

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачёва»

Кафедра физики

## ФИЗИКА

Контрольные работы для студентов направления  
подготовки 240100.62 «Химическая технология»  
заочной формы обучения

Составители Т. А. Балашова  
Т. В. Лавряшина

Утверждены на заседании кафедры  
Протокол № 4 от 27.11.2012  
Рекомендованы к печати  
учебно-методической комиссией  
направления 240100.62  
Протокол № 12 от 14.12.2012  
Электронная копия находится  
в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2012

## **СОДЕРЖАНИЕ**

<b>ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.....</b>	<b>2</b>
<b>СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>3</b>
<b>КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1.....</b>	<b>5</b>
<b>КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2.....</b>	<b>18</b>
<b>КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 3.....</b>	<b>28</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ.....</b>	<b>38</b>

## ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Целями освоения дисциплины «Физика» студентами направления подготовки бакалавров «Химическая технология» являются изучение физических явлений и законов природы, применение данных законов к важнейшим практическим приложениям, связанным с управлением физико-химическими процессами в производстве, транспортированием и использованием химических реагентов, их производством и утилизацией. Важным является получение навыков работы с приборами и оборудованием современной физико-химической лаборатории, использование различных методик проведения физических измерений и обработки экспериментальных данных.

Основной формой обучения студента-заочника является самостоятельная работа по учебникам и учебным пособиям. Выполнение контрольных работ способствует систематизации и закреплению полученных теоретических знаний. Для организации самостоятельной работы студентов-заочников преподавателями кафедры физики ФБГОУ ВПО КузГТУ имени Т. Ф. Горбачёва читаются лекции, проводятся практические и лабораторные занятия. Задачи подобраны таким образом, чтобы при их решении студент-заочник проработал основную часть обязательного программного материала, а это поможет ему успешно пройти рубежный контроль знаний (зачёт, экзамен).

В контрольной работе студент должен решить восемь задач того варианта, номер которого совпадает с последней цифрой его шифра. На титульном листе контрольной работы указывают название дисциплины, номер контрольной работы, фамилию и инициалы студента, шифр и домашний адрес. В конце работы следует указать учебники и учебные пособия, которые использовались при решении задач.

Условия задач контрольных работ переписываются полностью, решения задач сопровождаются исчерпывающими пояснениями с использованием рисунков и схем. Задачи решаются в общем виде с проверкой размерности полученного результата. Значения величин при подстановке в расчётную формулу должны быть выражены в СИ. В виде исключения допускается использование других, но непременно одинаковых в числителе и знамена-

теле единиц измерения.

Контрольные работы на проверку необходимо присылать не позднее, чем за 15 дней до начала сессии. Если контрольная работа при рецензировании не зачтена, студент обязан представить её на повторную рецензию, включив в неё те задачи, решения которых оказались неверными. Работа над ошибками незачтённой контрольной работы производится в той же тетради.

Зачтённые работы «защищаются» во время экзамена (зачёта), даются пояснения по существу решения задач, входящих в контрольные работы. К контролю знаний (зачёт, экзамен) допускаются студенты, защитившие контрольные работы и успешно выполнившие работы лабораторного практикума.

## **СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

### **Основная литература**

1. Савельев, И. В. Курс физики : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по техн. и технолог. направлениям и специальностям : в 3 т. Т. 1. Механика. Молекулярная физика. – 4-е изд., стереотип. – СПб. : Лань, 2008. – 352 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=509](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=509)

2. Савельев, И. В. Курс физики : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по техн. и технолог. направлениям и специальностям : в 3 т. Т. 2. Электричество. Колебания и волны. Волновая оптика. – 4-е изд., стереотип. – СПб. : Лань, 2008. – 480 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=347](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=347)

3. Савельев, И. В. Курс физики : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по техн. и технолог. направлениям и специальностям : в 3 т. Т. 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. – 3-е изд., стереотип. – СПб. : Лань, 2007. – 320 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=349](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=349)

4. Детлаф, А. А. Курс физики : учеб. пособие для втузов / А. А. Детлаф, Б. М. Яворский. – М. : Академия, 2007. – 720 с.

5. Трофимова, Т. И. Курс физики : учеб. пособие для инж.-техн. специальностей вузов / Т. И. Трофимова. – 14-е изд., стереотип. – М. : Академия, 2007. – 560 с.

### **Дополнительная литература**

6. Фирганг, Е. В. Руководство к решению задач по курсу общей физики : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по техническим и технологическим направлениям и специальностям / Е. В. Фирганг. – 4-е изд., испр. – СПб. : Лань, 2009. – 352 с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=405](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=405)

7. Чертов, А. Г. Задачник по физике: учеб. пособие для втузов / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев. – 8-е изд., перераб. и доп. – М. : Физматлит, 2007. – 640 с.

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

### *Кинематика поступательного и вращательного движения*

**1.1–1.5.** Две материальные точки движутся вдоль оси  $OX$  согласно уравнениям:

$$x_1 = A_1 + B_1 t + C_1 t^2 + D_1 t^3; x_2 = A_2 + B_2 t + C_2 t^2 + D_2 t^3.$$

Размерности параметров:  $[A]$  – м;  $[B]$  – м/с;  $[C]$  – м/с<sup>2</sup>;  $[D]$  – м/с<sup>3</sup>. Задания и значения параметров приведены в табл. 1.1.

**Таблица 1.1** (к задачам 1.1–1.5)

№ задачи	Задание	Значения параметров							
		$A_1$	$B_1$	$C_1$	$D_1$	$A_2$	$B_2$	$C_2$	$D_2$
<b>1.1</b>	Определить ускорения точек в момент времени, когда первая точка окажется в начале координат	0	1	1	–2	2	0	–1	3
<b>1.2</b>	Определить скорости точек в момент времени, когда их ускорения одинаковы	2	–3	1	–1	4	3	–2	0
<b>1.3</b>	Определить ускорение второй точки в тот момент, когда первая точка остановится	3	–10	2	2	5	–3	4	–1
<b>1.4</b>	Определить ускорение первой точки в момент её встречи со второй точкой	1	3	–5	1	6	1	–8	1
<b>1.5</b>	Определить расстояние между точками в момент времени, когда их скорости одинаковы	2	4	0,5	1	3	–2	2	2

**1.6–1.10.** В табл. 1.2 приведены уравнения кинематических характеристик вращающейся точки, находящейся на расстоянии 0,2 м от оси вращения ( $\varphi$  – угловое перемещение;  $\omega$  – угло-

вая скорость). Размерности параметров:  $[A]$  – рад;  $[B]$  – рад/с;  $[C]$  – рад/с<sup>2</sup>;  $[D]$  – рад/с<sup>3</sup>. Определить угловое перемещение и полное ускорение точки через 2 с после начала вращения.

**Таблица 1.2** (к задачам 1.6–1.10)

№ задачи	Уравнение	Значения параметров			
		$A$	$B$	$C$	$D$
<b>1.6</b>	$\varphi = A + Bt + Dt^3$	5	–3	–	2
<b>1.7</b>	$\omega = B + Ct + Dt^2$	–	–1	5	1
<b>1.8</b>	$\varphi = Bt + Ct^2$	–	5	–3	–
<b>1.9</b>	$\omega = Ct + Dt^2$	–	–	2	–3
<b>1.10</b>	$\varphi = A + Ct^2 + Dt^3$	–2	–	1	5

### *Динамика поступательного движения*

**1.11.** Тело массой 50 кг тянут равномерно по полу с помощью верёвки, образующей угол 30° с полом. Коэффициент трения 0,4. Определить силу, под действием которой движется тело.

**1.12.** Молекула массой  $4,65 \cdot 10^{-23}$  кг, летящая со скоростью 600 м/с, ударяется о стенку сосуда под углом 60° к нормали и под таким же углом упруго отскакивает от неё. Найти импульс силы, полученный стенкой за время удара.

**1.13.** Брусok массой 200 г движется по горизонтальному столу под действием силы натяжения привязанной к нему нити. Нить перекинута через прикрепленный к столу блок и привязана к другому, падающему бруску массой 300 г. Определить силу натяжения нити, если коэффициент трения равен 0,25. Масса блока ничтожно мала.

**1.14.** Какую минимальную горизонтальную силу надо приложить к бруску массой 2,6 кг, находящемуся на наклонной плоскости, чтобы удержать его от соскальзывания вниз? Длина наклонной плоскости 50 см, высота 30 см, коэффициент трения равен 0,4.

**1.15.** Шарик, подвешенный на пружине, погружают в воду. При этом растяжение пружины уменьшается в 1,5 раза. Вычислить плотность материала шарика.

**1.16.** На горизонтальном столе лежат два бруска, связанные нитью. Первый брусок тянут с силой 20 Н под углом  $30^\circ$  к горизонту. Коэффициент трения брусков о стол 0,1. Масса первого бруска 4 кг, второго – 2 кг. Определить ускорение, с которым движутся тела, и силу натяжения нити между брусками.

**1.17.** Тело, масса которого 1 кг, движется вниз по наклонной плоскости с углом наклона  $30^\circ$  под действием силы 2 Н, направленной горизонтально. Определить ускорение тела, если коэффициент трения тела о плоскость равен 0,2.

**1.18.** Тело массой 2 кг движется прямолинейно, при этом зависимость пройденного пути от времени определяется уравнением  $S = 2 + 3t + t^2 + 3t^4$ , где все величины выражены в СИ. Найти силу, действующую на тело в конце второй секунды движения.

**1.19.** В неподвижном лифте гирька, подвешенная на пружине, растягивает её на 14 см. На сколько сантиметров растягивается пружина при опускании лифта с ускорением  $1,4 \text{ м/с}^2$ ?

**1.20.** Тело массой 100 кг поднимают по наклонной плоскости с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ . Какую силу, параллельную наклонной плоскости, необходимо приложить для подъёма тела. Коэффициент трения 0,2, угол наклона плоскости к горизонту  $30^\circ$ .

### ***Законы сохранения при поступательном движении***

**1.21.** При забивании сваи массой 200 кг молот массой 100 кг поднимают на высоту 10 м и отпускают. После абсолютно неупругого удара молота свая погружается в грунт на глубину 0,5 м. Определить силу сопротивления грунта движению сваи, считая её постоянной.

