

Министерство транспорта Российской Федерации
Государственная служба гражданской авиации
Академия гражданской авиации

В.Г. Гусев, С.С. Павлов, С.В. Сипаров

СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

БИБЛИОТЕКА
ФАКУЛЬТЕТА
ЗАОЧНОГО ОБУЧЕНИЯ
ОЛ Академии ГА

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2000**

Министерство транспорта Российской Федерации
Государственная служба гражданской авиации
Академия гражданской авиации

1997
13

В.Г. Гусев, С.С. Павлов, С.В. Сипаров

**СБОРНИК ЗАДАЧ
ПО ФИЗИКЕ**

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2000

Утверждено в качестве учебного пособия для студентов специальностей 653300, 240300, 240100.

Ш87(03)

Гусев В.Г., Павлов С.С., Сипаров С.В. СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ / Академия ГА. С.-Петербург, 2000.

Издается в соответствии с типовой учебной программой курса "Физика " (объем 390 ч),

В сборник включены задачи по шести разделам курса: физические основы механики, молекулярная физика и термодинамика, электричество, магнетизм, оптика, физика атома и атомного ядра.

Предназначен для студентов ФОАП, ЗФ, ФЭВТ, ФААП> ФОПУТ, ФПВУП всех специализаций.

Ил. 15,табл 13.

Рецензенты: СМ- Герасюта, проф. j
Ю.И. Матвеев, проф.

Оглавление

Предисловие	4
Глава 1. Физические основы механики	5
Глава 2. Молекулярная физика и термодинамика	21
Глава 3. Электричество	35
Глава 4. Магнетизм ..	52
Глава 5. Оптика	66
Глава 6. Физика атома и атомного ядра	80
Приложение	92

Предисловие

Предлагаемый Сборник задач составлен преподавателями кафедры физики Академии гражданской авиации и предназначен для студентов всех очных и заочного факультетов, программа которых предусматривает изучение физики. Уровень сложности задач соответствует подготовке студентов, обучающихся в Академии ГА. Тематический подбор задач соответствует учебной программе.

При решении задач следует обратить внимание на перевод данных в систему СИ и представить ответ в единицах этой системы. Указание в тексте задачи конкретного вещества (материала) или конкретного процесса подразумевает, что соответствующие параметры можно взять из таблиц. Необходимые справочные сведения, а также значения мировых констант приведены в Приложении.

При решении контрольных работ студентами заочного факультета перечень задач определяется на основании методического письма, имеющегося в библиотеке заочного факультета.

Глава 1

Физические основы механики*Кинематика. Динамика. Работа и энергия. Механические колебания*

Основные формулы

Физическая величина	Формула
Кинематические уравнения движения	$r = r(t);$ $x = x(t), y = y(t);$ $s = s(t)$
Средняя скорость	$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$
Скорость материальной точки	$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt};$ $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}, \quad v = \frac{ds}{dt}$
Проекции скорости на оси x, y	$v_x = \frac{dx}{dt}; \quad v_y = \frac{dy}{dt}$
Среднее ускорение	$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

Ускорение материальной точки	$\bar{a} = \frac{d\bar{v}}{dt};$ $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}.$
Проекции ускорения на оси x, y	$a_x = \frac{dv_x}{dt}; \quad a_y = \frac{dv_y}{dt}.$
Проекции ускорения на оси τ, n	$a_t = \frac{dv}{dt}; \quad a_n = \frac{v^2}{\rho}.$
Кинематическое уравнение равномерного движения	$s \approx s_0 + vt.$
Кинематическое уравнение равнопеременного движения	$s = s_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}.$
Кинематическое уравнение вращательного движения	$\varphi = \varphi(t).$
Угловая скорость	$\omega = \frac{d\varphi}{dt}.$
Угловое ускорение	$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}.$
Кинематическое уравнение равномерного вращательного движения	$\varphi = \varphi_0 + \omega t.$
Кинематическое уравнение равнопеременного вращательного движения	$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}.$

Связь между линейными и угловыми параметрами при вращательном движении	$s = R\varphi; \quad a_t = R\varepsilon;$ $v = R\omega; \quad a_n = \omega^2 R.$
Основной закон динамики	$\sum \vec{F} = m\vec{a} = \frac{d\vec{p}}{dt}.$
Закон всемирного тяготения	$F_T = G \frac{m_1 m_2}{r^2}.$
Сила тяжести	$F_T = mg.$
Сила трения	$F_{\text{тр}} = fN.$
Сила упругости	$F_y = -kx.$
Импульс тела	$\vec{p} = m\vec{v}.$
Закон сохранения импульса	$\sum \vec{p} = \text{const}.$
Элементарная работа	$dA = F_s ds.$
Работа силы	$A = \int dA.$
Кинетическая энергия	$T = \frac{mv^2}{2}.$
Потенциальная энергия тела в однородном поле тяжести	$\Pi = mgh.$
Потенциальная энергия упруго деформированного тела	$\Pi = \frac{kx^2}{2}.$

Полная механическая энергия системы	$E = T + \Pi$
Закон сохранения механической энергии	$E = const$
Мгновенная мощность	$N = \frac{dA}{dt}$
Момент силы относительно оси	$M_z = F_{\perp} h$
Момент инерции системы (тела)	$J_0 = \sum m_i r_i^2$
Момент инерции полого цилиндра относительно оси симметрии	$J_z = mR^2$
Момент инерции сплошного цилиндра относительно оси симметрии	$J_z = \frac{mR^2}{2}$
Момент инерции тонкого стержня относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через его середину	$J_z = \frac{ml^2}{12}$
Теорема Гюйгенса-Штейнера	$J_z = J_C + ma^2$
Кинетическая энергия вращающегося тела относительно неподвижной оси	$T_{вр} = \frac{J_z \omega^2}{2}$
Работа силы, приложенной к вращающемуся телу	$A_{вр} = M_z \varphi$

Уравнение динамики вращательного движения твердого тела	$J_z \varepsilon = M_z.$
Момент импульса твердого тела относительно неподвижной оси	$L_z = \sum m_i v_i h_i = J_z \omega.$
Закон сохранения момента импульса	$L_z = const$
Напряженность поля тяготения	$g = \frac{F}{m}.$
Потенциал поля тяготения	$\varphi = \frac{\Pi}{m} = -G \frac{M}{R}.$
Уравнение гармонических колебаний	$s = A \cos(\omega_0 t + \varphi_0).$
Круговая частота	$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu.$
Период колебаний математического маятника	$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}.$
Период колебаний пружинного маятника	$T = 2\pi \sqrt{\frac{k}{m}}.$
Период колебаний физического маятника	$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgl}}.$
Уравнение затухающих колебаний	$s = A_0 \exp(-\beta t) \cos(\omega t + \varphi_0).$

Декремент колебаний	$\delta = \frac{A(t)}{A(t+T)}$
Логарифмический декремент колебаний	$\lambda = \ln \delta$
Длина волны	$\lambda = vT$
Уравнение плоской волны	$\xi(x, t) = A \cos(\omega t - kx + \varphi_0)$
Уравнение сферической волны	$\xi(x, t) = \frac{A_0}{r} \cos(\omega t - kr + \varphi_0)$
Волновое число	$k = \frac{\omega}{U}$
Фазовая скорость в газах	$U = \sqrt{\frac{\gamma RT}{\mu}}$

Задачи для самостоятельного решения

1.01. Самолет летит на высоте 4 км со сверхзвуковой скоростью. Звук дошел до наблюдателя через 10 с после того, как над ним пролетел самолет. Определить скорость самолета. Скорость звука считать неизменной и равной 320 м/с.

1.02. Велосипедист проезжает 200 м равномерно, а затем до остановки едет равнозамедленно с ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$. При какой скорости равномерного движения на первом участке пути общее время его движения будет минимально?

1.03. Самолет при взлете, двигаясь равноускоренно из состояния покоя, за пятую секунду пробежал по взлетной полосе 18 м. Найти ускорение самолета.

1.04. Дальность полета снаряда равна максимальной высоте. Под каким углом к горизонту произведен выстрел?

1.05. Скорость самолета в момент касания полосы составляет 280 км/ч. Известно, что при пробеге самолет до полной остановки проделал путь, равный 2100 м. Определить среднее значение ускорения самолета при пробеге.

1.06. Спортсмен толкатель ядра на соревнованиях в Санкт-Петербурге посылает снаряд на 21 м. Угол выброса снаряда 40° . Масса ядра 7,257 кг. Определить начальный импульс ядра. Каков был бы результат этого спортсмена, если бы соревнования происходили на стадионе, находящемся на широте экватора, а спортсмен толкал ядро с той же скоростью и при том же угле бросания?

1.07. Поезд метрополитена во время разгона в течение 12 с набирает скорость, равную 72 км/ч, и продолжает двигаться с этой скоростью 2 мин, после чего на участке торможения в течение 20 с скорость падает до нуля. Определить расстояние между станциями метрополитена и среднюю скорость поезда.

1.08. Тело бросили под углом 30° к горизонту со скоростью 10 м/с. С какой высоты надо бросить тело горизонтально с той же скоростью, чтобы оно упало в том же месте?

1.09. Тело, имея начальную скорость 1 м/с, двигалось равноускоренно и приобрело, пройдя некоторое расстояние, скорость 7 м/с. Какова была скорость тела на половине этого расстояния?

1.10. С вышки брошен камень в горизонтальном направлении со скоростью 20 м/с. Через сколько секунд скорость камня увеличится в два раза? Какой угол с вертикалью будет составлять вектор скорости в этот момент?

1.11. Ось с двумя дисками, расположенными на расстоянии 1 м друг от друга, вращается с частотой 1800 об/мин. Пуля, летящая вдоль оси, пробивает оба диска. Отверстие во втором диске смещено

относительно отверстия в первом диске на 30° . Определить скорость пули.

1.12. Колесо вращается равноускоренно вокруг неподвижной оси. Ускорение точки, лежащей на ободу колеса, через 1 с составляет угол 60° с направлением скорости этой точки. Найти угловое ускорение колеса.

1.13. Колесо радиусом 1 м вращается вокруг неподвижной оси согласно уравнению $\varphi = 2t + t^3$. Найти нормальное и касательное ускорение точек, лежащих на ободу колеса, через 1 с после начала движения.

1.14. Найти, во сколько раз нормальное ускорение точки, лежащей на ободу вращающегося колеса, больше ее тангенциального ускорения для того момента, когда вектор полного ускорения этой точки составляет угол 30° с вектором ее линейной скорости.

1.15. велосипедное колесо радиусом 30 см вращается с постоянным угловым ускорением $0,3 \text{ р/с}^2$. Определить угловую скорость и полное ускорение для точек, лежащих на ободу колеса, через 10 с после начала движения. Найти полное число оборотов колеса.

1.16. Снаряд диаметром 100 мм движется в стволе орудия длиной 3 м. Скорость снаряда при вылете из ствола равна 800 м/с . Для стабилизации движения в полете снаряду придают вращательное движение с помощью специальных винтовых канавок в стволе. За время движения в стволе снаряд совершает 1,5 оборота. Определить тангенциальное и нормальное ускорение точки, лежащей на боковой поверхности снаряда в момент его вылета из орудия.

1.17. Частота вращения маховика равномерно изменилась с 300 об/мин до 200 об/мин за 30 с. Сколько оборотов он сделал за это время?

1.18. Маленькое тело скатывается по полусферической поверхности радиусом 2 м, лежащей на земле. На какой высоте от земли тело оторвется от поверхности?

1.19. Линейная скорость точек на ободу вращающегося диска равна 3 м/с , а у точек, находящихся на 10 см ближе к оси вращения,

2 м/с. Сколько оборотов делает диск в минуту?

1.20. Радиус рукоятки колодезного ворота в 3 раза больше радиуса вала, на который наматывается трос. Какова линейная скорость конца рукоятки при подъеме ведра с глубины 10 м за 20 с?

1.21. К концам нити, перекинутой через блок, подвешены грузы массами 50 и 100 г. Найти показание динамометра, на котором висит блок. Массой блока и трением пренебречь.

1.22. Два тела массами по 25 г подвешены на нити, перекинутой через невесомый блок. На одно из тел положен груз массой 50 г. Определить силу давления груза на тело. Трением в оси блока пренебречь.

1.23. Гири массами по 1 кг соединены нитью, перекинутой через невесомый блок. Блок укреплен на вершине двух наклонных плоскостей, составляющих с горизонтом углы 30° и 60° . Определить натяжение нити. Трением о наклонные плоскости и в оси блока пренебречь.

1.24. Система из двух шариков, соединенных длинной нитью, погружена в воду. Один из шариков сделан из дерева, другой из алюминия; радиус шариков 2 см. Шарик медленно погружается в воду и движется при этом с постоянной скоростью. Определять силу сопротивления воды, действующую на каждый из шариков. На сколько надо изменить размеры одного из шариков, чтобы связка шариков медленно всплывала?

1.25. Капля масла диаметром 1 мм всплывает со дна сосуда, заполненного водой, на поверхность. Вязкость воды $1,0 \text{ мПа}\cdot\text{с}$, глубина жидкости в сосуде 25 см. Определить время подъема капли на поверхность жидкости.

1.26. Футбольный мяч массой 500 г падает с крыши десятиэтажного дома высотой 30 м. Время падения мяча 2,65 с. Скорость в точке падения $22,6 \text{ м/с}$. Определить среднюю силу сопротивления при движении мяча.

1.27. На нити, перекинутой через блок, подвешены грузы 0,3 кг и 0,34 кг. За 2 с после начала движения каждый груз прошел путь 1,2 м. Найти ускорение свободного падения.

1.28. На участке дороги с ограничением скорости $v < 30$ км/ч водитель тормозит. Тормозной путь составил 12 м, коэффициент трения равен 0,6. Были ли нарушены правила движения?

1.29. Восемь грузов массой по 0,4 кг каждый связаны невесомой нитью. Под действием силы в 80 Н, приложенной к первому грузу, они ускоряются, двигаясь горизонтально без трения. Найти силу натяжения нити, связывающей 6-й и 7-й грузы.

1.30. С высоты 25 м предмет падал в течение 2,5 с. Какую часть составляет средняя сила сопротивления воздуха от силы тяжести?

1.31. Пуля, летящая горизонтально со скоростью 500 м/с, попадает в шар, подвешенный на невесомой и нерастяжимой нити, и застревает в нем. Масса пули 5 г, масса шара 0,5 кг. При какой длине нити шар после столкновения опишет четверть окружности?

1.32. Два абсолютно упругих шара с массами M и m ($M = 2m$) висят, касаясь друг друга так, что их центры расположены на расстоянии 1 м ниже точек подвеса. Большой из шаров отклоняют на 60° и отпускают. Определить скорости шаров после соударения.

1.33. Тело массой 1 кг брошено под углом к горизонту. За время полета его импульс изменился на 10 Н·с. Определить наибольшую высоту подъема тела.

1.34. В деревянный брусок массой 490 г, лежащий на столе, попадает летящая горизонтально пуля массой 10 г и застревает в нем. Скорость пули 600 м/с. Определить путь, который пройдет брусок до остановки, если коэффициент трения между бруском и поверхностью стола равен 0,1.

1.35. Ракета, масса которой вместе с топливом равна 500 г, взлетает вертикально и достигает максимальной высоты 200 м. Масса топлива 100 г. Найти скорость истечения газов из сопла ракеты, предполагая, что сгорание топлива происходит мгновенно.

1.36. Поток дождевых капель диаметром 1 мм падает вертикально с некоторой установившейся скоростью на крыло самолета и оказывает дополнительное давление в 1000 Па. Определить концентрацию дождевых капель в потоке дождя. Вязкость воздуха 1мПа·с.

1.37. Снаряд массой 50 кг, летевший со скоростью 800 м/с, попадает в неподвижную платформу с песком под углом 30° к вертикали и застревает в песке. Найти скорость платформы после попадания снаряда, если ее масса 16 т.

1.38. Человек стреляет из ружья с движущейся лодки по направлению ее движения. Какую скорость имела лодка, если она остановилась после двух быстро следующих друг за другом выстрелов? Масса лодки 130 кг, масса человека 70 кг, масса заряда 20 г. Скорость вылета пули и пороховых газов 500 м/с.

1.39. Снаряд, вылетевший из орудия под некоторым углом к горизонту, в верхней точке своей параболической траектории разорвался на два осколка равной массы. Один осколок под влиянием взрыва возвращается к исходной точке по прежней траектории. Во сколько раз расстояние до места падения второго осколка будет больше, чем расстояние до места, где упал бы неразорвавшийся в полете снаряд?

1.40. В неподвижный шар ударяет боком (не по линии центров) другой шар такой же массы. Под каким углом разлетятся шары, если они абсолютно упругие и абсолютно гладкие?

1.41. Определить высоту круговой орбиты спутника относительно поверхности Земли, если он движется в экваториальной плоскости и с Земли кажется неподвижным.

1.42. На поверхность Земли из бесконечности падает метеорит массой 10 кг. Определить совершенную при этом работу сил гравитационного поля Земли.

1.43. С поверхности Земли вертикально вверх произведен пуск ракеты. На какую высоту поднимется ракета, если ее начальная скорость 5 км/с ?

1.44. Имеется кольцо из тонкой проволоки радиуса r . Найти силу, с которой это кольцо притягивает материальную точку массой m , находящуюся на оси кольца на расстоянии l от его центра. Радиус кольца R , плотность материала ρ .

1.45. На орбиту, находящуюся на высоте 1000 км над поверхностью Земли, необходимо доставить полезный груз массой 5 т . Определить работу и запас топлива для осуществления данной операции. Среднее значение теплоты сгорания топлива 40 МДж/кг .

1.46. На круговую орбиту вокруг Земли запущены искусственные спутники связи с периодом обращения 12 час . Определить высоту орбиты спутников и скорость обращения спутников на орбитах. Ускорение свободного падения у поверхности Земли и ее радиус считать известными.

1.47. Радиус Луны примерно в $3,7$ раза меньше радиуса Земли, а масса Луны в 81 раз меньше массы Земли. Найти ускорение свободного падения у поверхности Луны.

1.48. Луна движется вокруг Земли со скоростью около 1 км/с . Среднее расстояние от Земли до Луны $3,8 \cdot 10^5 \text{ км}$. Определить массу Земли.

1.49. Найти отношение высоты над поверхностью Земли к глубине под поверхностью Земли точек, в которых ускорение свободного падения составляет 50% от своего значения на поверхности Земли.

1.50. Во сколько раз кинетическая энергия искусственного спутника Земли, движущегося по круговой траектории, меньше его гравитационной потенциальной энергии?

1.51. На скамье Жуковского стоит человек и держит в руке за ось велосипедное колесо. Ось колеса совпадает с осью скамьи. Частота вращения колеса 10 об/с . Момент инерции человека со скамьей $5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$,

момент инерции колеса $1 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. Найти угловую скорость скамьи после поворота оси колеса вокруг горизонтальной оси на 90° .

1.52. Однородный стержень верхним концом закреплен на горизонтальной оси. В нижний конец стержня попадает пуля, летящая горизонтально со скоростью 500 м/с . После абсолютно неупругого удара стержень отклонился на 60° . Определить массу стержня. Длина стержня 1 м , масса пули 9 г .

1.53. Горизонтальная платформа, имеющая форму диска, может вращаться вокруг вертикальной оси. На платформе стоит человек. Масса человека 80 кг , масса платформы 100 кг , диаметр платформы 5 м . На какой угол повернется платформа, если человек пойдет по ее краю со скоростью 2 м/с относительно платформы?

