Найдите модуль напряженности электрического поля при $x = 0$.
5. Система состоит из тонкого заряженного проволочного кольца радиуса R и очень длинной однородно заряженной нити, расположенной по оси кольца так, что один из ее концов совпадает с центром кольца. Кольцо имеет заряд $q > 0$. На единицу длины нити приходится заряд $\lambda > 0$. Найдите силу, с которой кольцо действует на нить.

Теорема Гаусса

6. Две однородно заряженные сферы имеют общий центр. Их радиусы равны R и $2R$, заряды соответственно $4q$ и $-q$. Найдите модуль вектора напряженности электрического поля в точках, удаленных на расстояние r от центра сфер. Постройте график зависимости $E(r)$.
7. Шар радиуса R имеет положительный заряд, объемная плотность которого зависит от расстояния r до его центра как $\rho = \rho_0(1 - r/R)$, где ρ_0 - положительная постоянная. Пренебрегая влиянием вещества шара, найдите модуль вектора напряженности электрического поля внутри и вне шара как функцию r .
8. Электрическое поле создано двумя параллельными заряженными тонкими пластинами с поверхностными плотностями заряда $+\sigma$ и -2σ . Площадь каждой пластины S , расстояние между пластинами d значительно меньше их продольных размеров. Определите:
 - а) напряженность электрического поля, созданного этими пластинами,
 - б) силу, с которой одна пластина действует на другую.

9. Поверхность бесконечного длинного кругового цилиндра заряжена однородно с линейной плотностью λ . Определите напряженность электрического поля внутри и вне цилиндра. Полученный результат представьте на графике $E_r(r)$, где E_r - проекция вектора напряженности на ось r , перпендикулярную поверхности цилиндра, с началом отсчета на его оси симметрии.

Потенциал электростатического поля

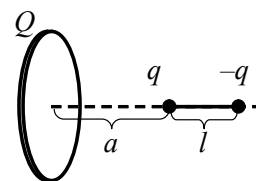
10. Определите потенциал электрического поля бесконечной плоскости, заряженной с поверхностной плотностью σ . Результат представьте в виде графика зависимости $\varphi(x)$, где ось X имеет начало отсчета ($x = 0$) на плоскости и перпендикулярна ей. Считайте, что $\varphi(0) = 0$.
11. Поверхность бесконечно длинного прямого цилиндра радиуса R заряжена однородно поверхностной плотностью σ . Определите напряженность поля $\vec{E}$ и потенциал φ внутри и вне поверхности.
12. Тонкое кольцо радиуса R равномерно заряжено зарядом q . Найдите потенциал электрического поля на оси кольца на расстоянии x от его центра. Воспользовавшись найденной зависимостью $\varphi(x)$, определите напряженность электрического поля на оси кольца. Постройте графики зависимостей потенциала и модуля напряженности электрического поля от координаты x .
13. Тонкий прямой стержень длины l заряжен однородно положительным зарядом q . Найдите потенциал электрического поля в точке, лежащей вне стержня на его оси на расстоянии r от ближайшего конца стержня. Воспользовавшись найденной зависимостью $\varphi(r)$, определите модуль напряженности электрического поля $E(r)$ в точках той же прямой.

Проводники в электрическом поле

14. В однородное электрическое поле $\vec{E}_0$ перпендикулярно силовым линиям внесли тонкую заряженную металлическую пластину. При этом на поверхности пластины, в которую «входят» силовые линии, плотность заряда оказалась равной σ_1 . Найдите поверхностную плотность заряда на другой поверхности пластины.
15. Два металлических шара, радиусы которых r_1 и r_2 , расположены на большом расстоянии друг от друга и соединены тонкой проволокой. Суммарный заряд шаров Q . Определите заряд каждого шара.

Энергия электрического поля

16. Определите электрическую энергию взаимодействия заряженного кольца с диполем, расположенным на его оси, как показано на рис.4. Известны расстояния a , l , заряды Q , q и радиус кольца R .

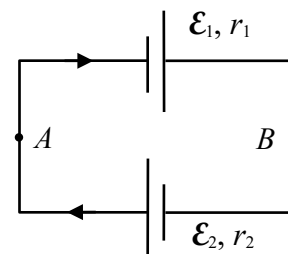


17. Определите работу электрических сил при уменьшении в 2 раза радиуса однородно заряженной сферы. Заряд сферы q , ее первоначальный радиус R .

