



**Некоммерческое  
акционерное  
общество**

**АЛМАТИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ЭНЕРГЕТИКИ И  
СВЯЗИ**

Кафедра физики

## **ФИЗИКА 2**

Методические указания по выполнению расчетно-графических работ для студентов специальности 5В074600 – Космическая техника и технологии

Алматы 2016

СОСТАВИТЕЛИ: А.С. Калшабеков, С.А. Биназаров, Г.А. Мамырбаева.  
Физика 2. Методические указания по выполнению расчетно-графических работ для студентов специальности 5В074600 – Космическая техника и технологии. – Алматы: АУЭС, 2016. – 26 с.

Методические указания включают расчетно-графические задания (РГР), методические рекомендации и требования к оформлению и содержанию РГР, список необходимой литературы.

Ил.42 , табл. 3, библиограф. – 8 назв.

Рецензент: канд. хим. наук., профессор Аршидинов М.М.

Печатается по плану издания некоммерческого акционерного общества «Алматинский университет энергетики и связи» на 2016 год.

© НАО «Алматинский университет энергетики и связи», 2016 г.

## Введение

Задачи курса «Физика 2» в техническом вузе вытекают из следующих положений:

а) как общеобразовательная дисциплина физика 2 формирует научное мировоззрение и общую культуру;

б) как фундаментальная наука физика 2 формирует общетеоретическую основу для изучения общеинженерных и специальных дисциплин, а также изучение физики позволяет увидеть, как связаны между собой различные отрасли науки и техники;

в) как учебная дисциплина физика 2 способствует развитию интеллектуальной культуры будущего специалиста, поскольку занятие физикой развивает способности субъекта создавать идеальные модели природных процессов и объектов, извлекать частные выводы из общего, синтезировать общее из частного, применять математические методы, использовать аналогии, гибко перестраивать свое мышление к восприятию принципиально новых подходов.

В курсе «Физика 2» изучаются разделы физики: «Уравнения Максвелла», «Физика колебаний и волн», «Квантовая физика и физика атома».

Весь курс «Физика 2» состоит из трех модулей, по каждому из которых студенты выполняют расчетно – графические работы (РГР) по трем уровням сложности (А, В и С – по выбору). Номер варианта задания РГР выбирается студентом очной формы обучения самостоятельно и утверждается преподавателем, ведущим практическое занятие в группе.

### 1 Рекомендации к освоению дисциплины «Физика 2»

Изучение дисциплины «Физика 2», являющейся продолжением курса «Физика 1», предполагает усвоение основных понятий, законов и принципов современной физики и их важнейших следствий.

Здесь рассматривается последний раздел классической физики «Уравнения Максвелла», который включает явление и закон электромагнитной индукции, роль этого явления в развитии теории электромагнитного поля Максвелла, его чрезвычайно широкое практическое применение в технике и быту, особое внимание необходимо обратить при этом на физический смысл уравнений Максвелла.

В следующем разделе «Физика колебаний и волн» следует учесть, что колебания различной физической природы описываются одинаковыми дифференциальными уравнениями, необходимо знать решения этих уравнений, характеристики и основные свойства незатухающих, затухающих и вынужденных гармонических колебаний, усвоить метод векторных диаграмм для решения задач.

Далее в разделе « Квантовая физика и физика атома» следует понять роль теплового излучения в развитии квантовых представлений о природе излучения (гипотеза Планка), основные закономерности теплового излучения, эффекта Комптона, внешнего фотоэффекта, корпускулярно-волновой дуализм электромагнитного излучения и вещества как универсального закона природы.

## **2 Общие требования к выполнению и оформлению расчетно-графических работ**

Каждую расчетно-графическую работу выполняют в отдельной тетради или набирают на компьютере на листах формата А4. На обложке или титульном листе указывают дисциплину и номер работы, вариант, кем работа выполнена, кто её проверил, дату сдачи на проверку. Работу выполняют аккуратно, рисунки – делают карандашом при помощи линейки.