1.54. На скамье Жуковского стоит человек и держит в руках, вытянутых вдоль туловища, гантели по 5 кг . Скамья с человеком вращается с угловой скоростью 4 р/с . С какой угловой скоростью будет вращаться скамья с человеком, если он поднимет гантели и будет руки держать горизонтально? Суммарный момент инерции человека и скамьи $5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. В начальном положении гантели отстоят от вертикальной оси на 20 см , в конечном положении (когда руки вытянуты) - на 90 см .

1.55. Искусственный спутник Земли массой 1200 кг был переведен с круговой орбиты высотой 300 км над поверхностью Земли на орбиту высотой 600 км . Определить величину необходимого импульса силы тяги для выполнения данного перехода.

1.56. Шарик массой 100 г катится по горизонтальной шероховатой поверхности. Начальная скорость шарика 2 м/с . Коэффициент трения $0,15$. Пройдя путь 3 м , шарик свободно падает на землю. Определить координату точки падения шарика на землю. Отсчет вести от кромки поверхности, которая находится на высоте 5 м от земли.

1.57. Диск массой $1,5 \text{ кг}$ и радиусом 6 см вращается, делая 300 об/мин . С какой силой надо прижимать тормозную колодку по направлению к центру диска, чтобы он остановился за 5 с ? Коэффициент трения между колодкой и диском $0,4$.

1.58. Груз массой 120 г висит на нити, намотанной на диск массой 0,8 кг и радиусом 5 см. Через какое время после отпускания груз пройдет расстояние 2 м?

1.59. В вершинах куба, сделанного из невесомых стержней длиной 20 см, находятся одинаковые небольшие грузы массой по 0,3 кг. Найти кинетическую энергию этой системы при ее вращении относительно главной диагонали куба с частотой 5 об/с.

1.60. На краю карусели, имеющей вид диска массой 200 кг и радиусом 2 м, вращающейся с частотой 1 об/с, стоят пять человек, каждый массой по 60 кг. Найти частоту вращения и угловую скорость карусели, если все они сместятся к ее центру на расстояние, равное половине радиуса. Считать, что по сравнению с размерами карусели люди представляют собой точечные массы.

1.61. Лыжина площадью 1 м^2 и толщиной 0,4 м плавает в воде. Какую работу надо совершить, чтобы погрузить лыжину в воду?

1.62. Гири массой 0,2 кг подвешена на пружине жесткостью 80 Н/м и установлена на подставке так, что пружина не деформирована. Найти максимальную скорость гири, если подставку убрать.

1.63. Шарик массой 100 г подвешен на нити длиной 1 м. После совершения работы он стал двигаться по окружности, лежащей в горизонтальной плоскости. Расстояние от плоскости окружности до точки подвеса 50 см. Определить совершенную работу.

1.64. Максимальная скорость камня, брошенного под углом к горизонту, в 2 раза больше минимальной. Кинетическая энергия камня в момент бросания 100 Дж. Найти потенциальную энергию камня в наивысшей точке его траектории.

1.65. Колодец, имеющий глубину 8 м и поперечное сечение $1,2 \times 1,2 \text{ м}$, заполнен водой до уровня 6 м. Насос, расположенный вблизи дна колодца, выкачивает воду и подает ее на поверхность земли с помощью шланга диаметром 20 мм. Какую работу совершит насос, если вся вода будет выкачана из колодца за 80 минут? Определить среднюю мощность насоса.

1.66. Общая мощность 12 гидроагрегатов Красноярской ГЭС равна 6000 МВт. Найти объемный расход воды через один гидроагрегат, если КПД станции 70 % и плотина поднимает уровень воды на высоту 80 м.

1.67. Шарик массой 100 г, подвешенный на нити длиной 40 см, описывает в горизонтальной плоскости окружность, причем угол между нитью и горизонтом составляет 30° . Найти кинетическую энергию шарика.

1.68. Пуля массой 9 г, летящая со скоростью 200 м/с, попадает в груз массой 4 кг, висящий на длинной нити. Найти отношение углов отклонения груза при абсолютно упругом ударе пули (отскоке) и абсолютно неупругом ударе пули (застревании).

1.69. С какой минимальной высоты можно скатить шарик радиусом 0,5 см, чтобы он описал в вертикальной плоскости «мертвую петлю» радиусом 10 см?

1.70. Самолет массой 2 т движется в горизонтальном направлении со скоростью 50 м/с. Находясь на высоте 420 м, он переходит на снижение при выключенном двигателе и достигает посадочной полосы, имея скорость 30 м/с. Определить работу силы сопротивления воздуха во время планирующего полета.

1.71. Через ручей переброшена длинная упругая доска. Когда мальчик стоит на ней неподвижно, она прогибается на 10 см. Определить длину шага мальчика, если при ходьбе по доске со скоростью 3,6 км/ч она наиболее сильно раскачивается.

1.72. Точка совершает гармонические колебания с амплитудой 7,07 м. В некоторый момент времени смещение точки 5 м, скорость 20 м/с. Найти круговую частоту колебаний точки.

1.73. Два математических маятника с периодами колебаний 6 с и 5 с одновременно начинают колебания в одинаковых фазах. Через какое минимальное время фазы их колебаний снова будут одинаковыми?

1.74. Определить частоту колебаний диска радиусом 0,5 м около горизонтальной оси, проходящей через образующую диска..

1.75. На пружину жесткостью 800 Н/м подвесили груз массой 200 г. Затем пружину с грузом растянули и отпустили без начальной скорости. Определить максимальную скорость и максимальное ускорение груза. Записать кинематическое уравнение движения груза.

1.76. Физический маятник в виде однородного стержня длиной 1 м и массой 1 кг подвешен за верхний конец и совершает затухающие колебания. Известно, что за 1 мин амплитуда колебаний уменьшилась в два раза. Определить логарифмический декремент колебаний и время, в течение которого амплитуда колебаний уменьшится в 10 раз.

1.77. За одинаковое время два математических маятника совершают один 20, а другой 30 колебаний. Найти отношение их длин.

1.78. Точка совершает гармонические колебания. Найти отношение времен прохождения первой и второй половин амплитуды.

1.79. Через какое время (в долях периода) после начала движения кинетическая энергия пружинного маятника станет равной его потенциальной энергии?

1.80. Подставка совершает в горизонтальном направлении гармонические колебания с периодом 5 с. Находящееся на подставке тело начинает по ней скользить, когда амплитуда колебаний достигнет величины 0,6 м. Каков коэффициент трения между телом и подставкой?

Молекулярная физика и термодинамика

Молекулярно-кинетическая теория идеальных газов. Основы термодинамики

Основные формулы

Физическая величина	Формула
Закон Бойля – Мариотта	$pV = \text{const}$ при $T, m = \text{const}$.
Закон Гей-Люссака	$\frac{V}{T} = \text{const}$ при $p, m = \text{const}$.
Закон Шарля	$\frac{p}{T} = \text{const}$ при $V, m = \text{const}$.
Закон Дальтона	$p = p_1 + p_2 + \dots + p_n$.
Уравнение Клапейрона-Менделеева для произвольной массы газа	$pV = \nu RT$.
Количество вещества	$\nu = \frac{m}{\mu}$.

Основное уравнение МКТ идеального газа	$p = \frac{m_0 n \langle v_{\text{ср}} \rangle^2}{3} = \frac{2n \langle \varepsilon \rangle}{3}.$
Средняя квадратичная скорость молекулы	$\langle v_{\text{ср}} \rangle = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}.$
Средняя арифметическая скорость молекулы	$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}.$
Наиболее вероятная скорость молекулы	$\langle v_* \rangle = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}}.$
Барометрическая формула	$p = p_0 \exp\left(-\frac{\mu gh}{RT}\right).$
Средняя полная кинетическая энергия молекулы	$\langle \varepsilon \rangle = \frac{ikT}{2}.$
Внутренняя энергия произвольной массы газа	$U = \frac{\nu iRT}{2}.$
Первое начало термодинамики	$Q = \Delta U + A.$
Количество теплоты при нагревании - (охлаждении) тела	$Q = cm\Delta T.$

Уравнение теплового баланса	$Q_{\text{наг}} = Q_{\text{охла}}$
Молярная теплоемкость газа при постоянном объеме	$C_v = \frac{iR}{2}$
Молярная теплоемкость газа при постоянном давлении	$C_p = \frac{i+2}{2} R$
Связь между молярной и удельной теплоемкостями	$C = c\mu$
Уравнение Майера	$C_p - C_v = R$
Работа расширения газа	$A = \int p dV$
Работа газа при изобарном расширении	$A = p(V_2 - V_1)$
Работа газа при изотермическом расширении	$A = \nu RT \ln \frac{V_2}{V_1}$
Работа газа при адиабатном расширении	$A = \frac{\nu RT_1}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1} \right]$
Уравнения Пуассона	$pV^\gamma = \text{const};$ $TV^{\gamma-1} = \text{const};$ $T^\gamma p^{1-\gamma} = \text{const}.$

Показатель адиабаты	$\gamma = \frac{c_p}{c_v}$
Термический КПД для кругового процесса	$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$
Термический КПД цикла Карно	$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$
Изменение энтропии	$\Delta S = \nu \left(C_v \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1} \right)$

Задачи для самостоятельного решения

2.01. В газоразрядной трубке объемом 200 см^3 находится смесь гелия и неона. Давление смеси при температуре 20°C равно 22 мм.рт.ст. Определить массу гелия и неона, если число атомов гелия в 10 раз больше числа атомов неона.

2.02. Объем воздушного шара 224 м^3 , масса оболочки 145 кг. Шар наполнен горячим воздухом при нормальных атмосферных условиях. Какую температуру должен иметь воздух внутри оболочки, чтобы шар начал медленно подниматься?

2.03. В середине трубки, запаянной с одного конца, находится столбик ртути высотой 10 см. При вертикальном положении трубки запаянным концом вверх высота воздушного столба 50 см, запаянным концом вниз – 38 см. Определить атмосферное давление.

2.04. Пузырек воздуха поднимается со дна водоема. На какой глубине его радиус в 2 раза меньше, чем на поверхности воды?

Атмосферное давление 760 мм.рт.ст. Температуру воздуха в пузырьке принять неизменной. Силы поверхностного натяжения не учитывать.

2.05. Два шара соединены горизонтальной трубкой сечением $0,2 \text{ см}^2$. Газ общим объемом 88 см^3 при температуре 300 К разделен каплей ртути в трубке на равные части. Найти смещение капли при увеличении температуры в одном из шаров на 60 К.

2.06. Свинец и пробку взвешивают при стандартных атмосферных условиях. Масса пробки равна массе свинца. Определить с точностью до третьего знака отношение веса пробки к весу свинца.

2.07. Баллон объемом 40 л содержит сжатый воздух под давлением 15 МПа. Какую массу воды можно вытеснить из балластной цистерны подводной лодки воздухом этого баллона на глубине 20 м при атмосферном давлении 10^5 Па ? Температуру воздуха в процессе вытеснения воды принять неизменной.

2.08. В сосуд, наполненный сухим воздухом при нормальных условиях, вводят 18 г воды. Затем содержимое сосуда нагревают до 100°C . Объем сосуда 10 л. Определить давление влажного воздуха.

2.09. Объем комнаты 50 м^3 . Температура воздуха в течение суток изменилась от 7°C до 21°C . Атмосферное давление 760 мм.рт.ст. Определить, на сколько изменилась масса, плотность и концентрация молекул воздуха в комнате в течение суток.

2.10. Принято, что температура воздуха для стандартной атмосферы уменьшается на $6,5^\circ\text{C}$ при подъеме на 1000 м. Исходя из этого определить, пользуясь уравнением состояния идеального газа и барометрической формулой, плотность воздуха на высоте 10 км.

2.11. В сосуд емкостью 25 л, где давление измеряется U-образным водяным манометром, накачивают воздух с помощью велосипедного насоса. Ход поршня насоса 15 см, диаметр поршня 2 см. Определить, какую массу воздуха накачали в сосуд, если разность уровней манометра равна 12 см. Начальная разность уровней была равна нулю. Атмосферное давление 760 мм. рт. ст. Найти

число порций воздуха, которое было отправлено в сосуд с помощью насоса.

2.12. Батарея баллонов (10 баллонов по 40 л каждый) заполнена азотом при давлении 100 атм и используется для продувки бокса от продуктов горения после испытаний. Определить общую массу азота в батарее и максимальную продолжительность продувки, если секундный расход газа при продувке составляет 100 г/с.

2.13. Воздух по своему весовому составу состоит из азота (76,4%) и кислорода (23,6%). Найти парциальные давления азота и кислорода при нормальных условиях: давление 760 мм. рт. ст., температура 15°C. Определить плотность воздуха при этих условиях.

2.14 При уменьшении объема газа в 2 раза давление увеличилось на 120 кПа, а абсолютная температура возросла на 10%. Каким было первоначальное давление?

2.15. Бутылка, наполненная газом, плотно закрыта пробкой площадью сечения $2,5 \text{ см}^2$. До какой температуры надо нагреть газ, чтобы пробка вылетела из бутылки, если сила трения, удерживающая пробку, равна 12 Н? Начальное давление воздуха в бутылке и наружное давление одинаковы и равны 100 кПа, начальная температура – минус 3°C.

2.16. Закрытый цилиндрический сосуд длиной h разделен на две равные части невесомым поршнем, скользящим без трения. При застопоренном поршне обе половины заполнены газом, причем в одной из них давление в n раз больше, чем в другой. На какое расстояние передвинется поршень, если снять стопор?

2.17. График циклического процесса в координатах p, T имеет вид прямоугольного треугольника, катеты которого параллельны осям, а вершина прямого угла ближе к началу координат, чем вершины острых углов. Построить графики этого процесса в координатах p, V и V, T .

2.18. Резиновую лодку надули ранним утром, когда температура воздуха была 7°C . На сколько процентов увеличилось давление воздуха в лодке, если днем он прогрелся до 35°C ?

2.19. Два баллона соединены трубкой с краном. В первом баллоне содержится воздух под давлением $0,6$ атм, во втором – под давлением 740 мм.рт.ст. Какое давление установится, если кран открыть? Емкость первого баллона 3 л, емкость второго 1 л, температура постоянна.

2.20. До какого давления накачан футбольный мяч объемом 3 л за 40 качаний поршневого насоса, если за одно качание насос захватывает из атмосферного воздуха 150 см³, а атмосферное давление равно $0,1$ МПа?

2.21. Оценить число молекул воздуха, попадающих на 1 см² стены комнаты за 1 с при температуре 27°C и давлении 10^5 Па.

2.22. Средняя квадратичная скорость молекул некоторого газа равна 450 м/с. Определить плотность этого газа при давлении $5 \cdot 10^5$ Па.

2.23. Средняя квадратичная скорость молекул некоторого газа при нормальных условиях равна 461 м/с. Какое количество молекул содержится в 1 г этого газа?

2.24. Определить кинетическую энергию теплового движения молекул 1 г воздуха при температуре 17°C . Воздух считать однородным газом с молярной массой, равной $0,029$ кг/моль.

2.25. Найти энергию вращательного движения молекул, содержащихся в 1 кг азота при температуре 27°C .

2.26. Кинетическая энергия поступательного движения молекул азота, находящегося в сосуде объемом $0,02$ м³, равна $5 \cdot 10^5$ Дж, а средняя квадратичная скорость его молекул $2 \cdot 10^3$ м/с. Определить давление азота и его массу.

2.27. При какой температуре средняя кинетическая энергия теплового движения атомов гелия будет достаточной для того, чтобы преодолеть земное тяготение и навсегда покинуть земную атмосферу?

2.28. Найти кинетическую энергию поступательного и вращательного движения молекул воздуха (для азота и кислорода отдельно), находящегося в объеме спичечного коробка при нормальных условиях.

2.29. Смесь газов гелия и кислорода (весовое соотношение $\text{He} : \text{O}_2 = 3 : 1$) общей массой 40 г находится в сосуде объемом 2 л при температуре 7°C. Определить давление смеси газов в сосуде, среднеквадратичные скорости молекул, внутреннюю энергию молекул данной смеси, удельную теплоемкость смеси газов.

2.30. Определить высоту, на которой концентрация молекул кислорода уменьшается вдвое по сравнению с концентрацией молекул кислорода на поверхности земли.

2.31. Найти массы молекул водорода и водяного пара и скорости движения данных молекул при нормальных условиях.

2.32. При проведении опыта Штерна большой цилиндр радиусом 10 см вращался с частотой 50 об/с. Это вращение обусловило смещение полоски серебра на 6 мм относительно полоски при неподвижном цилиндре (при температуре испарения серебра 1200°C). Найти скорость большей части атомов серебра при этой температуре. Радиусом малого цилиндра пренебречь.

2.33. Сколько молекул содержится в 2 м³ газа при давлении 150 кПа и температуре 27°C?

2.34. Находящаяся в стакане вода массой 200 г полностью испарилась за 20 суток. Сколько в среднем молекул воды вылетало с ее поверхности за 1 секунду?

2.35. Найти отношение чисел атомов, из которых состоят серебряная и алюминиевая ложки равного объема.

2.36. Какой скоростью обладала молекула паров серебра, если ее угловое смещение в опыте Штерна составило 5,4° при частоте вращения 150 с⁻¹? Расстояние между внутренним и внешним цилиндрами равно 2 см

2.37. Чему равно давление одноатомного газа, занимающего объем 2 л, если его внутренняя энергия равна 300 Дж?

2.38. Каково давление одноатомного газа, если его объем два литра, а внутренняя энергия 300 Дж?

2.39. Каково давление азота, если среднеквадратичная скорость его молекул 500 м/с, а его плотность $1,35 \text{ кг/м}^3$?

2.40. Две одинаковых металлических пружины с коэффициентами упругости 600 Н/м поместили в два одинаковых стакана. При этом одна из них была расположена вертикально и не сжата, а вторая предварительно сжата на 2 см и расположена горизонтально между стенками в сжатом состоянии. После этого оба стакана наполнили серной кислотой при одинаковой температуре, и пружины растворились. Найти отношение температур в стаканах после растворения пружин.

2.41. Двигатель расходует 20 л бензина на 100 км пути при скорости автомобиля 50 км/ч. Определить секундный расход воды для охлаждения двигателя, если на ее нагревание на 60°C затрачивается 30 % энергии, выделившейся при сгорании бензина.

2.42. В сосуде теплоемкостью 500 Дж/К находилось 2 л воды при температуре 20°C . Определить массу воды после сообщения сосуду с водой 1150 кДж теплоты.

2.43. При движении со скоростью 72 км/ч расходует 20 % мощности двигателя. Определить в литрах расход бензина на 100 км пути. Мощность двигателя 100 л.с., КПД 30 %.

2.44. В сосуд поместили лед массой 1 кг при температуре минус 10°C . Найти массу воды в сосуде после того, как его содержимому сообщили 1,22 МДж теплоты.

2.45. Кастрюлю с водой при температуре 10°C поставили на электроплитку. Через 10 мин вода закипела. Через какое время она полностью испарится?

2.46. Вычислить удельные теплоемкости c_p и c_v смеси неона и водорода. Массовая доля неона составляет 80%, массовая доля водорода 20%.

2.47. Вычислить удельные теплоемкости c_p и c_v некоторого двухатомного газа, если его плотность при нормальных условиях $1,43 \text{ кг/м}^3$.