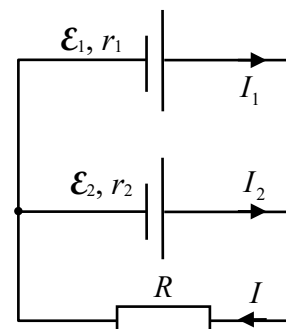
18. Два металлических шара, радиусы которых r и $2r$, а соответствующие заряды $2q$ и $-q$, расположены в вакууме на большом расстоянии друг от друга. Во сколько раз уменьшится электрическая энергия системы, если шары соединить тонкой проволокой?
19. В один шар слились $N = 8$ одинаковых шариков ртути, заряд каждого из которых q . Считая, что в начальном состоянии ртутные шарики находились на большом расстоянии друг от друга, определите, во сколько раз увеличилась электрическая энергия системы.
20. Система состоит из двух концентрических тонких металлических оболочек с радиусами R_1 и R_2 ($R_1 < R_2$) и соответствующими зарядами q_1 и q_2 . Найдите электрическую энергию W системы. Рассмотрите также специальный случай, когда $q_2 = -q_1$.
21. Какая часть электрической энергии заряженного проводящего шара, расположенного в вакууме, заключена в пределах концентрической с шаром воображаемой сферы, радиус которой в n раз больше радиуса шара?

Электрический ток

22. ЭДС и внутренние сопротивления источников в схеме, изображенной на рисунке, известны. Найдите разность потенциалов $\varphi_A - \varphi_B$ в точках A и B .

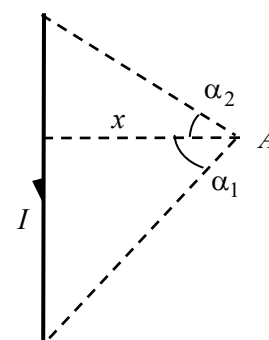


23. В схеме на рис. ЭДС источников $\mathcal{E}_1 = 3$ В, $\mathcal{E}_2 = 6$ В, их внутренние сопротивления $r_1 = 1$ Ом, $r_2 = 2$ Ом. Определите ЭДС $\mathcal{E}$ и внутреннее сопротивление r источника, эквивалентного двум параллельно соединенным источникам.

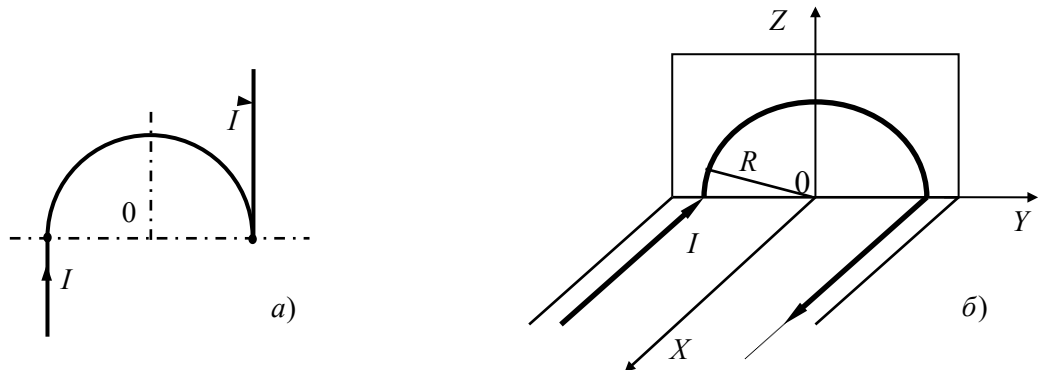


Закон Био-Савара

24. По круговому витку радиуса R из тонкой проволоки циркулирует ток I . Найдите индукцию магнитного поля на оси витка на расстоянии от его центра.
25. Докажите, что в точке A индукция магнитного поля B , создаваемого прямолинейным отрезком тонкого провода с током I , определяется формулой: $B = \frac{\mu_0 I}{4\pi x} (\sin \alpha_1 - \sin \alpha_2)$, где расстояние x и углы α_1 , α_2 , определяют положение точки A относительно отрезка (рис.).



26. Длинный проводник с током I изогнут так, как показано на рис. для случаев а) и б). Радиус изогнутой части проводника R , прямолинейные участки проводника предполагаются очень длинными. Найдите индукцию магнитного поля B в точке 0.

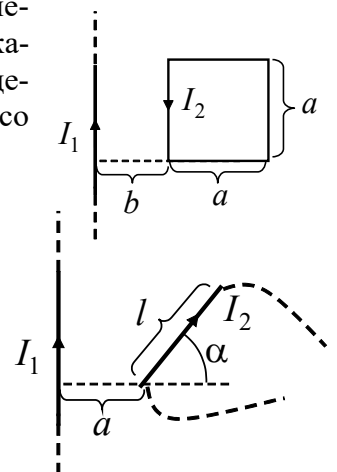


Теорема о циркуляции вектора $\vec{B}$

27. По прямому проводу, радиус сечения которого R , течет постоянный ток плотности $\vec{j}$, однородно распределенный по сечению. Пренебрегая влиянием вещества провода, найдите модуль вектора индукции магнитного поля внутри и вне провода в зависимости от расстояния r до оси провода.
28. По бесконечно длинному прямому проводу круглого сечения радиуса R течет постоянный ток, плотность которого зависит от расстояния r до оси провода по закону $j = kr$, где k – известная постоянная. Пренебрегая влиянием вещества провода, найдите модуль вектора индукции магнитного поля внутри и вне провода в зависимости от r .

