

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данное пособие представляет собой сборник задач по второй части курса общей физики, предлагаемых студентам инженерных специальностей для самостоятельного решения. Сборник состоит из четырнадцати разделов, содержащих по двадцать задач. Перед решением задач необходимо изучить теорию рассматриваемых явлений, используя материал лекций и учебную литературу [1–4], а также рассмотреть и понять задачи, решённые на аудиторных занятиях и разобранные в качестве примеров в задачниках [5].

Общепринятые требования к оформлению задач:

- после записи номера задачи полностью переписывается её условие;
- вводятся обозначения "Дано:", "Найти:";
- выполняется пояснительный рисунок, на котором должны быть отмечены *все* объекты, упоминаемые в условии и в решении задачи (в редких случаях рисунок не требуется);
- все используемые в решении задачи законы и формулы приводятся полностью, расчётные формулы подробно выводятся, после каждой математической выкладки должно быть дано исчерпывающее пояснение;
- задача решается в общем виде, т.е. выводится конечная расчётная формула, в которую входят только известные величины (промежуточные вычисления допускаются только в том случае, когда решение задачи громоздко);
- по расчётным формулам проверяются размерности искомых величин;
- записывается полный ответ на все вопросы задачи.

Предлагаемое пособие может также применяться в качестве заданий для индивидуальных домашних контрольных работ. В этом случае номера вариантов даёт преподаватель либо используется следующее правило выбора варианта: из каждого раздела студент выбирает одну задачу, номер которой равен порядковому номеру студента в журнале группы. Задачи решаются и сдаются на проверку по мере изучения материала либо по указанию сроков преподавателем. Выполнение домашних контрольных работ входит в обязательный учебный график по физике.

1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД. ЗАКОН КУЛОНА

1.1. Два одинаковых шара имеют массы $m = 10$ г каждый. Какой величины заряды q необходимо поместить на эти шары, чтобы их взаимодействие уравновешивало силы всемирного тяготения, действующие между шарами? Расстояние между шарами достаточно велико по сравнению с их радиусами.

1.2. Какой заряд Q приобрел бы медный шар радиусом $R = 10$ см, если бы удалось удалить из него все электроны проводимости? Считать, что на каждый атом меди приходится один электрон проводимости.

1.3. С какой силой F будут притягиваться два одинаковых свинцовых шарика радиусом $r = 1$ см, расположенные на расстоянии $R = 1$ м друг от друга, если у каждого атома первого шарика отнять по одному электрону и все эти электроны перенести на второй шарик?

1.4. Два маленьких металлических шарика подвешены на непроводящих нитях к одному крючку. Шарики заряжены одинаковыми зарядами $q = 10$ мкКл и находятся на расстоянии $r = 10$ см друг от друга. Что произойдет, если один из шариков разрядить? Какое расстояние установится между ними?

1.5. Два заряженных шарика, подвешенных на нитях одинаковой длины l , опускают в керосин. Какова должна быть плотность материалов ρ шариков, чтобы угол α расхождения нитей в воздухе и в керосине был один и тот же?

1.6. Что больше и во сколько раз для двух электронов: сила их электростатического или гравитационного взаимодействия? При какой массе электронов эти силы смогли бы уравновесить друг друга?

1.7. В центре квадрата, в вершинах которого находится по заряду $q = 7$ нКл, помещён отрицательный заряд Q . Найти величину этого заряда, если результирующая сила, действующая на каждый заряд, равна нулю.

1.8. Расстояние между зарядами $q_1 = 100$ нКл и $q_2 = -50$ нКл равно $a = 10$ см. Определить силу F , действующую на заряд $q_3 = 1$ мкКл, отстоящий на $b = 12$ см от первого заряда и на $c = 10$ см от второго заряда.

1.9. Алюминиевый шарик массой $m = 9$ г, несущий заряд $q = 10^{-9}$ Кл, помещён в масло. Определить величину напряжённости E направленного вверх поля, если известно, что шарик плавает. Плотность масла $\rho = 900$ кг/м³.

1.10. В плоском горизонтально расположенном конденсаторе заряженная капелька ртути находится в равновесии при напряжённости электрического поля $E = 60$ кВ/м. Заряд капли равен $q = 2,4$ мкКл. Найти радиус R капли.

1.11. В электрическом поле горизонтально расположенного плоского конденсатора с расстоянием между пластинами $d = 12$ мм помещена пылинка массой $m = 4 \cdot 10^{-4}$ кг. Разность потенциалов между пластинами $U = 1000$ В. Сколько элементарных зарядов содержится в заряде пылинки?

1.12. Точечный заряд $q = 20$ нКл находится в вакууме на расстоянии $r = 5$ см от заземлённой плоской металлической стенки. Найти силу F , с которой стенка притягивает к себе заряд.

1.13. Шарик массой $m = 100$ мг и зарядом $q = 16,7$ нКл подвешен на нити. На какое расстояние r надо поднести к нему снизу одноимённый и равный ему заряд, чтобы натяжение нити стало равно нулю?

1.14. Положительный заряд $q = 1$ мкКл равномерно вращается вокруг закреплённого равного ему отрицательного заряда по окружности радиусом $r = 1$ м. Найти угловую скорость ω , с которой движется заряд, если его масса $m = 10$ мг.

1.15. С какой силой F взаимодействуют электрон и ядро в атоме водорода? С какой скоростью v движется электрон? Радиус атома $r = 53$ пм, заряд ядра равен элементарному заряду.

1.16. Построить график зависимости силы F взаимодействия между двумя точечными зарядами от расстояния r в интервале $2 \leq r \leq 10$ см через каждые 2 см. Заряды $q_1 = 10$ нКл, $q_2 = 20$ нКл.

1.17. Два шарика одинаковых радиусом R и массой m подвешены на нитях одинаковой длины так, что их поверхности соприкасаются. После сообщения шарикам заряда $q_0 = 0,2$ мкКл они оттолкнулись друг от друга и разошлись на угол $\alpha = 60^\circ$. Найти массу m каждого шарика, если расстояние от центра шарика до точки подвеса $l = 20$ см.

1.18. Два шарика одинаковых радиусом R и массой m подвешены на нитях одинаковой длины так, что их поверхности соприкасаются. Какой заряд q нужно сообщить шарикам, чтобы сила натяжения нитей стала равной $T = 98$ мН? Расстояние от центра шарика до точки подвеса $l = 10$ см; масса каждого шарика $m = 5$ г.

1.19. Два шарика одинаковых радиусом R и массой $m = 16$ г подвешены на нитях одинаковой длины так, что их поверхности соприкасаются. После сообщения шарикам заряда $q_0 = 0,4$ мкКл они оттолкнулись друг от друга и разошлись на угол α . Найти плотность ρ каждого шарика, если после погружения в керосин угол расхождения нитей не изменился. Расстояние от центра шарика до точки подвеса $l = 20$ см.

1.20. Три одинаковых по величине заряда помещены в вершинах равностороннего треугольника. Заряды q_1 и q_2 закреплены, а положительный заряд q_3 подвижен. Определить направление и величину начального ускорения a_0 заряда q_3 для трёх случаев: когда заряды q_1 и q_2 : 1) положительные; 2) отрицательные и 3) противоположные по знаку.

2. НАПРЯЖЁННОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ТОЧЕЧНЫХ ЗАРЯДОВ

2.1. Два точечных заряда $q_1 = 6,7$ нКл и $q_2 = -13,2$ нКл находятся на расстоянии 5 см друг от друга. Найти напряжённость E электрического поля в точке, расположенной на расстоянии 3 см от положительного и 4 см от отрицательного зарядов.

2.2. В трёх вершинах квадрата со стороной $a = 40$ см находятся одинаковые, положительные заряды $q = 5$ нКл каждый. Найти напряжённость E поля в четвёртой вершине.

2.3. Расстояние между двумя точечными зарядами $q_1 = 5$ нКл и $q_2 = -10$ нКл равно $r = 15$ см. Найти напряжённость поля E в точке, находящейся на расстоянии 9 см от положительного заряда и 12 см от отрицательного заряда.

2.4. Определить напряжённость электрического поля около одновалентного иона, радиус которого равен $R = 2 \cdot 10^{-7}$ см. Заряд иона можно считать точечным.

2.5. Найти напряжённость электрического поля в точке, лежащей посередине между точечными зарядами $q_1 = 3$ нКл и $q_2 = 2$ нКл. Расстояние между зарядами равно $a = 10$ см.

2.6. В вершинах шестиугольника расположено три положительных и три отрицательных заряда. Найти результирующую напряжённость поля в центре шестиугольника при различных комбинациях в расположении этих зарядов, если заряд каждого $q = 1,5$ нКл и сторона шестиугольника $a = 3$ см.

2.7. В вершинах правильного треугольника находятся одинаковые заряды, равные $q = 5$ нКл. Найти напряжённость E в точке, находящейся на середине одной из сторон, если её длина $a = 10$ см.

2.8. Два точечных заряда, равные соответственно $q_1 = 5$ нКл и $q_2 = -5$ нКл, находятся на расстоянии $a = 10$ см друг от друга. Определить напряжённость E электрического поля в точке, отстоящей на расстоянии 8 см от одного и 6 см от другого заряда.

2.9. В вершинах квадрата расположены точечные заряды $q_1 = -1$ нКл, $q_2 = 2$ нКл, $q_3 = 3$ нКл, $q_4 = -4$ нКл. Найти напряжённость электрического поля E в центре квадрата. Диагональ квадрата $b = 20$ см.

2.10. В двух вершинах равностороннего треугольника со стороной $a = 6$ см расположены заряды по $q = 7$ нКл каждый. Найти напряжённость E поля в третьей вершине треугольника.

2.11. Кольцо радиусом $R = 5$ см из тонкой проволоки равномерно заряжено зарядом $q = 10$ нКл. Определить: 1) напряжённость поля E в центре кольца; 2) напряжённость E в точке, находящейся на перпендикуляре к плоскости кольца, восстановленном из его центра на расстоянии $a = 5$ см от центра кольца.

2.12. Найти напряжённость E поля в точке, находящейся на одной линии с равномерно заряженной нитью длиной $l = 10$ см, на расстоянии $a = 5$ см от её конца. Линейная плотность заряда нити $\tau = -5$ нКл/м.

2.13. Прямой стержень диаметром $d = 5$ см и длиной $l = 40$ см несёт равномерно распределённый по его поверхности заряд $q = 5 \cdot 10^{-7}$ Кл. Определить напряжённость E поля в точках, находящихся против середины стержня на расстоянии 1 см от поверхности и 1 см от оси стержня.