2.48. Вычислить удельные теплоемкости c_p и c_v некоторого газа, для которого молярная масса составляет $0,03 \text{ кг/моль}$ и отношение c_p / c_v равно 1,4.

2.49. Удельная теплоемкость при постоянном объеме газовой смеси, состоящей из одного киломоля кислорода и нескольких киломолей аргона, равна 430 Дж/(кг·К) . Какое количество аргона находится в газовой смеси?

2.50. В сосуд поместили лед массой 1 кг при температуре минус 10°C . Найти массу воды в сосуде после того, как его содержимому сообщили $1,22 \text{ МДж}$ теплоты.

2.51. В сосуд поместили лед массой 1 кг при температуре минус 10°C . Определить количество теплоты, необходимое для того, чтобы испарить все содержимое сосуда.

2.52. В теплоизолированном герметичном сосуде находится 140 г азота при температуре 300 К и нормальном атмосферном давлении. Определить давление газа после включения на время 3 мин небольшого электронагревателя мощностью 20 Вт , помещенного в сосуд.

2.53. Найти молярную и удельную теплоемкость при постоянном объеме и постоянном давлении для окиси углерода.

2.54. Определить молярную массу двухатомного газа и его удельные теплоемкости, если известно, что разность удельных теплоемкостей составляет 260 Дж/(кг·К) .

2.55. Трехатомный газ под давлением 240 кПа и температуре 20°C занимает объем 10 л. Определить теплоемкость этого газа при постоянном давлении.

2.56. Найти удельные теплоемкости при постоянном давлении и при постоянном объеме парообразного иода, если степень его диссоциации равна 50%.

2.57. Во сколько раз теплоемкость гремучего газа больше теплоемкости водяных паров, полученных при его сгорании? Решить задачу для случая постоянного объема и для случая постоянного давления

2.58. Газовая смесь состоит из азота массой 3 кг и водяного пара массой 1 кг. Принимая эти газы за идеальные, найти удельные теплоемкости смеси при постоянном объеме и при постоянном давлении.

2.59. Найти отношение c_p/c_v для газовой смеси, состоящей из 8 г гелия и 16 г кислорода.

2.60. Одноатомный газ при нормальных условиях занимает объем 5 л. Вычислить теплоемкость этого газа при постоянном объеме.

2.61. Идеальная тепловая машина, работающая по обратному циклу Карно, использует воду при 0°C в качестве нагревателя и воду при 100°C в качестве холодильника. Сколько воды превратится в лед в нагревателе при испарении 500 г воды в холодильнике?

2.62. Определить отношение количеств теплоты на участках 1-2-3 и 1-4-3 замкнутого цикла одноатомного идеального газа, образованного двумя изохорами и двумя изобарами. Принять $p_2 = p_3 = 2p_1$ и $V_3 = V_4 = 2V_1$

2.63. Определить термический КПД циклического процесса для одноатомного идеального газа. Цикл образован двумя изохорами и двумя изобарами. Известно, что при изобарном расширении объем увеличивается в 2 раза, а при изохорном охлаждении давление уменьшается в 2 раза.

2.64. Тепловая машина, работающая по циклу Карно, имеет полезную мощность 20 кВт. Температура нагревателя 400 К, холодильника 300 К. Найти теплоту, отдаваемую холодильнику за 1 мин работы.

2.65. Найти максимально возможную температуру 4 молей идеального одноатомного газа, а также изменение внутренней энергии на каждом участке замкнутого цикла, образованного изохорой, изобарой и изотермой, проходящими через точки: $p_1 = 166$ кПа, $V_1 = 0,015$ м³; $p_2 = 41,5$ кПа, $V_2 = 0,06$ м³.

2.66. Найти изменение энтропии при превращении 100 г льда, взятого при температуре минус 10°C, в пар при 100°C.

2.67. Замкнутый цикл для 1 киломоля идеального одноатомного газа состоит из двух изохор и двух изобар, проходящих через точки: $p_1 = 1$ атм; $V_1 = 50$ м³ и $p_2 = 2$ атм; $V_2 = 100$ м³. Во сколько раз работа, при таком цикле отличается от работы в цикле Карно, изотермы которого соответствуют наибольшей и наименьшей температурам заданного цикла, если при изотермическом расширении объем увеличился в 2 раза?

2.68. Одноатомный и двухатомный газы находятся при одинаковой температуре и занимают одинаковый объем. Газы сжимают адиабатно так, что их объем уменьшается в 2 раза. Во сколько раз температура одноатомного газа отличается от температуры двухатомного газа?

2.69. Определить отношения количеств теплоты на участках 1-2-3 и 1-4-3 замкнутого цикла одноатомного идеального газа, образованного двумя изохорами и двумя изобарами. Принять: $P_2 = P_3 = 2P_1$; $V_3 = V_4 = 2V_1$.

2.70. Один моль гелия совершает замкнутый цикл, состоящий из двух изобар и двух изохор. Максимальная и минимальная температура в цикле отличаются на $\Delta T = 132$ К. Отношение давлений на изобарах равно 1,2, отношение объемов на изохорах равно 1,2. Определить работу газа за цикл.

2.71. Замкнутый цикл для 0,1 кг гелия представляет собой треугольник с координатами вершин: $T_1 = 300 \text{ К}$; $P_1 = 2 \text{ атм}$; $T_2 = 600 \text{ К}$; $P_2 = 4 \text{ атм}$; $T_3 = 600 \text{ К}$, $P_3 = 2 \text{ атм}$. Определить изменение внутренней энергии на отдельных участках цикла.

2.72. Тепловая машина работает по циклу Карно. Температура нагревателя 800К. Определить термический КПД цикла и температуру холодильника, если на каждый килоджоуль теплоты, полученной от нагревателя, приходится работа 350 Дж.

2.73. Тепловая машина, работающая по циклу Карно, имеет полезную мощность 2 кВт. Температура нагревателя 400 К, холодильника 300 К. Найти теплоту, отдаваемую холодильником за 10 мин работы.

2.74. Какую работу совершил расширяющийся воздух массой 290 г при его изобарном нагревании на 20 К и какое количество теплоты ему при этом сообщили?

2.75. Найти изменение внутренней энергии 10 молей одноатомного газа, совершенную им работу и сообщенное ему количество теплоты, если при его изобарном нагреве температура возросла на 100 К.

2.76. Воздух в цилиндре двигателя внутреннего сгорания сжимается адиабатно, и его давление при этом изменяется от 1 атм до 35 атм. Начальная температура воздуха равна 40°C. Найти температуру воздуха в конце сжатия.

2.77. Идеальная тепловая машина работает по циклу Карно. При этом 80 % тепла, получаемого от нагревателя, передается холодильнику. Количество тепла, получаемое от нагревателя, равно 6 Дж. Найти КПД и работу полного цикла.

2.78. В сосуде под поршнем находится газ при нормальных условиях. Расстояние между дном сосуда и поршнем равно 25 см. Когда на поршень положили груз массой 20 кг, поршень опустился на 13,4 см. Считая сжатие адиабатным, найти для данного газа отношение c_p/c_v . Площадь поперечного сечения поршня равна 10 см², весом поршня пренебречь.

2.79. Определить количество теплоты, которое надо сообщить кислороду объемом 50 л при его изохорном нагревании, чтобы давление газа повысилось на 0,5 МПа.

2.80. Кислород массой 200 г занимает объем 100 л и находится под давлением 200 кПа. При нагревании газ расширился при постоянном давлении до 300 л, а затем его давление возросло до 500 кПа при неизменном объеме. Найти изменение внутренней энергии газа, совершенную газом работу и теплоту, переданную газу.

Электричество

Электростатика. Постоянный электрический ток

Основные формулы

Физическая величина	Формула
Закон Кулона	$F_k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$
Закон сохранения заряда	$\sum q_i = const.$
Напряженность электрического поля	$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$
Напряженность электрического поля точечного заряда	$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$
Принцип суперпозиции	$\vec{E} = \sum \vec{E}_i$
Поток вектора напряженности электрического поля сквозь замкнутую поверхность	$\Phi_E = \oint E_n dS$
Электрический момент диполя	$p \approx q l$
▲ Теорема Гаусса для электрического поля в вакууме	$\Phi_E = \frac{\sum q_i}{\epsilon_0}$

Поверхностная и линейная плотности заряда	$\sigma = \frac{dq}{dS}; \quad \tau = \frac{dq}{dl}$
Напряженность поля, создаваемого равномерно заряженной бесконечной плоскостью	$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$
Напряженность поля, создаваемого двумя бесконечными параллельными разноименно заряженными плоскостями	$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$
Напряженность поля, создаваемого равномерно заряженной сферической поверхностью	$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} \quad \text{при } r \geq R.$
Напряженность поля, создаваемого объемно заряженным шаром	$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} \quad \text{при } r \geq R;$ $E = \frac{qr}{4\pi\epsilon_0\epsilon R^3} \quad \text{при } r \leq R.$
Напряженность поля, создаваемого равномерно заряженным бесконечным цилиндром или нитью	$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0\epsilon r}$
Циркуляция вектора напряженности электрического поля вдоль замкнутого контура	$\oint \vec{E} d\vec{l} = 0.$

Потенциал электрического поля	$\varphi = \frac{\Pi}{q} = \frac{A_{\text{э.п.}}}{q}$
Связь между потенциалом электрического поля и его напряженностью	$E = -\nabla\varphi.$
Связь между векторами электрического смещения и напряженностью электростатического поля	$D = \epsilon_0 \epsilon E.$
Теорема Гаусса для электростатического поля в диэлектрике	$\Phi_D = \sum q_{\text{в.}}$
Электрическая емкость уединенного проводника	$C = \frac{q}{\varphi}$
Электрическая емкость шара	$C = 4\pi\epsilon_0 \epsilon R.$
Электрическая емкость плоского конденсатора	$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d}.$
Электрическая емкость параллельно соединенных конденсаторов	$C = \sum C_i.$
Электрическая емкость последовательно соединенных конденсаторов	$\frac{1}{C} = \sum \frac{1}{C_i}.$
Энергия заряженного уединенного проводника	$W = \frac{C\varphi^2}{2}.$

Энергия заряженного конденсатора	$W = \frac{CU^2}{2}$.
Объемная плотность энергии электростатического поля	$w = \frac{W}{V} = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} = \frac{ED}{2}$.
Сила тока	$i = \frac{dq}{dt}$
Электродвижущая сила	$\mathcal{E} = \frac{A_{em}}{q}$.
Закон Ома для однородного участка цепи	$I = \frac{U}{R}$.
Мощность тока	$P = \frac{dA}{dt} = UI$.
Закон Джоуля-Ленца	$dQ = I U dt$.
Закон Ома для неоднородного участка цепи	$I = \frac{\phi_1 + \phi_2 + \mathcal{E}_{ДС12}}{R}$.
Правила Кирхгофа	$\sum I_i = 0, \quad \sum I_i r_i = \sum \mathcal{E}_{ДСi}$.

Задачи для самостоятельного решения

3.01. Три точечных заряда $q_1 = q_2 = q_3 = 1$ нКл расположены в вершинах равностороннего треугольника. Какой заряд q_4 следует поместить в центре треугольника, чтобы данная система зарядов находилась в равновесии?

3.02. Два небольших наэлектризованных предмета А и В находятся на расстоянии 4 см и отталкивают друг друга с

силой в $4 \cdot 10^{-5}$ Н. Предмет А смещают на 3 см от начального положения. Чему равна максимальная и минимальная сила взаимодействия между предметами?

3.03. Два одинаковых металлических шарика заряжены так, что заряд одного из них в 5 раз больше заряда другого. Шарики привели в соприкосновение и раздвинули на прежнее расстояние. Во сколько раз изменилась сила взаимодействия, если шарики были заряжены одноименно? разноименно?

3.04. Два точечных электрических заряда $6 \cdot 10^{-8}$ Кл и $2,4 \cdot 10^{-7}$ Кл находятся в трансформаторном масле на расстоянии 16 см друг от друга. Где между ними следует поместить третий заряд $3 \cdot 10^{-7}$ Кл, чтобы он под действием электрических сил оставался в равновесии?

3.05. Три небольших шара с зарядами $q_1 = q_2 = q_3 = 5$ мкКл расположены так, как показано на рис. 3.1. Расстояния между шарами равны: $r_{12} = (2/\sqrt{3})$ см, $r_{23} = 1$ см. Чему равна сила, действующая на первый шар?

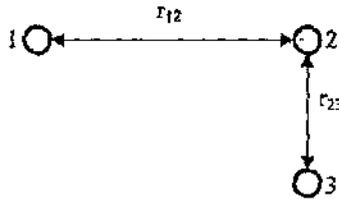


Рис.3.1

3.06. Два маленьких шара А и В массами по 1 г каждый подвешены на нитях так, как показано на рис.3.2. Длина нити 10 см. Определить угол между нитями после сообщения шарам заряда 2 мкКл.



Рис.3.2

3.07. Шарик массой 150 мг, подвешенный на непроводящей нити, имеет заряд минус 10^{-7} Кл. На расстоянии 32 см снизу от него помещается второй маленький шарик. Каким должен быть по величине и знаку его заряд, чтобы натяжение нити увеличилось вдвое?

3.08. Нить ABC прикреплена к потолку концом A. В точках B и C находятся одинаковые шарики массой 0,2 г с зарядами по 10 нКл. Расстояние BC равно 3 см. Найти натяжение нити на участках AB и BC.

3.09. На тонком стержне длиной 20 см находится равномерно распределенный электрический заряд. На продолжении оси стержня на расстоянии 10 см от ближайшего конца находится точечный заряд 40 нКл. Сила взаимодействия точечного заряда со стержнем 6 мкН. Определить линейную плотность заряда на стержне.

3.10. Тонкий стержень равномерно заряжен с линейной плотностью 2 нКл/см. На продолжении оси стержня на расстоянии 10 см от его конца находится точечный заряд 0,2 мкКл. Определить силу взаимодействия заряженного стержня и точечного заряда.

3.11. Два точечных заряда 1 нКл и -2 нКл находятся на расстоянии 10 см друг от друга. Определить напряженность поля, созданного этими зарядами в точке, удаленной от первого заряда на расстояние 9 см и от второго заряда на 7 см.

3.12. Расстояние между зарядами -20 нКл и -40 нКл равно 10 см. Найти напряженность поля на расстоянии 10 см от первого заряда в точке, лежащей на перпендикуляре к линии, соединяющей заряды.

3.13. Поверхностная плотность заряда на проводящем шаре равна $3,2 \cdot 10^{-8}$ Кл/м². Найти напряженность поля на расстоянии, равном утроенному радиусу шара.

3.14. Поле создано заряженной пластиной с поверхностной плотностью заряда 40 мкКл/см² и точечным зарядом 5 мКл, отстоящим от пластины на расстоянии 10 см. Определить напряженность и направление силовых линий поля в точках, удаленных от точечного заряда на расстояние 5 см. Точки лежат

на силовой линии поля пластины, проходящей через заряд, и на перпендикуляре к данной силовой линии.

3.15. На нити висит шарик массой 25 мг и зарядом 7 мкКл. Его помещают в горизонтальное электрическое поле с напряженностью 35 В/м. Определить силу натяжения нити, когда шарик отклонился от вертикали на максимальный угол.

3.16. Третью тонкого кольца радиусом 10 см несет равномерно распределенный заряд 50 нКл. Определить напряженность поля в точке, совпадающей с центром кольца.

3.17. Тонкий стержень длиной 20 см несет равномерно распределенный заряд 0,1 нКл. Определить напряженность поля в точке, находящейся на оси стержня на расстоянии 20 см от его конца.

3.18. Расстояние между двумя тонкими длинными проволоками, расположенными параллельно друг другу, равно 10 см. Проволоки равномерно заряжены разноименными зарядами с линейной плотностью 100 мкКл/м. Найти напряженность поля в точках, удаленных на 8 см от первой и на 6 см от второй проволоки.

3.19. Проволочному кольцу радиусом 5 см сообщили заряд 314 мкКл. Определить максимальное значение напряженности поля.

3.20. Электрическое поле создано бесконечно длинным цилиндром радиусом 1 см, равномерно заряженным с линейной плотностью 20 нКл/м. Определить разность потенциалов двух точек этого поля, находящихся на расстоянии 1 см и 4 см от поверхности цилиндра.

3.21. Два точечных заряда 1,2 мКл и $-0,3$ мКл находятся на расстоянии 0,12 м друг от друга. Найти потенциал поля в точке, где напряженность поля, созданного зарядами, равна нулю.

3.22. С поверхности бесконечно длинного цилиндра радиуса R без начальной скорости вылетает α -частица. Линейная плотность заряда цилиндра 50 нКл/м. Определить кинетическую энергию α -частицы в точке, удаленной от поверхности цилиндра на расстоянии $8R$.

3.23. На тонком стержне длиной l равномерно распределен заряд с линейной плотностью 10 нКл/м. Найти потенциал, созданный распределенным зарядом в точке, расположенной на оси стержня и удаленной от его ближайшего конца на расстояние l .

3.24. Шар радиусом 5 см, заряженный до потенциала 100 кВ, соединили проволокой с незаряженным шаром, радиус которого 6 см. Найти заряд каждого шара и их потенциалы.

3.25. Имеются два соосных тонких проволочных кольца радиусом 30 см каждое. Заряды колец равны $0,4$ и $-0,4$ мкКл. Найти разность потенциалов между центрами колец, отстоящих друг от друга на 52 см.

3.26. На кольце-шайбе с внутренним радиусом 8 см и внешним радиусом 10 см равномерно распределен заряд 10 нКл. Найти потенциал в центре кольца.

3.27. Тонкий стержень заряжен с линейной плотностью 133 нКл/м и согнут в полукольцо. Какую работу надо совершить, чтобы перенести точечный заряд $6,7$ нКл из центра полукольца в бесконечность?

3.28. Какой минимальной скоростью должен обладать протон, находящийся далеко от заряженного кольца, чтобы беспрепятственно преодолеть плоскость кольца, двигаясь вдоль его оси? Заряд кольца равен 100 мкКл, радиус 2 см.

3.29. Диполь с электрическим моментом 100 пКл·м свободно установился в электрическом поле с напряженностью 200 кВ/м. Определить работу внешних сил, которую необходимо совершить для поворота диполя на угол 180° .

3.30. Протон, пройдя ускоряющую разность потенциалов 50 кВ, летит на ядро атома лития. На какое наименьшее расстояние протон может приблизиться к ядру атома лития?

3.31. Восемь капелек ртути заряжены до потенциала 200 В каждая. Определить потенциал капли после слияния всех капелек в одну.

3.32. Два проводящих шара с радиусами 5 см и 20 см находятся на некотором расстоянии друг от друга. Заряды шаров 40 нКл и

20 нКл соответственно. Определить заряды шаров после их соединения проводником. Емкостью проводника пренебречь.

3.33. После зарядки до разности потенциалов 40 В и отключения от зарядного устройства конденсатор емкостью 3 мкФ соединили параллельно с незаряженным конденсатором емкостью 5 мкФ. Какая энергия высвобождается при образовании искры в момент соединения конденсаторов?

3.34 Конденсатор емкостью 4 мкФ заряжен до напряжения 300 В, а конденсатор емкостью 3 мкФ — до 180 В. После зарядки конденсаторы соединили между собой: 1) одноименными, 2) разноименными полюсами. Какая разность потенциалов установится между обкладками конденсаторов в первом и во втором случаях?