**1.22.** В центр деревянного шара массой 0,6 кг, подвешенного на нити длиной 1,5 м, попадает горизонтально летящая пуля массой 5 г. С какой скоростью летела пуля, если нить с шаром и застрявшей в нём пулей отклонилась от вертикали на угол  $30^\circ$ . Размером шара пренебречь.

**1.23.** Движущийся со скоростью 3 м/с вагон массой 50 т сцепляется с неподвижным вагоном массой 25 т, после чего вагоны начинают вкатываться на горку. На какую высоту поднимутся вагоны? Силой сопротивления движению пренебречь.



**1.24.** Пластичный шар массой 1,5 кг лежит на подставке с отверстием. Снизу через отверстие в подставке в шар попадает вертикально летящая пуля массой 10 г и пробивает его насквозь. При этом шар подскакивает на высоту 10 см. На какую высоту поднимется пуля над подставкой, если её скорость перед ударом была равна 400 м/с?

**1.25.** На горизонтальной поверхности лежат два бруска массами 200 г и 300 г. Между ними вставлена лёгкая пружина, сжатая нитью на величину 2 см. Когда нить пережигают, бруски разъезжаются в разные стороны. Меньший брусок останавливается, пройдя путь 30 см. Определить жёсткость пружины, если коэффициент трения брусков о плоскость равен 0,1.

**1.26.** В шар массой 1 кг, подвешенный на нерастяжимой нити длиной 1 м, попадает и застревает в нем пуля массой 10 г, летевшая вниз под углом  $60^\circ$  к горизонту. Шар с пулей отклонился на угол  $30^\circ$ . С какой скоростью летела пуля?

**1.27.** Два маленьких шарика одинаковой массы подвешены на невесомых и нерастяжимых нитях равной длины 16 см так, что их поверхности соприкасаются. Нить с одним шариком отводят на угол  $60^\circ$  и отпускают. Найти высоту, на которую поднимутся оба шарика после абсолютно неупругого соударения.

**1.28.** Пуля массой 10 г, летящая горизонтально со скоростью 200 м/с, пробила лежащий на столе пластмассовый кубик массой 200 г и вылетела наружу со скоростью 100 м/с. Какое количество энергии перешло при этом в тепло?

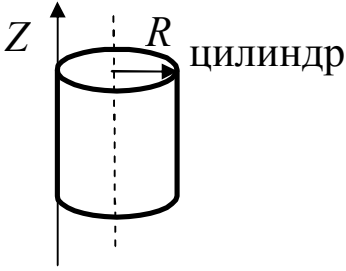
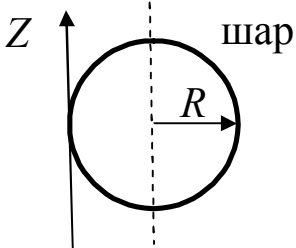
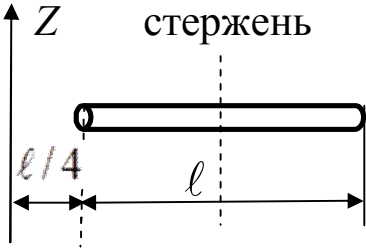
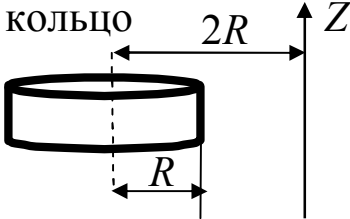
**1.29.** Пуля, летящая горизонтально, попадает в центр шара, подвешенного на лёгком жёстком стержне, и застревает в нём. Масса пули 10 г, масса шара 1 кг, скорость пули 600 м/с. После удара стержень и шар поворачиваются вокруг точки подвеса. При какой длине стержня шар от удара пули поднимется до верхней точки окружности?


**1.30.** В маятник массой 0,5 кг ударяет пуля массой 10 г, летящая горизонтально, и застревает в нём. Какая часть механической энергии летящей пули превратится в механическую энергию маятника с пулей?

### *Динамика вращательного движения*

**1.31–1.35.** Определить момент инерции тела указанной формы относительно заданной оси  $Z$  (см. табл. 1.3).

**Таблица 1.3** (к задачам 1.31–1.35)

№ задачи	Форма тела, положение оси вращения	$m$ , кг	$R$ , м	$\ell$ , м
1	2	3	4	5
1.31	 <p>цилиндр</p>	2	0,1	—
1.32	 <p>шар</p>	1	0,2	—
1.33	 <p>стержень</p>	0,5	—	3
1.34	 <p>кольцо</p>	0,1	0,02	—

1.35		0,2	—	1
------	---	-----	---	---

**1.36.** Вал в виде сплошного цилиндра массой 10 кг насажен на горизонтальную ось. На цилиндр намотан шнур, к свободному концу которого подвешена гиря массой 2 кг. С каким ускорением будет опускаться гиря, если её предоставить самой себе?

**1.37.** Маховик массой 5 кг, распределённой по ободу радиусом 20 см, свободно вращается с частотой 12 об/с вокруг горизонтальной оси, проходящей через его центр. При торможении маховик останавливается через 20 с. Найти момент тормозящей силы и число оборотов маховика до полной остановки.

**1.38.** Цилиндрический вал радиусом 10 см и массой 200 кг вращается по инерции, делая 5 об/с. К поверхности вала прижали тормозную колодку с силой 40 Н. Через 20 с вал остановился. Определить коэффициент трения.

**1.39.** Нить с привязанными к её концам грузами массой 50 г и 60 г перекинута через блок диаметром 4 см. Определить момент инерции блока, если под действием силы тяжести грузов он получил угловое ускорение  $1,5 \text{ рад/с}^2$ . Считать блок однородным диском.

**1.40.** Однородный диск радиусом 20 см и массой 5 кг вращается вокруг оси, проходящей через его центр. Зависимость угловой скорости вращения диска от времени дается уравнением  $\omega = A + 8t$  (время дано в секундах, угловая скорость — в рад/с). Найти величину касательной силы, приложенной к ободу диска. Трением пренебречь.

### *Законы сохранения при вращательном движении*

**1.41.** На краю неподвижной скамьи Жуковского диаметром 0,8 м и массой 6 кг стоит человек массой 60 кг. С какой угловой скоростью начнёт вращаться скамья, если человек поймает

летящий на него со скоростью 10 м/с мяч массой 0,5 кг? Траектория мяча горизонтальна и проходит на расстоянии 0,4 м от оси скамьи. Скамью считать диском.

**1.42.** Пластичный шар массой 2 кг и радиусом 5 см раскрутили до угловой скорости 50 рад/с. В процессе вращения шар деформировался в эллипсоид с моментом инерции  $1,6 \cdot 10^{-2} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . Определить изменение кинетической энергии системы.

**1.43.** Однородный стержень длиной 85 см подвешен шарнирно на горизонтальной оси, проходящей через верхний конец стержня. Какую наименьшую скорость надо сообщить нижнему концу стержня, чтобы он сделал полный оборот вокруг оси?

**1.44.** В центре вращающегося горизонтального диска радиусом 20 см закреплён на шарнире конец тонкого вертикального стержня, расположенного вдоль оси диска. Масса диска 1 кг, масса стержня 0,5 кг, длина стержня вдвое больше радиуса диска. Система вращается с угловой скоростью 4 рад/с. Найти изменение кинетической энергии системы после того, как стержень упадёт на поверхность диска и начнёт вращаться вместе с ним без проскальзывания.

**1.45.** На верхней поверхности горизонтального диска массой 8 кг и радиусом 50 см, который может свободно вращаться вокруг вертикальной оси симметрии, проложены по окружности радиусом 40 см рельсы игрушечной железной дороги. В некоторый момент по рельсам начинает двигаться электропоезд массой 0,5 кг со скоростью 1 м/с. Определить изменение кинетической энергии диска.

**1.46.** Горизонтальная платформа массой 200 кг, имеющая форму диска, может свободно вращаться вокруг вертикальной оси. На краю платформы стоит человек массой 60 кг. Определить кинетическую энергию платформы после того, как человек спрыгнет с неё со скоростью 2 м/с, направленной по касательной к краю платформы. Момент инерции человека рассчитывать, как для материальной точки.

**1.47.** Мальчик катит обруч по горизонтальной дороге со скоростью 2 м/с. На какое расстояние может вкатиться обруч на горку за счет своей кинетической энергии? Синус угла наклона горки равен 0,01.

**1.48.** Покоящийся стержень длиной 1 м и массой 8 кг подвешен шарнирно за верхний конец. В середину стержня ударяет пуля массой 10 г, летящая горизонтально со скоростью 400 м/с, и застревает в нём. На какой угол отклонится стержень после удара?

**1.49.** Два горизонтальных диска свободно вращаются в разных направлениях вокруг вертикальной оси, проходящей через их центры. Массы дисков 5 кг и 20 кг, их радиусы 0,4 м и 0,2 м, угловые скорости 10 рад/с и 20 рад/с соответственно. После падения верхнего на нижний оба диска вследствие трения между ними начали через некоторое время вращаться как единое целое. Определить изменение суммарной кинетической энергии дисков.

**1.50.** Шарик массой 50 г, находящийся на горизонтальной плоскости, привязан к нити длиной 80 см и вращается по окружности, скользя без трения по горизонтальной плоскости, с частотой 2 об/с вокруг вертикальной оси, проходящей через другой конец нити. Нить постепенно укорачивается, и шарик приближается к оси вращения до расстояния 40 см. Какую работу совершит сила натяжения, укорачивая нить?

### ***Основы молекулярной физики***

**1.51.** Под каким давлением находится в баллоне водород, если ёмкость баллона 10 л, а кинетическая энергия поступательного движения всех молекул водорода равна  $7,5 \cdot 10^3$  Дж?

**1.52.** Под каким давлением находится газ, плотность которого  $9 \cdot 10^{-4}$  г/см<sup>3</sup>, если средняя квадратичная скорость его молекул 550 м/с?

**1.53.** Чему равна кинетическая энергия поступательного движения всех молекул, содержащихся в одном моле и в 1 кг гелия при температуре 1000 К?