2.14. Определить напряжённость электрического поля E , созданного диполем, в точке, лежащей на перпендикуляре к плечу диполя на расстоянии 50 см от его центра, если заряд диполя $q = 10^{-8}$ Кл, а плечо диполя $l = 2$ см.

2.15. Найти напряжённость поля E в точке, в которой на заряд $q = 5 \cdot 10^{-9}$ Кл в воздухе действует сила $F = 3 \cdot 10^{-4}$ Н. Найти величину заряда, создающего поле, если рассматриваемая точка удалена от него на расстояние $a = 10$ м.

2.16. Радиус орбиты электрона в атоме водорода $r = 0,5 \cdot 10^{-10}$ м. Найти напряжённость E электрического поля ядра в точках орбиты электрона. Заряд ядра равен элементарному заряду.

2.17. Построить график зависимости напряжённости электрического поля E точечного заряда $q = 1$ нКл от расстояния r в интервале $2 \leq r \leq 10$ см через каждые 2 см. Рассмотреть случаи, когда заряд положительный; когда заряд отрицательный.

2.18. Два заряда, один из которых по модулю в 4 раза больше другого, расположены на расстоянии a друг от друга. В какой точке поля напряжённость равна нулю, если заряды одноименные? разноименные?

2.19. В вершинах равностороннего треугольника со сторонами $a = 10$ см находятся заряды $q_1 = +1$ нКл, $q_2 = +2$ нКл и $q_3 = -2$ нКл. Найти напряжённость поля E в центре треугольника.

2.20. В вершинах правильного треугольника со сторонами $a = 20$ см находятся заряды $q_1 = -1$ нКл, $q_2 = +2$ нКл и $q_3 = -2$ нКл. Найти напряжённость поля в точке, расположенной на середине стороны между отрицательными зарядами.

3. ПОТЕНЦИАЛ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ТОЧЕЧНЫХ ЗАРЯДОВ

3.1. Определить потенциал электрического поля около одновалентного иона, радиус которого равен $R = 2 \cdot 10^{-7}$ см, и на расстоянии $r = 1$ см от него.

3.2. В вершинах правильного треугольника находятся одинаковые заряды, равные $q = 5$ нКл. Найти потенциал φ в точке, находящейся в середине одной из сторон, если её длина $a = 10$ см. Какую надо совершить работу A , чтобы перенести заряд $q_1 = -1$ нКл из этой точки в центр треугольника?

3.3. В двух вершинах правильного треугольника находятся одинаковые заряды, равные $q = 3$ нКл. Найти потенциал φ в точке, находящейся в третьей вершине, если длина стороны треугольника $a = 10$ см. Какую надо совершить работу A , чтобы перенести заряд $q_1 = -1$ нКл из этой вершины в центр треугольника?

3.4. Расстояние между зарядами $q_1 = 1$ нКл и $q_2 = 6,67$ нКл равно $r_1 = 10$ см. Какую работу A надо совершить, чтобы увеличить расстояние между ними до $r_2 = 1$ м? Как при этом изменится потенциальная энергия $W_{\text{п}}$ взаимодействия этих зарядов?

3.5. Шарик массой $m = 40$ мг, имеющий заряд $q = 1$ нКл, перемещается из бесконечности со скоростью $v = 10$ м/с. На какое минимальное расстояние r_{min} может приблизиться шарик к точечному заряду $Q = 1,33$ нКл? Как при этом изменится полная энергия W шарика?

3.6. В прямоугольнике $ABCD$ со сторонами $AB = 5$ см и $BC = 10$ см в вершинах A и D расположены точечные заряды $q_1 = 3$ нКл и $q_2 = -5$ нКл. Найти рабо-

ту A , которую должен совершить точечный заряд $q_3 = -2$ нКл, чтобы переместиться из точки C в точку B .

3.7. В прямоугольнике $ABCD$ со сторонами $AB = 5$ см и $BC = 10$ см в вершинах A и D расположены точечные заряды $q_1 = 2$ нКл и $q_2 = -4$ нКл. Найти работу A , которую должен совершить точечный заряд $q_3 = -1$ нКл, чтобы переместиться из точки C в точку B .

3.8. В прямоугольнике $ABCD$ со сторонами $AB = 5$ см и $BC = 10$ см в вершинах A и C расположены точечные заряды $q_1 = -4$ нКл и $q_2 = -2$ нКл. Найти работу A , которую должен совершить точечный заряд $q_3 = 3$ нКл, чтобы переместиться из точки D в точку B .

3.9. В прямоугольнике со сторонами $AB = 5$ см и $BC = 10$ см в вершинах A и B расположены точечные заряды $q_1 = 3$ нКл и $q_2 = -5$ нКл. Найти работу A , которую должен совершить точечный заряд $q_3 = -1$ нКл, чтобы переместиться из точки C в точку D .

3.10. Два одноименных точечных заряда q_1 и q_2 с массами m_1 и m_2 движутся навстречу друг другу. В момент, когда расстояние между зарядами равно r , они имеют скорости v_1 и v_2 . До какого минимального расстояния r_{\min} сблизятся заряды?

3.11. Электрическое поле создано положительным точечным зарядом q . Потенциал поля в точке, удаленной от заряда на расстояние $r = 12$ см, равен $\varphi = 24$ В. Чему равен и как направлен градиент потенциала $\frac{d\varphi}{dr}$ в этой точке?

3.12. Два электрона движутся из бесконечности навстречу друг другу с относительной скоростью $v_0 = 10^6$ м/с. До какого минимального расстояния r_{\min} могут сблизиться электроны?

3.13. Два точечных заряда $q_1 = 6,7$ нКл и $q_2 = -13,2$ нКл находятся на расстоянии $a = 5$ см друг от друга. Найти потенциал электрического поля φ в точке, расположенной на расстоянии $b = 3$ см от положительного и $c = 4$ см от отрицательного зарядов.

3.14. В трёх вершинах квадрата со стороной $a = 40$ см находятся одинаковые, положительные заряды по $q = 5$ нКл каждый. Найти потенциал электрического поля φ в четвертой вершине. Какую работу A надо совершить, чтобы переместить заряд $q_3 = -1$ нКл из четвертой вершины в центр квадрата?

3.15. Найти потенциал электрического поля φ в точке, в которой напряжённость электрического поля E , созданного двумя точечными зарядами $q_1 = 3$ нКл и $q_2 = -2$ нКл, равна нулю. Расстояние между зарядами равно $r = 10$ см.

3.16. Два одинаковых разноименных точечных заряда $+Q$ и $-Q$ движутся по дуге окружности радиусом R навстречу друг другу. Как при этом будет изменяться напряжённость E и потенциал φ электрического поля в центре окружности?

3.17. В трех вершинах квадрата со стороной $a = 10$ см находятся одинаковые по модулю заряды $q = 1$ нКл. Найти работу A , которую надо совершить, чтобы перенести положительный заряд $Q = 2$ нКл из четвертой вершины в центр квадрата. Рассмотреть случаи различных комбинаций знаков зарядов, создающих поле.

3.18. Два одинаковых точечных заряда q движутся навстречу друг другу. При сближении их на $\Delta r = 1$ м их энергия взаимодействия увеличилась на $\Delta W = 30$ кэВ. Определить знаки и величину зарядов.

3.19. Два протона начинают двигаться в противоположные стороны и на достаточно большом расстоянии друг от друга каждый из них достигает скорости $v = 10^6$ м/с. На каком расстоянии r_0 были протоны изначально?

3.20. До какого минимального расстояния r_{\min} можно сблизить протон и α -частицу, если сообщить им одинаковые кинетические энергии $W = 100$ эВ?

4. ТЕОРЕМА ОСТРОГРАДСКОГО – ГАУССА

4.1. Построить график зависимости напряжённости электрического поля E бесконечно длинного цилиндра радиусом R , заряженного с объемной плотностью γ , от расстояния r от оси цилиндра.

4.2. Построить график зависимости напряжённости электрического поля E шара радиусом R , заряженного с объемной плотностью γ , от расстояния r от центра шара.

4.3. Электрическое поле создано двумя бесконечными параллельными плоскостями с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 2$ нКл/м² и $\sigma_2 = 4$ нКл/м². Определить напряжённость поля E между плоскостями и вне плоскостей, показать графически направление векторов напряжённости.

4.4. Найти напряжённость между двумя бесконечными параллельными пластинами, несущими одинаковый равномерно распределенный по площади заряд с плотностью $\sigma = 10$ мкКл/м². Зависит ли напряжённость от расстояния между пластинами?

4.5. Две длинные параллельные одноименно заряженные нити расположены на расстоянии $r = 0,1$ м друг от друга. Линейная плотность заряда на нитях одинакова и равна $\tau = 10$ Кл/м. Найти значение и направление напряжённости E результирующего электрического поля в точке, находящейся на расстоянии $a = 10$ см от каждой нити.

4.6. С какой силой F , приходящейся на единицу площади, отталкиваются две одноименные заряженные бесконечно протяженные плоскости с одинаковой поверхностной плотностью заряда $\sigma = 2$ мкКл/м²?

4.7. С какой силой F (на единицу длины) отталкиваются две одноименные заряженные бесконечно длинные нити с одинаковой линейной плотностью заряда $\sigma = 5 \cdot 10^{-6}$ Кл/см², находящиеся на расстоянии $r = 3$ см друг от друга?

4.8. Заряд $q = 2$ мкКл равномерно распределен по объему шара радиусом $R = 40$ мм. Найти напряжённость E поля в центре шара и на расстоянии $r = 4$ см от его поверхности.

4.9. Электрическое поле создано точечным зарядом $q = 0,1$ мкКл. Найти поток вектора напряжённости Φ через часть сферической поверхности площадью $S = 20$ см² и радиусом $R = 0,20$ м. Центр сферы совпадает с положением заряда.

4.10. Шарик, имеющий массу $m = 0,4$ г и заряд $q = 4,9$ нКл, подвешен на нити в поле вертикально расположенного конденсатора, заряд которого $Q = 4,43$ нКл и площадь каждой из пластин $S = 50$ см². На какой угол α от вертикали отклонится нить с шариком?

4.11. Одна из пластин воздушного конденсатора закреплена неподвижно, вторая подвешена на пружине жесткости k . Площадь пластин равна S . Насколько удлинится пружина, если конденсатору сообщить заряд Q ?

4.12. Протоны со скоростью v_0 движутся по окружности в цилиндрическом конденсаторе. Во сколько раз нужно изменить разность потенциалов на конденсаторе, чтобы по той же окружности мог двигаться пучок α -частиц с той же скоростью?