3.35. Три конденсатора C_1 , C_2 , C_3 образуют комбинированную цепь, причем C_1 и C_2 соединены параллельно, а C_3 последовательно по отношению к C_1 и C_2 . Емкость конденсаторов равна: $C_1 = 2$ мкКл, $C_2 = 1$ мкКл, $C_3 = 3$ мкКл. Вся цепь подключена к источнику с ЭДС 12 В. Определить напряжение и заряд на конденсаторах C_1 и C_3 после зарядки.

3.36. Два одинаковых плоских конденсатора соединены параллельно и заряжены до разности потенциалов 120 В. Определить разность потенциалов на конденсаторах, если после отключения их от источника тока у одного конденсатора уменьшили расстояние между пластинами в 2 раза.

3.37. Плоский воздушный конденсатор состоит из двух круглых пластин радиусом 10 см каждая. Расстояние между пластинами равно 1 см. Конденсатор зарядили до разности потенциалов 1 кВ и отключили от источника. Какую работу надо совершить, чтобы, удаляя пластины друг от друга, увеличить расстояние между пластинами до 3 см?

3.38. Между пластинами заряженного плоского конденсатора ввели диэлектрик с диэлектрической проницаемостью ϵ так, что он полностью заполнил объем между половинами площадей пластин. Во сколько раз изменилась емкость конденсатора, заряд на пластинах и напряжение между ними?

3.39. Конденсатор 1 зарядили до напряжения 500 В. При параллельном подключении этого конденсатора к незаряженному

конденсатору 2 емкостью 4 мкФ вольтметр показал 100 В. Найти емкость конденсатора 1.

3.40. Расстояние между пластинами плоского конденсатора с диэлектриком из парафина равно 2 мм, а напряжение между пластинами 200 В. Найти плотность энергии электрического поля.

3.41. Конденсатор емкостью 0,3 мкФ и резистор сопротивлением 5 Ом соединены параллельно и подключены к батарее с ЭДС 12 В и внутренним сопротивлением 1 Ом. Найти заряд конденсатора и мощность батареи.

3.42. Резистор и амперметр соединены последовательно и подключены к источнику тока. Параллельно резистору присоединен вольтметр с сопротивлением 4 кОм. Показания амперметра 0,3 А, вольтметра 120 В. Определить относительную погрешность, которая может быть допущена при определении сопротивления резистора, если пренебречь силой тока, текущего через вольтметр.

3.43. Резистор и амперметр соединены последовательно и подключены к источнику тока. Сопротивление амперметра 0,2 Ом. Параллельно резистору и амперметру присоединен вольтметр. Показания амперметра 5 А, вольтметра 120 В. Определить относительную погрешность, которая может быть допущена при определении сопротивления резистора, если пренебречь падением напряжения на амперметре.

3.44. Участок цепи состоит из параллельно соединенных резисторов сопротивлениями 10 Ом и 5 Ом и включенного последовательно с ними резистора 6,7 Ом. Найти силу тока в резисторе 5 Ом, если падение напряжения на всем участке цепи равно 12 В. Найти количество теплоты, выделяющееся на этом резисторе за 1 мин.

3.45. Лампочка и реостат, соединенные последовательно, присоединены к источнику тока. Напряжение на зажимах лампочки равно 40 В, сопротивление реостата равно 10 Ом. Внешняя цепь потребляет мощность 120 Вт. Найти силу тока в цепи.

3.46. К зажимам источника тока присоединен нагреватель. ЭДС источника равна 24 В, внутреннее сопротивление 1 Ом.

Нагреватель, включенный в цепь, потребляет мощность 100 Вт. Вычислить силу тока в цепи и КПД нагревателя.

3.47. Кабель состоит из двух стальных жил диаметром 0,9 мм каждая и четырех медных жил диаметром 1 мм каждая. Определить падение напряжения на каждом километре кабеля при силе тока 0,1 А и массу участка кабеля длиной 1 км.

3.48. Сопротивление одного проводника больше сопротивления другого в n раз. Во сколько раз сопротивление их параллельного соединения отличается от сопротивления их последовательного соединения?

3.49. Катушка из медной проволоки имеет сопротивление 10,8 Ом. Масса медной проволоки равна 3,41 кг. Сколько метров проволоки и какого диаметра намотано на катушке?

3.50. В замкнутой цепи ЭДС источника равна 20 В. Одно из двух последовательных сопротивлений постоянно, а другое является реостатом. При полностью выведенном реостате амперметр, включенный в цепь, показывает 8 А, при полностью введенном 5 А. Найти значения обоих сопротивлений.

3.51. Батарея двух гальванических элементов с ЭДС 3 В и 2 В и внутренним сопротивлением 0,1 Ом и 0,2 Ом замкнута проводником 10 Ом. Параллельно проводнику подключен конденсатор емкостью 1 мкФ. Определить заряд конденсатора.

3.52. На схеме (рис.3.3) $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2$; $R_1 = R_2 = 100$ Ом. Вольтметр показывает 150 В, сопротивление вольтметра 200 Ом. Определить ЭДС источников тока. Сопротивлением источников тока пренебречь.

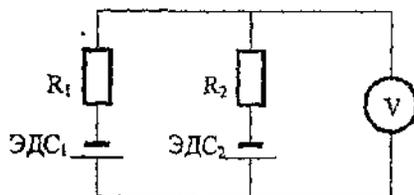


Рис 3.3

3.53. На схеме (рис.3.4) ЭДС₁ = 25 В. Падение потенциала на сопротивлении R₁ равно 10 В, равно падению потенциала на R₃ и вдвое больше падения потенциала на R₂. Найти ЭДС₂ и ЭДС₃. Сопротивлением источников тока пренебречь.

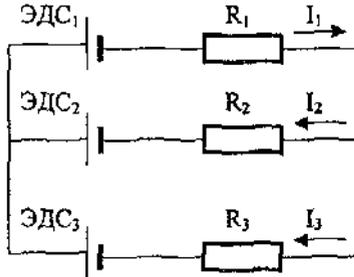


Рис.3.4

3.54. Два источника тока и четыре сопротивления образуют цепь, показанную на рис.3.5. Известно: ЭДС₁ = 4 В, ЭДС₂ = 3 В, R₁ = 4 Ом, R₂ = 2 Ом, R₃ = 1 Ом, R₄ = 5 Ом. Определить напряжение на сопротивлении R₃.

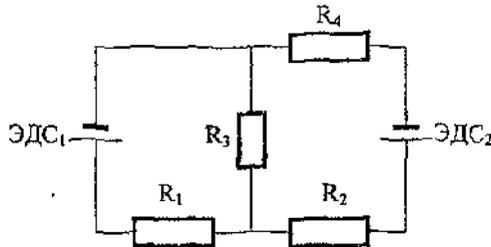


Рис.3.5

3.55. Разветвленная цепь состоит из двух источников тока и трех внешних сопротивлений (рис.3.6). Известно: ЭДС₁ = 10 В, ЭДС₂ = 8 В, r₁ = 1 Ом, r₂ = 1 Ом, R₁ = 4 Ом, R₂ = 5 Ом, R₃ = 8 Ом. Определить токи в ветвях цепи.

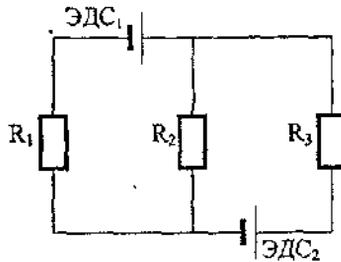


Рис.3.6

3.56. Для измерения величины неизвестного сопротивления применяют электрическую схему (мост Уитстона) (рис. 3.7). Известно: ЭДС = 12 В, $R_1 = 100$ Ом, $R_2 = 200$ Ом, $R_3 = 50$ Ом. Какой должна быть величина сопротивления R_x , чтобы ток, протекающий через гальванометр, оказался равным нулю?

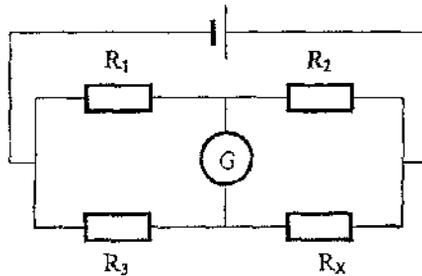


Рис.3.7

3.57. Для разветвленной цепи (рис 3.8), известны следующие значения: ЭДС₁ = 100 В, ЭДС₂ = 20 В, $R_1 = 20$ Ом, $R_2 = 10$ Ом, $R_3 = 40$ Ом, $R_4 = 30$ Ом. Найти показание амперметра. Сопротивлением источников тока и амперметра пренебречь.

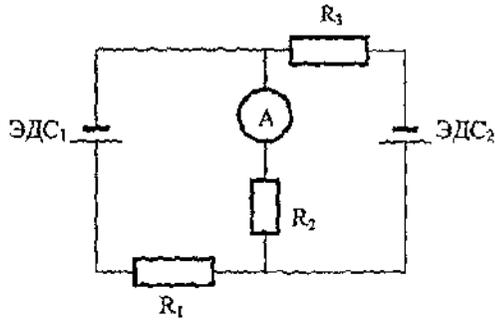


Рис.3.8

3.58. В схеме (рис. 3.9) $\mathcal{E}_1 \approx 2,1$ В, $\mathcal{E}_2 \approx 1,9$ В, $R_2 = 45$ Ом, $R_1 = R_3 = 10$ Ом. Найти силу тока во всех участках цепи. Внутренним сопротивлением элементов пренебречь.

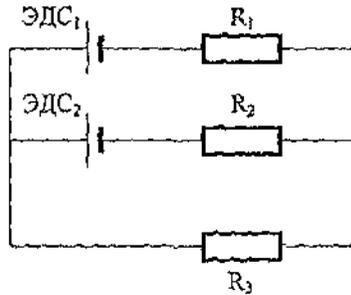


Рис.3.9

3.59. В схеме (рис.3.10) ЭДС обоих элементов равны по 2 В, а их внутренние сопротивления 1 Ом и 2 Ом. Чему равно внешнее сопротивление, если сила тока, идущего через первый элемент, равна 1 А? Найти остальные токи.

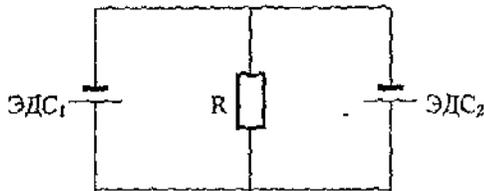


Рис.3.10

3.60. Какую силу тока показывает амперметр (рис.3.11), если $\mathcal{E}_1 = 2$ В, $\mathcal{E}_2 = 1$ В, $R_1 = 1$ кОм, $R_2 = 500$ Ом, $R_3 = 200$ Ом? Внутренним сопротивлением источников ЭДС пренебречь.

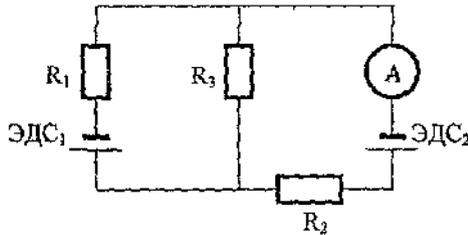


Рис.3.11

3.61. Полезная мощность, выделяемая на внешнем участке цепи, достигает наибольшего значения 5 Вт при токе 1 А. Найти ЭДС источника тока.

3.62. ЭДС батареи 24 В. Наибольшая сила тока, которую может дать батарея, равна 10 А. Определить максимальную мощность, которая может быть выделена во внешней цепи.

3.63. От источника с напряжением 800 В необходимо передать потребителю мощность 10 кВт. Какое наибольшее сопротивление может иметь линия передачи, чтобы потери энергии не превышали 10 % от передаваемой мощности?

3.64. Работа по разделению заряда, совершаемая в батарее за 2 мин, равна 2,4 кДж. Найти внутреннее сопротивление батареи, если она поддерживает напряжение 12 В на лампе мощностью 15 Вт.

3.65. Аккумулятор с ЭДС 12,6 В питает сеть током 4 А. Найти внутреннее сопротивление источника, если КПД аккумулятора 80%. Определить ток короткого замыкания.

3.66. Мощность, потребляемая реостатом, равна 30 Вт, напряжение на его зажимах 15 В. Определить длину никелиновой проволоки, пошедшей на изготовление реостата, если ее сечение $0,5 \text{ мм}^2$.

3.67. Конденсатор емкостью 0,3 мкФ и резистор сопротивлением 5 Ом соединены параллельно и подключены к батарее с ЭДС 12 В и внутренним сопротивлением 1 Ом. Найти заряд, накопленный конденсатором, и мощность источника тока.

3.68. Определить сопротивление нагревательного элемента электрического чайника, в котором 1,8 л воды с начальной температурой 10°C нагревается до 100°C за 22,5 мин. Электрический чайник работает от сети с напряжением 120 В и имеет КПД 80%. Чему равен ток в нагревательном элементе?

3.69. При силе тока 3 А во внешней цепи батарей аккумуляторов выделяется мощность 24 Вт, а при силе тока 1 А – мощность 12 Вт. Определить ЭДС и внутреннее сопротивление батарей.

3.70. Аккумуляторная батарея с ЭДС 18 В и внутренним сопротивлением 1,2 Ом питает внешнюю цепь. Найти значение внешнего сопротивления, для которого мощность, отдаваемая батареей, максимальна.

3.71. Сила тока в проводнике изменяется во времени по закону $I = 10 \sin 40\pi t$. Определить количество теплоты, которое выделится в проводнике сопротивлением 100 Ом за время, равное четверти периода.

3.72. Определить количество теплоты, выделившееся за 10 с в проводнике сопротивлением 100 Ом, если сила тока в нем, равномерно уменьшаясь, изменилась от 10 А до нуля.

3.73. Сила тока в проводнике изменяется во времени по закону $I = I_0 e^{-\alpha t}$. Определить количество теплоты, выделившееся в проводнике сопротивлением 10 Ом за время, в течение которого ток уменьшится в e раз. Коэффициент α принять равным $2 \cdot 10^{-2} \text{ с}^{-1}$.

3.74. . За время 20 с при равномерно возрастающей силе тока от нуля до некоторого максимума в проводнике выделилось количество теплоты, равное 50 кДж. Определить среднюю силу тока в проводнике, если его сопротивление равно 50 Ом.

3.75. Электрокамин имеет две обмотки. При включении одной из них температура воздуха в комнате повышается на 1°C за 10 мин, при включении другой температура повышается на 2°C за 15 мин. На сколько минут надо включить камин, чтобы

повысить температуру на 1°C при параллельном соединении этих обмоток?

3.76. Электрический чайник, в который заливают 1,5 л воды при температуре 10°C , забыли сразу выключить, когда вода закипела. При выключении чайника обнаружили, что в нем осталось всего 0,5 л воды. Напряжение в сети 220 В, сопротивление обмотки 20 Ом, КПД чайника 60 %. Найти энергию, затраченную на нагревание и испарение воды, и время, в течение которого чайник был включен.

3.77. Напряжение на зажимах проводника изменяется во времени по закону $U = 100\sin 50\pi t$. Определить количество теплоты, которое выделится в проводнике сопротивлением 200 Ом за время, равное периоду.

3.78. Сколько надо заплатить за пользование электроэнергией в течение месяца (30 дней), если в квартире имеются следующие потребители: 1) восемь лампочек мощностью по 100 Вт, которые ежедневно включены на 6 часов; 2) два масляных электро-радиатора мощностью по 1,2 кВт ежедневно включаемые на 4 часа; 3) телевизор мощностью 200 Вт, работающий ежедневно по 5 часов; 4) утюг мощностью 1 кВт, используемый дважды в неделю по 1 часу; 5) электронагреватели для ежедневного кипячения 5 л воды (начальная температура воды 10°C ; КПД нагревателя 80 %). Стоимость 1 кВт·час электроэнергии равна 25 коп.

3.79. За время 20 с при равномерно возрастающей силе тока от нуля до некоторого максимума в проводнике сопротивлением 5 Ом выделилось количество теплоты 4 кДж. Определить скорость нарастания силы тока.

3.80. Определить количество теплоты, выделившееся в проводнике с сопротивлением 10 Ом за 10 с, если сила тока в нем равномерно уменьшилась от 10 А до 2 А.

Глава 4

Магнетизм

Магнитное поле. Электромагнитная индукция. Магнитные свойства вещества. Электромагнитные колебания и волны

Основные формулы

Физическая величина	Формула
Магнитный момент рамки с током	$p = IS$
Вращающий момент, действующий на рамку с током в магнитном поле	$M_{op} = pB \sin \alpha$
Связь между напряженностью и индукцией магнитного поля	$B = \mu_0 \mu H.$
Закон Био-Савара-Лапласа для элемента проводника с током	$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{Idl \sin \alpha}{r^2}$
Магнитная индукция поля прямого тока	$B = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{2I}{R}.$
Магнитная индукция поля в центре кругового проводника с током	$B = \mu_0 \mu \frac{I}{2R}$
Закон Ампера	$dF = IBdl \sin \alpha$

Магнитное поле свободно движущегося заряда	$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{qv \sin \alpha}{r^2}$
Сила Лоренца	$F = qvB \sin \alpha$
Закон полного тока для магнитного поля в вакууме	$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \sum I_i$
Магнитная индукция поля внутри соленоида (в вакууме)	$B = \mu_0 \frac{NI}{l}$
Поток вектора магнитной индукции (магнитный поток) сквозь произвольную поверхность	$\Phi_B = \int \vec{B}_s \cdot d\vec{S}$
Потокосцепление	$\Psi = N\Phi$
Теорема Гаусса для магнитного поля	$\Phi_B = 0$
Работа по перемещению проводника с током в магнитном поле	$dA = I d\Phi_B$
Работа по перемещению замкнутого контура с током в магнитном поле	$dA = I d\Phi'_B$
Закон Фарадея	$\mathcal{E}_{ДС} = -\frac{d\Phi}{dt}$
ЭДС самоиндукции	$\mathcal{E}_{ДС} = -L \frac{dI}{dt}$
Индуктивность соленоида	$L = \mu_0 \mu n^2 l S$

Закон изменения силы тока при размыкании цепи	$I = I_0 \exp\left(-\frac{R}{L}t\right)$
Энергия магнитного поля, связанного с контуром	$W = \frac{LI^2}{2}$
Объемная плотность энергии магнитного поля	$w = \frac{W}{V} = \frac{\mu_0 \mu H^2}{2} = \frac{BH}{2}$
Теорема о циркуляции вектора \vec{H}	$\oint \vec{H} d\vec{l} = I$

Задачи для самостоятельного решения

4.01. Три прямолинейных параллельных бесконечно длинных проводника А, В и С с током расположены в одной плоскости. Расстояния $AB = BC = 10$ см, $I_1 = I_2 = I$ и $I_3 = 3I$. Определить точку на прямой АС, в которой напряженность магнитного поля равна нулю.

4.02. По двум прямолинейным параллельным бесконечно длинным проводникам, расположенным на расстоянии 10 см друг от друга, текут токи $I_1 = I_2 = 5$ А в противоположных направлениях. Найти напряженность магнитного поля в точке, удаленной от каждого проводника на расстояние 10 см.

4.03. По прямолинейному проводнику ВС длиной 10 см течет ток 1 А. Определить напряженность магнитного поля в точке Д, расположенной на перпендикуляре к проводнику на расстоянии $BD = 10$ см.

4.04. Отрезок прямолинейного проводника с током имеет длину 50 см. При каком предельном расстоянии от него для точек, лежащих на перпендикуляре к его середине, магнитное поле можно рассматривать как поле бесконечно длинного прямолинейного тока с ошибкой, не превышающей 5 %?

