

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

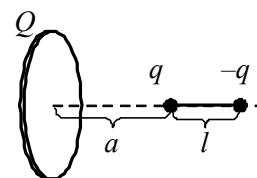
10. Определите потенциал электрического поля бесконечной плоскости, заряженной с поверхностной плотностью σ . Результат представьте в виде графика зависимости $\varphi(x)$, где ось X имеет начало отсчета ($x = 0$) на плоскости и перпендикулярна ей. Считайте, что $\varphi(0) = 0$.
11. Поверхность бесконечно 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 .



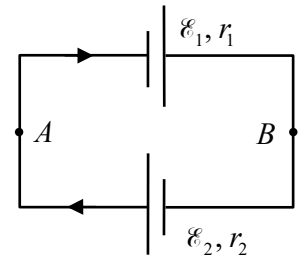
17. Определите работу электрических сил при уменьшении в 2 раза радиуса однородно заряженной сферы. Заряд сферы q , ее первоначальный радиус R .
18. Два металлических шара, радиусы которых r и $2r$, а соответствующие заряды $2q$ и $-q$, расположены в вакууме на большом расстоянии друг от друга. Во сколько 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 рас-

стоянии друг от друга, определите, во сколько раз увеличилась электрическая энергия системы.

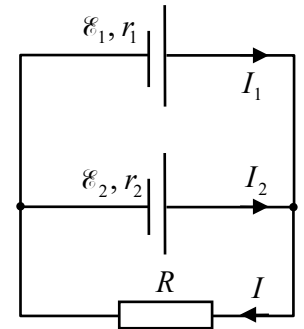
20. Система состоит из двух концентрических тонких металлических оболочек с радиусами R_1 и R_2 ($R_1 < R_2$) и соответствующими зарядами q_1 и q_2 . Найдите электрическую энергию W системы. Рассмотрите также специальный случай, когда $q_2 = -q_1$.
21. Какая часть электрической энергии заряженного проводящего 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 .

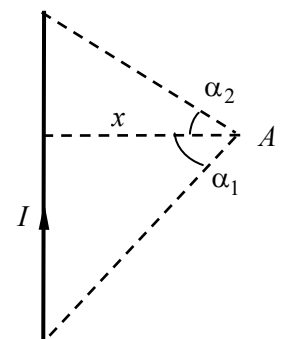


23. В схеме на рис. ЭДС источников $\mathcal{E}_1 = 3$ В, $\mathcal{E}_2 = 6$ В, их внутренние сопротивления $r_1 = 1$ Ом, $r_2 = 2$ Ом. Определите ЭДС \mathcal{E} и внутреннее сопротивление r источника, эквивалентного двум параллельно соединенным источникам.

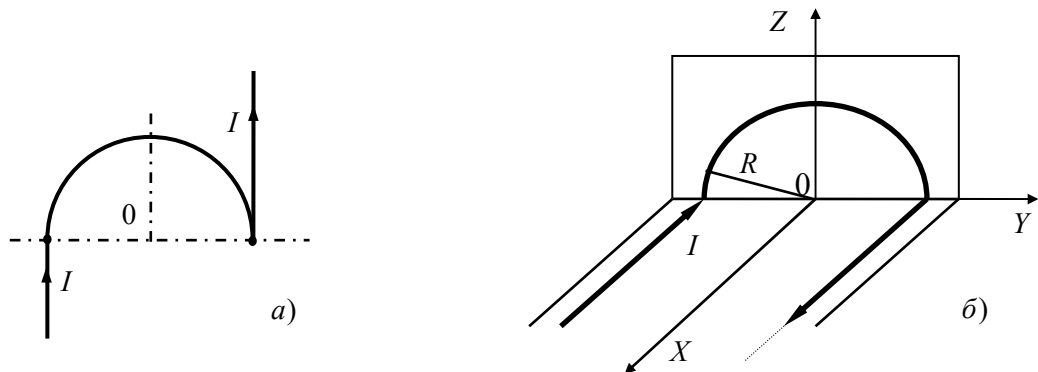


Закон Био-Савара

24. По круговому витку радиуса R из тонкой проволоки циркулирует ток I . Найдите индукцию магнитного поля на оси витка на расстоянии x 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 *a*) и *б*). Радиус изогнутой части проводника R , прямолинейные участки проводника предполагаются очень длинными. Найдите индукцию магнитного поля B в точке O .

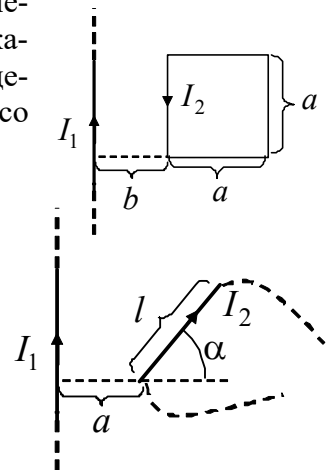


Теорема о циркуляции вектора \vec{B}

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 .

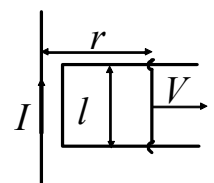
Сила Ампера

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 4

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 $\varepsilon = 3$ 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.