Условие задачи переписывают полностью, без сокращений. Затем его записывают с помощью общепринятых символических обозначений в краткой форме под заглавием «Дано». Заданные числовые значения переводят в единицы СИ. Решение каждой задачи необходимо сопроводить пояснениями, раскрывающими смысл и значение используемых обозначений, указывающими физические законы и принципы, положенные в основу решения. Для замечаний преподавателя на странице оставляются поля. Следующую задачу следует начинать на новой странице.

В конце работы необходимо указать, каким учебником или учебным пособием студент пользовался при изучении физики.

Сроки сдачи РГР указаны в графике учебного процесса.

### **Образец заполнения титульного листа**

РГР №1, М 1 по дисциплине «Физика 2»  
студента группы КТТ – 15 –5 Сүлейменова А.М.  
Вариант А 9.

### 3 Расчетно-графическая работа № 1. Уравнения Максвелла. Явление электромагнитной индукции

Цель расчетно-графической работы № 1: усвоение основных понятий и законов электроремagnetизма и овладение методами их применения к решению обобщенных типовых задач, связанных с расчетами характеристик электрического и магнитного полей, их действия на заряженные тела и токи, взаимосвязи между ними.

Таблица 3.1 – Варианты заданий

Уровень	Вариант	А.Г. Чертов, А.А. Воробьев Задачник по физике. -М., 2006	В.С. Волькенштейн. Сборник задач по общему курсу физики. -М., 2003	Физика. Задания к практическим занятиям (в электронном варианте)	Приложение А
А	1	25-8;	11.48;	18.1;	1, 16
	2	25-30; 25-18	11.85;		2, 10
	3	25-5;	11.88;	18.2;	3, 11
	4	25-3; 25-7; 26-3;			4, 9
	5	25-7; 25-17;	11.89;		5, 15
	6	25-8; 25-19;		18.41;	6, 29
	7	25-7; 25-22;	11.92;		7, 13
	8	25-13; 26-14;	11.93;		8 (а), 22
	9	25-12; 25-25;	11.95;		12, 17
	10	25-37; 26-2;	11.96;		14, 37
	11	26-13; 25-47;	11.97;		20, 38
В	12	25-14; 26-10;		18.23;	23, 18
	13	25-37; 26-12;		18.22;	24, 19
	14	25-10; 25-38;		18.26;	30, 44
	15	25-16; 25-42;	11.106;		35(а), 25
	16	25-20; 25-43;	11.107;		36(а), 40
	17	25-22; 25-44;	11.108;		39, 33
	18	25-23; 25-45;		18.43;	27, 41
	19	25-33; 25-6;		18.46;	43, 31
	20	24-2; 25-15;		18.45;	42, 46 (б)
С	21	25-41; 25-46;		18.47;	44, 35 (б)

22	25-18; 25-39;		18.48;	36 (б), 45
23	25-20; 25-41;	11.116;		6 (б), 21

Пример. Тонкий металлический стержень длины  $\ell$  вращается с частотой  $\nu$  в однородном магнитном поле индукцией  $B$  вокруг оси, перпендикулярной стержню и проходящей через один из его концов. Определить разность потенциалов  $U$ , возникающую между концами стержня.

Дано: Решение.

$\ell, \nu, B$

$U = ?$

Поскольку величина  $U$  определяется как работа сил

электрического поля по перемещению единичного заряда, то необходимо сначала уяснить, как в заданной физической