4.05. Ток в 10 А течет по длинному проводнику, согнутому в точке В под прямым углом. Найти напряженность магнитного поля в точках С и С₁, расположенных на биссектрисе этого угла на расстоянии 10 см от точки В.

4.06. Ток 10 А, протекая по проволочному кольцу из медной проволоки сечением 1 мм², создает в центре кольца напряженность магнитного поля 200 А/м. Какая разность потенциалов приложена к концам проволоки, образующей кольцо?

4.07. По длинному вертикальному проводнику сверху вниз течет ток 10 А. На каком расстоянии от него напряженность поля, созданного при сложении земного магнитного поля и поля тока, направлена вертикально вверх? Горизонтальная составляющая напряженности земного магнитного поля 25 А/м.

4.08. Бесконечно длинный провод образует круговую петлю, касательную к проводу. Сила тока в проводе 10 А. Найти радиус петли, если известно, что напряженность магнитного поля в центре петли составляет 40 А/м.

4.09. По двум бесконечно длинным прямым проводникам, скрещенным под прямым углом, текут токи 10 А и 20 А. Кратчайшее расстояние между проводниками равно 10 см. Определить магнитную индукцию в точке, которая равноудалена от проводов на расстояние 5 см.

4.10. По проводнику, согнутому в виде квадрата со стороной 10 см, течет ток 2 А. Плоскость квадрата перпендикулярна силовым линиям магнитного поля. Определить напряженность магнитного поля в двух точках: 1) внутри квадрата на расстоянии 2 см от середины одной из сторон квадрата; 2) вне квадрата в зеркально симметричной точке.

4.11. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам, расстояние между которыми 10 см, текут одинаковые

токи 6 А противоположного направления. Найти магнитную индукцию в точке, равноудаленной от проводов на расстояние 10 см.

4.12. Найти напряженность магнитного поля в центре равностороннего треугольника со стороной 10 см, обтекаемого током 5 А.

4.13. Два соосных круговых витка радиусом 4 см каждый расположены на расстоянии 5 см друг от друга. По виткам текут в противоположном направлении одинаковые токи, равные 4 А. Найти магнитную индукцию в центре одного из витков.

4.14. Ток 20 А, протекая по проволочному кольцу из медной проволоки сечением 1 мм^2 , создает в центре кольца напряженность магнитного поля 150 А/м. Какая разность потенциалов приложена к концам проволоки, образующей кольцо?

4.15. По тонкому проводу, изогнутому в виде прямоугольника со сторонами 20 см и 40 см, пропускают ток 1 А. Определить индукцию магнитного поля в точке, лежащей на пересечении диагоналей.

4.16. По проводнику бесконечной длины, изогнутому так, как показано на рис 4.1, протекает ток 2 А. Радиус полукольца 5 см. Определить напряженность магнитного поля в точке О.

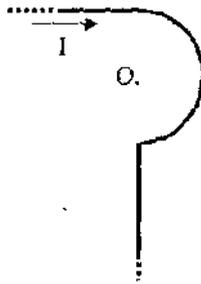


Рис. 4.1

4.17. Определить напряженность в центре круговой петли радиусом 12 см, подводящие провода к которой идут вдоль осей ОХ и ОУ (рис.4.2). По проводнику течет ток 4 А.

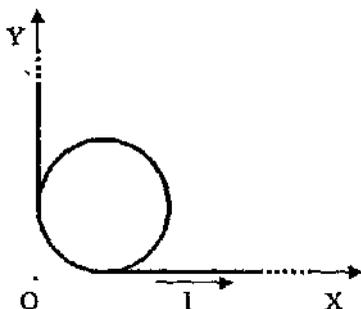


Рис. 4.2

4.18. Железный тороид сечением 400 мм^2 и средним диаметром 10 см имеет поперечную прорезь шириной 2 мм . На тороид нанесена обмотка с числом витков 1800 . Когда по обмотке пустили ток 1 А , индукция магнитного поля в зазоре стала равна $0,65 \text{ Тл}$. Определить магнитную проницаемость железа при этих условиях.

4.19. На рис. 4.3 показана конфигурация проводника бесконечной длины, по которому идет ток 2 А . Определить напряженность в центре O четверти круговой петли радиусом 10 см .



Рис. 4.3

4.20. По тонкому кольцу радиусом 5 см течет ток 80 А . Определить напряженность в точке, равноудаленной от точек кольца на расстояние 10 см .

4.21. Тонкое проводящее кольцо с током 10 А помещено в однородное магнитное поле с индукцией 100 мТл . Плоскость кольца перпендикулярна полю. Радиус кольца 20 см . Определить силу, растягивающую кольцо.

4.22. Короткая катушка площадью 200 см^2 , содержащая 50 витков провода, по которому течет ток 5 А , помещена в однородное магнитное поле напряженностью 1000 А/м . Определить враща-

ющий момент, действующий на катушку, если ось катушки составляет угол 30° с линиями поля.

4.23. Ион, попав в магнитное поле с индукцией $0,01$ Тл, стал двигаться по окружности. Определить кинетическую энергию иона, если магнитный момент эквивалентного тока равен $1,6 \cdot 10^{-14}$ А·м².

4.24. Диск радиусом 10 см несет заряд с поверхностной плотностью 100 нКл/м². Определить магнитный момент, обусловленный вращением диска, относительно оси, проходящей через его центр и перпендикулярной плоскости диска. Угловая скорость диска 60 р/с.

4.25. Электрон влетает в скрещенные под прямым углом электрическое и магнитное поля перпендикулярно им обоим. Электрическое поле создается конденсатором емкостью $0,5$ мкФ, заряженным до напряжения 200 В. Магнитное поле создается соленоидом, у которого число витков на единицу длины составляет 1500 м⁻¹, а текущий через него ток 5 А. Какой разностью потенциалов следовало ускорять электрон, чтобы направление его движения не изменилось?

4.26. Протон, прошедший ускоряющую разность потенциалов 1000 В, влетел в однородное магнитное поле с индукцией $0,1$ Тл и начал двигаться по окружности. Определить радиус окружности.

4.27. Альфа-частица, пройдя ускоряющую разность потенциалов, стала двигаться в однородном магнитном поле с индукцией 50 мТл по винтовой линии с шагом 5 см и радиусом 1 см. Определить ускоряющую разность потенциалов, которую прошла альфа-частица.

4.28. Квадратный контур со стороной 10 см, по которому течет ток 10 А, свободно установился в однородном магнитном поле с индукцией 10 мТл. Определить изменение потенциальной энергии контура при повороте его вокруг оси, лежащей в плоскости контура, на 90° .

4.29. Протон и электрон, прошедшие одинаковую разность потенциалов, влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно его силовым линиям. Найти отношение радиусов окружностей, по которым станут двигаться частицы.

4.30. Прямолинейный проводник массой 0,03 кг, по которому протекает ток 5 А, поднимается вертикально вверх в однородном горизонтальном магнитном поле с индукцией 0,4 Тл, двигаясь к линиям магнитной индукции под углом 30° . Через 2 с после начала движения он приобретает скорость 4 м/с. Определить длину проводника.

4.31. Электрон влетает со скоростью $8 \cdot 10^6$ м/с в плоский горизонтальный конденсатор параллельно его пластинам, длина которых 4 см. Напряженность электрического поля конденсатора равна 20 кВ/м. При вылете из конденсатора электрон попадает в поперечное магнитное поле с индукцией 20 мТл протяженностью 4 см. Определить, насколько сместился электрон от прежнего направления (при движении в конденсаторе) и под каким углом к продольной оси конденсатора он вылетает из магнитного поля.

4.32. Ион, пройдя ускоряющую разность потенциалов 15 кВ, влетает в область, занятую скрещенными электрическим и магнитным полями, где он движется равномерно и прямолинейно. Скорость иона перпендикулярна векторам магнитной индукции и электрической напряженности. Величины полей составляют 10 мТл и 17 кВ/м. Определить удельный заряд q/m иона.

4.33. По двум длинным параллельным проводам текут одинаковые токи по 10 А в противоположных направлениях. Расстояние между проводами 30 см. Определить магнитную индукцию в точках, удаленных от первого провода на расстояние 24 см, а от второго — на 18 см.

4.34. Альфа-частица влетает в однородное магнитное поле с индукцией 0,05 Тл под углом 30° к линиям индукции со скоростью 600 м/с. Найти радиус и шаг винтовой линии, по которой начнет двигаться частица.

4.35. Тонкий металлический проводник в форме полукольца находится в однородном магнитном поле с индукцией 50 мТл. Вектор индукции и нормаль к плоскости полукольца совпадают по направлению. Радиус полукольца равен 20 см. Определить силу, действующую на проводник, если по нему пропустить ток 1 А.

4.36. Катушка тангенс-гальванометра состоит из 100 витков покрытой изоляцией проволоки, отстоящих от центра катушки, где помещена магнитная стрелка компаса, на 15 см. Плоскость катушки

совмещают с направлением магнитной стрелки. На какой угол отклонится стрелка тангенс-гальванометра, если по его катушке пропустить ток 200 мА? Горизонтальная составляющая напряженности земного магнитного поля равна 30 А/м.

4.37. Тонкий провод длиной 20 см изогнут в виде полукольца и помещен в магнитное поле с индукцией 10 мТл так, что плоскость полукольца перпендикулярна линиям магнитной индукции. По проводу пропустили ток 50 А. Определить силу, действующую на провод, если подводящие провода направлены вдоль линий магнитной индукции.

4.38. Квадратный проводящий контур со стороной 20 см и током 10 А свободно подвешен в однородном магнитном поле с индукцией 0,2 Тл. Найти работу, которую надо совершить, чтобы повернуть контур на 180° вокруг оси, перпендикулярной направлению магнитного поля.

4.39. Квадратный контур со стороной 10 см, по которому течет ток 6 А, находится в магнитном поле с индукцией 0,8 Тл под углом 50° к линиям индукции. Какую работу надо совершить, чтобы при неизменной силе тока в контуре изменить его форму на окружность?

4.40. Виток, по которому течет ток силой 20 А, свободно установился в магнитном поле с индукцией 16 мТл. Диаметр витка 10 см. Найти работу, которую нужно совершить, чтобы повернуть виток на 90° относительно оси, совпадающей с его диаметром.

4.41. Рамка площадью 5 см^2 состоящая из 1000 витков замкнута на гальванометр с сопротивлением 10 кОм и помещена в однородное магнитное поле с индукцией 10 мТл. Плоскость рамки перпендикулярна линиям индукции. Какой заряд протекает по цепи гальванометра, если направление индукции поля плавно изменить на обратное? Сопротивлением рамки пренебречь.

4.42. Проволочный виток, замыкающий пластины конденсатора, помещен в магнитное поле, линии индукции которого перпендикулярны плоскости витка. Индукция магнитного поля изменяется по закону: $B = 50t$, где t – время в секундах. Ёмкость конденсатора 100 мкФ, площадь витка 200 см^2 . Найти заряд конденсатора.

4.43. Круговой контур радиусом 15 см находится в однородном магнитном поле, индукция которого изменяется со скоростью

50 Тл/с. Плоскость кольца составляет угол 60° с полем. Определить индукционный ток в контуре с сопротивлением 20 Ом.

4.44. Серебряное кольцо массой 5 г находится в однородном магнитном поле с индукцией 1 Тл. Плоскость кольца перпендикулярна полю. Найти заряд, который протечет по кольцу, если его сжать с двух сторон в линию.

4.45. Медный обруч радиусом 0,5 м и сопротивлением 0,25 Ом расположен в плоскости магнитного меридиана. Какой заряд протечет по обручу, если его повернуть вокруг вертикальной оси на 90° ?

4.46. Квадратная рамка со стороной 5 см и сопротивлением 10 мОм находится в однородном магнитном поле с индукцией 40 мТл. Нормаль к плоскости рамки составляет угол 30° с линиями магнитной индукции. Определить заряд, который протечет в рамке, если магнитное поле выключить.

4.47. Сила тока в контуре изменяется по закону $I = 10 + 5t$, где t – время в секундах. Найти ЭДС самоиндукции, если при $t = 0$ поток магнитной индукции, пронизывающий контур, равен 0,5 Вб.

4.48. На соленоид длиной 144 см и диаметром 5 см надет проволочный виток. Обмотка соленоида имеет 2000 витков и по ней течет ток в 2 А. Соленоид имеет железный сердечник. Какая средняя ЭДС индуцируется в витке, когда ток в соленоиде выключается в течение 0,002 с?

4.49. Какой магнитный поток пронизывал виток катушки, имеющей 1000 витков, если при равномерном исчезновении магнитного поля в течение 0,1 с в катушке индуцируется ЭДС 10 В?

4.50. Соленоид содержит 1200 витков провода, плотно прилегающих друг к другу. При токе 4 А магнитный поток равен 6 мкВб. Определить энергию магнитного поля соленоида.

4.51. Соленоид содержит 800 витков и имеет сечение 10 см^2 . По обмотке течет ток, создающий поле с индукцией 8 мТл. Определить среднее значение ЭДС самоиндукции, если сила тока уменьшается до нуля за 0,8 мс.

4.52. Круговой контур радиусом 2,5 см помещен в однородное магнитное поле с индукцией 0,5 Тл. Сопротивление контура 0,8 Ом. Нормаль к контуру и линия магнитной индукции по направлению совпадают. Определить количество электричества, протекающее через контур, если его повернуть в магнитном поле на 90° .

4.53. На катушку длиной 20 см и диаметром 2 см намотана медная проволока диаметром 0,5 мм в два слоя. Катушка включена в цепь с ЭДС 6 В. При помощи переключателя ЭДС выключается и катушка замыкается накоротко. Определить: 1) магнитный момент катушки; 2) время, в течение которого ток в катушке после выключения ЭДС уменьшится в два раза; 3) магнитный поток, пронизывающий катушку в этот момент времени.

4.54. Квадратная рамка, состоящая из 10 витков медной проволоки, помещена в переменное магнитное поле, изменяющееся с частотой 50 Гц. Максимальное значение индукции 0,1 Тл. Сторона рамки 5 см, диаметр проволоки 0,8 мм. Плоскость рамки перпендикулярна силовым линиям поля. Найти зависимость от времени и наибольшее значение: 1) магнитного потока, пронизывающего рамку; 2) ЭДС индукции, возникающей в рамке; 3) силы тока, текущего по рамке.

4.55. Виток, в котором поддерживается постоянная сила тока 600 мА свободно установился в однородном магнитном поле с индукцией 0,2 Тл. Диаметр витка 10 см. Какую работу надо совершить, чтобы повернуть виток относительно оси, совпадающей с диаметром, на угол 180° ?

4.56. Плоский контур с током 0,5 А расположен в однородном магнитном поле так, что силовые линии поля параллельны плоскости контура. Определить работу, совершаемую силами поля при медленном повороте контура около оси, лежащей в плоскости контура и перпендикулярной силовым линиям поля, на угол 30° .

4.57. В однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл равномерно вращается с частотой 5 с^{-1} стержень длиной 50 см так, что плоскость его вращения перпендикулярна линиям индукции магнитного поля, а ось вращения проходит через один из концов стержня. Найти разность потенциалов, индуцируемую на концах стержня.

4.58. Катушка диаметром 10 см, имеющая 500 витков, находится в магнитном поле. Чему будет равно среднее значение ЭДС индукции в катушке, если индукция магнитного поля в течение 0,1 с увеличится от нуля до 2 Тл?

4.59. Скорость самолета равна 950 км/ч. Найти ЭДС индукции, возникающую на концах крыла размахом 30 м, если вертикальная составляющая земного магнитного поля 30 А/м.

4.60. В однородном магнитном поле, индукция которого равна 1000 Тл, равномерно вращается катушка, состоящая из 100 витков проволоки. Катушка делает 5 об/с, площадь ее поперечного сечения 100 см^2 . Ось вращения перпендикулярна оси катушки и направлению магнитного поля. Найти максимальную ЭДС индукции во вращающейся катушке.

4.61. Катушка колебательного контура представляет собой витки, плотно примыкающие друг к другу, намотанные на полый бумажный цилиндр. Как изменится период колебаний контура если пластины конденсатора сдвинуть в два раза ближе, а на цилиндр намотать еще такое же количество витков?

4.62. В колебательном контуре происходят свободные колебания. Максимальный заряд конденсатора равен 10^{-6} Кл, максимальный ток равен 10А. Определить длину волны электромагнитных колебаний, излучаемых контуром.

4.63. Квадратная рамка площадью 9 см^2 выполнена из медной проволоки диаметром 0,5 мм. Рамка вращается с частотой 60 об/с в однородном магнитном поле с индукцией 20 мТл. Определить максимальный индукционный ток в рамке.

4.64. Короткая катушка площадью 100 см^2 и содержащая 10 витков вращается с частотой 10 об/с в однородном магнитном поле с индукцией 0,04 Тл. Определить ЭДС индукции для тех моментов времени, когда плоскость катушки составляет угол 60° с линиями поля.

4.65. Чему равно отношение энергии магнитного поля колебательного контура к энергии его электрического поля для момента времени 0,125T? (T - период колебаний заряда в колебательном контуре).

4.66. Сила тока в колебательном контуре изменяется по закону $i = 0,1 \cos 2\pi t$. Найти индуктивность контура, если максимальная энергия электрического поля конденсатора равна 10 мДж.

4.67. К конденсатору, заряд которого 2 нКл, подключили катушку индуктивности. Определить максимальный ток, протекающий через катушку, если частота свободных колебаний образованного контура 40 МГц.

4.68. При изменении тока в катушке индуктивности на 1 А за время 0,5 с в ней индуцируется ЭДС 0,2 мВ. Какую длину волны будет иметь радиоволна, если составить колебательный контур из этой катушки и конденсатора емкостью 10 нФ?

4.69. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью 0,2 Гн и конденсатора емкостью 10^{-3} Ф. Конденсатор зарядили до напряжения 2 В и он начал разряжаться. Каким будет ток в момент, когда энергия контура окажется распределенной таким образом: $W_{\text{инд}} : W_{\text{эл}} = 2 : 1$?

4.70. Контур состоит из конденсатора емкостью 100 мкФ и катушки индуктивности 40 мГн. Разность потенциалов на обкладках конденсатора в начальный момент времени равна 50 В. Определить максимальное значение тока в контуре и момент времени, когда ток принимает максимальное значение.

4.71. На цилиндрический картонный каркас длиной 25 см и диаметром 2 см намотан в два слоя тонкий изолированный провод диаметром 0,2 мм. Определить индуктивность данной катушки и величину емкости конденсатора, который надо подключить к катушке, чтобы в образовавшемся контуре происходили колебания с циклической частотой 200 Гц.

4.72. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 2 нФ и катушки, намотанной из медной проволоки диаметром 0,5 мм в пять слоев. Длина катушки 10 см, диаметр катушки 1 см. Определить длину волны, на которой излучает энергию данный контур, и логарифмический декремент колебаний контура.

4.73. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 1 нФ и катушки индуктивностью 5 мГн. Логарифмический декремент колебаний равен 0,005. Определить время, в течение которого контур потеряет 99% своей энергии, и среднее значение

энергии, теряемой за один период, если максимальная разность потенциалов на обкладках конденсатора равна 6 В.

4.74. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 0,4 мкФ, катушки индуктивностью 5 мГн и сопротивления. Определить: 1) при каком логарифмическом декременте колебаний разность потенциалов на обкладках конденсатора за 1 мс уменьшится в три раза; 2) величину активного сопротивления контура.