**1.54.** Одноатомный газ массой 1,5 кг находится под давлением 5 атм и имеет плотность 6 кг/м<sup>3</sup>. Найти энергию теплового движения молекул газа при этих условиях.

**1.55.** Определить среднюю квадратичную скорость молекул газа, заключённого в сосуде объёмом 2 л под давлением 200 кПа. Масса газа 0,3 г.

**1.56.** При какой температуре средняя квадратичная скорость молекул азота больше их наиболее вероятной скорости на 100 м/с?

**1.57.** Давление воздуха на уровне моря 750 мм рт. ст., а на вершине горы – 590 мм рт. ст. Какова высота горы, если температура воздуха равна 5 °С?

**1.58.** На какой высоте плотность газа составляет 75 % от плотности его на уровне моря? Температуру считать постоянной и равной 0 °С. Задачу решить для: 1) воздуха; 2) углекислого газа.

**1.59.** Найти среднюю длину свободного пробега молекул углекислого газа при температуре 100 °С и давлении 13,3 Па. Диаметр молекулы 0,32 нм.

**1.60.** Найти среднее число столкновений в единицу времени молекулы азота при давлении 53,33 кПа и температуре 27 °С. Эффективный диаметр принять равным 0,3 нм.

### ***Явления переноса***

**1.61.** Найти коэффициент диффузии водорода при нормальных условиях, если средняя длина свободного пробега 0,16 мкм.

**1.62.** Какое количество теплоты проходит за 1 с через медный стержень с площадью поперечного сечения  $10\text{ см}^2$  длиной 50 см, если разность температур на концах стержня 15 К? Тепловыми потерями пренебречь. Теплопроводность меди 389,6 Вт/(м·К).

**1.63.** Коэффициент вязкости гелия при нормальных условиях  $1,89 \cdot 10^{-5}$  Па·с. Вычислить эффективный диаметр его атома.

**1.64.** Найти динамическую вязкость гелия при нормальных условиях, если коэффициент диффузии при тех же условиях равен  $1,06 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/с.

**1.65.** Коэффициент вязкости углекислого газа при нормальных условиях равен  $14 \cdot 10^{-6}$  Н·с/м<sup>2</sup>. Найти длину свободного пробега молекул газа.

**1.66.** Коэффициент диффузии водорода при нормальных условиях равен 0,91 см<sup>2</sup>/с. Определить коэффициент теплопроводности.

**1.67.** Толщина деревянной стены равна 12 см. Какой должна быть толщина кирпичной стены, чтобы она обладала такой же теплопроводностью, как деревянная? Коэффициент теплопроводности дерева равен  $0,17 \text{ Вт/(м·К)}$ , а кирпича –  $0,69 \text{ Вт/(м·К)}$ .

**1.68.** В сосуде объёмом 2 л находится  $4 \cdot 10^{22}$  молекул двухатомного газа. Коэффициент теплопроводности газа равен  $0,014 \text{ Вт/(м·К)}$ . Найти коэффициент диффузии при этих условиях.

**1.69.** Углекислый газ и азот находятся при одинаковой температуре и давлении. Найти для этих газов отношение коэффициентов диффузии. Диаметры молекул считать одинаковыми.

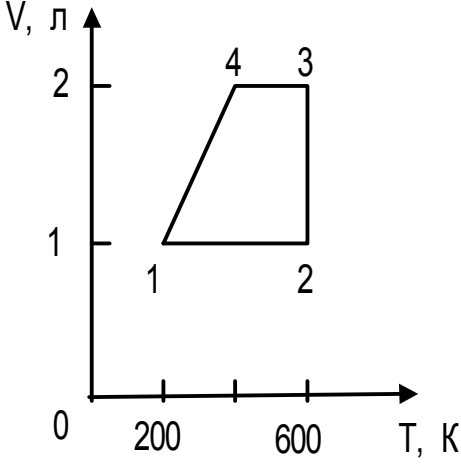
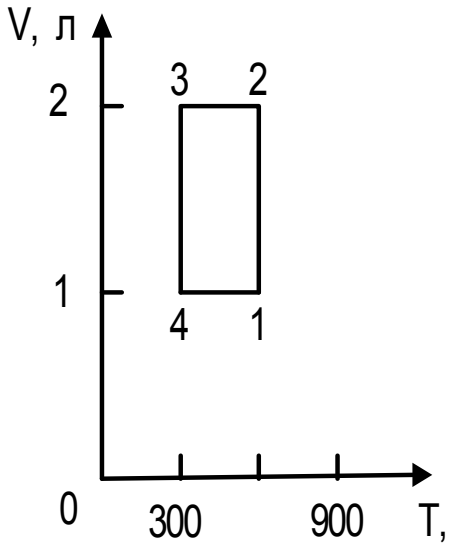
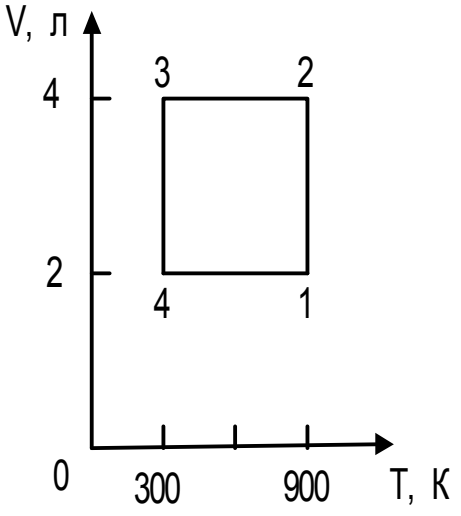
**1.70.** Коэффициенты диффузии и вязкости водорода при некоторых условиях равны соответственно  $1,42 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$  и  $8,5 \cdot 10^{-6} \text{ Н·с/м}^2$ . Найти концентрацию молекул водорода при этих условиях.

### *Основы термодинамики*

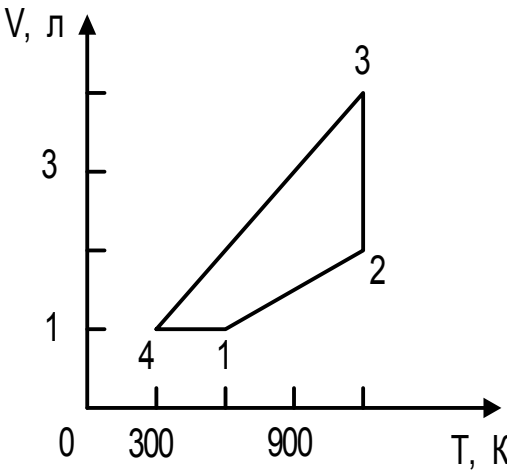
**1.71–1.75.** Газ массой  $m$  переходит из одного состояния в другое (см. табл. 1.4). Определить изменение внутренней энергии  $\Delta U$  газа, совершённую им работу  $A$  и количество теплоты  $Q$ , переданное газу.

**Таблица 1.4** (к задачам 1.71–1.75)

№ задачи	Рисунок	Число молей	Газ	Состояния
<b>1.71</b>		0,5	Кислород	$1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$

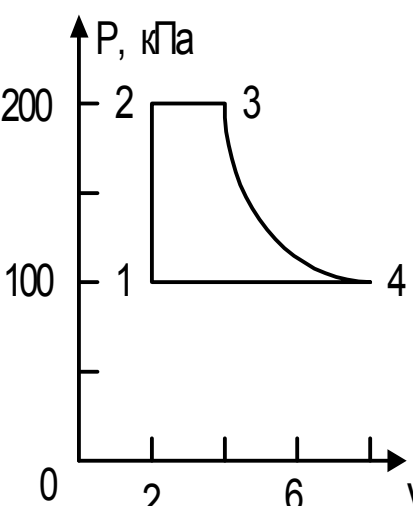
1.72		1,0	Азот	$2 \rightarrow 3 \rightarrow 4$
1.73		0,1	Углекис- лый газ	$1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$
1.74		1,0	Водород	$2 \rightarrow 3 \rightarrow 4$

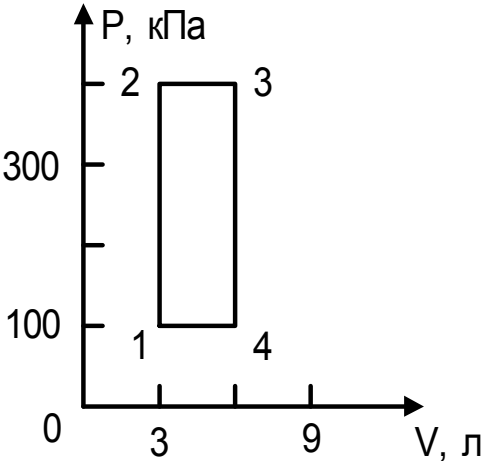
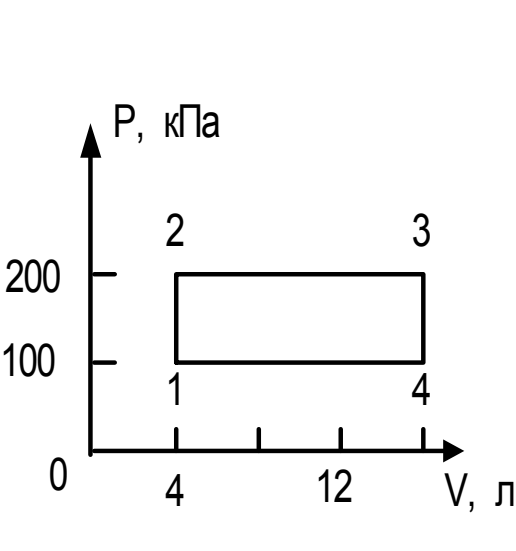
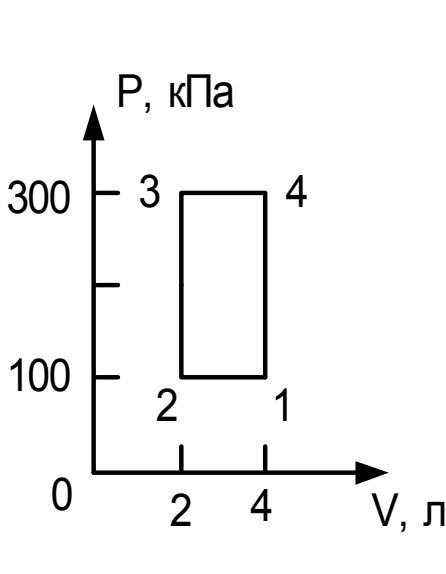