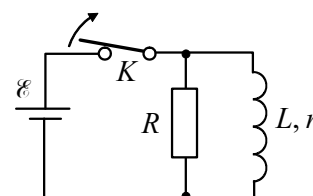
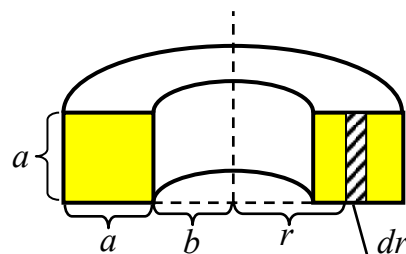
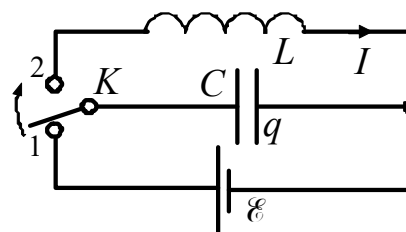


Рис.4

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 .

Электрические колебания 2

37. В схеме, изображенной на рисунке, ключ, первоначально находившийся в положении 1, в момент времени $t = 0$ переводят в положение 2. Пренебрегая сопротивлением катушки и считая известными ЭДС источника \mathcal{E} , индуктивность катушки L и емкость конденсатора C , определите зависимость тока I в контуре от времени.



38. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью $C = 4$ мкФ и катушки индуктивностью $L = 2$ мГн с активным сопротивлением $R = 10$ Ом. Найдите отношение энергии магнитного поля катушки к энергии электрического поля конденсатора в момент максимума тока.

Электромагнитные волны 2

39. В вакууме в положительном направлении оси X распространяется плоская электромагнитная волна частотой $\omega = 3 \cdot 10^9$ с⁻¹. В некоторый момент времени в точке с координатами (0,1 м, 0,2 м, 0,3 м) фаза колебаний вектора напряженности элект-

трического поля равна $\varphi_1 = \pi$. Определите в этот момент времени фазу колебаний φ_2 вектора магнитной индукции в точке с координатами (0,2 м, 0,4 м, 0,6 м).

40. Максимальное значение модуля вектора напряженности электрического поля плоской монохроматической электромагнитной волны в вакууме равно E_m . Определите интенсивность волны (среднее значение модуля вектора Пойнтинга).

Интерференция света

41. Во сколько раз увеличится расстояние между соседними интерференционными полосами на экране в опыте Юнга, если зеленый светофильтр ($\lambda_1 = 0,50$ мкм) заменить красным ($\lambda_2 = 0,65$ мкм)?
42. Плоская монохроматическая световая волна падает нормально на преграду с двумя узкими щелями, отстоящими друг от друга на $d = 2,5$ мм. На экране, расположенном за преградой на расстоянии $l = 100$ см, образуется система интерференционных полос. На какое расстояние и в какую сторону сместятся эти полосы, если одну из щелей перекрыть стеклянной пластинкой толщины $h = 10$ мкм.
43. На тонкую пленку с показателем преломления $n = 1,33$ падает параллельный пучок белого света под углом $\alpha = 52^\circ$. При какой минимальной толщине d пленки зеркально отраженный свет будет наиболее сильно окрашен в желтый цвет ($\lambda_0 = 0,60$ мкм)?
44. Плоско-выпуклая стеклянная линза с радиусом кривизны $R = 40$ см соприкасается выпуклой поверхностью со стеклянной пластинкой. При этом в отраженном свете радиус некоторого кольца равен $r_1 = 2,5$ мм. Наблюдая за этим кольцом, линзу осторожно отодвинули от пластинки на $d = 5$ мкм. Каким стал радиус этого кольца.

Дифракция

45. Между точечным источником света и экраном поместили диафрагму с круглым отверстием, радиус которого r можно менять. Расстояния от диафрагмы до источника и экрана равны $a = 100$ см и $b = 125$ см. Определите длину волны света, если максимум освещенности в центре дифракционной картины на экране наблюдается при $r_1 = 1$ мм, и следующий максимум – при $r_2 = 1,29$ мм.
46. 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)?
47. Свет с длиной волны λ падает нормально на длинную прямоугольную щель ширины b . Найдите угловое распределение интенсивности света при френгоферовой дифракции, а также угловое положение минимумов.
48. При нормальном падении света на дифракционную решетку угол дифракции для линии $\lambda_1 = 0,65$ мкм во втором порядке равен $\theta_1 = 45^\circ$. Найдите угол дифракции θ_2 для линии $\lambda_2 = 0,50$ мкм в третьем порядке.

49. Свет с длиной волны $\lambda = 550$ нм падает нормально на дифракционную решетку. Найдите ее угловую дисперсию под углом дифракции $\varphi = 60^\circ$.
50. Свет, содержащий две спектральные линии с длинами волн 600,000 и 600,050 нм, падает нормально на дифракционную решетку ширины 10,0 мм. Под некоторым углом дифракции θ эти линии оказались на пределе разрешения (по критерию Рэлея). Найдите угол θ .