4.75. Соленоид содержит 1000 витков. Сечение сердечника (из немагнитного материала) равно 10 см². По обмотке течет ток, создающий поле с индукцией 10 мТл. Определить среднее значение ЭДС самоиндукции, которая возникает на зажимах соленоида, если сила тока уменьшается на 90 % за время 0,9 мс.

4.76. При изменении тока в катушке индуктивности на 1 А за время 0,5 с в ней индуцируется ЭДС 0,2 мВ. Какую длину волны будет иметь радиоволна, если составить колебательный контур из этой катушки и конденсатора емкостью 10 нФ?

4.77. Катушка, индуктивность которой $3 \cdot 10^{-5}$ Гн, присоединена к плоскому конденсатору с площадью пластин 100 см² и расстоянием между ними 0,1 мм. Чему равна диэлектрическая проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами, если контур резонирует на волну длиной 750 м?

4.78. Переменный конденсатор меняет свою емкость от 56 пФ до 667 пФ. Какой комплект катушек нужно иметь, чтобы колебательный контур можно было настраивать на радиостанции в диапазоне от 40 м до 2600 м?

4.79. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 7 мкФ и катушки индуктивностью 0,23 Гн с сопротивлением 40 Ом. Найти период колебаний и логарифмический декремент.

4.80. Самолет летит по направлению к радиолокатору, работающему на длине волны 20 см. Какова скорость самолета, если регистрируемая локатором частота биений между сигналом, посылаемым локатором, и сигналом, отраженным от самолета, равна 2778 Гц?

Оптика

*Интерференция света Дифракция света Поляризация света
Тепловое излучение*

Основные формулы

Физическая величина	Формула
Поток излучения	$\Phi_E = \frac{W}{t}$
Энергетическая светимость	$R_E = \frac{\Phi_E}{S}$
Энергетическая сила	$I_E = \frac{\Phi_E}{\omega}$
Закон отражения света	$i = i'$
Закон преломления света	$\frac{\sin i}{\sin i'} = n_{21}$
Относительный показатель преломления	$n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$
Показатель преломления среды	$n = \frac{v}{c}$
Оптическая длина пути	$L = nl$
Оптическая разность хода	$\Delta = L_1 - L_2$

Условие интерференционных максимумов	$\Delta = \pm k\lambda \quad (k = 0, 1, 2, \dots)$
Условие интерференционных минимумов	$\Delta = \pm(2k+1)\frac{\lambda}{2}$
Оптическая разность хода в тонких пленках в отраженном свете	$\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} \pm \frac{\lambda}{2}$
Радиус темных колец Ньютона	$r = \sqrt{kR\lambda} \quad (k = 1, 2, 3, \dots)$
Радиусы зон Френеля	$r = \sqrt{\frac{ab}{a+b} k\lambda}$
Условие дифракционных максимумов от одной щели	$a \sin \varphi = \pm k\lambda \quad (k = 1, 2, 3, \dots)$
Условие дифракционных минимумов от одной щели	$a \sin \varphi = \pm(2k+1)\frac{\lambda}{2}$
Условие главных максимумов дифракционной решетки	$d \sin \varphi = \pm k\lambda \quad (k = 0, 1, 2, \dots)$
Условие дополнительных минимумов дифракционной решетки	$d \sin \varphi = \pm \frac{k'\lambda}{N} \quad (k' = 0, N, 2N, \dots)$
Формула Вульфа-Бреггов	$2d \sin \vartheta = \pm k\lambda \quad (k = 1, 2, 3, \dots)$
Разрешающая способность дифракционной решетки	$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = kN$
Степень поляризации	$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$

Закон Малюса	$I = I_0 \cos^2 \alpha.$
Закон Брюстера	$\operatorname{tg} i_B = n_{21}.$
Угол вращения плоскости поляризации в кристаллах	$\varphi = ad.$
Угол вращения плоскости поляризации в растворах	$\varphi = [\alpha]Cd.$
Закон Стефана-Больцмана	$R_E = \sigma T^4.$
Закон смещения Вина	$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}.$
Формула Релея-Джинса	$r_{\nu, T} = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} kT.$
Формула Планка	$r_{\nu, T} = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \frac{h\nu}{\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1}.$

Задачи для самостоятельного решения

5.01. Проволока диаметром 0,01 мм лежит между двумя стеклянными плоскопараллельными пластинами параллельно линии соприкосновения пластин, вследствие чего в отраженном свете наблюдается интерференционная картина с расстоянием между соседними полосами 1,5 мм. Найти длину волны падающего монохроматического света, если проволока находится на расстоянии 7,5 см от линии соприкосновения пластин.

5.02. В очень тонкой клиновидной пластинке в отраженном свете при нормальном падении наблюдаются интерференционные полосы, причем расстояние между соседними темными полосами

равно 5 мм. Найти угол между гранями пластинки, если ее показатель преломления 1,5, а длина световой волны 580 нм.

5.03. Расстояние от двух параллельных щелей до экрана в опыте Юнга равно 1 м. Определить расстояние между щелями, если на отрезке длиной 1 см укладывается 10 темных интерференционных полос. Длина волны падающего света 0,7 мкм.

5.04. Установка для получения колец Ньютона освещается монохроматическим светом, падающим по нормали к поверхности пластинки. После того, как пространство между линзой и стеклянной пластинкой заполнили жидкостью, радиусы колец уменьшились в 1,25 раза. Найти показатель преломления жидкости.

5.05. Установка для получения колец Ньютона освещается монохроматическим светом с длиной волны 500 нм, падающим по нормали к поверхности пластинки. Пространство между линзой и стеклянной пластинкой заполнено водой. Найти толщину слоя воды в том месте, где наблюдается третье светлое кольцо в отраженном свете.

5.06. Радиусы двух соседних темных колец, наблюдаемых в отраженном свете, соответственно равны 4 и 4,9 мм. Найти порядковые номера колец и длину волны падающего света, если радиус кривизны линзы 10 м.

5.07. В опыте Юнга на пути одного из интерферирующих лучей помещалась тонкая стеклянная пластинка, вследствие чего центральная светлая полоса смещалась в положение, первоначально занятое пятой светлой полосой. Луч падает на пластинку перпендикулярно. Показатель преломления пластинки 1,5. Длина волны $6 \cdot 10^{-7}$ м. Какова толщина пластинки?

5.08. Мыльная пленка, расположенная вертикально, образует клин вследствие стекания жидкости. Наблюдая интерференционные полосы в отраженном свете с длиной волны 5461 Å, находим, что расстояние между пятью полосами 2 см. Найти угол клина в секундах. Свет падает перпендикулярно к поверхности пленки. Показатель преломления мыльной воды 1,33.

5.09. Расстояние между пятым и двадцать пятым светлыми кольцами Ньютона равно 9 мм. Радиус кривизны линзы 15 м. Найти

длину монохроматического света, падающего нормально на установку.

5.10. От двух когерентных источников (длина волны равна $0,8 \text{ мкм}$) лучи попадают на экран. На экране наблюдается интерференционная картина. Когда на пути одного из лучей перпендикулярно ему поместили мыльную пленку с показателем преломления $1,33$, интерференционная картина изменилась на противоположную. При какой наименьшей толщине пленки это возможно?

5.11. На стеклянный клин с малым углом (показатель преломления $1,5$) нормально к его к грани падает параллельный пучок лучей монохроматического света с длиной волны $0,6 \text{ мкм}$. Число возникающих при этом интерференционных полос, приходящихся на отрезок клина длиной $0,1 \text{ м}$, равно 10 . Определить угол клина.

5.12. Расстояние от щелей до экрана в опыте Юнга равно 1 м . Определить расстояние между щелями, если на отрезке длиной 1 см укладывается 10 темных интерференционных полос. Длина волны равна $0,7 \text{ мкм}$.

5.13. На тонкий стеклянный клин падает нормально параллельный пучок света с длиной волны 500 нм . Расстояние между соседними темными интерференционными полосами в отраженном свете $0,5 \text{ мм}$. Определить угол между поверхностями клина. Показатель преломления стекла, из которого изготовлен клин, равен $1,6$.

5.14. Между двумя плоскопараллельными пластинами на расстоянии 10 см от границы их соприкосновения находится проволока диаметром $0,01 \text{ мм}$, образуя воздушный клин. Пластины освещаются нормально падающим монохроматическим светом с длиной волны $0,6 \text{ мкм}$. Определить ширину интерференционных полос, наблюдаемых в отраженном свете.

5.15. Установка для наблюдения колец Ньютона освещается нормально падающим монохроматическим светом (длина волны 590 нм). Радиус кривизны линзы равен 5 см . Определить толщину воздушного промежутка в том месте, где в отраженном свете наблюдается третье светлое кольцо.

5.16. В опыте Юнга на пути одного из интерферирующих лучей помещалась тонкая стеклянная пластинка, вследствие чего центральная светлая полоса смещалась в положение, первоначально

занятое пятой светлой полосой (не считая центральной). Показатель преломления пластинки 1,5. Длина волны $6 \cdot 10^{-7}$ м. Какова толщина пластинки?

5.17. В опыте Юнга стеклянная пластинка толщиной в 2 см помещается на пути одного из интерферирующих лучей перпендикулярно лучу. На сколько могут отличаться друг от друга значения показателя преломления в различных местах пластинки, чтобы изменение разности хода от этой неоднородности не превышало 1 мкм?

5.18. На мыльную плёнку (показатель преломления 1,33) падает белый свет под углом 45° . При какой наименьшей толщине пленки отраженные лучи будут окрашены в жёлтый цвет с длиной волны $6 \cdot 10^{-5}$ см?

5.19. Мыльная плёнка, расположенная вертикально, образует клин вследствие стекания жидкости. Наблюдая интерференционные полосы в отраженном свете ртутной дуги ($\lambda = 5461 \text{ \AA}$), находим, что расстояние между пятой полосами равно 2 см. Найти угол клина в секундах. Свет падает перпендикулярно к поверхности пленки. Показатель преломления мыльной воды 1,33.

5.20. Мыльная плёнка, расположенная вертикально, образует клин. Интерференция наблюдается в отраженном свете через красное стекло ($\lambda = 6,31 \cdot 10^{-5}$ см). Расстояние между соседними красными полосами при этом равно 3 мм. Затем эта же пленка наблюдается через синее стекло ($\lambda = 4 \cdot 10^{-5}$ см). Найти расстояние между соседними синими полосами. Считать, что за время измерений форма пленки не изменяется и свет падает на пленку нормально.

5.21. На расстоянии 2 м от точечного монохроматического источника света с длиной волны 500 нм находится экран. Посредине между источником и экраном находится диафрагма с отверстием радиусом 1 мм. Затем диафрагму перемещают к экрану до расстояния 0,5 м. Сколько раз при ее перемещении будет наблюдаться темное пятно в центре дифракционной картины?

5.22. На дифракционную решетку нормально падает лучок света. При повороте гониометра на некоторый угол в поле зрения видна линия $4,4 \cdot 10^{-4}$ мм в спектре третьего порядка. Будут ли видны под этим же углом какие-либо другие спектральные линии, соответ-

ствующие длинам волн, лежащим в пределах видимого спектра (от $4 \cdot 10^{-4}$ до $7 \cdot 10^{-4}$ мм)?

5.23. На диафрагму с отверстием диаметром 1,96 мм падает нормально параллельный пучок монохроматического света с длиной волны 600 нм. При каком расстоянии между диафрагмой и экраном в центре дифракционной картины будет наблюдаться наиболее темное пятно?

5.24. На щель падает нормально параллельный пучок монохроматического света с длиной волны λ . Ширина щели равна 6λ . Под каким углом будет наблюдаться третий дифракционный минимум света?

5.25. На дифракционную решетку падает нормально монохроматический свет с длиной волны 410 нм. Угол между направлениями на максимумы первого и второго порядков равен $2^\circ 21'$. Определить число штрихов на 1 мм длины дифракционной решетки.

5.26. . На щель шириной $2 \cdot 10^{-3}$ см падает нормально параллельный пучок с длиной волны $5 \cdot 10^{-5}$ см. Найти ширину изображения щели на экране, удаленном от щели на 1 м. Шириной изображения считать расстояние между первыми дифракционными минимумами, расположенными по обе стороны от главного максимума освещенности.

5.27. На дифракционную решетку нормально падает пучок света от газоразрядной трубки. Чему должна быть равна постоянная дифракционной решетки, чтобы под углом 41° совпадали максимумы двух линий: 6563 \AA и 4102 \AA ?

5.28. На дифракционную решетку нормально падает пучок монохроматического света. Максимум третьего порядка наблюдается под углом $36^\circ 48'$ к нормали. Сколько максимумов дает такая решетка?

5.29. Чему должна быть равна постоянная дифракционной решетки шириной в 2,5 см, чтобы в первом порядке был разрешен дублет натрия 5890 \AA и 5896 \AA ?

5.30. Какое наименьшее число штрихов должна содержать дифракционная решетка, чтобы в спектре второго порядка можно было видеть отдельно две желтые линии натрия с длинами волн

589 нм и 589,6 нм? Какова длина такой решетки, если постоянная решетки равна 5 мкм?

5.31. На поверхность дифракционной решетки нормально к ее поверхности падает монохроматический свет. Постоянная дифракционной решетки в 4,6 раза больше длины световой волны. Найти общее число дифракционных максимумов, которые теоретически можно наблюдать в данном случае.

5.32. На дифракционную решетку падает нормально параллельный пучок белого света. Спектры 3 и 4 порядка частично накладываются друг на друга. На какую длину волны в спектре 4 порядка накладывается граница ($\lambda = 780$ нм) спектра 3 порядка?

5.33. На дифракционную решетку, содержащую 100 штрихов на 1 мм, нормально падает монохроматический свет. Зрительная труба спектрометра наведена на максимум второго порядка. Чтобы вывести трубу на другой максимум того же порядка, ее нужно повернуть на 16° . Определить волну света, падающего на решетку.

5.34. Дифракционная картина наблюдается на расстоянии l от точечного источника монохроматического света ($\lambda = 6 \cdot 10^{-5}$ см). На расстоянии $0,5 l$ от источника помещена круглая непрозрачная преграда диаметром 1 см. Чему равно расстояние l , если преграда закрывает только центральную зону Френеля?

5.35. Дифракционная картина наблюдается на расстоянии 4 м от точечного источника монохроматического света ($\lambda = 5 \cdot 10^{-7}$ см). Посредине между экраном и источником света помещена диафрагма с круглым отверстием. При каком радиусе отверстия центр дифракционных колец, наблюдаемых на экране, будет наиболее темным?

5.36. Сколько штрихов на 1 мм длины имеет дифракционная решетка, если зеленая линия ртути ($\lambda = 5461 \text{ \AA}$) в спектре первого порядка наблюдается под углом $19^\circ 8'$?

5.37. На щель шириной 2 мкм падает нормально параллельный пучок монохроматического света с длиной волны 5890 \AA . Найти углы, в направлении которых будут наблюдаться минимумы света.

5.38. Чему равна постоянная дифракционной решетки, если эта решетка может разрешить в первом порядке линии спектра калия $\lambda_1 = 4044 \text{ \AA}$ и $\lambda_2 = 4047 \text{ \AA}$? Ширина решетки 3 см.

5.39. На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки, наполненной гелием. На какую линию в спектре третьего порядка накладывается красная линия гелия ($\lambda = 6,7 \cdot 10^{-5}$ см) спектра второго порядка?

5.40. Постоянная дифракционной решетки шириной в 2,5 см равна 2 мкм. Какую разность длин волн может разрешить эта решетка в области желтых лучей ($\lambda = 6 \cdot 10^{-5}$ см) в спектре второго порядка?

5.41. Найти угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора, если интенсивность проходящего через них естественного света уменьшается в 4 раза.

5.42. Естественный свет падает на систему из трех последовательных поляризаторов, причем углы между плоскостями пропускания поляризаторов $\alpha_{1,2}$ и $\alpha_{2,3}$ равны по 45° . Во сколько раз уменьшится интенсивность падающего света?

5.43. Естественный свет проходит через поляризатор и анализатор. Оба этих устройства поглощают и отражают по 8 % падающего на них света. Оказалось, что интенсивность света, вышедшего из анализатора, составляет 9 % интенсивности света, падающего на поляризатор. Найти угол между плоскостями пропускания поляризатора и анализатора.

5.44. Два николя расположены так, что угол между их плоскостями пропускания составляет 60° . Определить, во сколько раз уменьшается интенсивность естественного света при прохождении через оба николя, если коэффициент поглощения равен 0,05.

5.45. Если угол падения света на поверхность кристалла каменной соли равен 57° , то отраженный свет линейно поляризован. Найти скорость распространения света в этом кристалле.

5.46. При падении естественного света на некоторый поляризатор через последний проходит 30 % светового потока, а через два таких поляризатора 13,5 % падающего потока. Найти угол между плоскостями пропускания этих поляризаторов, считая поляризаторы идеальными.

5.47. Предельный угол полного внутреннего отражения некоторого вещества равен 45° . Чему равен для этого вещества угол полной поляризации?

5.48. При прохождении света через трубку длиной 20 см, содержащую раствор сахара концентрацией 10 %, плоскость поляризации света повернулась на $13,3^\circ$. В другом растворе сахара, налитом в трубку длиной 15 см, плоскость поляризации повернулась на $5,2^\circ$. Найти концентрацию второго раствора.

5.49. Плоскополяризованный монохроматический пучок света падает на поляроид и полностью им гасится. Когда на пути пучка поместили кварцевую пластину, интенсивность пучка света после поляроида стала равна половине интенсивности пучка, падающего на поляроид. Определить минимальную толщину кварцевой пластины. Поглощением и отражением света поляроидом пренебречь, постоянную вращения кварца принять равной $48,9$ град/мм.

5.50. Пластинку кварца толщиной 2 мм поместили между параллельными николями, в результате чего плоскость поляризации монохроматического света повернулась на 53° . Какой наименьшей толщины следует взять пластинку, чтобы поле зрения поляриметра стало совершенно темным?

5.51. Параллельный пучок света переходит из глицерина в стекло так, что пучок, отраженный от границы раздела этих сред, оказывается максимально поляризованным. Определить угол между падающим и преломленным пучками.

5.52. Кварцевую пластинку поместили между скрещенными николями. При какой наименьшей толщине кварцевой пластины поле зрения между николями будет максимально просветлено? Постоянная вращения кварца равна 27 град/мм

5.53. Пучок света переходит из жидкости в стекло. Угол падения пучка равен 60° , угол преломления 50° . При каком угле падения пучок света, отраженный от границы раздела этих сред, будет максимально поляризован?

5.54. Определить коэффициент отражения естественного света, падающего на стеклянную пластинку ($n = 1,54$) под углом полной поляризации. Найти степень поляризации лучей, прошедших сквозь пластинку.

5.55. Естественный свет падает на стеклянную пластинку, погруженную в жидкость. Отраженный от пластинки луч образует угол 97° с падающим лучом. Определить показатель преломления жидкости, если отраженный свет максимально поляризован.

5.56. Если между двумя скрещенными поляроидами поместить третий, оптическая ось которого составляет угол 15° с оптической осью анализатора, то поле зрения посветлеет. Во сколько раз изменится интенсивность прошедшего света от величины интенсивности естественного света? Потерями света при отражении и поглощении пренебречь.

5.57. Пучок плоско поляризованного света с длиной волны 6000 \AA падает на пластинку исландского шпата перпендикулярно оптической оси. Толщина пластинки $2,55 \text{ мм}$. Определить разность фаз обыкновенного и необыкновенного лучей на выходе из пластинки ($n_o = 1,66$; $n_e = 1,49$).