4.13. напряжённость электрического поля у поверхности Земли равна $E_0 = 130$ В/м. На высоте $h = 0,5$ км она равна $E_1 = 50$ В/м. Вычислить объемную плотность γ электрических зарядов в атмосфере, считая, что она до высоты h постоянна.

4.14. Шарик, имеющий массу $m = 0,5$ г и заряд $q = 5$ нКл, прикреплен на невесомом непроводящем стержне к вертикально расположенной бесконечно длинной нити, заряженной с линейной плотностью $\tau = 10$ мкКл/м. На какой угол α от нити отклонится стержень с шариком? Длина стержня $l = 30$ см.

4.15. Две концентрические металлические сферы, радиусы которых $R_1 = 2$ см и $R_2 = 4$ см, имеют одноименные заряды $q_1 = 1$ нКл и $q_2 = 4$ нКл соответственно. Найти напряжённость электрического поля E в точках, расположенных на расстояниях $r_1 = 1$ см, $r_2 = 3$ см и $r_3 = 5$ см от центра сфер.

4.16. Два бесконечно длинных концентрических металлических цилиндра, радиусы которых $R_1 = 2$ см и $R_2 = 4$ см, заряжены с линейной плотностью $\tau_1 = 1$ нКл/м и $\tau_2 = -4$ нКл/м соответственно. Найти напряжённость электрического поля E в точках, расположенных на расстояниях $r_1 = 1$ см, $r_2 = 3$ см и $r_3 = 5$ см от оси цилиндров.

4.17. На расстоянии $d = 10$ см от центра сферы, заряженной с поверхностной плотностью заряда $\sigma = 2$ мкКл/м², расположена бесконечно длинная нить, заряженная с линейной плотностью $\tau = 14$ нКл/м. Радиус сферы $R = 3$ см. Найти напряжённость в точке, равноудаленной от центра сферы и нити на расстояние $r = 10$ см.

4.18. На расстоянии $r = 10$ см от центра сферы, заряженной с поверхностной плотностью заряда $\sigma_1 = 40$ нКл/м², расположена бесконечно протяженная плоскость, несущая заряд с поверхностной плотностью $\sigma_2 = -1$ мкКл/м². Радиус сферы $R = 3$ см. Найти напряжённость E в точке, расположенной между центром сферы и плоскостью.

4.19. С какой силой F будут отталкиваться два шара с радиусами $R_1 = 2$ см и $R_2 = 4$ см, заряженных одноименно с поверхностными плотностями заряда $\sigma_1 = 40$ нКл/м² и $\sigma_2 = 60$ нКл/м²? Расстояние между центрами шаров $a = 10$ см.

4.20. Найти напряжённость электрического поля E в точке, равноудаленной на $a = 10$ см от центров двух шаров с радиусами $R_1 = 2$ см и $R_2 = 4$ см, заряженных одноименно с поверхностными плотностями заряда $\sigma_1 = 40$ нКл/м² и $\sigma_2 = 60$ нКл/м². Расстояние между центрами шаров $a = 10$ см.

5. СВЯЗЬ НАПРЯЖЁННОСТИ И ПОТЕНЦИАЛА

5.1. Построить график зависимости потенциала электрического поля φ , созданного сферой радиусом R , заряженной с поверхностной плотностью заряда σ , от расстояния r от центра сферы.

5.2. Построить график зависимости потенциала электрического поля φ , созданного бесконечно длинным цилиндром радиусом R , заряженного с поверхностной плотностью заряда σ , от расстояния r от оси цилиндра.

5.3. Заряд $q = 2$ мкКл равномерно распределен по объему шара радиусом $R = 40$ мм. Найти потенциал поля φ в центре шара, на поверхности и на расстоянии $r = 4$ см от его поверхности.

5.4. Имеется бесконечно длинная прямая нить, заряженная равномерно с линейной плотностью $\tau = 0,4$ мкКл/м. Вычислить разность потенциалов U точек 1 и 2, если точка 2 находится в 2 раза дальше от нити, чем точка 1.

5.5. Два одинаково заряженных шарика, расположенных друг от друга на расстоянии $r = 25$ см, взаимодействуют с силой $F = 1$ мкН. До какого потенциала φ заряжены шарики, если их диаметры $d = 1$ см?

5.6. Какую работу A необходимо совершить при переносе точечного заряда $q = 30$ нКл из бесконечности в точку, находящуюся на расстоянии $r = 10$ см от поверхности заряженного металлического шара? Потенциал на поверхности шара $\varphi_0 = 200$ В, радиус шара $R = 2$ см.

5.7. Поверхность нагретой, отрицательно заряженной нити электрон покидает со скоростью $v_0 = 20$ Мм/с. Какую скорость v он будет иметь на расстоянии $r = 2$ см от него? Линейная плотность заряда нити $\tau = -2$ нКл/м, радиус нити $R = 0,5$ мм.

5.8. Заряд равномерно распределен по бесконечной плоскости с поверхностной плотностью $\sigma = 10$ нКл/м². Определить разность потенциалов U двух то-

чек поля, одна из которых находится на плоскости, а другая удалена от нее на расстояние $r = 10$ см.

5.9. Восемь заряженных водяных капель радиусом $r = 1$ мм каждая сливаются в одну большую каплю. Найти потенциал большой капли, если заряд малой $q = 0,1$ нКл.

5.10. Шарик радиусом $R = 1$ см заряжается до потенциала $\varphi = 1000$ В. Найти массу электронов m , составляющих заряд шарика.

5.11. Электрон с энергией $W = 400$ эВ (в бесконечности) движется вдоль силовой линии по направлению к поверхности металлической заряженной сферы радиусом $R = 10$ см. Определить минимальное расстояние r_{\min} , на которое приблизится электрон к поверхности сферы, если заряд её $q = -10$ нКл.

5.12. Цилиндр радиусом $R = 0,2$ см и длиной $l = 20$ см равномерно заряжен. Поверхностная плотность зарядов на цилиндре $\sigma = 50$ мкКл/м². Какова разность потенциалов U между поверхностью цилиндра и точкой A , равноудаленной от концов цилиндра, если расстояние между точкой A и осью цилиндра: а) $r_1 = 20$ м; б) $r_2 = 0,6$ см?

5.13. Под действием светового излучения с поверхности изолированного металлического шарика радиусом r вылетают электроны с начальными скоростями v , в результате чего шарик заряжается. До какого максимального заряда Q можно таким образом зарядить шарик?

5.14. С поверхности металлического шара радиусом R , несущего на себе заряд $-Q$, вылетает электрон. Скорость электрона на бесконечно большом расстоянии от шара оказалась равной v . С какой скоростью v_0 электрон покинул поверхность шара?

5.15. Из бесконечности к металлической пластине движется точечный заряд q . Определить энергию W взаимодействия заряда и пластины, а также скорость v заряда в тот момент, когда он будет находиться на расстоянии r от пластины. Находясь на бесконечно большом расстоянии от пластины, заряд имел скорость, равную нулю.

5.16. На расстоянии $r_1 = 4$ см от бесконечно длинной заряженной нити находится точечный заряд $q = 0,66$ нКл. Под действием поля заряд приближается к нити до расстояния $r_2 = 2$ см; при этом совершается работа $A = 5$ мкДж. Найти линейную плотность заряда τ на нити.

5.17. Какую работу A (на единицу длины) надо совершить, чтобы сблизить две одноименно заряженные бесконечно длинные нити на расстояние $\Delta r = 1$ см? Линейная плотность заряда на нитях $\tau = 5 \cdot 10^{-6}$ Кл/см.

5.18. Как изменится энергия протона, движущегося в электрическом поле равномерно заряженной бесконечно длинной нити с линейной плотностью заряда $\tau = 4 \cdot 10^{-6}$ Кл/см в течении времени $t = 1$ нс?

5.19. Какую работу A совершит электрическое поле бесконечно протяженной плоскости с поверхностной плотностью заряда $\sigma = 10$ нКл/м² при переме-

щении электрона на расстояние $\Delta r = 10$ см вдоль прямой, образующей угол $\alpha = 60^\circ$ с направлением силовых линий?

5.20. Металлическая сфера радиусом $R = 4$ см заряжена отрицательно до потенциала $\varphi = 100$ В. С какой скоростью v_0 покидает электрон поверхность сферы, если на расстоянии $r = 4$ см от нее его скорость равна $v = 6$ Мм/с?

6. ДВИЖЕНИЕ ЗАРЯДОВ В ОДНОРОДНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

6.1. Электрон, движущийся со скоростью $v = 4 \cdot 10^6$ м/с, влетает в пространство между двумя пластинами. Длина пластин $l = 6$ см. Расстояние между ними $d = 0,5$ см, разность потенциалов $U = 40$ В. На сколько увеличится скорость электрона на выходе его из конденсатора по сравнению с начальной?

6.2. Электрон с начальной скоростью $v_0 = 2000$ км/с движется вдоль однородного поля плоского конденсатора. Какова разность потенциалов на обкладках конденсатора, если электрон останавливается, пройдя путь $S = 1,5$ см? Расстояние между пластинами $d = 5$ см. Сколько времени t будет двигаться электрон до остановки?

6.3. В плоский воздушный конденсатор параллельно пластинам влетает электрон со скоростью $v_0 = 10^6$ м/с. На сколько сместится электрон перпендикулярно пластинам за время движения в конденсаторе, если напряжённость поля между пластинами $E = 1,2$ кВ/м, а длина конденсатора $l = 20$ см?

6.4. Электрон, летевший горизонтально со скоростью $v_0 = 1600$ км/с, влетает в электрическое поле с напряжённостью $E = 90$ В/м, направленное вверх. Какова будет по величине и направлению скорость электрона v через $t = 10^{-9}$ с?

6.5. Электрон влетает в пространство между пластинами плоского конденсатора со скоростью $v_0 = 10^6$ м/с, направленной параллельно пластинам. На сколько приблизится электрон к положительно заряженной пластине за время движения внутри конденсатора, если расстояние между пластинами $d = 6$ см?

6.6. Протон влетает в плоский конденсатор параллельно пластинам со скоростью $v_0 = 10^6$ м/с. Напряжённость поля в конденсаторе $E = 10$ В/см, длина конденсатора $l = 5$ см. Найти величину и направление скорости v протона при вылете из конденсатора.

6.7. Протон влетает в плоский горизонтальный конденсатор параллельно его пластинам со скоростью $v_0 = 120$ км/с. Напряжённость поля в конденсаторе $E = 3$ кВ/м, длина пластин $l = 4$ см. Во сколько раз изменится скорость протона за время движения в конденсаторе?