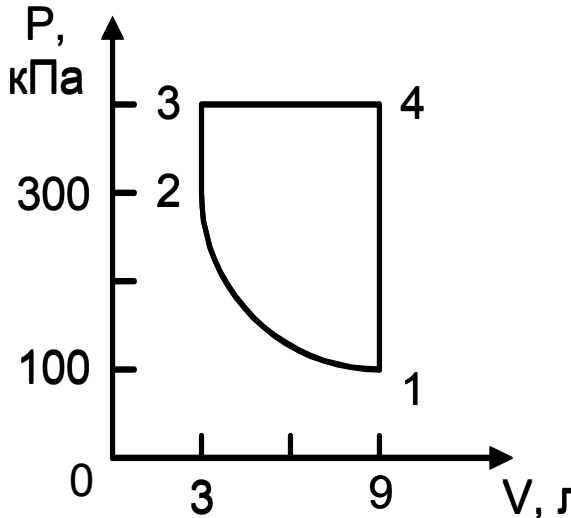
1.75		1,5	Гелий	$1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$
------	---	-----	-------	---------------------------------

**1.76–1.80.** Рабочее вещество тепловой машины совершает цикл (см. табл. 1.5). Для заданных значений параметров цикла определить изменение энтропии  $\Delta S$  при переходе системы из одного состояния в другое и КПД цикла.

**Таблица 1.5** (к задачам 1.76–1.80)

№ задачи	Рисунок	Число молей	Газ	Переход
1.76		0,1	Гелий (3 → 4 – изотерма)	$2 \rightarrow 3$

1.77		-	1,0	Водород	$3 \rightarrow 4$
1.78		-	0,2	Азот	$1 \rightarrow 2$
1.79		-	0,1	Кислород	$4 \rightarrow 1$

1.80		0,5	Угле- кислый газ  (1 → 2 – изотер- ма)	3 → 4
------	---	-----	--	-------

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2

### *Закон Кулона. Напряжённость поля точечного заряда*

**2.1–2.5.** На рис. 2.1 показано распределение точечных зарядов  $Q_i$ . Для заданных значений зарядов (см. табл. 2.1) определить силу, действующую на точечный заряд  $Q_0$ , помещённый в точку, указанную в последнем столбце.

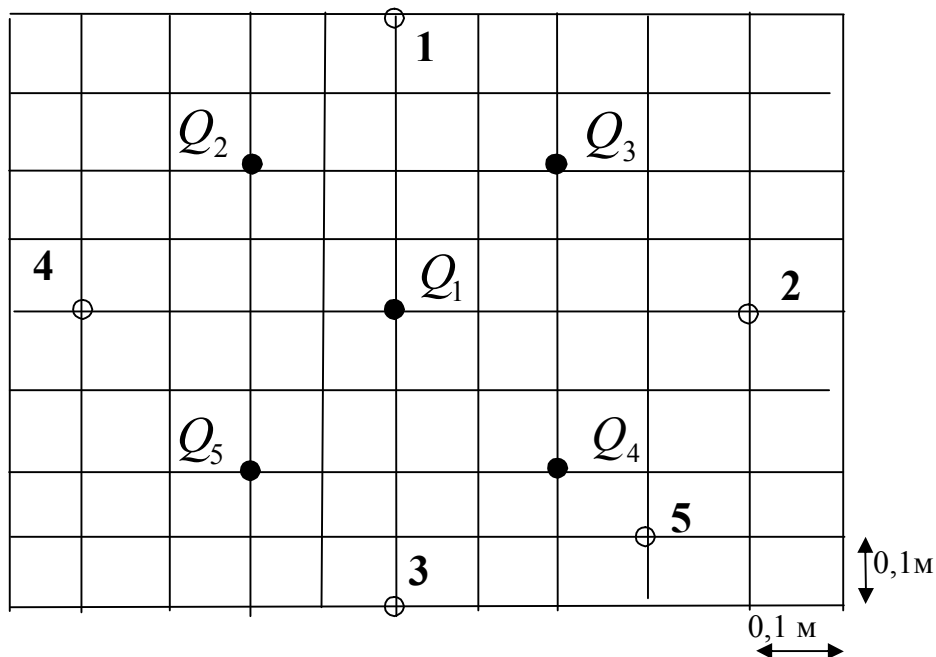


Рис. 2.1. Распределение точечных зарядов  $Q_i$  для расчета силы, действующей на точечный заряд  $Q_0$

Таблица 2.1 (к задачам 2.1–2.5)

№ задачи	$Q_1$ , нКл	$Q_2$ , нКл	$Q_3$ , нКл	$Q_4$ , нКл	$Q_5$ , нКл	$Q_0$ , нКл	Номер точки
2.1	–1	2	3	0	0	2	1
2.2	2	0	1	–4	0	1	2
2.3	2	0	0	3	–2	–0,5	3
2.4	–2	1	0	0	3	1	4
2.5	3	–1	0	2	0	2	5

2.6–2.10. На рис. 2.2 показано распределение точечных зарядов  $Q_i$ . Для заданных значений зарядов (см. табл. 2.2) определить напряжённость  $E$  электростатического поля в точке, указанной в последнем столбце, направление векторов напряжённости  $\vec{E}$  и градиента потенциала  $\text{grad}\phi$  поля в этой точке.

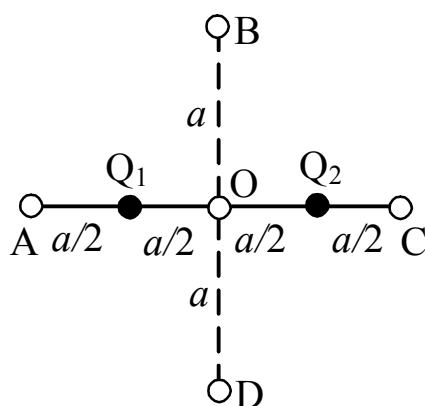


Рис. 2.2.

Распределение точечных зарядов  $Q_i$  для расчёта напряжённости  $E$  в заданной точке поля

Таблица 2.2 (к задачам 2.6–2.10)

№ задачи	$Q_1$ , нКл	$Q_2$ , нКл	$a$ , м	Точка
2.6	5	10	0,02	O
2.7	1	–2	0,04	A
2.8	2	2	0,06	B
2.9	–3	1	0,08	C
2.10	–4	–4	0,10	D

### *Потенциал поля точечного заряда*

**2.11.** В однородное электрическое поле напряжённостью  $2 \text{ кВ/м}$  влетает вдоль линий напряжённости электрон со скоростью  $2 \text{ Мм/с}$ . Определите расстояние, пройденное электроном до точки, в которой его скорость будет равна половине начальной.

**2.12.** Пылинка массой  $5 \text{ пг}$ , несущая на себе  $10$  электронов, прошла без начальной скорости в вакууме ускоряющую разность потенциалов  $5 \text{ МВ}$ . Какую скорость приобретёт пылинка?

**2.13.** При радиоактивном распаде из ядра атома вылетает  $\alpha$ -частица со скоростью  $1,6 \cdot 10^7 \text{ м/с}$ . Определить разность потенциалов электрического поля, в котором можно разогнать покоящуюся  $\alpha$ -частицу до такой же скорости.

**2.14.** Электрон, пройдя в плоском конденсаторе путь от одной пластины до другой, приобрёл скорость  $10^6 \text{ м/с}$ . Определить разность потенциалов между пластинами.

**2.15.** Электрон вылетает из точки, потенциал которой равен  $450 \text{ В}$ , со скоростью  $200 \text{ м/с}$ . Какую скорость он будет иметь в точке с потенциалом  $500 \text{ В}$ ?

**2.16–2.20.** На рис. 2.1 показано распределение точечных зарядов  $Q_i$ . Для заданных значений зарядов (см. табл. 2.3) определить величину потенциала  $\varphi$  электростатического поля в точке, указанной в последнем столбце.

**Таблица 2.3** (к задачам 2.16–2.20)

№ задачи	$Q_1$ , нКл	$Q_2$ , нКл	$Q_3$ , нКл	$Q_4$ , нКл	$Q_5$ , нКл	Номер точки
<b>2.16</b>	–1	2	3	0	0	1
<b>2.17</b>	2	0	1	–4	0	2
<b>2.18</b>	2	0	0	3	–2	3
<b>2.19</b>	–2	1	0	0	3	4
<b>2.20</b>	3	–1	0	2	0	5

### ***Конденсаторы. Соединение конденсаторов***

**2.21.** Электроёмкость плоского конденсатора 1,5 мкФ, расстояние между обкладками 5 мм. Какова будет электроёмкость конденсатора, если на нижнюю обкладку положить лист эбонита с диэлектрической проницаемостью 3 и толщиной 3 мм?

**2.22.** Два одинаковых плоских воздушных конденсатора ёмкостью по 100 пФ каждый соединены в батарею последовательно. На сколько изменится ёмкость батареи, если пространство между пластинами одного из конденсаторов заполнить парафином с диэлектрической проницаемостью 2?

**2.23** Два одинаковых плоских воздушных конденсатора соединили последовательно в батарею, которая подключена к источнику с ЭДС 12 В. Определить, на сколько изменится напряжение на одном из конденсаторов, если другой погрузить в трансформаторное масло. Диэлектрическая проницаемость трансформаторного масла 2.2.

**2.24.** Два конденсатора ёмкостями 5 мкФ и 8 мкФ соединены последовательно и присоединены к батарее с ЭДС 80 В. Определить заряд каждого конденсатора и разность потенциалов между обкладками.

**2.25.** Обкладки плоского конденсатора изолированы друг от друга пластиной из диэлектрика. Конденсатор заряжен до разности потенциалов 1000 В. Определить диэлектрическую проницаемость материала пластины, если при ее удалении разность потенциалов между обкладками конденсатора возрастет до 3000 В.