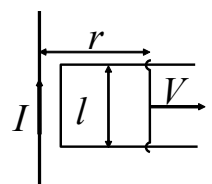
Сила Ампера

29. Прямой длинный провод и квадратная проволочная рамка лежат в одной плоскости на расстоянии b друг от друга, как показано на рисунке. Ток в проводе равен I_1 , ток в рамке I_2 . Определите величину F силы Ампера, которая действует на рамку со стороны провода с током I_1 .
30. Прямой длинный провод и прямой проводник длиной l лежат в одной плоскости. По проводу протекает ток I_1 , а по проводнику – ток I_2 . Известны расстояние a и угол α , определяющие положение проводника относительно провода (рис.). Укажите на рисунке направление силы Ампера, действующей на проводник, и определите величину этой силы.



Электромагнитная индукция

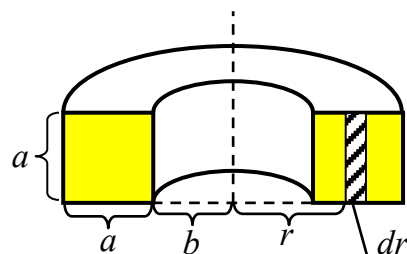
31. Длинный прямой провод с током I и П-образный проводник с подвижной перемычкой расположены в одной плоскости (см. рис.). Перемычку, длина которой l , перемещают вправо с постоянной скоростью V . Найдите ЭДС индукции в контуре как функцию расстояния r .



32. На длинный соленоид, имеющий диаметр сечения $d = 5$ см и содержащий $n = 20$ витков на 1 см длины, плотно надет круговой виток из медного провода сечением $s = 1$ мм² (удельное сопротивление меди $\rho = 16 \cdot 10^{-9}$ Ом·м). Найдите ток в витке, если ток в обмотке соленоида увеличивают с постоянной скоростью $\dot{I} = 100$ А/с. Магнитным полем индукционного тока пренебречь.

Самоиндукция

33. Найдите индуктивность L тороидальной катушки из N витков, внутренний радиус которой равен b , а поперечное сечение имеет форму квадрата со стороной a . Пространство внутри катушки заполнено веществом с магнитной проницаемостью μ .



34. Ток в катушке, индуктивность которой $L = 0,1$ Гн, изменяется со временем t по закону $I = I_0(1 + t^2 / \tau^2)$, где $I_0 = 100$ мА, $\tau = 1$ мс. Определите магнитный поток Φ и ЭДС самоиндукции $\mathcal{E}$ в контуре в момент времени $t = \tau$.

35. Катушка индуктивности $L = 2$ мкГн подключена к источнику постоянной ЭДС $\mathcal{E} = 3$ В. Параллельно катушке включен резистор сопротивлением $R = 2$ Ом (см. рис.). Сопротивление провода катушки $r = 1$ Ом, внутреннее сопротивление источника пренебрежимо мало. Какое количество теплоты выделится после размыкания ключа K : а) во всей цепи; б) в катушке.

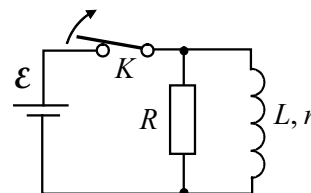


Рис.4

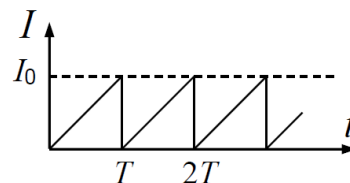
36. По прямому длинному тонкому проводу, расположенному в вакууме, течет постоянный ток I . Определите энергию W магнитного поля, локализованную внутри коаксиального с проводом цилиндрического слоя с внутренним радиусом r_1 , внешним радиусом r_2 и высотой h .

Лектор: Федоренко И.В.

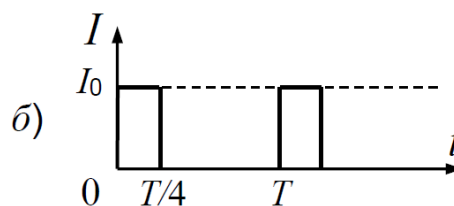
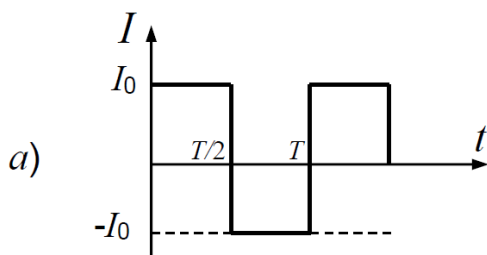
Электрические колебания

37. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L = 25$ мГн, конденсатора емкостью $C = 10$ мкФ и резистора. Определите сопротивление R резистора, если известно, что амплитуда тока в конденсаторе уменьшилась в 4 раза за 16 полных колебаний.