6.8. Электрон движется в однородном электрическом поле с напряжённостью $E = 10^5$ В/м. Найти среднюю скорость движения электрона за время $t = 1$ мкс, если начальная скорость равна нулю.

6.9. Расстояние между пластинами плоского конденсатора $d = 5$ см. Электрон начинает двигаться от отрицательной пластины в тот момент, когда от положительной пластины начинает двигаться протон. На каком расстоянии x от положительной пластины встретятся электрон и протон?

6.10. Расстояние между пластинами плоского конденсатора $d = 2$ см. От одной из пластин одновременно начинают двигаться протон и α -частица. Какое расстояние x пройдет α -частица за то время, в течение которого протон пройдет весь путь от одной пластины до другой?

6.11. Электрон, пройдя в плоском конденсаторе путь от одной пластины до другой, приобретает скорость $v = 10^6$ м/с. Расстояние между пластинами $d = 5,3$ мм. Найти разность потенциалов U между пластинами, напряжённость E электрического поля внутри конденсатора и поверхностную плотность заряда σ на пластинах.

6.12. Электрон в однородном электрическом поле получает ускорение $a = 10^{12}$ м/с². Найти напряжённость E электрического поля, скорость v , которую получит электрон за время $t = 1$ мкс своего движения, и пройденную за это время разность потенциалов U . Начальная скорость электрона равна нулю.

6.13. Электрон летит от одной пластины плоского конденсатора до другой. Разность потенциалов на конденсаторе $U = 2$ кВ, расстояние между пластинами $d = 6$ мм. Найти ускорение a электрона, скорость v , с которой он подлетает ко второй пластине, и поверхностную плотность заряда σ на пластинах.

6.14. Протон с некоторой начальной скоростью v_0 влетает в плоский горизонтально расположенный конденсатор параллельно пластинам на равном расстоянии от них. Разность потенциалов между пластинами конденсатора $U = 300$ В, расстояние между пластинами $d = 2$ см, длина конденсатора $l = 10$ см. Какова должна быть предельная скорость протона v_0 , чтобы он не вылетел из конденсатора?

6.15. Электрон влетает в плоский горизонтально расположенный конденсатор параллельно пластинам со скоростью $v_0 = 9 \cdot 10^6$ м/с. Разность потенциалов между пластинами $U = 10$ В, расстояние между пластинами $d = 1$ см. Найти нормальное, тангенциальное и полное ускорения электрона через время $t = 10$ нс после начала его движения в конденсаторе.

6.16. Протон и α -частица, ускоренные одной и той же разностью потенциалов U , влетают в плоский конденсатор параллельно пластинам. Во сколько раз отклонение протона полем конденсатора будет больше отклонения α -частицы?

6.17. Электрон движется в плоском горизонтально расположенном конденсаторе параллельно его пластинам со скоростью $v = 3,6 \cdot 10^7$ м/с. Напряжённость поля внутри конденсатора $E = 3,7$ кВ/м, длина его пластин $l = 20$ см. На какое расстояние y сместится электрон в вертикальном направлении под действием электрического поля за время его движения в конденсаторе?

6.18. Протон движется в однородном электрическом поле с напряжённостью $E = 2000$ В/м. Найти среднюю скорость движения протона за время $t = 1$ мкс, если начальная скорость равна нулю.

6.19. Альфа-частица влетает в плоский горизонтально расположенный конденсатор параллельно пластинам со скоростью $v_0 = 10^6$ м/с. Разность потенциалов между пластинами $U = 200$ В, расстояние между пластинами $d = 2$ см. Найти нормальное, тангенциальное и полное ускорения частицы через время $t = 10$ мкс после начала её движения в конденсаторе.

6.20. Протон движется в плоском горизонтально расположенном конденсаторе параллельно его пластинам со скоростью $v = 10^7$ м/с. Напряжённость поля внутри конденсатора $E = 4$ кВ/м, длина его пластин $l = 20$ см. На какое расстояние y сместится протон в вертикальном направлении под действием электрического поля за время его движения в конденсаторе?

7. ЭЛЕКТРОЁМКОСТЬ. ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

7.1. Плоский воздушный конденсатор ($S = 200$ см², $d_1 = 0,3$ см) заряжен до разности потенциалов $U = 600$ В. Какую работу A надо совершить, чтобы увеличить расстояние между обкладками до $d_2 = 0,5$ см, не отключая конденсатор от источника?

7.2. Плоский конденсатор с площадью пластин $S = 30$ см² получил заряд $q = 1$ нКл. Определить ускорение a электрона, пролетающего через такой конденсатор. Как изменится напряжённость E поля, если заполнить конденсатор парафином?

7.3. Тело заряжено до потенциала $\varphi_1 = 50$ В. Соединив его с незаряженным металлическим шаром радиусом $R = 7$ см, получили потенциал $\varphi_2 = 42$ В. Определить ёмкость тела.

7.4. Определить работу A , которую нужно затратить, чтобы увеличить на $\Delta d = 0,2$ м расстояние между пластинами плоского конденсатора, заряженного разноимёнными зарядами величины $q = 200$ нКл. Площадь каждой пластины $S = 400$ см². В зазоре между пластинами находится воздух.

7.5. Разность потенциалов между пластинами плоского конденсатора равна $U = 90$ В. Площадь каждой пластины $S = 60$ см², заряд $q = 10^{-6}$ Кл. Определить расстояние между пластинами d , энергию W и ёмкость C конденсатора.

7.6. Шар, погружённый в масло ($\epsilon = 4$), имеет потенциал $\varphi = 4500$ В и поверхностную плотность заряда $\sigma = 130$ мкКл/м². Найти радиус R , заряд q , ёмкость C и энергию W шара.

7.7. Воздушный конденсатор состоит из двух параллельных пластин площадью $S = 10$ см² каждая. Расстояние между пластинами $d = 15$ мм. Найти поверхностную плотность заряда σ на пластинах, если разность потенциалов между обкладками конденсатора $U = 300$ В.

7.8. Площадь пластин воздушного конденсатора $S = 100 \text{ см}^2$, расстояние между пластинами $d = 5 \text{ мм}$. К пластинам приложена разность потенциалов $U = 600 \text{ В}$. После отключения питания конденсатор погружают в керосин. Какой стала разность потенциалов между пластинами?

7.9. Два шара, ёмкости которых $C_1 = 2 \text{ пФ}$ и $C_2 = 3 \text{ пФ}$, имеющие соответственно заряды $q_1 = 2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ и $q_2 = 1 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$, соединили тонкой проволокой. Определить заряды на шарах после их соединения проволокой. С какого шара будет перетекать заряд?

7.10. Пластины плоского воздушного конденсатора площадью $S = 100 \text{ см}^2$ каждая притягиваются друг к другу с силой $F = 30 \text{ мН}$. Найти: 1) заряды q на пластинах; 2) напряжённость E электрического поля между пластинами; 3) объёмную плотность энергии w поля в конденсаторе.

7.11. Два шара, радиусы которых $R_1 = 6 \text{ см}$ и $R_2 = 8 \text{ см}$, а потенциалы соответственно $\varphi_1 = 120 \text{ В}$ и $\varphi_2 = 60 \text{ В}$, соединяют тонким проводом. Найти потенциалы шаров φ после их соединения и заряд q , перешедший с одного шара на другой.

7.12. Радиус центральной жилы коаксиального кабеля $R_1 = 0,5 \text{ см}$, радиус оболочки $R_2 = 3 \text{ см}$. Разность потенциалов между жилой и оболочкой $U = 1,3 \text{ кВ}$. Вычислить напряжённость электрического поля на расстоянии $r = 2 \text{ см}$ от оси кабеля. Диэлектрик между жилой и оболочкой кабеля имеет диэлектрическую проницаемость $\epsilon = 2,5$.

7.13. Воздушный цилиндрический конденсатор длиной $l = 1 \text{ м}$ имеет радиус внутреннего цилиндра $R_1 = 1,5 \text{ см}$, радиус внешнего $R_2 = 6 \text{ см}$. Какую скорость v получит электрон, пройдя от одной обкладки до другой, если заряд конденсатора $q = 1 \text{ нКл}$.

7.14. Радиус внутреннего шара вакуумного сферического конденсатора $R_1 = 1 \text{ см}$, радиус внешнего шара $R_2 = 4 \text{ см}$. Между шарами приложена разность потенциалов $U = 3 \text{ кВ}$. Какую скорость v получит электрон, приблизившись к центру шаров с расстояния $x_1 = 3 \text{ см}$ до расстояния $x_2 = 2 \text{ см}$?

7.15. Чему будет равен потенциал шара радиусом $R_1 = 2 \text{ см}$, если: 1) сообщить ему заряд $q = 1 \text{ нКл}$; 2) окружить затем его другим шаром радиусом $R_2 = 4 \text{ см}$, соединённым с землей?

7.16. Металлический шар диаметром $D = 2 \text{ м}$ расположен в центре большого помещения и заряжен до потенциала $\varphi = 100\,000 \text{ В}$. Какое количество теплоты Q выделится, если шар соединить проводником с землей?

7.17. В пространство между обкладками плоского конденсатора, где поддерживается постоянная разность потенциалов, вводят диэлектрическую пластину с проницаемостью $\epsilon = 3$. Как изменится сила электростатического взаимодействия между обкладками конденсатора, если толщина пластины составляет половину расстояния между обкладками?

7.18. Напряжения на конденсаторах с ёмкостями C_1 и C_2 равны U_1 и U_2 . Конденсаторы соединяют между собой. Найти энергию W , которая выделится

при перезарядке конденсаторов в двух случаях: а) соединены одноименно заряженные пластины; б) соединены разноименно заряженные пластины.

7.19. Металлический шар радиусом R_1 , имеющий потенциал U_1 , окружат незаряженной сферической проводящей оболочкой радиусом R_2 . Как изменится потенциал φ шара после того, как он будет на некоторое время соединен с оболочкой?

7.20. Металлический шар радиусом R_1 , имеющий потенциал φ_1 , окружат сферической проводящей оболочкой радиусом R_2 . Чему будет равен потенциал шара φ , если оболочку заземлить?

8. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

8.1. Определить плотность тока j в железном проводнике длиной $l = 10$ м, если к его концам приложено напряжение $U = 6$ В.

8.2. На сколько градусов ΔT нагреется медный стержень за время $t = 50$ с, если по нему течёт ток плотностью $j = 4 \cdot 10^{-2}$ А/мм²? Потери теплоты в окружающее пространство не учитывать.