5.58. Пластинку кварца толщиной 2 мм поместили между скрещенными поляроидами, в результате чего плоскость колебаний светового вектора повернулась на 54° . Какова должна быть толщина пластинки, чтобы интенсивность света на выходе из анализатора оказалась максимальной? Поглощением света в системе пренебречь.

5.59. Определить коэффициент отражения и степень поляризации отраженных и преломленных лучей при падении естественного света на стекло ($n = 1,5$) под углом 45° .

5.60. Найти коэффициент пропускания при нормальном падении света из воздуха на стекло с показателем преломления $n = 1,5$.

5.61. Стальной шарик диаметром $0,5 \text{ см}$ нагрет до температуры 1400 К . Определить время, в течение которого шарик за счет лучеиспускания охладится до температуры 900 К .

5.62. Максимум излучательной способности Солнца приходится на длину волны $0,5 \text{ мкм}$. Оценить время, за которое масса Солнца уменьшится на 1% .

5.63. Фотон, соответствующий максимуму излучательной способности абсолютно черного тела, имеет массу $3 \cdot 10^{-36} \text{ кг}$. Определить энергетическую светимость этого тела.

5.64. Муфельная печь потребляет мощность 0,5 кВт. Температура ее внутренней поверхности при открытом отверстии диаметром 5 см равна 700°C. Какая часть потребляемой мощности рассеивается стенками?

5.65. Поток излучения абсолютно черного тела равен 10 кВт. Максимум спектральной плотности энергетической светимости приходится на длину волны 0,8 мкм. Определить площадь излучающей поверхности.

5.66. Как и во сколько раз изменится поток излучения абсолютно черного тела, если максимум спектральной плотности энергетической светимости переместится с красной границы видимого спектра (780 нм) на фиолетовую (390 нм)?

5.67. Какую мощность надо подводить к зачерненному металлическому шарик радиусом 2 см, чтобы поддерживать его температуру на 27° выше температуры окружающей среды? Температура окружающей среды 20°C, тепло теряется только вследствие излучения.

5.68. Найти величину солнечной постоянной, т.е. количество энергии, посылаемой ежеминутно Солнцем через площадку в 1 см², расположенную на поверхности Земли перпендикулярно к солнечным лучам. Температура поверхности Солнца 5800 К, излучение Солнца считать близким к излучению абсолютно черного тела .

5.69. Найти температуру печи, если известно, что из отверстия в ней размером 6,1 см² излучается в одну секунду 35 Дж. Излучение считать близким к излучению абсолютно черного тела.

5.70. Какое количество энергии излучает 1 см² затвердевающего свинца в 1 с? Отношение энергетических светимостей поверхности свинца и абсолютно черного тела для этой температуры считать равным 0,6.

5.71. Диаметр вольфрамовой спирали в электрической лампочке равен 0,3 мм, длина спирали 5 см. При включении лампочки в цепь напряжением 127 В через лампочку течет ток 0,31 А. Найти температуру лампочки. Считать, что при установлении равновесия все выделяющееся в нити тепло теряется в результате лученспус-

кания. Отношение энергетических светимостей вольфрама и АЧТ считать для этой температуры равным 0,31.

5.72. Найти, какое количество энергии с 1 см^2 поверхности в 1 с излучает абсолютно черное тело, если известно, что максимальная спектральная плотность его энергетической светимости приходится на длину волны 4840 \AA .

5.73. При нагревании абсолютно черного тела длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, изменилась от $0,69$ до $0,5 \text{ мкм}$. Во сколько раз при этом увеличилась энергетическая светимость тела?

5.74. Из смотрового окошечка печи излучается поток со значением 4 кДж/мин . Определить температуру печи, если площадь окошечка равна 8 см^2 .

5.75. Поток излучения абсолютно черного тела равен 10 кВт . Максимум энергии излучения приходится на длину волны $0,8 \text{ мкм}$. Определить площадь излучающей поверхности.

5.76. Как и во сколько раз изменится поток излучения абсолютно черного тела, если максимум энергии излучения переместится с красной границы видимого спектра ($\lambda_1 = 780 \text{ нм}$) на фиолетовую ($\lambda_2 = 390 \text{ нм}$)?

5.77. Муфельная печь, потребляющая мощность 1 кВт , имеет отверстие площадью 100 см^2 . Определить долю мощности, рассеиваемой стенками печи, если температура ее внутренней поверхности равна 1 кК .

5.78. Температура вольфрамовой спирали в 25-ваттной электрической лампочке равна 2450 К . Отношение ее энергетической светимости к энергетической светимости АЧТ при данной температуре равно $0,3$. Найти площадь излучающей поверхности спирали.

5.79. Считая, что атмосфера поглощает 10% лучистой энергии, посылаемой Солнцем, найти мощность, получаемую от Солнца горизонтальным участком земли площадью $0,5 \text{ га}$. Высота Солнца над горизонтом 30° . Излучение Солнца считать близким к излучению АЧТ.

5.80. Абсолютно черное тело находится при температуре 3000 К. В результате остывания этого тела длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, изменилась на 10 мкм. До какой температуры охладилось тело?

Физика атома и атомного ядра

Квантовая природа света. Волновые свойства частиц. Атом водорода по Бору. Радиоактивность. Ядерные реакции

Основные формулы

Физическая величина	Формула
Энергия фотона	$\varepsilon = h\nu.$
Масса фотона	$m = \frac{h}{c\lambda}.$
Импульс фотона	$p = \frac{h\nu}{c}.$
Формула Эйнштейна для внешнего фотоэффекта	$h\nu = A + \frac{mv^2_{\max}}{2}.$
Красная граница фотоэффекта	$\nu_0 = \frac{A}{h}.$
Формула Комптона	$\Delta\lambda = \frac{h}{m_0c} (1 - \cos\vartheta) = 2A \sin^2 \frac{\vartheta}{2}.$
Комптоновская длина волны	$A = \frac{h}{m_0c}.$
Обобщенная формула Бальмера	$\nu = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$

Первый постулат Бора	$mvr = nh$
Второй постулат Бора	$h\nu = E_n - E_m$
Радиус n -й стационарной орбиты	$r_n = \frac{\epsilon_0 h^2}{m\pi Ze^2} \cdot n^2$
Скорость электрона в водородо- подобном атоме	$v_n = \frac{Ze^2}{2hc_0} \cdot \frac{1}{n}$
Энергия электрона в водородо- подобном атоме	$E_n = -\frac{Z^2 m e^4}{8h^3 \epsilon_0^2} \cdot \frac{1}{n^2}$
Длина волны де Бройля	$\lambda = \frac{h}{p}$
Импульс частицы в нерелятивистском случае	$p = m_0 v$
Импульс частицы в релятивистском случае	$p = mv$
Соотношение неопределенностей	$\Delta p_x \Delta x \geq \hbar; \quad \Delta E \Delta t \geq \hbar$
Массовое число ядра	$A = Z + N$
Закон радиоактивного распада	$N = N_0 \exp(-\lambda t)$
Период полураспада	$T_{0,5} = \frac{\ln 2}{\lambda}$
Среднее время жизни радиоактивного ядра	$\tau = \frac{1}{\lambda}$

Число атомов, содержащихся в радиоактивном изотопе	$N = \frac{mN_A}{\mu}$
Активность радиоактивного изотопа	$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N.$
Удельная активность изотопа	$a = \frac{A}{m}.$
Дефект массы ядра	$\Delta m = [Zm_p + (A - Z)m_n] - m_{\text{я}}.$
Энергия связи ядра	$E_{\text{св}} = [Zm_p + (A - Z)m_n - m_{\text{я}}]c^2.$
Правила смещения	${}^A_Z X = {}^{A-4}_{Z-2} Y + {}^4_2 \text{He};$ ${}^A_Z X = {}^A_{Z+1} Y + {}^0_{-1} e;$ ${}^A_Z X = {}^A_{Z-1} Y + {}^0_{-1} e.$
Символическая запись ядерной реакции	$X + a \rightarrow Y + b \text{ или } X(a,b)Y.$

Задачи для самостоятельного решения

6.01. Определить длину волны фотона с импульсом, равным импульсу электрона, прошедшего из состояния покоя ускоряющую разность потенциалов 5 В.

6.02. Тающая льдинка массой 0,1 г при освещении светом с длиной волны 0,1 мкм поглощает 10^{18} фотонов в секунду. Через какой промежуток времени льдинка растает ?

6.03. Источник монохроматического света мощностью 64 Вт испускает каждую секунду 10^{20} фотонов, вызывающих фотоэффект на

пластине с работой выхода 1,6 эВ. До какого потенциала зарядится пластина при длительном освещении?

6.04. Источник монохроматического света, потребляя мощность 30 Вт, излучает свет с длиной волны 0,66 мкм. КПД источника 1%. Определить число квантов, излучаемых источником в секунду.

6.05. Плоский алюминиевый электрод освещается ультрафиолетовым светом с длиной волны 83 нм. Вне электрода имеется задерживающее электрическое поле с напряженностью 7,5 В/см. На какое максимальное расстояние от поверхности электрода может удалиться фотоэлектрон? Красная граница для алюминия 332 нм.

6.06. Кванты света с энергией 4,9 эВ вырывают фотоэлектроны из металла с работой выхода 4,5 эВ. Найти максимальный импульс, передаваемый поверхности металла при вылете каждого электрона.

6.07. Фотон с длиной волны 300 нм вырывает с поверхности металла электрон, который описывает в однородном магнитном поле с индукцией 1 мТл окружность радиусом 3 мм. Найти в электрон-вольтах работу выхода электрона из металла.

6.08. Незаряженный металлический шарик емкостью 2 мкФ и с работой выхода 1,6 эВ облучают фотонами с энергией 6 эВ. После прекращения облучения шарик заземляют. Определить количество теплоты, выделившейся при заземлении.

6.09. Фотон с длиной волны 0,08 мкм выбил электрон из невозбужденного атома водорода. С какой скоростью электрон вылетит из атома, если энергия ионизации равна 13,5 эВ?

6.10. Пучок ультрафиолетовых лучей с длиной волны 0,33 мкм падает на фотокатод. Определить силу фототока, если фотоэффект вызывает 3% падающих фотонов.

6.11. Короткий импульс с энергией 7,5 Дж в виде узкого пучка света падает на пластинку с коэффициентом отражения 0,6. Определить импульс, переданный пластинке отраженными и поглощенными фотонами.

6.12. Свет падает нормально на зеркальную поверхность, находящуюся на расстоянии 10 см от точечного изотропного излучателя. При какой мощности излучателя световое давление на зеркальную поверхность будет равным 1 мПа?

6.13. Давление света с длиной волны 40 нм, падающего нормально на черную поверхность, равно 2 нПа. Определить число фотонов, падающих за 10 с на 1 мм² этой поверхности.

6.14. Точечный источник монохроматического излучения с длиной волны 1 нм находится в центре сферической зачерненной колбы радиусом 10 см. Определить световое давление, производимое на внутреннюю поверхность колбы, если мощность источника 1 кВт.

6.15. На рис. 6.1 показана часть прибора, с которым П.Н.Лебедев производил свои опыты по измерению светового давления. Один кружок зачернен, другой оставлен блестящим. Направляя свет на один из кружков и измеряя угол поворота нити с помощью луча, отраженного от зеркала, можно определить величину светового давления. Найти световое давление и энергию, падающую от лампы за 1 с на 1 см² поверхности блестящего кружка, если при освещении последнего отклонение зайчика составило 76 мм по шкале, удаленной от зеркальца на 1200 мм. Диаметр кружков 5 мм. Расстояние от центра кружка до оси вращения 9,2 мм. Коэффициент отражения света от блестящего кружка 0,5. Постоянная k момента кручения нити ($M = k\alpha$) равна $2,2 \cdot 10^{-4}$ дн·см/р.

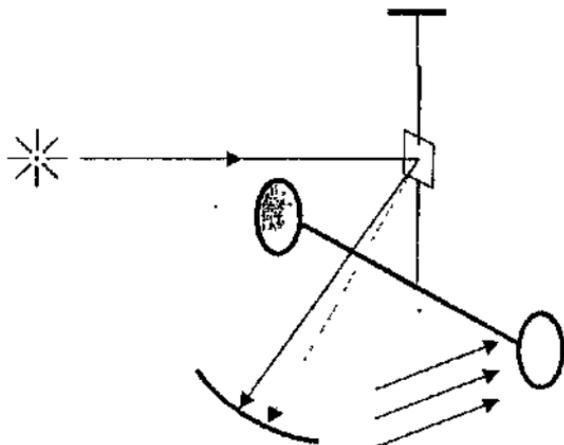


Рис. 6.1

6.16. Поток энергии, излучаемой электрической лампочкой, составляет 600 Вт. На расстоянии 1 м от лампочки перпендикулярно падающим лучам расположено круглое плоское зеркальце диаметром 2 см. Определить силу светового давления на зеркальце. Лампочку рассматривать как точечный изотропный источник.

6.17. Монохроматический пучок света с длиной волны 4900 Å, падая нормально на поверхность, производит давление на нее, равное $5 \cdot 10^{-4}$ Па. Сколько квантов падает каждую секунду на единицу площади этой поверхности? Коэффициент отражения 0,25.

6.18. В вакууме подвешена плоская металлическая пластинка, с одной стороны блестящая, с другой – зачерненная. Найти отношение сил, на нее действующих, при освещении блестящей и черной ее сторон.

6.19. На поверхность тела перпендикулярно падает свет. Плотность потока энергии падающего света равна $4 \cdot 10^{-9}$ Вт/м², отраженного света – $8 \cdot 10^{-10}$ Вт/м². Определить давление, оказываемое светом на поверхность тела.

6.20. Рубиновый лазер излучает в импульсе длительностью 0,1 мс энергию 10 Дж в виде узкого пучка монохроматического света. Найти среднее за время импульса давление такого пучка света, если его сфокусировать в пятнышко диаметром 10 мкм на поверхность, перпендикулярную пучку, с коэффициентом отражения 0,5.

6.21. Фотон с энергией 1 МэВ испытал соударение со свободным электроном и рассеялся под углом 180°. Определить кинетическую энергию, полученную электроном.

6.22. Фотон испытал комптоновское рассеяние на покоившемся свободном электроне. Найти импульс падающего фотона, если энергия рассеянного фотона равна кинетической энергии электрона отдачи при угле рассеяния 90°.

6.23. Рентгеновские лучи с длиной волны 0,2 Å испытывают комптоновское рассеяние под углом 90°. Найти энергию и количество движения электрона отдачи.

6.24. В эффекте Комптона энергия падающего фотона распределяется поровну между рассеянным фотоном и электроном

отдачи. Угол рассеяния равен 90° . Найти энергию и количество движения рассеянного фотона.

6.25. Энергия рентгеновских лучей равна $0,6 \text{ МэВ}$. Найти энергию электрона отдачи, если известно, что длина волны рентгеновских лучей после комптоновского рассеяния изменилась на 20% .

6.26. Какова должна быть энергия, масса и длина волны фотона, чтобы угол между направлениями рассеянного фотона и электрона отдачи в эффекте Комптона был равен прямому?

6.27. Длина волны первоначального кванта $0,5 \text{ \AA}$. Какую долю энергии приобретает электрон отдачи при рассеянии кванта под углом 60° ?

6.28. Определить величину комптоновского смещения и угол, под которым рассеивается фотон, если известно, что первоначальная длина волны фотона $0,03 \text{ \AA}$, а скорость электрона отдачи составляет $0,6$ скорости света.

6.29. Определить угол между рассеянным фотоном и направлением движения электрона отдачи при условии, что комптоновское смещение равно $0,012 \text{ \AA}$, а длина волны налетающего кванта $0,05 \text{ \AA}$.

6.30. Какая доля энергии фотона приходится при эффекте Комптона на электрон отдачи, если рассеяние фотона происходит на угол 120° ? Энергия фотона до рассеяния равна $0,51 \text{ МэВ}$.

6.31. Электрон, прошедший ускоряющую разность потенциалов $12,5 \text{ В}$, сталкивается с атомом водорода и возбуждает его. Какова кинетическая энергия электрона после столкновения с атомом?

6.32. На атом водорода, находящийся в возбужденном состоянии с квантовым числом 2 , падает фотон и выбивает из атома электрон с кинетической энергией 4 эВ . Определить энергию фотона.

6.33. Вычислить квантовое число n , соответствующее возбужденному состоянию иона гелия, если известно, что при переходе в основное состояние этот ион испустил последовательно два фотона с длинами волн 1085 \AA и 304 \AA .

6.34. Свободный электрон, имеющий скорость $1,875 \cdot 10^6 \text{ м/с}$,

захватывается покоящимся протоном, в результате чего образуется возбужденный атом водорода. Определить длину волны фотона, который излучается при переходе атома в нормальное состояние.

6.35. Фотон выбивает из атома водорода, находящегося в основном состоянии, электрон с кинетической энергией 10 эВ. Определить энергию фотона.

6.36. Невозбужденный атом водорода поглощает квант излучения с длиной волны 102,6 нм. Вычислить, пользуясь теорией Бора, радиус электронной орбиты возбужденного атома водорода.

6.37. Во сколько раз изменится период обращения электрона в атоме водорода, если при переходе в невозбужденное состояние атом излучил фотон с длиной волны 97,5 нм?

6.38. На дифракционную решетку нормально падает пучок света от разрядной трубки, наполненной атомарным водородом. Постоянная решетки равна $5 \cdot 10^{-4}$ см. Какому переходу электрона соответствует спектральная линия, наблюдаемая при помощи этой решетки в спектре пятого порядка под углом 41° ?

6.39. Электрон, пройдя разность потенциалов 4,9 В, сталкивается с атомом ртути и переводит его в первое возбужденное состояние. Какую длину волны имеет фотон, соответствующий переходу атома ртути в нормальное состояние?

6.40. На сколько изменилась кинетическая энергия электрона в атоме водорода при излучении атомом фотона с длиной волны 435 нм?

6.41. В возбужденных ионах гелия электрон переходит из состояния с квантовым числом 4 в состояние с квантовым числом 2. Определить длину волны де Бройля электронов, выбитых таким излучением из серебра. Красная граница фотоэффекта для серебра 2620 Å.

6.42. Определить длину волны релятивистских электронов, подлетающих к антикатоде рентгеновской трубки, если известно, что длина волны коротковолновой границы излучаемого при этом сплошного рентгеновского спектра равна 0,1 Å.

6.43. Определить длину волны де Бройля для фотоэлектрона,

выбитого из вольфрамового катода рентгеновским квантом с длиной волны $0,1 \text{ \AA}$.

6.44. Определить длину волны де Бройля для электрона, движущегося по круговой орбите в атоме водорода, находящемся в основном состоянии.

6.45. На пути параллельного пучка атомов с кинетической энергией T поставлена щель шириной d и на расстоянии l от нее – экран. При какой ширине щели изображение будет минимальным?

6.46. Электрон, начальной скоростью которого можно пренебречь, прошел ускоряющую разность потенциалов. Найти длину волны де Бройля электрона для 2-х случаев: в первом случае разность потенциалов равна 51 В , а во втором 510 кВ .

6.47. Найти длину волны де Бройля для электронов, прошедших разность потенциалов 100 В .

6.48. Найти длину волны де Бройля для атома водорода, движущегося со скоростью, равной средней квадратичной скорости при температуре 300 К .