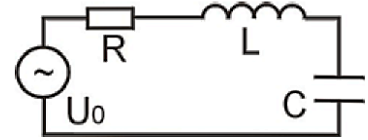
38. Найдите действующее значение силы тока, если ток зависит от времени по закону, показанному на рисунке, а его максимальное значение равно I_0 .



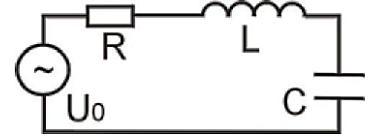
39. Найдите действующие значения для тока, сила которого изменяется по законам, показанным на рисунках:



40. Колебательный контур подключен к источнику синусоидального напряжения с амплитудой $U_0 = 10$ В. Найдите амплитуду напряжения U_L на катушке индуктивности, если амплитуды напряжений на конденсаторе и резисторе равны соответственно $U_C = 2$ В и $U_R = 6$ В.



41. Источник синусоидального напряжения с частотой ω подключили к колебательному контуру. При этом амплитуды напряжений на конденсаторе и катушке индуктивности оказались равными соответственно $U_C = 12$ В и $U_L = 48$ В. Найдите резонансную частоту $\omega_{\text{рез}}$ контура (затухание считать малым).



Электромагнитные волны

42. Вдоль оси x в вакууме установилась стоячая электромагнитная волна, электрическая составляющая которой $E_y(x, t) = E_0 \cos kx \cos \omega t$. Найдите магнитную составляющую волны $B_z(x, t)$.
43. Вдоль оси x в вакууме установилась стоячая электромагнитная волна, электрическая составляющая которой $E_y(x, t) = E_0 \cos kx \cos \omega t$. Найдите проекцию на ось x вектора Пойнтинга $S_x(x, t)$.

Интерференция света

44. Плоская монохроматическая световая волна падает нормально на диафрагму с двумя узкими щелями, отстоящими друг от друга на $d = 2,5$ мм. На экране, расположенном за диафрагмой на расстоянии $l = 100$ см, образуется система интерференционных полос. Если одну из щелей перекрыть стеклянной пластинкой, то полосы сместятся на $x = 5$ мм. Найдите толщину стеклянной пластинки h .
45. Плоско-выпуклая стеклянная линза с радиусом кривизны сферической поверхности R прижата к стеклянной пластинке. Диаметры m -го и $(m + 5)$ -го темных колец Ньютона в отраженном свете равны $d_1 = 1,0$ мм и $d_2 = 1,5$ мм. Определите m .
46. Найдите минимальную толщину пленки с показателем преломления $n = 1,33$, при которой свет с длиной волны $\lambda_1 = 0,64$ мкм испытывает максимальное отражение, а свет с длиной волны $\lambda_2 = 0,4$ мкм не отражается совсем. Угол падения света $\alpha = 30^\circ$.

Дифракция света

47. Плоская монохроматическая световая волна с интенсивностью I_0 падает нормально на непрозрачный экран с круглым отверстием. Какова интенсивность света за экраном в точке, для которой отверстие: а) равно первой зоне Френеля; б) равно внутренней половине первой зоны Френеля; в) сделали равным первой зоне Френеля и затем закрыли его половину (по диаметру)?

48. Плоская световая волна с $\lambda = 0,57 \text{ мкм}$ падает нормально на поверхность стеклянного ($n = 1,60$) диска, который закрывает полторы зоны Френеля для точки наблюдения Р. При какой толщине h этого диска интенсивность света в точке Р будет максимальной?
49. Определите длину волны монохроматического света, падающего нормально на дифракционную решетку с периодом $d = 2,2 \text{ мкм}$, если угол между направлениями на фраунгоферовы максимумы первого и второго порядков равен $\Delta\vartheta = 15^\circ$.
50. Определите длину волны спектральной линии, изображение которой, даваемое дифракционной решеткой в спектре третьего порядка, совпадает с изображением линии с длиной волны $\lambda = 510 \text{ нм}$ в спектре четвертого порядка.

Поляризация света

51. Три одинаковых поляроида расположены друг за другом так, что плоскость пропускания среднего поляроида составляет угол α с плоскостями пропускания двух других поляроидов. Коэффициент пропускания света поляроидом равен k (по амплитуде). Во сколько раз уменьшится интенсивность естественного света при прохождении через эту систему?