8.3. Определить сопротивление подводящих проводов от источника с напряжением $U = 120$ В, если при коротком замыкании предохранители из свинцовой проволоки площадью сечения $S = 1$ мм² и длиной $l = 2$ см плавятся за $t = 0,03$ с. Начальная температура предохранителя $T_0 = 27^\circ\text{C}$.

8.4. Какое количество электричества q прошло через поперечное сечение проводника, если ток в нем равномерно возрастал от $I_1 = 0$ А до $I_2 = 3$ А в течение $t = 10$ с?

8.5. Имеется миллиамперметр с сопротивлением $R_A = 9,9$ Ом, предназначенный для измерения токов не более 10 мА. Что нужно сделать для того, чтобы этим прибором измерять: а) токи до 1 А, б) напряжения до 1 В?

8.6. Вольтметр, подключаемый к зажимам источника тока с э.д.с. (при разомкнутой внешней цепи), показывает напряжение 3 В, а амперметр в общей части цепи силу тока 1 А. Найдите к.п.д. электрической цепи и ток короткого замыкания.

8.7. Электрический ток передается на расстояние $l = 600$ м по двухпроводной линии из медных проводов сечением $S = 10$ мм². Напряжение в начале линии $U = 240$ В, ток в линии $I = 18$ А. Найти напряжение в конце линии и потерю напряжения в процентах от номинального напряжения $U_n = 220$ В.

8.8. Какова э.д.с. ε источника напряжения, если напряжённость стороннего электрического поля $E = 24$ В/м, а расстояние, проходимое электрическим зарядом вдоль действия сил стороннего поля, равно $r = 0,05$ м?

8.9. Два аккумулятора с э.д.с. $\varepsilon_1 = 1,3$ В и $\varepsilon_2 = 2$ В и внутренним сопротивлением $r_1 = 0,1$ Ом и $r_2 = 0,25$ Ом соответственно соединены параллельно. Найти величину тока I в батарее и напряжение U на её зажимах.

8.10. Генератор постоянного тока с э.д.с. $\varepsilon = 130$ В питает осветительную сеть, состоящую из параллельно включенных десяти ламп сопротивлением по $R_1 = 200$ Ом, пяти ламп по $R_2 = 100$ Ом и десяти ламп по $R_3 = 150$ Ом. Найти ток I нагрузки и напряжение на зажимах генератора, если его внутреннее сопротивление $r = 0,5$ Ом. Сопротивлением проводов пренебречь.

8.11. Насколько изменяется при переходе от зимы к лету сопротивление телеграфной линии, если она проложена железным проводом с поперечным сечением в $S = 10$ мм²? Температура изменяется от $T_1 = -30^\circ\text{C}$ до $T_2 = +30^\circ\text{C}$. Длина провода зимой равна $l = 100$ км. Удельное сопротивление железа зимой $\rho_0 = 8,7 \cdot 10^{-6}$ Ом·см, температурный коэффициент сопротивления $\alpha = 6 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$.

8.12. Источник тока с внутренним сопротивлением r и э.д.с. ε замкнут на три резистора с сопротивлением $3r$ каждый, соединённые последовательно. Во сколько раз изменится сила тока в цепи и напряжение на зажимах источника, если резисторы соединить параллельно?

8.13. До какой температуры нужно нагреть металлический провод, взятый при 0°C , чтобы его сопротивление увеличилось вдвое?

8.14. Сопротивление медной обмотки якоря генератора при температуре $T_1 = 20^\circ\text{C}$ равно $R_1 = 0,040$ Ом. Во время работы сопротивление обмотки увеличилось до $R_2 = 0,044$ Ом. Определить температуру T_2 обмотки генератора во время работы.

8.15. По проводнику сечением $S = 5$ мм² течёт ток $I = 9$ А. Скорость направленного движения свободных электронов $v = 0,282$ мм/с. Какова концентрация n свободных электронов в веществе, из которого сделан проводник?

8.16. Плоский конденсатор с расстоянием между пластинами d , заполненный средой с диэлектрической проницаемостью ε и удельным сопротивлением ρ , включен в цепь с э.д.с. ε и внутренним сопротивлением r . Чему равна напряжённость электрического поля E в конденсаторе, если его ёмкость равна C ?

8.17. По медному проводу сечения $S = 1$ мм² течёт ток $I = 10$ мА. Найти среднюю скорость v упорядоченного движения электронов вдоль проводника. Считать, что на каждый атом меди приходится один электрон проводимости.

8.18. Какова напряжённость поля E в алюминиевом проводнике сечением $S = 1,4$ мм² при силе тока $I = 1$ А?

8.19. Гальванометр имеет сопротивление $R_0 = 200$ Ом, и при силе тока $I_0 = 100$ мкА стрелка отклоняется на всю шкалу. Какое сопротивление R_d надо подключить, чтобы прибор можно было использовать как вольтметр для измерения напряжения до $U = 2$ В? Шунт какого сопротивления $R_{ш}$ надо подключить к этому гальванометру, чтобы его можно было использовать как миллиамперметр для измерения силы тока до $I = 10$ мА?

8.20. Конденсатор ёмкостью $C = 100$ мкФ заряжается до напряжения $U = 500$ В за $\Delta t = 0,5$ с. Каково среднее значение силы зарядного тока I ?

9. РАБОТА И МОЩНОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

9.1. Мощность каждого из пяти одинаковых нагревательных элементов равна $P = 1$ кВт при определенном напряжении U . Какова мощность каждого из них и всех вместе, если они включены последовательно в сеть с этим напряжением?

9.2. В электрической цепи при внешних сопротивлениях $R_1 = 2$ и $R_2 = 0,1$ Ом выделяется одинаковая мощность P . Найти внутреннее сопротивление источника r .

9.3. При подъеме груза массой $m = 760$ кг на высоту $h = 20$ м, электродвигатель, работающий в течение $t = 40$ с под напряжением $U = 380$ В, потребляет силу тока $I = 10$ А. Определить к.п.д. и полезную мощность P , развиваемую двигателем подъемного крана.

9.4. Электрический чайник имеет две нагревательные спирали. При включении одной из них вода в чайнике закипает через $t_1 = 8$ мин, при включении другой — через $t_2 = 24$ мин. Через какое время t будет закипать вода в чайнике, если спирали соединить: а) последовательно; б) параллельно?

9.5. Воздух, находящийся в закрытом сосуде ёмкостью $V = 1$ л при нормальных условиях, нагревается электрическим нагревателем, рассчитанным на ток силой $I = 0,2$ А и напряжение $U = 10$ В. Через сколько времени t давление в сосуде повысится до $p = 1$ МПа? К.п.д. нагревателя 50%.

9.6. В комнате горит лампочка мощностью в $P_1 = 60$ Вт и включается электронагревательный прибор мощностью в $P_2 = 240$ Вт. Напряжение в магистрали $U = 120$ В. Сопротивление проводов, соединяющих находящиеся в комнате приборы с магистралью, $R_0 = 6$ Ом. Насколько изменится напряжение ΔU , подводимое к лампочке, при включении нагревательного прибора?

9.7. Сколько параллельно включённых электрических лампочек, рассчитанных на $U = 100$ В и потребляющих мощность в $P = 50$ Вт каждая, могут гореть полным накалом при питании их от аккумуляторной батареи с э.д.с. $\varepsilon = 120$ В и внутренним сопротивлением $r = 10$ Ом?

9.8. В сеть, проложенную медным проводом с поперечным сечением $S_1 = 2$ мм², поставлен предохранитель из свинцовой проволоки с сечением $S_2 = 0,2$ мм². При коротком замыкании сила тока достигла $I = 30$ А. Определить, через сколько времени Δt после короткого замыкания начнёт плавиться свинцовый предохранитель. На сколько градусов ΔT за это же время нагреются медные провода? Потерями тепла вследствие теплопроводности пренебречь. Считать удельную теплоёмкость свинца постоянной. Температура проводов до замыкания $T_0 = 20^\circ\text{C}$.

9.9. Нагреватель кипятильника состоит из четырёх секций, каждая имеет сопротивление $R = 1$ Ом. Нагреватель питают от аккумуляторной батареи с э.д.с. $\varepsilon = 8$ В и внутренним сопротивлением $r = 1$ Ом. Как нужно включить элементы нагревателя, чтобы вода в кипятильнике нагрелась быстрее? Какова при этом мощность P , расходуемая аккумулятором?

9.10. Определить массу m меди, нужной для устройства двухпроводной линии длиной $l = 5$ км. Напряжение на шинах станции $U = 2400$ В. Передаваемая потребителю мощность $N = 60$ кВт. Допускаемая потеря напряжения в проводах равна 8%.

9.11. Во сколько раз следует повысить напряжение источника, чтобы потери мощности (в линии передачи от источника к потребителю) снизить в 100 раз при условии постоянства отдаваемой генератором мощности?

9.12. От источника, разность потенциалов на клеммах которого $U = 100$ кВ, требуется передать мощность $P = 5$ МВт на расстояние 5 км. Допустимая потеря напряжения в проводах 1%. Рассчитайте минимальное сечение S алюминиевого провода, пригодного для этой цепи.

9.13. С каким к.п.д. работает свинцовый аккумулятор, э.д.с. которого $\varepsilon = 2,15$ В, если во внешней цепи, обладающей сопротивлением $R = 0,25$ Ом, идёт ток $I = 5$ А? Какую максимальную полезную мощность P_{\max} может отдать аккумулятор во внешнюю цепь? Как при этом изменится его коэффициент полезного действия?

9.14. К батарее с э.д.с., равной ε , и внутренним сопротивлением r подключён реостат с максимальным сопротивлением $R > r$. Построить график зависимости от R следующих величин: а) мощности P_1 , рассеиваемой внутри источника, б) всей выделяющейся в цепи мощности P , в) мощности P_2 , выделяемой во внешней цепи.

9.15. На сколько процентов изменится мощность P , потребляемая электромагнитом, обмотка которого выполнена из медной проволоки, при изменении температуры от $T_1 = 0^\circ$ до $T_2 = 30^\circ\text{C}$?

9.16. На баллоне электрической лампы написано 220 В, 100 Вт. Для измерения сопротивления нити накала в холодном состоянии на лампу подали напряжение $U = 2$ В, при этом сила тока была $I = 54$ мА. Найти температуру накала T вольфрамовой нити.

9.17. Какой длины l надо взять никелевую проволоку сечением $S = 1$ мм², чтобы изготовить нагреватель на $U = 220$ В, при помощи которого можно было бы нагреть $V = 2$ л воды от $T_0 = 20^\circ\text{C}$ до кипения за $\Delta t = 10$ мин при к.п.д. 80%?