ситуации возникает электрическое поле и, затем, определить его напряженность  $E$ . Для этого рассмотрим свободные электроны в металлическом стержне. Из-за вращения стержня в магнитном поле на свободные электроны действует сила Лоренца, которая зависит от скорости их движения. На рисунке 1 стержень вращается против часовой стрелки вокруг оси, проходящей через его левый конец (точка  $O$ ), вектор магнитной индукции  $B$  направлен перпендикулярно плоскости рисунка «от нас» (отмечено крестиками). Магнитная сила, действующая на электрон, находящийся на расстоянии  $r$  от точки  $O$ , равна:

$$F_L = qvB \sin \alpha, \quad (3.1)$$

где скорость  $v$  электрона, обусловленная его движением вместе со стержнем, равна:

$$v = \omega r = 2\pi \nu r. \quad (3.2)$$

Под действием силы Лоренца электроны станут перемещаться в стержне, при этом произойдет перераспределение заряда и возникнет электрическое поле, которое действует на электроны силой  $F_e$ , направленной противоположно силе  $F_L$ . Равновесное распределение заряда установится при равенстве этих сил  $F_L = F_e$ , при этом напряженность электрического поля в стержне зависит от расстояния  $r$  до точки  $O$ :

$$E = vB = 2\pi \nu r B. \quad (3.3)$$

Разность потенциалов между концами стержня определим, используя соотношение:

$$U = \int_1^2 E dr = \int_0^{\ell} 2\pi \nu r B dr = \pi \nu B \ell^2. \quad (3.4)$$

Таким образом, искомая разность потенциалов равна:  $U = \pi \nu B \ell^2$ .

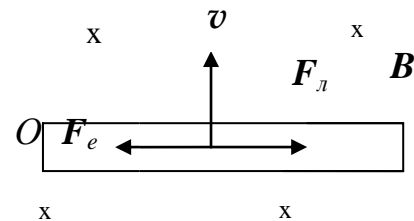


Рисунок 1

#### 4 Расчетно-графическая работа № 2. Физика колебаний и волн

Цель расчетно-графической работы № 2: усвоение основных понятий и законов физики колебаний и волн; овладение методами их применения к решению обобщенных типовых задач, связанных с расчетами параметров колебательных систем и характеристик волновых процессов.

Таблица 4.1 – Варианты заданий

Ур ов ен ь	Вар иан т	А.Г. Чертов, А.А. Воробьев. Задачник по физике, 2006	Физика. Задания к практическим занятиям (в электронном варианте)	В.С. Волькенштейн. Сборник задач по общему курсу физики. -М., 2003	Прил ожен ие Б
А	1	6-2; 6-16; 6-56;	19-5;		1
	2	6-3(1); 6-17; 6-57;	19-24;		2
	3	6-3(2); 6-58; 6-30;	19-10;		3
	4	6-3(3);	19-13; 19-22; 19-35;		4
	5	6-3(4); 6-20(1); 6-59;	19-24		5
	6	6-20(2);	19-10; 19-13; 19-25;		6
	7	6-4(2); 6-22; 6-56;	19-6;		7
	8	6-23; 6-57;	19-5; 19-41		8
	9	6-4(4); 6-31;	19-26; 19-42;		9
	10	6-6(1); 6-24(4);	19-9;	14-1;	10
	11	6-24(6)	19-14; 19-37;	14-11;	11
В	12	6-7; 6-24(8); 6-65;	19-15;		12
	13	6-25; 6-27; 7-4;		14-14;	13
	14	6-9; 6-27; 7-9;		14-2;	14
	15	6-10; 6-28; 6-60	19-41;		15
	16	6-11; 6-29(1); 7-7;	19-21;-		16
	17	6-12; 6-29(2); 7-11;	19-12;		17
	18	6-13; 6-29(3); 6-62;	19-26;		18
	19	6-29(4); 6-63;	19-28;-19-40;		19
	20	6-30; 6-61;	19-43;	14-4;	20
	С	21	6-62;	7-13; 7-19; 7-28;	
22		6-63;	7-14; 7-12; 7-29;		22
23		6-69; 7-8;	7-15; 7-21;		23

Пример. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $C=2,0 \cdot 10^{-8}$  Ф и катушки индуктивностью  $L=5,0 \cdot 10^{-5}$  Гн. Начальное напряжение на обкладках конденсатора  $U_0=120$  В. Определить максимальное напряжение  $U_m$  и начальную фазу  $\varphi$  колебаний напряжения на конденсаторе, если в начальный момент времени ( $t=0$ ) энергия конденсатора  $W_э$  равна магнитной энергии  $W_m$  катушки. Сопротивлением контура можно пренебречь.