**2.26.** На пластинах плоского конденсатора равномерно распределён заряд с поверхностной плотностью  $0,2 \text{ мкКл/м}^2$ . Расстояние между пластинами 1 мм. На сколько изменится разность потенциалов на его обкладках при увеличении расстояния между ними до 3 мм?

**2.27.** Между пластинами плоского конденсатора находится плотно прилегающая стеклянная пластина с диэлектрической проницаемостью 7. Конденсатор заряжен до разности потенциалов 100 В. Какова будет разность потенциалов, если стеклянную пластину удалить?

**2.28.** На пластинах плоского конденсатора равномерно распределён заряд с поверхностной плотностью  $0,3 \text{ мКл/м}^2$ . Расстояние между пластинами 2 мм. На сколько изменится разность потенциалов на его обкладках, если пространство между пластинами заполнить слюдой ( $\varepsilon = 7$ )?

**2.29.** Плоский конденсатор состоит из двух круглых пластин радиусом 10 см каждая. Расстояние между пластинами 2 мм. Конденсатор присоединён к источнику напряжения 80 В. Определить заряд и напряжённость поля конденсатора в двух случаях: диэлектрик – воздух; диэлектрик – стекло ( $\varepsilon = 6$ ).

**2.30.** Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено двумя слоями диэлектрика: слоем стекла толщиной 2 мм и слоем парафина толщиной 3 мм. Напряжение на конденсаторе 300 В. Определить напряжённость поля и падение потенциала в каждом из слоев.

### ***Постоянный электрический ток***

**2.31.** Определить среднюю скорость упорядоченного движения электронов в медном проводнике при силе тока 10 А и сечении проводника, равном  $1 \text{ мм}^2$ . Принять, что на каждый атом меди приходится два электрона проводимости. Плотность меди  $8600 \text{ кг/м}^3$ .

**2.32.** Сила тока в металлическом проводнике равна 0,8 А, сечение проводника  $4 \text{ мм}^2$ . Принимая, что в каждом  $\text{см}^3$  металла содержится  $2,5 \cdot 10^{22}$  свободных электронов, определить среднюю скорость их упорядоченного движения.

**2.33.** При внешнем сопротивлении 3 Ом ток в цепи 0,3 А, а при внешнем сопротивлении 5 Ом ток равен 0,2 А. Определить ток короткого замыкания.

**2.34.** Элемент с ЭДС 1,6 В имеет внутреннее сопротивление 0,5 Ом. Найти КПД элемента при токе в цепи 2,4 А.

**2.35.** В медном проводнике длиной 2 м и площадью поперечного сечения  $0,4 \text{ мм}^2$  течёт ток. При этом каждую секунду выделяется количество теплоты 0,35 Дж. Сколько электронов проходит за 1 с через поперечное сечение проводника? Удельное сопротивление меди  $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ .

**2.36.** Найти количество теплоты, выделяющейся каждую секунду в  $1 \text{ см}^3$  медного провода при плотности тока  $30 \text{ А/см}^2$ . Удельное сопротивление меди  $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ .

**2.37.** Электроны перемещаются от одного конца алюминиевой проволоки к другому за 100 ч. Определить силу тока в проволоке, если её длина 1000 м, площадь поперечного сечения  $1 \text{ мм}^2$ , и на каждый атом алюминия приходится в среднем 3 электрона проводимости.

**2.38.** В проводе длиной 10 м полный движущийся заряд, равномерно распределённый по проводу, равен  $10^5 \text{ Кл}$ . Определить среднюю скорость направленного движения зарядов, если сила тока 10 А.

**2.39.** Определить суммарный импульс электронов в прямом проводе длиной 500 м, по которому течёт ток 50 А.

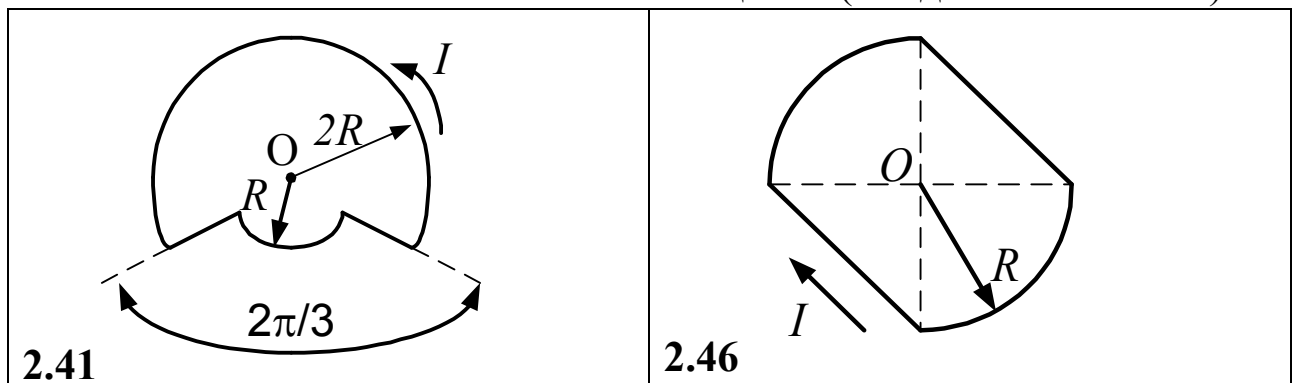
**2.40.** В модели атома водорода электрон движется вокруг протона по круговой орбите радиусом  $0,53 \cdot 10^{-10} \text{ м}$ . Чему равна сила тока, обусловленная движением электрона по орбите?

### *Индукция магнитного поля*

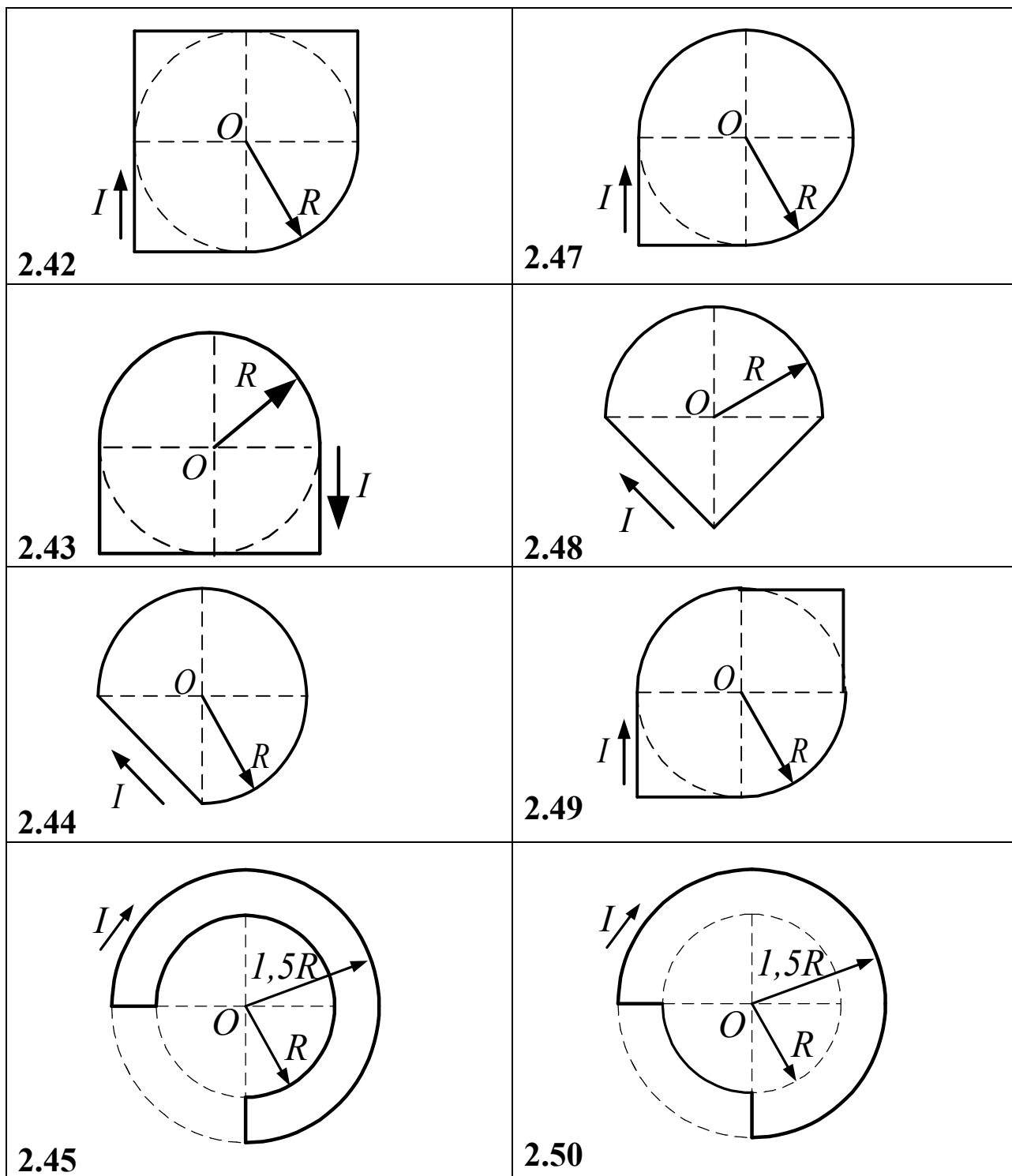
**2.41–2.50.** По контуру радиусом  $R = 10 \text{ см}$  течёт ток 10 А. Определить направление вектора  $\vec{B}$  индукции магнитного поля в точке  $O$  и его модуль (см. рис. табл. 2.4).

**2.41–2.50.** По контуру радиусом  $R = 10 \text{ см}$  течёт ток 10 А. Определить направление вектора  $\vec{B}$  индукции магнитного поля в точке  $O$  и его модуль (см. рис. табл. 2.4).

Таблица 2.4 (к задачам 2.41–2.50)







### *Силы в магнитном поле*

**2.51.** По двум параллельным проводам длиной 1 м каждый текут токи одинаковой силы. Расстояние между проводами равно 0,01 м. Токи взаимодействуют с силой  $1 \cdot 10^{-3}$  Н. Найти силу тока в проводах.