9.18. Электрокипятильник со спиралью сопротивлением $R = 160$ Ом поместили в сосуд, содержащий $V = 0,5$ л воды при $T_0 = 20^\circ\text{C}$, и включили в сеть напряжением $U = 220$ В. Через $\Delta t = 20$ мин кипятильник выключили. Сколько воды выкипело, если к.п.д. спирали 80%?

9.19. Сила тяги электровоза при скорости $v = 13$ м/с равна $F = 380$ кН. Найти к.п.д. электровоза, если напряжение контактной сети $U = 3$ кВ и сила тока в обмотке каждого из восьми двигателей равна $I = 230$ А.

9.20. От генератора с э.д.с. $\varepsilon = 40$ В и внутренним сопротивлением $r = 0,04$ Ом ток поступает по медному кабелю сечением $S = 170$ мм² к месту электросварки, удалённому от генератора на $l = 50$ м. Найти напряжение U на зажимах генератора и на сварочном аппарате, если сила тока в цепи равна $I = 200$ А. Какова мощность P сварочной дуги?

10. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ТОКА

10.1. Максимальный вращающий момент, действующий на рамку площадью $S = 1 \text{ см}^2$, находящуюся в магнитном поле, равен $M = 2 \text{ мкН}\cdot\text{м}$. Сила тока, текущего в рамке, $I = 0,5 \text{ А}$. Найти напряжённость магнитного поля H и магнитный момент p_m рамки с током.

10.2. Плоская прямоугольная катушка из $N = 200$ витков со сторонами 10 и 5 см находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,05 \text{ Тл}$. Какой максимальный вращающий момент может действовать на катушку в этом поле, если сила тока в катушке $I = 2 \text{ А}$?

10.3. По двум бесконечно длинным параллельным проводникам текут токи силой $I_1 = 5 \text{ А}$ и $I_2 = 10 \text{ А}$ в противоположных направлениях. Расстояние между проводниками равно $d = 50 \text{ мм}$. Определить магнитную индукцию B и напряжённость H магнитного поля в точке, удаленной на расстояние $r_1 = 40 \text{ мм}$ от первого и $r_2 = 30 \text{ мм}$ от второго провода.

10.4. Ток $I = 10 \text{ А}$ идет по длинному проводу, согнутому под прямым углом. Найти напряжённость магнитного поля H в точке, лежащей на биссектрисе угла и отстоящей от вершины угла на расстояние 20 см .

10.5. Два круговых витка расположены в двух взаимно перпендикулярных плоскостях так, что центры витков совпадают. Радиус каждого витка $R = 6 \text{ см}$, токи, текущие по виткам $I = 10 \text{ А}$. Найти напряжённость магнитного поля H в общем центре этих витков.

10.6. По круговому витку диаметром $D = 10 \text{ см}$ течёт ток силой $I_1 = 10 \text{ А}$. В плоскости витка расположен длинный прямолинейный проводник с током $I_2 = 6,28 \text{ А}$, который совпадает по направлению с касательной к круговому току. Определить напряжённость H поля в центре витка.

10.7. По двум длинным прямолинейным проводам, находящимся на расстоянии $d = 5 \text{ см}$ друг от друга, текут токи $I = 10 \text{ А}$ в каждом. Определить напряжённость поля H , создаваемого токами в точке, лежащей посередине между проводами для случаев: а) провода параллельны, токи текут в противоположных направлениях; б) провода параллельны, токи текут в одном направлении; в) провода перпендикулярны, токи направлены произвольно.

10.8. Определить индукцию магнитного поля, создаваемого отрезком прямого провода, в точке, равноудаленной от концов отрезка и находящиеся на расстоянии $a = 20 \text{ см}$ от его середины. Сила тока в проводе $I = 30 \text{ А}$, длина его $l = 10 \text{ см}$.

10.9. По проводнику, согнутому в виде квадратной рамки со стороной $a = 10 \text{ см}$, течёт ток $I = 5 \text{ А}$. Определить индукцию магнитного поля B в центре квадрата.

10.10. По контуру в виде кольца радиусом R течёт ток I . Определить индукцию магнитного поля в произвольной точке, лежащей на перпендикуляре, восстановленном к плоскости кольца из его центра.

10.11. В центре кругового проволочного витка создаётся магнитное поле напряжённостью H при разности потенциалов U_1 на концах витка. Какую надо приложить разность потенциалов U_2 , чтобы получить такую же напряжённость магнитного поля в центре витка вдвое большего радиуса, сделанного из той же проволоки?

10.12. По проволоке, согнутой в виде правильного n -угольника, вписанного в окружность радиусом R , пропускается ток силы I . Найти магнитную индукцию B в центре многоугольника. Исследовать полученное выражение для случая $n \rightarrow \infty$.

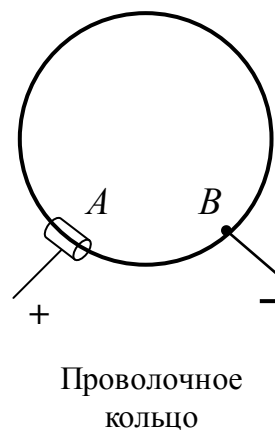
10.13. Два бесконечно длинных проводника находятся на расстоянии $d = 20$ см друг от друга. Сила тока в них $I_1 = 24$ А и $I_2 = 16$ А. Найти геометрическое место точек, в которых напряжённость магнитного поля равна нулю при различных направлениях токов в проводниках.

10.14. Ток в $I = 20$ А протекает по кольцу и создает напряжённость в центре контура величиной $H = 200$ А/м. Какова разность потенциалов U , приложенная к концам этого контура, если сечение проводника $S = 1$ мм², а его удельное сопротивление $\rho = 17$ нОм·м?

10.15. Найти напряжённость H магнитного поля, создаваемого отрезком AB прямолинейного проводника с током, в точке C , расположенной на перпендикуляре к середине этого отрезка на расстоянии $a = 5$ см от него. По проводнику течёт ток $I = 20$ А. Отрезок AB проводника виден из точки C под углом 60° .

10.16. Найти индукцию магнитного поля B , создаваемого отрезком AB прямолинейного проводника с током, в точке C , расположенной на перпендикуляре к середине этого отрезка на расстоянии $a = 6$ см от него. По проводнику течёт ток $I = 30$ А, и отрезок проводника виден из точки C под углом 90° .

10.17. К двум точкам A и B проволочного кольца, изображённого на рисунке, подведены идущие радиально провода, соединённые с весьма удалённым источником тока. Один из контактов подвижен (точка A). Как меняются напряжённость и индукция магнитного поля в центре кольца при перемещении подвижного контакта по кольцу?



10.18. Требуется получить напряжённость магнитного поля $H = 1$ кА/м в соленоиде длиной $l = 20$ см и диаметром $D = 5$ см. Найти число ампер-витков IN , необходимое для этого соленоида, и разность потенциалов U , которую надо приложить к концам обмотки из медной проволоки диаметром $d = 0,5$ мм. Считать поле соленоида однородным.

10.19. По бесконечной прямолинейной тонкостенной трубе течёт ток I . Определить напряжённость магнитного поля в произвольной точке внутри трубы.

10.20. По проволочной рамке, имеющей форму правильного шестиугольника, идет ток $I = 2$ А. При этом в центре рамки образуется магнитное поле напряжённостью $H = 33$ А/м. Найти длину проволоки, из которой сделана рамка.

11. ЗАКОН АМПЕРА. РАБОТА ПО ПЕРЕМЕЩЕНИЮ ПРОВОДНИКА С ТОКОМ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

11.1. Два параллельных проводника длиной $l = 2,8$ м находятся на расстоянии $r = 12$ см один от другого и притягиваются с силой $F = 3,4$ мН. Сила тока в одном из них равна $I_1 = 58$ А. Определить силу тока I_2 в другом проводнике. Каково направление токов в проводниках?

11.2. Два параллельных провода длиной $l = 60$ м подвешены на столбах на расстоянии $r = 0,6$ м один от другого. Определить силу F , с которой взаимодействуют провода, если в каждом из них течёт ток силой $I = 50$ А. Чему равна индукция B магнитного поля в средней точке между проводами?

11.3. По параллельным проводникам, расположенным на расстоянии $r = 4$ см друг от друга, текут токи $I_1 = 25$ А и $I_2 = 5$ А. Найти длину участка проводника l , на который действует сила $F = 1,2$ мН.

11.4. По двум параллельным проводам длиной $l = 1$ м каждый текут токи одинаковой силы. Расстояние между проводами $r = 1$ см, сила взаимодействия токов $F = 10^{-2}$ Н. Какова сила тока I в проводах? Найти напряжённость магнитного поля H между проводами, если по ним текут токи одного направления.

11.5. В однородном вертикальном магнитном поле с индукцией $B = 10$ мТл находится свободно подвешенный горизонтальный прямолинейный медный проводник. Площадь поперечного сечения $S = 4$ мм². С каким ускорением a проводник начнёт выталкиваться из поля, если по нему потечет ток $I = 8,9$ А?

11.6. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,5$ Тл равномерно и перпендикулярно полю движется проводник длиной $l = 10$ см со скоростью $v = 0,2$ м/с. По проводнику течёт ток силой $I = 2$ А. Определить работу A перемещения проводника за время $t = 10$ с и мощность N , расходуемую на это перемещение.

11.7. Какую работу A надо совершить для перемещения на $d = 20$ см проводника длиной $l = 40$ см, по которому течёт ток силой $I = 20$ А? Скорость движения проводника направлена под углом $\alpha = 30^\circ$ к линиям индукции поля.

11.8. Два длинных горизонтальных провода с током расположены параллельно друг другу на расстоянии $d = 8$ мм один от другого, причем верхний проводник закреплен жёстко, а нижний свободно висит в воздухе. Какой силы и какого направления должен течь ток I_1 по верхнему проводу, чтобы удержать нижний провод в равновесии, если сила тока в нижнем проводе $I_2 = 1$ А? Вес 1 м длины нижнего провода равен $2,5$ мН/м.

11.9. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,01$ Тл помещён прямой проводник длиной $l = 20$ см (подводящие провода находятся вне поля). Определить силу, действующую на проводник, если по нему течёт ток $I = 50$ А, а угол между направлением тока и вектором магнитной индукции равен $\alpha = 30^\circ$.

11.10. Между полюсами электромагнита создаётся однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,1$ Тл. По проводу длиной $l = 70$ см, помещённому перпендикулярно к направлению магнитного поля, течёт ток $I = 70$ А. Найти силу F , действующую на провод.