6.49. Заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов 200 В , имеет длину волны де Бройля, равную $0,0202 \text{ \AA}$. Найти массу этой частицы, если известно, что ее заряд численно равен заряду электрона.

6.50. Альфа-частица движется по окружности радиусом $0,83 \text{ см}$ в однородном магнитном поле напряженностью 250 А/м . Найти длину волны де Бройля для этой частицы.

6.51. Кинетическая энергия электрона в атоме водорода составляет величину порядка 10 эВ . Используя соотношение неопределенностей, оценить минимальные линейные размеры атома.

6.52. Оценить с помощью соотношения неопределенностей минимально возможную энергию электрона в атоме водорода.

6.53. Электрон находится внутри частицы с линейными размерами порядка 10^{-7} см . Оценить неопределенность импульса и энергии электрона.

6.54. Оценить исходя из соотношения неопределенностей линейные размеры ядра, полагая величину энергии, связанной с неопределенностью импульса нуклонов в ядре, равной 1 МэВ.

6.55. Частица массой m движется в однородном потенциальном поле $U=kx^2/2$ (гармонический осциллятор). Оценить с помощью соотношения неопределенностей минимально возможную энергию частицы в таком поле.

6.56. Свободно движущаяся нерелятивистская частица имеет относительную неопределенность кинетической энергии порядка $1,6 \cdot 10^{-4}$. Оценить, во сколько раз неопределенность координаты такой частицы больше ее длины волны де Бройля.

6.57. Показать, что для частицы, неопределенность координаты которой $\Delta x = \lambda / (2\pi)$, где λ — длина волны де Бройля, неопределенность ее скорости равна по порядку величины самой скорости частицы.

6.58. При какой относительной неточности в определении момента импульса электрона на первой боровской орбите его угловая координата окажется совершенно неопределенной?

6.59. Средняя продолжительность пребывания атома водорода в первом возбужденном энергетическом состоянии составляет $1,2 \cdot 10^{-8}$ с. Найти энергетическую ширину уровня.

6.60. При переходе атома из возбужденного состояния в основное состояние излучается квант с длиной волны 5000 Å. Среднее время пребывания атома в возбужденном состоянии равно 10^{-8} с. Пользуясь соотношением неопределенностей, определить ширину излучаемой линии.

6.61. Вычислить дефект массы и энергию связи ядра ${}^7_3\text{Li}$.

6.62. Определить скорости продуктов реакции $\text{B}^{10}(n, \alpha)\text{Li}^7$, протекающей в результате взаимодействия тепловых нейтронов с покоящимися ядрами бора.

6.63. В одном акте деления ядра урана U^{235} освобождается энергия 200 МэВ. Определить: 1) энергию, выделяющуюся при распаде всех ядер этого изотопа урана массой 1 кг; 2) массу

каменного угля с удельной теплотой сгорания 29,3 МДж/кг, эквивалентную в тепловом отношении 1 кг урана U^{235} .

6.64. Мощность двигателя атомного судна составляет 15 МВт, его КПД равен 30%. Определить месячный расход ядерного горючего при работе этого двигателя.

6.65. При соударении α -частицы с ядром бора ${}_{5}B^{10}$ произошла ядерная реакция, в результате которой образовалось 2 новых ядра. Одним из этих ядер оказалось ядро атома водорода ${}_{1}H^1$. Определить порядковый номер и массовое число второго ядра, дать символическую запись ядерной реакции и определить ее энергетический эффект.

6.66. При делении ядра урана U^{235} под действием замедленного нейтрона образовались осколки с массовыми числами 90 и 143. Определить энергию и скорость каждого из осколков, если они разлетаются в противоположные стороны и их суммарная кинетическая энергия равна 160 МэВ.

6.67. Определить энергию, необходимую для разделения ядра Ne^{20} на две α -частицы и ядро C^{12} . Энергии связи на 1 нуклон в ядрах Ne^{20} , He^4 и C^{12} равны соответственно 8,03; 7,07 и 7,68 МэВ.

6.68. Определить по энергии связи, какое из ядер ${}_{1}H^3$ или ${}_{2}He^3$ является более устойчивым.

6.69. Какое количество воды можно нагреть от $0^{\circ}C$ до кипения, если использовать все тепло, выделяющееся при реакции ${}_{3}Li^7(p, \alpha)$ при полном разложении одного грамма лития?

6.70. Определить количество теплоты, выделяющейся при распаде радона активностью $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк за 20 минут. Кинетическая энергия вылетающей из радона α -частицы равна 5,5 МэВ.

6.71. Определить начальную активность радиоактивного препарата магния Mg^{27} массой 0,2 мкг, а также его активность через 6 часов. Период полураспада магния считать известным.

6.72. Определить, какая доля радиоактивного изотопа ${}_{89}Ac^{225}$ распадается в течение 6 суток.

6.73. Из каждого миллиона атомов радиоактивного изотопа каждую секунду распадается 200 атомов. Определить период полураспада изотопа.

6.74. Найти среднюю продолжительность жизни атома радиоактивного изотопа кобальта ${}_{27}\text{Co}^{60}$.

6.75. Во сколько раз уменьшится активность изотопа ${}_{13}\text{P}^{32}$ через 20 суток?

6.76. Определить массу изотопа ${}_{53}\text{I}^{131}$, имеющего активность 37 ГБк.

6.77. Счетчик α -частиц, установленный вблизи радиоактивного изотопа, при первом измерении регистрировал 1400 частиц в минуту, а через 4 часа 400 частиц в минуту. Определить период полураспада изотопа.

6.78. Некоторый радиоактивный препарат имеет постоянную распада $1,44 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$. Через сколько времени распадется 75 % первоначального количества атомов?

6.79. Найти период полураспада радиоактивного изотопа, если его активность за 10 суток уменьшилась на 24% по сравнению с первоначальной.

6.80. На сколько процентов уменьшится активность изотопа иридия ${}_{77}\text{Ir}^{192}$ за 15 суток?

Приложение

Таблица 1

Основные физические постоянные

Физическая величина	Обозначение	Значение
Нормальное ускорение свободного падения	g	$9,81 \text{ м/с}^2$
Гравитационная постоянная	G	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 / (\text{кг} \cdot \text{с}^2)$
Постоянная Авогадро	N_A	$6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Молярная газовая постоянная	R	$8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$
Стандартный объем*	V_m	$22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{моль}$
Постоянная Больцмана	k	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Элементарный заряд	e	$1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Скорость распространения света в вакууме	c	$3,00 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Постоянная Стефана-Больцмана	σ	$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К}^4)$
Постоянная закона смещения Вина	b	$2,90 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$
Постоянная Планка	h	$6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
	\hbar	$1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Постоянная Ридберга	R	$1,10 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$
Радиус Бора	a	$0,529 \cdot 10^{-10} \text{ м}$
Комптоновская длина волны электрона	λ	$2,43 \cdot 10^{-12} \text{ м}$
Энергия ионизации атома водорода	E_i	$2,18 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$
Атомная единица массы	а.е.м.	$1,660 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Электрическая постоянная	ϵ_0	$8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
Магнитная постоянная	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$

* Молярный объем идеального газа при нормальных условиях.

Таблица 2

Некоторые астрономические величины

Средний радиус Земли	$6,37 \cdot 10^6$ м
Средняя плотность Земли	5500 кг/м ³
Масса Земли	$5,96 \cdot 10^{24}$ кг
Радиус Солнца	$6,95 \cdot 10^8$ м
Масса Солнца	$1,97 \cdot 10^{30}$ кг
Радиус Луны	$1,74 \cdot 10^6$ м
Масса Луны	$7,3 \cdot 10^{22}$ кг
Среднее расстояние между центрами Луны и Земли	$3,84 \cdot 10^8$ м
Среднее расстояние между центрами Земли и Солнца	$1,5 \cdot 10^{11}$ м
Период обращения Луны вокруг Земли	27 суток 7ч43мин
Средняя плотность Солнца	1400 кг/м ³

Таблица 3

Свойства некоторых жидкостей

Жидкость	Плотность, кг/м ³	Удельная теплоемкость при 20°С, дж/кг·град	Коэффициент по- верхностного на- тяжения при 20°С, н/м
Бензол	880	1 720	0,03
Вода	1 000	4 190	0,073
Глицерин	1 200	2 430	0,064
Касторовое масло	900	1 800	0,035
Керосин	800	2 140	0,03
Ртуть	13 600	138	0,5
Спирт	790	2 510	0,02

Таблица 4

Диаметры атомов и молекул

Гелий (He)	$2 \cdot 10^{-10}$ м	Кислород (O ₂)	$3 \cdot 10^{-10}$ м
Водород (H ₂)	$2,3 \cdot 10^{-10}$ м	Азот (N ₂)	$3 \cdot 10^{-10}$ м

Свойства некоторых твердых тел

Вещество	Плотность, кг/м^3	Температура плавления, $^{\circ}\text{C}$	Удельная теплоемкость, $\text{дж/кг}\cdot\text{град}$	Удельная теплота плавления, дж/кг	Коэффициент линейного теплового расширения, град^{-1}
Алюминий	2 600	659	896	$3,22\cdot 10^5$	$2,3\cdot 10^{-5}$
Железо	7 900	1 530	500	$2,72\cdot 10^5$	$1,2\cdot 10^{-5}$
Латунь	8 400	900	386	-	$1,9\cdot 10^{-5}$
Лед	900	0	2 100	$3,35\cdot 10^5$	-
Медь	8 600	1 100	395	$1,76\cdot 10^5$	$1,6\cdot 10^{-5}$
Олово	7 200	232	230	$5,86\cdot 10^4$	$2,7\cdot 10^{-5}$
Платина	21 400	1 770	117	$1,13\cdot 10^5$	$0,89\cdot 10^{-5}$
Пробка	200	-	2 050	-	-
Свинец	11 300	327	126	$2,26\cdot 10^5$	$2,9\cdot 10^{-5}$
Серебро	10 500	960	234	$8,8\cdot 10^5$	$1,9\cdot 10^{-5}$
Сталь	7 700	1 300	460	-	$1,06\cdot 10^{-5}$
Цинк	7 000	420	391	$1,17\cdot 10^5$	$2,9\cdot 10^{-5}$

Таблица 6

Массы некоторых изотопов (в а.е.м.)

Изотоп	Масса	Изотоп	Масса	Изотоп	Масса
^1_1H	1,00814	^9_4Be	9,01505	$^{30}_{14}\text{Si}$	29,98325
^2_1H	2,01474	$^{10}_5\text{B}$	10,01612	$^{40}_{20}\text{Ca}$	39,97542
^3_1H	3,01700	$^{12}_6\text{C}$	12,00380	$^{56}_{27}\text{Co}$	55,95769
^3_2He	3,01699	$^{14}_7\text{N}$	13,00987	$^{63}_{29}\text{Cu}$	62,94962
^4_2He	4,00388	$^{14}_7\text{N}$	14,00752	$^{113}_{48}\text{Cd}$	112,94206
^6_3Li	6,01703	$^{17}_8\text{O}$	17,00453	$^{200}_{80}\text{Hg}$	200,02800
^7_3Li	7,01823	$^{23}_{12}\text{Mg}$	23,00145	$^{235}_{92}\text{U}$	235,11750
^9_4Be	7,01916	$^{24}_{12}\text{Mg}$	23,99267	$^{238}_{92}\text{U}$	238,12376
$^{10}_4\text{Be}$	8,00785	$^{27}_{13}\text{Al}$	26,99010		

Таблица 7

Периоды полураспада некоторых радиоактивных элементов

$^{45}_{20}\text{Ca}$	164 суток	$^{238}_{92}\text{U}$	$4,5 \cdot 10^9$ лет
$^{90}_{38}\text{Sr}$	28 лет	$^{225}_{89}\text{Ac}$	10 суток
$^{210}_{84}\text{Po}$	138 суток	$^{131}_{53}\text{I}$	8 суток
$^{222}_{86}\text{Rn}$	3,82 суток	$^{27}_{12}\text{Mg}$	10 минут
$^{226}_{88}\text{Ra}$	1590 лет	$^{32}_{15}\text{P}$	14,3 суток
$^{235}_{92}\text{U}$	$7,1 \cdot 10^9$ лет	$^{144}_{58}\text{Ce}$	285 суток

Таблица 8

Диэлектрическая проницаемость диэлектриков

Воск	7,8	Стекло	6
Вода	81	Эбонит	2,6
Керосин	2	Парафинированная бумага	2
Масло	5	Масло трансформаторное	2,2
Парафин	2		
Фарфор	6		

Таблица 9

Удельное сопротивление проводников (при 0°C)

Проводник	ом · м	Проводник	ом · м
Алюминий	$2,53 \cdot 10^{-8}$	Нихром	$1,1 \cdot 10^{-6}$
Графит	$3,9 \cdot 10^{-7}$	Ртуть	$9,4 \cdot 10^{-7}$
Железо	$8,7 \cdot 10^{-8}$	Свинец	$2,2 \cdot 10^{-7}$
Медь	$1,7 \cdot 10^{-8}$	Сталь	$1,0 \cdot 10^{-7}$

Таблица 10

Показатель преломления

Алмаз	2,42	Сероуглерод	1,63
Вода	1,33	Скипидар	1,48
Лед	1,31	Стекло	1,5-1,9

Таблица 11

Граница K-серии рентгеновских лучей
для различных материалов антикатада (в Å)

Вольфрам	0,178	Платина	0,158
Золото	0,153	Серебро	0,484
Медь	1,38		

Таблица 12

Спектральные линии ртутной дуги (в Å)

2537	4047	5461	6128
3650	4358	5770	6908
3655	5235	5791	7082

Таблица 13

Множители и приставки для образования десятичных
кратных и дольных единиц и их наименования

Приставка		Множи- тель	Приставка		Множи- тель
Наименование	Обозначе- ние		Наименование	Обозначе- ние	
экса	Э	10^{18}	деци	д	10^{-1}
пэта	П	10^{15}	санτι	с	10^{-2}
тера	Т	10^{12}	милли	м	10^{-3}
гига	Г	10^9	микро	мк	10^{-6}
мега	Ь	10^6	нано	н	10^{-9}
кило	к	10^3	пико	п	10^{-12}
гекто	г	10^2	фемто	ф	10^{-15}
дека	да	10^1	атто	а	10^{-18}

Периодическая система

	I	II	III	IV	V
1	¹ H 1,608 водород				
2	³ Li 6,941 литий	⁴ Be 9,012 бериллий	⁵ B 10,811 бор	⁶ C 12,011 углерод	⁷ N 14,00 азот
3	¹¹ Na 22,990 натрий	¹² Mg 24,305 магний	¹³ Al 26,981 алюминий	¹⁴ Si 28,085 кремний	¹⁵ P 30,974 фосфор
4	¹⁹ K 39,098 калий	²⁰ Ca 40,08 кальций	²¹ Sc 44,956 скандий	²² Ti 47,90 титан	²³ V 50,941 ванадий
	²⁹ Cu 63,546 медь	³⁰ Zn 65,38 цинк	³¹ Ga 69,72 галлий	³² Ge 72,59 германий	³³ As 74,922 мышьяк
5	³⁷ Rb 85,468 рубидий	³⁸ Sr 87,62 стронций	³⁹ Y 88,906 иттрий	⁴⁰ Zr 91,22 цирконий	⁴¹ Nb 92,906 ниобий
	⁴⁷ Ag 107,868 серебро	⁴⁸ Cd 112,41 кадмий	⁴⁹ In 114,82 индий	⁵⁰ Sn 118,59 олово	⁵¹ Sb 121,75 сурьма
6	⁵⁵ Cs 132,905 цезий	⁵⁶ Ba 137,33 барий	⁵⁷ La* 138,905 лантан	⁷² Hf 178,49 гафний	⁷³ Ta 180,94 таantal
	⁷⁹ Au 196,966 золото	⁸⁰ Hg 200,59 ртуть	⁸¹ Tl 204,37 таллий	⁸² Pb 207,2 свинец	⁸³ Bi 208,980 висмут
7	⁸⁷ Fr [223] франций	⁸⁸ Ra 226,025 радий	⁸⁹ Ac** [227] актиний	¹⁰⁴ Ku (261) курчатовий	¹⁰⁵ Ns (261) нильсборний

* лантаноиды

⁵⁸ Ce 140,12 цезий	⁵⁹ Pr 140,908 протактиний	⁶⁰ Nd 144,24 неодим	⁶¹ Pm [145] прометий	⁶² Sm 150,4 самарий	⁶³ Eu 151,96 европий	⁶⁴ Gd 157,25 гадолиний
-------------------------------------	--	--------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------	---

** актиноиды

⁹⁰ Th 232,038 торий	⁹¹ Pa 231,036 протактиний	⁹² U 238,029 уран	⁹³ Np 237,048 нептуний	⁹⁴ Pu [244] плутоний	⁹⁵ Am [243] амерций	⁹⁶ Cm [247] курий
--------------------------------------	--	------------------------------------	---	---------------------------------------	--------------------------------------	------------------------------------

химических элементов Д.И. Менделеева

VI	VII	VIII			
					² He 4,003 гелий
⁸ O 15,999 кислород	⁹ F 18,998 фтор				¹⁰ Ne 20,179 неон
¹⁶ S 32,064 сера	¹⁷ Cl 35,453 хлор				¹⁸ Ar 39,948 аргон
²⁴ Cr 51,996 хром	²⁵ Mn 54,938 марганец	²⁶ Fe 55,847 железо	²⁷ Co 58,933 кобальт	²⁸ Ni 58,70 никель	
³⁴ Se 78,96 селен	³⁵ Br 79,904 бром				³⁶ Kr 83,80 криптон
⁴² Mo 95,94 молибден	⁴³ Tc 98,906 технеций	⁴⁴ Ru 101,07 рутений	⁴⁵ Rh 102,905 родий	⁴⁶ Pd 106,4 палладий	
⁵² Te 127,60 теллур	⁵³ I 126,904 йод				⁵⁴ Xe 131,30 ксенон
⁷⁴ W 183,85 вольфрам	⁷⁵ Re 186,207 рений	⁷⁶ Os 190,2 осмий	⁷⁷ Ir 192,22 иридий	⁷⁸ Pt 195,09 платина	
⁸⁴ Po [209] полоний	⁸⁵ At [210] астат				⁸⁶ Rn [222] радон
186	187	188			

⁶⁹ Tb 158,925 тербий	⁶⁶ Dy 162,50 диспрозий	⁶⁷ Ho 164,930 гольмий	⁶⁸ Er 167,26 эрбий	⁶⁹ Tm 168,934 тулий	⁷⁰ Yb 173,04 ytterбий	⁷¹ Lu 174,967 лютеций
---------------------------------------	---	--	-------------------------------------	--------------------------------------	--	--

⁹⁷ Bk [247] берклий	⁹⁸ Cf [251] кальфорний	⁹⁹ Es [254] эйзенштейний	¹⁰⁰ Fm [257] фермий	¹⁰¹ Md [258] менделеев	¹⁰² (No) [259] нобелий	¹⁰³ (Lr) [256] лоуренсий
--------------------------------------	---	---	--------------------------------------	---	---	---

Редактор и корректор Л.А. Лупанова
Технический редактор Т.Н. Заграничная

Подписано к печати 21.04.2000. Формат бумаги 60x90¹/16. Тираж 2000.
Заказ 409. Усл.печ.л. 6,2. Уч.-изд.л. 6,2. С 31. Тип. Академии ГА.
196210, С.-Петербург, ул. Пилотер, дом 38.