**2.52.** По трём прямым параллельным длинным проводам, находящимся на одинаковом расстоянии 0,2 м друг от друга, текут токи одинаковой силы 40 А. В двух проводах направления токов совпадают. Вычислить силу, действующую на единицу длины каждого провода.

**2.53.** По трём параллельным длинным прямым проводам, находящимся на одинаковом расстоянии 10 см друг от друга, в одном направлении текут одинаковые токи силой 100 А. Определить силу, действующую на отрезок 1 м каждого провода.

**2.54.** По двум длинным параллельным проводникам, расстояние между которыми 7,5 см, текут в одном направлении токи 10 А и 5 А. Где следует поместить параллельный им третий проводник с током, чтобы он находился в равновесии?

**2.55.** На горизонтально расположенных рельсах, расстояние между которыми 40 мм, лежит стержень. Какой ток надо пропустить по стержню, чтобы он начал двигаться? Рельсы и стержень находятся в вертикальном однородном магнитном поле с индукцией 80 мТл. Масса стержня 40 г, коэффициент трения стержня о рельсы 0,1.

**2.56.** Вычислить радиус дуги окружности, которую описывает протон в магнитном поле с индукцией  $1,5 \cdot 10^{-2}$  Тл, если скорость протона равна  $2 \cdot 10^6$  м/с.

**2.57.** Частица, несущая один элементарный заряд, влетела в однородное магнитное поле с индукцией 0,5 Тл. Определить момент импульса, которым обладала частица при движении в магнитном поле, если её траектория представляла дугу окружности радиусом 0,001 м.

**2.58.** Заряженная частица влетела перпендикулярно линиям индукции в однородное магнитное поле, созданное в среде. В результате взаимодействия с веществом частица, находясь в поле, потеряла половину своей первоначальной энергии. Во сколько раз будут отличаться радиусы кривизны траектории начала и конца пути?

**2.59.** Протон, прошедший ускоряющую разность потенциалов 600 В, влетел в однородное магнитное поле с индукцией 0,3 Тл и начал двигаться по окружности. Вычислить её радиус.

**2.60.** Заряженная частица, прошедшая ускоряющую разность потенциалов  $2 \cdot 10^3$  В, движется в однородном магнитном поле с индукцией 0,015 Тл по окружности радиусом 0,01 м. Определить отношение заряда частицы к её массе и скорость частицы.

### ***Явление электромагнитной индукции***

**2.61.** В однородном магнитном поле находится виток площадью  $10 \text{ см}^2$ , расположенный перпендикулярно силовым линиям. Какой ток потечет по витку, если поле будет убывать с постоянной скоростью  $8 \text{ кА}/(\text{м} \cdot \text{с})$ ? Сопротивление витка 1 Ом.

**2.62.** Горизонтальный тонкий металлический стержень длиной 50 см вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через один из его концов, с частотой 2 Гц. Определить разность потенциалов между концами стержня, если вертикальная составляющая напряженности магнитного поля Земли равна  $40 \text{ А}/\text{м}$ .

**2.63.** С какой скоростью должен двигаться проводник длиной 10 см перпендикулярно силовым линиям однородного магнитного поля, напряженность которого  $160 \text{ кА}/\text{м}$ , чтобы между концами проводника возникла разность потенциалов 10 мВ?

**2.64.** Плоская рамка площадью  $100 \text{ см}^2$ , содержащая 20 витков провода, вращается в однородном магнитном поле с индукцией 100 мТл. Амплитуда ЭДС индукции равна 10 В. Определить частоту вращения рамки.

**2.65.** Плоская проволочная рамка, состоящая из одного витка, имеющего сопротивление 1 мОм и площадь  $1 \text{ см}^2$ , находится в однородном магнитном поле. Направление силовых линий поля перпендикулярно плоскости рамки. Индукция магнитного поля изменяется со скоростью  $10 \text{ мТл}/\text{с}$ . Какое количество теплоты выделится в рамке за 1 с?

**2.66.** С какой угловой скоростью надо вращать прямой проводник вокруг одного из его концов в однородном магнитном поле в плоскости, перпендикулярной к силовым линиям поля, чтобы в проводнике возникла ЭДС, равная 0,3 В? Длина проводника 20 см, напряженность магнитного поля  $160 \text{ кА}/\text{м}$ .

**2.67.** В однородном магнитном поле с индукцией 0,35 Тл равномерно с частотой 480 Гц вращается рамка из 1500 витков площадью  $5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ . Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Определить максимальную ЭДС индукции, возникающую в рамке.

**2.68.** Короткая катушка из 100 витков равномерно вращается в однородном магнитном поле с угловой скоростью 5 рад/с. Индукция магнитного поля 0,4 Тл. Ось вращения совпадает с диаметром катушки и перпендикулярна линиям индукции поля. Определить мгновенное значение ЭДС индукции для тех моментов времени, когда плоскость катушки составляет угол  $60^\circ$  с линиями индукции поля. Площадь катушки равна  $10^{-2} \text{ м}^2$ .

**2.69.** Проволочный виток радиусом 0,04 м с сопротивлением 0,01 Ом находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,04 Тл. Плоскость рамки составляет угол  $30^\circ$  с линиями индукции поля. Какой заряд протечёт по витку, если магнитное поле исчезнет?

**2.70.** Проволочное кольцо радиусом 0,1 м лежит на столе. Какой заряд протечёт по кольцу, если его повернуть с одной стороны на другую? Сопротивление кольца 1 Ом. Вертикальная составляющая индукции магнитного поля Земли равна  $5 \cdot 10^{-5}$  Тл.

### ***Явление самоиндукции. Энергия магнитного поля***

**2.71.** В соленоиде ток равномерно возрастает от нуля до 50 А в течение 0,5 с, при этом в соленоиде накапливается энергия 50 Дж. Определить ЭДС самоиндукции, индуцируемой в соленоиде.

**2.72.** В соленоиде без сердечника, содержащем 720 витков, сила тока увеличивается на 10 А за 0,12 с и при этом возрастает магнитный поток от 1,6 до 4,1 мВб. Определить индуктивность соленоида, ЭДС самоиндукции и энергию магнитного поля внутри соленоида при силе тока в нём 6 А.

**2.73.** В катушке без сердечника за 0,01 с ток возрос от 1 А до 2 А, при этом в катушке возникла ЭДС самоиндукции 20 В. Определить индуктивность катушки и изменение энергии магнитного поля катушки.

**2.74.** Силу тока в катушке равномерно увеличивают при помощи реостата на 0,6 А в секунду. Найти среднее значение ЭДС самоиндукции, если индуктивность катушки 5 мГн.

**2.75.** Соленоид с сердечником из немагнитного материала содержит 1200 витков провода, плотно прилегающих друг к другу. При силе тока 4 А магнитный поток сквозь виток катушки равен 6 мкВб. Определить индуктивность соленоида и энергию магнитного поля.

**2.76.** Магнитный поток в соленоиде, содержащем 1000 витков, равен  $0,2 \cdot 10^{-3}$  Вб. Определить энергию магнитного поля соленоида, если сила тока, протекающего по виткам соленоида, 1 А. Сердечник отсутствует. Магнитное поле во всём объёме соленоида считать однородным.

**2.77.** Соленоид имеет длину 0,6 м и сечение  $10^{-3} \text{ м}^2$ . При некоторой силе тока, протекающего по обмотке, в соленоиде создаётся магнитный поток  $0,1 \cdot 10^{-3}$  Вб. Чему равна энергия магнитного поля соленоида? Сердечник выполнен из немагнитного материала, магнитное поле однородно.

**2.78.** Магнитный поток в соленоиде, содержащем 1000 витков, равен  $0,2 \cdot 10^{-3}$  Вб. Определить энергию магнитного поля соленоида, если сила тока, протекающего по виткам соленоида, 1 А. Сердечник отсутствует. Магнитное поле считать однородным.

**2.79.** Соленоид содержит 1000 витков. Сила тока в его обмотке равна 1 А, магнитный поток через поперечное сечение соленоида  $0,1 \cdot 10^{-3}$  Вб. Вычислить энергию магнитного поля.

**2.80.** В соленоиде сечением  $0,05 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$  создан магнитный поток  $2 \cdot 10^{-7}$  Вб. Определить объёмную плотность энергии магнитного поля соленоида. Сердечник отсутствует. Магнитное поле во всём объёме соленоида считать однородным.

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №3

### *Гармонические колебания и волны*

**3.1–3.3.** Система (см. табл. 3.1) совершает механические гармонические колебания с амплитудой  $x_m$  и начальной фазой  $\varphi_0$ . Записать уравнение гармонических колебаний. Для заданного

момента времени  $t$  определить скорость  $v$  и ускорение  $a$  системы, совершающей гармонические колебания, а также её полную энергию  $W$ .

Таблица 3.1 (к задачам 3.1–3.3)

№ задачи	Тип системы	Амплитуда $x_m$ , см	Параметры системы	Начальная фаза $\varphi_0$ , рад	Момент времени $t$ , с
3.1	Математический маятник	2	$\ell = 0,8$ м; $m = 10$ г	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{T}{4}$
3.2	Пружинный маятник	1	$k = 120$ Н/м, $m = 50$ г	0	$\frac{T}{3}$
3.3	Пружинный маятник	0,5	$k = 110$ Н/м, $m = 40$ г	$\frac{3\pi}{4}$	$\frac{2T}{3}$

3.4–3.5. Система (см. табл. 3.2) совершает электромагнитные гармонические колебания с амплитудой  $Q_m$  и начальной фазой  $\varphi_0$ . Записать уравнение гармонических колебаний заряда на обкладках конденсатора. Для заданного момента времени  $t$  определить силу тока  $I$  в катушке и напряжение  $U$  между обкладками конденсатора, а также полную энергию  $W$  системы.