11.11. Два прямолинейных длинных проводника находятся на расстоянии $r_1 = 10$ см друг от друга. По проводникам в одном направлении текут токи $I_1 = 20$ А и $I_2 = 30$ А. Какую работу надо совершить (на единицу длины проводников), чтобы раздвинуть эти проводники до расстояния $r_2 = 20$ см?

11.12. Два прямолинейных длинных проводника находятся на некотором расстоянии друг от друга. По проводникам текут одинаковые токи в одном направлении. Найти токи I , текущие по проводникам, если известно, что для того, чтобы раздвинуть эти проводники на вдвое большее расстояние, пришлось совершить работу (на единицу длины проводников) $A = 55$ мкДж.

11.13. Между полюсами электромагнита, создающего однородное магнитное поле с индукцией $B = 1$ Тл, горизонтально расположены металлические рельсы на расстоянии $d = 10$ см друг от друга. С каким ускорением a будет скользить по рельсам стальной стержень массы $m = 50$ г, если по нему пропустить ток $I = 10$ А? Коэффициент трения стержня о рельсы $\mu = 0,1$.

11.14. Проводник длиной $l = 1$ м и сопротивлением $R = 2$ Ом находится в горизонтальном однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,1$ Тл. Проводник подключен к источнику постоянного тока с э.д.с. $\varepsilon = 1$ В. Какова сила тока в проводнике, если: а) проводник покоится; б) проводник движется перпендикулярно полю вправо со скоростью $v = 4$ м/с; в) влево с той же скоростью?

11.15. В однородном вертикальном магнитном поле с индукцией $B = 20$ мТл находится свободно подвешенный горизонтально прямолинейный медный проводник. Площадь поперечного сечения $S = 1$ мм². Найти скорость v проводника через $t = 1$ с, если по нему потечёт ток $I = 10$ А?

11.16. Два прямолинейных длинных проводника находятся на расстоянии $r_1 = 20$ см друг от друга. По проводникам в одном направлении текут токи $I_1 = 10$ А и $I_2 = 15$ А. Какую работу надо совершить (на единицу длины проводников), чтобы сдвинуть эти проводники до расстояния $r_2 = 10$ см?

11.17. Два параллельных проводника длиной $l = 3$ м находятся на расстоянии $r = 10$ см друг от друга и притягиваются с силой $F = 5$ мН. Сила тока в одном из них равна $I_1 = 50$ А. Определить силу тока в другом проводнике. Каково направление токов в проводниках?

11.18. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,1$ Тл равномерно движется проводник длиной $l = 20$ см со скоростью $v = 0,2$ м/с, направленной под углом $\alpha = 30^\circ$ к линиям индукции. По проводнику течёт ток силой $I = 2$ А. Определить работу перемещения проводника за время $t = 10$ с и мощность N , расходуемую на это перемещение.

11.19. Два параллельных провода длиной $l = 50$ м расположены на расстоянии $r_1 = 1$ м один от другого. Определить силу, с которой взаимодействуют провода, если в каждом из них течёт ток силой $I = 50$ А. Какую работу надо совершить, чтобы раздвинуть эти провода на расстояние $r_2 = 2$ м?

11.20. Стержень длиной $l = 20$ см имеет возможность перемещаться в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,2$ Тл перпендикулярно силовым линиям. Ток какой силы пропускают по стержню, если при перемещении его вдоль линий индукции на $r = 1$ м источник тока совершил работу $A = 40$ мДж.

12. СИЛА ЛОРЕНЦА. ДВИЖЕНИЕ ЗАРЯДОВ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

12.1. Протон, ускоренный разностью потенциалов $U = 300$ В, движется перпендикулярно однородному магнитному полю с индукцией $B = 1$ Тл. Найти силу F , действующую на протон и радиус R его траектории.

12.2. Пройдя ускоряющую разность потенциалов $U = 3,52$ кВ, электрон влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции. Индукция поля $B = 0,01$ Тл, радиус траектории $R = 2$ см. Определить удельный заряд электрона.

12.3. Заряженная частица движется в магнитном поле по окружности радиусом $R = 4$ см со скоростью $v = 2,0$ м/с. Индукция поля равна $B = 0,4$ Тл. Найти заряд частицы, если известно, что её энергия равна $W = 32$ кэВ.

12.4. Электрон движется перпендикулярно магнитному полю с напряжённостью $H = 400$ А/м со скоростью $v = 10^6$ м/с. Определить нормальное, тангенциальное и полное ускорения электрона, радиус его траектории и период обращения.

12.5. Электрон, ускоренный разностью потенциалов $U = 300$ В, влетает в магнитное поле напряжённостью $H = 10$ А/м перпендикулярно силовым линиям. Найти радиус кривизны R траектории и ускорение a электрона.

12.6. Протон влетел в однородное магнитное поле с напряжённостью $H = 2 \cdot 10^{-2}$ А/м и начал двигаться по окружности радиусом $R = 3$ см. Найти импульс протона.

12.7. Винтовая линия, по которой движется электрон в однородном магнитном поле, имеет диаметр $D = 80$ мм и шаг $h = 200$ мм. Индукция поля $B = 5$ мТл. Определить скорость v электрона.

12.8. Электрон движется в магнитном поле с индукцией $B = 10$ мТл по винтовой линии радиусом $R = 1$ см и шагом $h = 6$ см. С какой скоростью и под каким углом к направлению силовых линий электрон влетел в магнитное поле?

12.9. Альфа-частица прошла ускоряющую разность потенциалов $U = 100$ В и влетела в скрещенные под прямым углом электрическое ($E = 10$ кВ/м) и магнитное ($B = 0,1$ Тл) поля. Найти отношение заряда частицы q к её массе m , если, двигаясь перпендикулярно обоим полям, частица не испытывает отклонений от прямолинейной траектории.

12.10. Заряженная частица влетела в магнитное поле с индукцией $B = 1$ Тл и описала дугу радиусом $R = 10$ см. Найти удельный заряд частицы, если её скорость $v = 9,6$ Мм/с.

12.11. Однородное электрическое и магнитное поля расположены взаимно перпендикулярно, $E = 1$ кВ/м, $B = 1$ мТл. Определить скорость электрона v , если известно, что траектория его оказалась прямолинейной.

12.12. Электрон, ускоренный разностью потенциалов $U = 6$ кВ, влетает в однородное магнитное поле под углом 30° к направлению поля и начинает двигаться по спирали. Индукция магнитного поля $B = 0,13$ Тл. Найти радиус R и шаг спирали h .

12.13. Альфа-частица, ускоренная разностью потенциалов $U = 400$ В, влетает в однородное магнитное поле с индукцией $B = 1$ Тл перпендикулярно силовым линиям. Найти радиус траектории частицы R , период обращения T и момент импульса L .

12.14. Электрон прошел ускоряющую разность потенциалов $U = 300$ В и, попав в однородное магнитное поле с индукцией $B = 47$ мТл, стал двигаться по винтовой линии с шагом $h = 6$ см. Определить радиус R винтовой линии.

12.15. Какая сила F действует на протон, движущийся со скоростью $v = 10$ Мм/с в магнитном поле с напряжённостью $H = 1$ мА/м перпендикулярно линиям индукции? Параллельно силовым линиям?

12.16. В однородное магнитное поле с индукцией $B = 10$ мТл перпендикулярно линиям индукции влетает электрон с кинетической энергией $W = 30$ кэВ. Каков радиус кривизны R траектории движения электрона в поле?

12.17. Протон и альфа-частица влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции. Сравнить радиусы окружностей, которые описывают частицы, если у них одинаковы: а) скорости; б) энергии.

12.18. Пучок однозарядных ионов попадает в область пространства, где имеется однородное электрическое поле с напряжённостью $E = 100$ В/м и однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,02$ Тл. Поля перпендикулярны друг другу и пучку ионов. Ионы проходят эти скрещенные поля без отклонения и проникают через щель в область однородного магнитного поля с индукцией $B' = 0,09$ Тл, направленной перпендикулярно движению ионов. Если ионы представляют собой смесь с массами, равными 20 и 22 атомным единицам массы, то, на каком расстоянии друг от друга эти ионы окажутся, пройдя половину окружности?

12.19. Электрон, ускоренный разностью потенциалов $U = 300$ В, движется параллельно прямолинейному длинному проводу на расстоянии $d = 4$ мм от него. Какая сила F подействует на электрон, если по проводнику пустить ток $I = 5$ А? По какой траектории будет двигаться электрон?

12.20. Электрон, ускоренный разностью потенциалов $U = 1$ кВ, влетает в однородное магнитное поле, направление которого перпендикулярно направлению его движения. Индукция магнитного поля $B = 1,19$ мТл. Найти радиус окружности R , по которой движется электрон, период обращения T и момент импульса L электрона.

13. МАГНИТНЫЙ ПОТОК. ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ

13.1. Проводник длиной $l = 40$ см движется в магнитном поле со скоростью $v = 5$ м/с перпендикулярно линиям индукции. Разность потенциалов между концами проводника $U = 0,6$ В. Вычислить индукцию B магнитного поля.

13.2. Самолёт с размахом крыльев $l = 25$ м летит горизонтально со скоростью $v = 1080$ км/ч в магнитном поле Земли, вертикальная составляющая напряжённости которого $H_B = 2,8$ А/м. Найти разность потенциалов U на концах крыльев самолёта.

13.3. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,1$ Тл равномерно вращается рамка, содержащая $N = 1000$ витков. Площадь рамки $S = 150$ см². Рамка вращается с частотой $n = 10$ об/с. Определить мгновенное значение э.д.с. ε индукции, соответствующее фазе $\varphi = 30^\circ$, и её максимальное значение ε_{\max} .

13.4. Соленоид имеет $N = 80$ витков и диаметр $D = 8$ см. Он находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 6$ мТл. В течение $t = 0,2$ с соленоид поворачивается на угол 180° . Найти среднее значение э.д.с. ε , возникающей в соленоиде.

13.5. Какая средняя э.д.с. ε индукции возникает в проводящем контуре, радиус которого $R = 5$ см, если он расположен перпендикулярно силовым линиям магнитного поля с индукцией $B = 0,02$ Тл, которое исчезает за $t = 0,04$ с?

13.6. Алюминиевое кольцо расположено в магнитном поле так, что его плоскость перпендикулярна вектору магнитной индукции. Диаметр кольца $D = 25$ см, толщина провода $d = 2$ мм. Определить скорость изменения магнитной индукции поля со временем dB/dt , если при этом в кольце возникает ток силой $I = 12$ А.

13.7. В однородном магнитном поле, индукция которого $B = 0,8$ Тл, равномерно вращается рамка с угловой скоростью $\omega = 15$ рад/с. Площадь рамки $S = 150$ см². Ось вращения находится в плоскости рамки и составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с направлением магнитного поля. Найти максимальную э.д.с. индукции ε_{\max} во вращающейся рамке.