Таблица 3.2 (к задачам 3.4–3.5)

№ задачи	Тип системы	Амплитуда $Q_m$ , мкКл	Параметры системы	Начальная фаза $\varphi_0$ , рад	Момент времени $t$ , с
3.4	Колебательный контур	2	$C = 4$ мкФ, $L = 10$ мГн	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{3T}{4}$
3.5	Колебательный контур	3	$C = 0,15$ мкФ, $L = 6$ мГн	$\frac{2\pi}{3}$	$\frac{T}{4}$

3.6–3.10. В однородной изотропной среде с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  (см. табл. 3.3) и магнитной проницаемостью  $\mu \approx 1$  распространяется плоская электромагнитная волна с амплитудой напряжённости  $E_m$  электрического поля и циклической частотой  $\omega$ . Определить для этой волны фазовую скорость  $v$ , длину волны  $\lambda$ , волновое число  $k$ , амплитуду напряжённости

ности  $H_m$  магнитного поля и максимальное значение объёмной плотности  $w_m$  энергии электромагнитной волны.

Таблица 3.3 (к задачам 3.6–3.10)

№ задачи	$\varepsilon$	$\omega$ , рад/с	$E_m$ , мВ/м
<b>3.6</b>	2	$2\pi \cdot 10^8$	30
<b>3.7</b>	3	$\pi \cdot 10^8$	10
<b>3.8</b>	1	$(\pi/2) \cdot 10^8$	20
<b>3.9</b>	5	$(\pi/4) \cdot 10^8$	1
<b>3.10</b>	7	$(\pi/3) \cdot 10^8$	50

### *Интерференция*

**3.11.** Расстояние между щелями в опыте Юнга равно  $5 \cdot 10^{-4}$  м, длина волны света  $5,5 \cdot 10^{-7}$  м. Определить расстояние от щелей до экрана, если расстояние между соседними тёмными полосами на нём  $10^{-3}$  м.

**3.12.** Расстояние между щелями в опыте Юнга 0,5 мм, длина волны 550 нм. Каково расстояние от щелей до экрана, если расстояние между второй тёмной и пятой светлой полосами на нём равно 3 мм?

**3.13.** Установка для наблюдения колец Ньютона в отражённом свете освещается монохроматическим светом с длиной волны 500 нм, падающим нормально. Пространство между линзой и стеклянной пластинкой заполнено водой. Найти толщину слоя воды между линзой и стеклянной пластинкой в том месте, где наблюдается третье светлое кольцо.

**3.14.** Плосковыпуклая линза выпуклой стороной лежит на стеклянной пластине. Радиус десятого темного кольца Ньютона в отражённом свете для длины волны 589 нм равен 1,25 мм. Свет падает нормально. Определить фокусное расстояние линзы, если она изготовлена из стекла с показателем преломления 1,6.

**3.15.** Определить радиус 4-го тёмного кольца Ньютона, если между линзой радиусом 5 м и плоской поверхностью, к которой она прижата, находится вода. Длина волны света  $5,89 \cdot 10^{-7}$  м.

**3.16.** На пути одного из интерферирующих лучей помещается стеклянная пластина толщиной 12 мкм. Определить, на сколько полос сместится интерференционная картина, если показатель преломления стекла равен 1,5, длина волны света 750 нм и свет падает на пластинку нормально.

**3.17.** Определить все длины волн видимого света (от 380 нм до 760 нм), которые будут максимально ослаблены при оптической разности хода интерферирующих волн, равной 2,5 мкм.

**3.18.** Плоская монохроматическая световая волна падает нормально на диафрагму с двумя узкими щелями, отстоящими друг от друга на расстоянии 2,5 мм. На экране, расположенном за диафрагмой на расстоянии 100 см, образуется система интерференционных полос. На каком расстоянии от её центра находится второй максимум, если длина волны 0,5 мкм?

**3.19.** Как изменится расстояние между соседними интерференционными полосами на экране в опыте Юнга, если зелёный светофильтр ( $\lambda_1 = 0,5$  мкм) заменить красным ( $\lambda_2 = 0,65$  мкм)?

**3.20.** Расстояние между двумя когерентными источниками света равно 0,1 мм. Расстояние между интерференционными полосами на экране в средней части интерференционной картины равно 1 см. Определите расстояние от источников до экрана, если длина волны 0,5 мкм.

### *Дифракция*

**3.21.** Свет от монохроматического источника с длиной волны  $5 \cdot 10^{-7}$  м падает нормально на диафрагму с круглым отверстием диаметром 6 мм. На расстоянии 3 м от диафрагмы находится экран. Тёмным или светлым будет центр дифракционной картины на экране?

**3.22.** Монохроматический свет с длиной волны 540 нм падает параллельным пучком на круглое отверстие нормально к плоскости отверстия. На каком расстоянии от отверстия должна нахо-



даться точка наблюдения, чтобы в отверстии помещалась одна зона Френеля? Диаметр отверстия 1 см.

**3.23.** Найдите наименьший радиус круглого отверстия в диафрагме, чтобы при освещении его плоской монохроматической волной в центре дифракционной картины на экране наблюдалось тёмное пятно. Известно, что радиус третьей зоны Френеля при таком расположении диафрагмы и экрана равен 2 мм.

**3.24.** Точечный источник света с длиной волны 500 нм помещён на расстоянии 50 см перед непрозрачной преградой с круглым отверстием радиусом 0,5 мм. Определите расстояние от преграды до точки, для которой отверстие открывает только 5 полных зон Френеля.

**3.25.** На щель шириной  $6\lambda$  падает нормально параллельный пучок монохроматического света. Под каким углом будет наблюдаться третий дифракционный минимум?

**3.26.** Дифракционная решётка шириной 12 мм содержит 4800 штрихов. Определить число максимумов, наблюдаемых в спектре дифракционной решётки для длины волны  $5,6 \cdot 10^{-7}$  м и угол, соответствующий последнему дифракционному максимуму.

**3.27.** Две дифракционные решётки имеют одинаковую ширину 3 мм, но разные периоды 3 мкм и 6 мкм. Определить их наибольшую разрешающую способность для длины волны 589,6 нм.

**3.28.** Под углом  $30^\circ$  наблюдается четвёртый максимум для красной линии с длиной волны 644 нм. Определить период дифракционной решётки и её ширину, если в этом порядке спектра наименьший разрешаемый решёткой интервал длин волн составляет 0,322 нм.

**3.29.** Сколько штрихов на 1 мм должна иметь дифракционная решётка, чтобы углу  $90^\circ$  соответствовал максимум пятого порядка для длины волны  $5 \cdot 10^{-7}$  м?

**3.30.** Какую постоянную должна иметь дифракционная решётка шириной 2,5 см для того, чтобы она могла разрешить в спектре первого порядка две спектральные линии с разностью длин волн 55 пм? Длина волны света 0,55 мкм.

## *Поляризация*

**3.31.** Определить скорость света в алмазе, если угол полной поляризации света при отражении от поверхности алмаза равен  $67^{\circ}30'$ .

**3.32.** Предельный угол полного внутреннего отражения для некоторой жидкости равен  $49^{\circ}$ . Определить угол полной поляризации.

**3.33.** Один поляроид пропускает 30 % света, если на него падает естественный свет. После прохождения света через 2 поляроида интенсивность падает до 9 %. Найти угол между осями поляроидов.

**3.34.** Луч света последовательно проходит через 2 николя, плоскости пропускания которых образуют угол  $40^{\circ}$ . Принимая, что коэффициент поглощения каждого николя равен 0,2, найти, во сколько раз свет, выходящий из второго николя, ослаблен по сравнению со светом, падающим на первый николь. Свет естественный.

**3.35.** Угол между плоскостями пропускания поляроидов равен  $60^{\circ}$ . Естественный свет, проходя через такую систему, ослабляется в 16 раз. Пренебрегая потерей света при отражении, определить коэффициент поглощения света в поляроидах.

**3.36.** Угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора равен  $45^{\circ}$ . Во сколько раз уменьшится интенсивность света, выходящего из анализатора, если угол увеличить до  $60^{\circ}$ ?

**3.37.** Чему равен угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора, если интенсивность естественного света, прошедшего через поляризатор и анализатор, уменьшилась в 4 раза? Поглощением пренебречь.

**3.38.** Интенсивность поляризованного света, прошедшего через поляроид, уменьшилась в два раза. После того, как перед поляроидом установили пластинку оптически активного кристалла толщиной  $5 \cdot 10^{-2}$  м, интенсивность света, вышедшего из поляроида, уменьшилась в 4 раза по сравнению с начальной. Определить постоянную вращения кристалла.

**3.39.** Концентрация раствора сахара, налитого в стеклянную трубку, равна  $300 \text{ кг/м}^3$ . Раствор поворачивает плоскость поляризации на  $25^\circ$ . Определить концентрацию раствора в другой такой же трубке, если он поворачивает плоскость поляризации на  $20^\circ$ .

**3.40.** При прохождении поляризованного света через пластинку кварца его плоскость колебаний поворачивается на  $22,5^\circ$  на каждом миллиметре толщины. Какой наименьшей толщины кварцевую пластину необходимо поместить между двумя параллельными поляризаторами, чтобы естественный свет не прошёл через эту систему?

### ***Квантовая оптика***

**3.41.** Приняв температуру Солнца равной  $6000 \text{ К}$ , определить: а) мощность, излучаемую с  $1 \text{ м}^2$  его поверхности, б) длину волны, соответствующую максимуму спектральной плотности энергетической светимости, в) максимальную спектральную плотность энергетической светимости. Принять Солнце за абсолютно чёрное тело.

**3.42.** Определить поглощательную способность серого тела, температура которого равна  $1400 \text{ К}$ , если тело нагревается током силой  $1 \text{ А}$ , падение напряжения на клеммах, соединённых с телом,  $200 \text{ В}$ , а площадь поверхности тела  $1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ .

**3.43.** Поток излучения абсолютно чёрного тела  $104 \text{ Вт}$ , максимум спектральной плотности энергетической светимости приходится на длину волны  $10^{-6} \text{ м}$ . Определить площадь излучающей поверхности.

**3.44.** Температура абсолютно чёрного тела увеличилась в 2 раза, в результате чего длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, уменьшилась на  $6 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ . Определить начальную и конечную температуру тела.

**3.45.** Найти длину волны света, которым освещается поверхность металла, если фотоэффект исчезает при задерживающей разности потенциалов  $0,3 \text{ В}$ , а работа выхода электрона из металла  $7,5 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ .

**3.46.** Калий с работой выхода  $3,2 \cdot 10^{-19}$  Дж освещается монохроматическим светом с длиной волны 509 нм. Определить максимально возможную кинетическую энергию фотоэлектронов. Сравнить её со средней энергией теплового движения электронов при температуре 290 К.

**3.47.** На поверхность никеля падает монохроматический свет, длина волны которого равна 200 нм. Красная граница фотоэффекта для никеля 248 нм. Определить энергию падающих фотонов, работу выхода электронов, кинетическую энергию электронов и их скорость.

**3.48.** Фотон с длиной волны 10 пм в результате эффекта Комптона был рассеян на электроне на угол  $120^\circ$ . Определить длину волны и импульс рассеянного фотона.

**3.49.** При рассеянии фотона на покоящемся электроне длина волны фотона, рассеянного под углом  $90^\circ$ , изменилась вдвое. Определить импульс и кинетическую энергию электрона отдачи.

**3.50.** Фотон с энергией 0,3 МэВ рассеялся под углом  $180^\circ$  на свободном электроне. Определить долю энергии фотона, приходящуюся на рассеянный фотон.

### ***Квантовая механика***

**3.51.** Определить длину волны де Бройля для электрона, находящегося на второй орбите в атоме водорода.

**3.52.** При каком значении кинетической энергии дебройлевская длина волны электрона равна его комптоновской длине волны?

**3.53.** Определить длины волн де Бройля  $\alpha$ -частицы и протона, прошедших одинаковую ускоряющую разность потенциалов 1 кВ.

**3.54.** Заряженная частица, ускоренная разностью потенциалов 200 В, имеет длину волны де Бройля 2,02 пм. Найти массу частицы, если её заряд равен заряду электрона.

**3.55.** Оценить с помощью соотношения неопределённостей неопределённость скорости электрона в атоме водорода, полагая размер атома 0,1 нм. Сравнить полученную величину со скоростью электрона на первой боровской орбите.

**3.56.** Оценить с помощью соотношения неопределённостей минимальную кинетическую энергию электрона, локализованного в области размером 0,2 нм.

**3.57.** Электрон с кинетической энергией 4 эВ локализован в области, размер которой 1 мкм. Оценить с помощью соотношения неопределённостей относительную неопределённость его скорости.

**3.58.** Электрон находится в прямоугольном одномерном потенциальном ящике с бесконечно высокими стенками шириной 0,2 нм, энергия электрона 37,8 эВ. Определить номер  $n$  энергетического уровня и модуль  $k$  волнового вектора.

**3.59.** Частица находится в прямоугольном одномерном потенциальном ящике с бесконечно высокими стенками в основном состоянии. Какова вероятность обнаружения частицы: а) в средней трети ящика; б) в крайней трети ящика?

**3.60.** Среднее время жизни атома в возбуждённом состоянии составляет  $10^{-8}$  с. При переходе в основное состояние испускается фотон, средняя длина волны которого равна 600 нм. Оценить естественную ширину  $\Delta\lambda$  излучаемой спектральной линии, если не происходит её уширения за счёт других процессов.

### *Атомная физика*

**3.61.** Вычислить, пользуясь теорией Бора, угловую скорость электрона, находящегося на первой стационарной орбите однократно ионизированного атома гелия.

**3.62.** Атомарный водород, возбуждённый монохроматическим светом, при переходе в основное состояние испускает только три спектральные линии. Определить длины волн этих линий и указать, каким сериям они принадлежат.

**3.63.** При переходе электрона с некоторой орбиты на вторую атом водорода испускает свет с длиной волны  $4,34 \cdot 10^{-7}$  м. Найти номер неизвестной орбиты.

**3.64.** Атом водорода в основном состоянии поглотил квант света с длиной волны 121,5 нм. Определить радиус электронной орбиты возбуждённого атома водорода.

**3.65.** Электрон в невозбуждённом атоме водорода получил энергию 12,1 эВ. На какой энергетический уровень он перешёл?

Сколько и каких линий спектра могут излучаться при переходе электрона на более низкие энергетические уровни?

**3.66.** Определить потенциал ионизация и первый потенциал возбуждения для иона гелия  $\text{He}^+$ .

**3.67.** Определить энергию фотона, соответствующего  $L_{\beta}$ -линии в спектре характеристических рентгеновских лучей. Антикатоде изготовлен из марганца ( $^{25}\text{Mn}$ ). Постоянную экранирования считать равной 1.

**3.68.** Коротковолновая граница сплошного рентгеновского спектра 0,5 нм. Будут ли при этом наблюдаться в спектре  $K$ -линии характеристического излучения алюминия ( $^{13}\text{Al}$ )?

**3.69.** Разность длин волн между  $K_{\alpha}$ -линией никеля ( $^{28}\text{Ni}$ ) и коротковолновой границей сплошного рентгеновского спектра равна 0,084 нм. Определить напряжение на рентгеновской трубке с никелевым антикатодом. Постоянная экранирования равна 1.

**3.70.** При переходе электрона в атоме с  $L$  на  $K$ -слой испускаются рентгеновские лучи с длиной волны 78,8 пм. Какой это атом? Для  $K$ -линии постоянная экранирования равна 1.

### ***Ядерная физика***

**3.71.** Найти дефект массы, энергию связи и удельную энергию связи ядра изотопа углерода.

**3.72.** Какая энергия выделится в результате протекания реакции  $^9_4\text{Be} + ^3_2\text{He} \rightarrow ^{11}_6\text{B} + ^1_0n$ , если подвергнуть превращению все ядра, находящиеся в одном грамме бериллия?

**3.73.** Первоначальная масса урана равна 1 г. Найти начальную активность и активность через 1 миллион лет. Период полураспада  $4,5 \cdot 10^9$  лет.

**3.74.** Радиоактивный натрий  $^{27}_{11}\text{Na}$  распадается, выбрасывая электроны. Период полураспада натрия 14,8 часа. Вычислить количество атомов, распавшихся в 1 мг данного радиоактивного препарата за 10 часов.

**3.75.** Сколько процентов от начального количества радиоактивного химического элемента распадается за время, равное средней продолжительности жизни ядер этого элемента?

**3.76.** В результате захвата  $\alpha$ -частицы ядром изотопа азота образуются неизвестный элемент и протон. Написать реакцию, определить неизвестный элемент и найти энергетический эффект реакции.

**3.77.** В результате захвата нейтрона ядром изотопа азота образуются неизвестный элемент и  $\alpha$ -частица. Написать реакцию и определить неизвестный элемент.

**3.78.** Сколько энергии выделится при образовании одного грамма изотопа гелия  ${}^4_2\text{He}$  из протонов и нейтронов?

**3.79.** При бомбардировке  $\alpha$ -частицами изотопа алюминия  ${}^{27}_{13}\text{Al}$  получается радиоактивный изотоп фосфора, который затем распадается с испусканием позитронов. Написать уравнения обеих реакций.

**3.80.** Атомный ледокол имеет мощность 32 МВт и потребляет в сутки 200 г урана. Определить коэффициент полезного действия реактора ледокола.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### 1. Универсальные физические постоянные

Название	Обозначение	Численное значение
Ускорение свободного падения	$g$	$9,81 \text{ м/с}^2$
Гравитационная постоянная	$G$	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$
Газовая постоянная	$R$	$8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$
Постоянная Авогадро	$N_A$	$6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Постоянная Больцмана	$k$	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Элементарный заряд	$e$	$1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Масса покоя электрона	$m_e$	$9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Масса покоя нейтрона	$m_n$	$1,68 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса покоя $\alpha$ -частицы	$m_a$	$6,64 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса покоя протона	$m_p$	$1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Электрическая постоянная	$\epsilon_0$	$8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$

Магнитная постоянная	$\mu_0$	$12,56 \cdot 10^{-7}$ Гн/м
Постоянная Планка	$h$	$6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
Постоянная Планка (с чертой)	$\hbar = h / 2\pi$	$1,05 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
Постоянная Стефана – Больцмана	$\sigma$	$5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К <sup>4</sup> )
Постоянная закона смещения Вина	$b$	$2,90 \cdot 10^{-3}$ м·К
Постоянная Вина	$C$	$1,30 \cdot 10^{-5}$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К <sup>5</sup> )
Постоянная Ридберга	$R$	$3,29 \cdot 10^{15}$ с <sup>-1</sup>
Радиус первой боровской орбиты	$a_0$	$5,29 \cdot 10^{-11}$ м
Энергия ионизации атома водорода	$W_i$	$2,16 \cdot 10^{-18}$ Дж
Комптоновская длина волны электрона	$\lambda_c$	$2,43 \cdot 10^{-12}$ м
Атомная единица массы	а.е.м.	$1,66 \cdot 10^{-27}$ кг
Электрон-вольт	эВ	$1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж

## 2. Эффективный диаметр молекулы газов

Газ	Диаметр $d \cdot 10^{10}$ , м
Азот	3,8
Водород	2,8
Кислород	3,6

## 3. Период полураспада радиоактивных изотопов

Изотоп	Символ изотопа	Тип распада	Период полураспада
Магний	$^{27}_{12}\text{Mg}$	$\beta^-$	10 мин
Фосфор	$^{32}_{15}\text{P}$	$\beta^-$	14,3 сут
Кобальт	$^{60}_{27}\text{Co}$	$\beta^-, \gamma$	5,3 года
Йод	$^{131}_{53}\text{I}$	$\beta^-, \gamma$	8 сут
Иридий	$^{192}_{77}\text{Ir}$	$\beta^-, \gamma$	75 сут



## СОСТАВИТЕЛИ

Татьяна Александровна Балашова  
Таисия Васильевна Лавряшина

## ФИЗИКА

Контрольные работы для студентов направления  
подготовки 240100.62 «Химическая технология»  
заочной формы обучения

Печатается в авторской редакции

Рецензент В. В. Дырдин

Подписано в печать 28.12.2012. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе. Уч.-изд. л. 2,2.

Тираж 60 экз. Заказ

КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28.

Типография КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а.