13.8. Электродвигатель постоянного тока, включённый в цепь батареи с э.д.с. $\varepsilon_0 = 24$ В, при полном сопротивлении цепи $R = 20$ Ом совершает $n_1 = 600$ об/мин при силе тока в цепи $I = 0,2$ А. Какую наибольшую э.д.с. ε даст тот же двигатель, работая в качестве генератора, при $n_2 = 1400$ об/мин?

13.9. В магнитном поле, индукция которого $B = 0,05$ Тл, помещена катушка, состоящая из $N = 200$ витков проволоки. Сопротивление катушки $R = 40$ Ом; площадь поперечного сечения $S = 12$ см². Катушка помещена так, что её ось составляет угол $\alpha = 60^\circ$ с направлением магнитного поля. Какое количество электричества q пройдет по катушке при исчезновении магнитного поля?

13.10. В однородном магнитном поле напряжённостью $H = 79,6$ кА/м помещена квадратная рамка, плоскость которой составляет с направлением магнитного поля угол $\alpha = 45^\circ$. Сторона рамки $a = 4$ см. Найти магнитный поток Φ , пронизывающий рамку.

13.11. В магнитном поле, индукция которого $B = 0,05$ Тл, вращается стержень длиной $l = 1$ м. Ось вращения, проходящая через один из концов стержня, параллельна направлению магнитного поля. Найти магнитный поток Φ , пересекаемый стержнем при каждом обороте.

13.12. Рамка, площадь которой $S = 16$ см², вращается в однородном магнитном поле с частотой $n = 2$ с⁻¹. Ось вращения находится в плоскости рамки и перпендикулярна силовым линиям поля. Напряжённость магнитного поля $H = 79,6$ кА/м. Найти зависимость пронизывающего рамку магнитного потока Φ от времени t и наибольшее значение Φ_{\max} магнитного потока.

13.13. Катушка диаметром $D = 10$ см, состоящая из $N = 500$ витков проволоки, находится в магнитном поле. Найти среднюю э.д.с. индукции ε , возникающую в этой катушке, если индукция магнитного поля B увеличивается в течение времени $t = 0,1$ с от 0 до 2 Тл.

13.14. В магнитном поле, индукция которого $B = 0,1$ Тл, вращается стержень длиной $l = 2$ м с угловой скоростью $\omega = 20$ рад/с. Ось вращения, проходящая через один из концов стержня, параллельна направлению магнитного поля. Найти э.д.с. индукции ε , возникающую на концах стержня.

13.15. Горизонтальный стержень длиной $l = 1$ м вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через один из его концов. Ось вращения параллельна магнитному полю, индукция которого $B = 50$ мкТл. При какой частоте вращения n стержня разность потенциалов на концах этого стержня $U = 1$ мВ?

13.16. Круговой проволочный виток площадью $S = 0,01$ м² находится в однородном магнитном поле, индукция которого $B = 1$ Тл. Плоскость витка перпендикулярна к направлению магнитного поля. Найти среднюю э.д.с. ε , возникающую в витке при выключении поля в течении $t = 10$ мс.

13.17. В магнитном поле, индукция которого $B = 0,05$ Тл, помещена квадратная рамка из медной проволоки. Площадь поперечного сечения проволоки $s = 1$ мм², площадь рамки $S = 25$ см². Нормаль к плоскости рамки параллельна магнитному полю. Какое количество электричества q пройдет по контуру рамки при исчезновении магнитного поля?

13.18. Круговой контур радиусом $r = 2$ см помещён в однородное магнитное поле, индукция которого $B = 0,2$ Тл. Плоскость контура перпендикулярна направлению магнитного поля. Сопротивление контура $R = 1$ Ом. Найти и сравнить количество электричества q , проходящее через контур при его повороте на 90° и на 180° .

13.19. Квадратная рамка из медной проволоки сечением $s = 1$ мм² помещена в магнитное поле, индукция которого меняется по закону $B = B_0 \sin \omega t$, где $B_0 = 0,01$ Тл. Площадь рамки $S = 25$ см², период вращения $T = 0,02$ с. Плоскость рамки перпендикулярна направлению поля. Найти зависимость от времени и наибольшие значения: а) магнитного потока Φ , пронизывающего рамку; б) э.д.с. индукции ε , возникающей в рамке; в) тока I , текущего в рамке.

13.20. Квадратная рамка со стороной $a = 2$ см выполнена из медной проволоки сечением $S = 1 \text{ мм}^2$ и помещена в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,05$ Тл. Плоскость рамки перпендикулярна силовым линиям поля. Какой ток возникнет в проводнике при деформации его в круг в течение времени $t = 0,1$ с? Какой заряд q и в каком направлении пройдет по контуру?

14. ИНДУКТИВНОСТЬ. ЭНЕРГИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

14.1. Найти индуктивность соленоида, содержащего N витков медной проволоки, поперечное сечение которой $S = 1 \text{ мм}^2$. Длина соленоида $l = 25$ см и его сопротивление $R = 0,2$ Ом.

14.2. Сколько витков имеет катушка с индуктивностью $L = 0,2$ Гн, если при силе тока $I = 1$ А магнитный поток сквозь катушку $\Phi = 2 \cdot 10^{-2}$ Вб?

14.3. Соленоид индуктивностью $L = 4$ мГн содержит $N = 600$ витков. Чему равен полный магнитный поток Φ , при силе тока в соленоиде $I = 12$ А?

14.4. Соленоид сечением $S = 5$ см содержит $N = 1200$ витков. Индукция внутри соленоида $B = 0,01$ Тл при силе тока $I = 2$ А. Определить индуктивность L соленоида.

14.5. Индуктивность соленоида $L = 1,6$ мГн. Длина соленоида $l = 1$ м, сечение $S = 20 \text{ см}^2$. Сколько витков приходится на каждый сантиметр длины соленоида?

14.6. Диаметр соленоида $D = 4$ см, диаметр провода $d = 0,6$ мм, его индуктивность $L = 10^{-2}$ Гн. Найти число витков N соленоида.

14.7. Определить индуктивность L катушки, если в ней возникает э.д.с. самоиндукции $\varepsilon = 10$ В при изменении силы тока I от 5 до 10 А за время $\Delta t = 0,01$ с. Как при этом изменяется энергия W магнитного поля?

14.8. Обмотка соленоида состоит из N витков медной проволоки, поперечное сечение которой $S = 1 \text{ мм}^2$. Длина соленоида $L = 25$ см, его сопротивление $R = 0,2$ Ом. Найти индуктивность L соленоида.

14.9. Катушка длиной $l = 20$ см и диаметром $D = 3$ см имеет $N = 400$ витков. По катушке идет ток $I = 2$ А. Найти индуктивность L катушки и полный магнитный поток Φ , пронизывающий площадь её поперечного сечения.

14.10. Сколько витков проволоки диаметром $d = 0,6$ мм имеет однослойная обмотка катушки, индуктивность которой $L = 1$ мГн и диаметр $D = 4$ см? Витки плотно прилегают друг к другу.

14.11. Катушка с железным сердечником имеет площадь поперечного сечения $S = 20 \text{ см}^2$ и число витков $N = 500$. Индуктивность катушки с сердечником $L = 0,28$ Гн при токе через обмотку $I = 5$ А. Найти магнитную проницаемость μ железного сердечника.

14.12. Соленоид длиной $L = 50$ см и площадью поперечного сечения $S = 2 \text{ см}^2$ имеет индуктивность $L = 0,2$ мкГн. При каком токе I объёмная плотность энергии магнитного поля внутри соленоида $w_m = 1$ мДж/м³?

14.13. Сколько витков N имеет катушка, индуктивность которой $L = 1$ мГн, если при токе $I = 1$ А полный магнитный поток через катушку $\Phi = 2$ мкВб?

14.14. Площадь поперечного сечения соленоида с железным сердечником $S = 10$ см², длина соленоида $l = 1$ м. Найти магнитную проницаемость μ материала сердечника, если магнитный поток, пронизывающий поперечное сечение соленоида, $\Phi = 1,4$ мВб. Какому току I , текущему через соленоид, соответствует этот магнитный поток, если известно, что индуктивность соленоида при этих условиях $L = 0,44$ Гн?

14.15. Катушка длиной $l = 20$ см имеет $N = 400$ витков. Площадь поперечного сечения катушки $S = 9,4$ см². Найти индуктивность L катушки. Какова будет индуктивность, если внутрь катушки ввести железный сердечник с магнитной проницаемостью $\mu = 400$?

14.16. Сколько ампер-витков потребуется для того, чтобы внутри соленоида малого диаметра и длиной $l = 30$ см объемная плотность энергии магнитного поля была $w_m = 1,75$ Дж/м³?

14.17. Длина железного сердечника тороидальной катушки $l_1 = 50$ см, длина воздушного зазора $l_2 = 2$ мм. Число ампер-витков в обмотке тороида $IN = 2000$. Во сколько раз уменьшится напряжённость магнитного поля H в воздушном зазоре, если при том же числе ампер-витков увеличить длину воздушного зазора вдвое?

14.18. Требуется получить напряжённость магнитного поля $H = 1$ кА/м в соленоиде длиной $L = 20$ см и диаметром $D = 5$ см. Найти число ампер-витков IN , необходимое для этого соленоида, и разность потенциалов U , которую надо приложить к концам обмотки из медной проволоки диаметром $d = 0,5$ мм. Считать поле соленоида однородным.

14.19. Через катушку, индуктивность которой $L = 20$ мГн, течёт переменный ток промышленной частоты, изменяющийся со временем по закону $I = I_0 \sin \omega t$, где $I_0 = 10$ А. Найти зависимость э.д.с. самоиндукции ε_c в этой катушке как функцию времени t и наибольшее значение ε_{\max} этой э.д.с.

14.20. Определить индуктивность L электромагнита, если число витков его обмотки $N = 1000$, а замкнутый стальной сердечник с магнитной проницаемостью $\mu = 600$ имеет сечение $S = 10$ см² и среднюю длину $l = 40$ см.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. — М.: Высшая школа, 1999.
2. Трофимова Т.И. Курс физики. — М.: Высшая школа, 1990.
3. Гуревич С.Ю., Шахин Е.Л. Физика: Учебное пособие для самостоятельной работы студентов. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2000.
4. Соколова Н.М., Биглер В.И. Физика: Курс лекций. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. — Ч. 2.
5. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике: Учебное пособие. — М.: Высшая школа, 1981.