Дано:

$$C=2,0 \cdot 10^{-8} \text{ Ф,}$$

$$L=5,0 \cdot 10^{-5} \text{ Гн,}$$

$$U_0=120 \text{ В,}$$

$$W_э = W_m.$$

$$U_m=? \quad \varphi=?$$

Решение.

Рассмотрим свободные гармонические колебания в электрическом колебательном контуре, состоящем из конденсатора емкости  $C$ , катушки индуктивности  $L$  и сопротивления  $R$  (рисунок 2). При замыкании на катушку предварительно заряженного конденсатора в колебательном контуре возникают свободные колебания заряда  $q$  на конденсаторе и силы тока в катушке  $i$ .

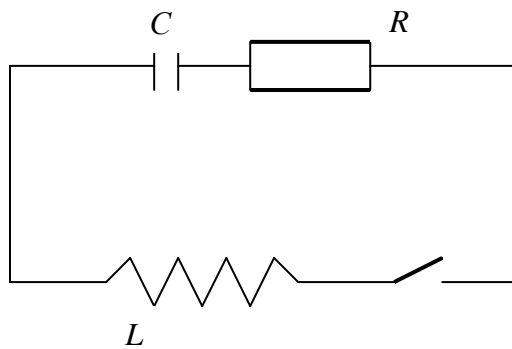


Рисунок 2

Согласно обобщенному закону

Ома для неоднородного участка

$$iR = -\frac{q}{C} - L\frac{di}{dt}. \quad (4.1)$$

Так как по определению силы тока

$$i = \frac{dq}{dt}, \text{ то уравнение (4.1) примет вид}$$

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{R}{L}\frac{dq}{dt} + \frac{q}{LC} = 0; \quad (4.2)$$

в случае идеального контура сопротивление  $R=0$  получим:

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q}{LC} = 0. \quad (4.3)$$

Решение дифференциального уравнения (4.3) имеет вид

$$q(t) = q_m \cos(\omega t + \varphi), \quad (4.4)$$

где  $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$  - частота собственных колебаний в контуре.

Энергия контура в любой момент времени складывается из электрической энергии заряженного конденсатора и магнитной энергии катушки индуктивности при протекании тока:

$$W = W_e + W_p = \frac{CU^2}{2} + \frac{Li^2}{2}.$$

По условию задачи

$$\frac{CU_0^2}{2} = \frac{Li_0^2}{2},$$

где  $i_0$  - значение силы тока в начальный момент времени ( $t=0$ ), равное

$$i_0 = U_0 \sqrt{\frac{C}{L}}.$$



Поскольку значение силы тока в произвольный момент времени равно

$$i(t) = \frac{dq}{dt} = -\omega q_m \sin(\omega t + \varphi),$$

то

$$i_0 = i(0) = -\omega q_m \sin \varphi.$$

Следовательно,

$$\frac{CU_m^2}{2} = 2 \frac{CU_0^2}{2} = 2 \frac{L\omega^2 q_m^2 \sin^2 \varphi}{2},$$

откуда, во-первых,  $U_m = U_0 \sqrt{2}$ ,

а во-вторых,  $CU_m^2 = 2L \cdot \frac{1}{LC} \cdot C^2 U_m^2 \sin^2 \varphi$ .

Следовательно,  $2 \sin^2 \varphi = 1$  и  $\sin \varphi = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$ .

Таким образом, начальная фаза  $\varphi = \frac{\pi}{4}$ .

Ответ:  $U_m = U_0 \sqrt{2}$ ,  $\varphi = \frac{\pi}{4}$ .

### 5 Расчетно-графическая работа № 3. Квантовая физика и физика атома

Цель расчетно-графической работы № 3: формирование представлений об основных понятиях и законах физики микромира, а так же интенсивное изучение и овладение законами и теориями физики, которое сопровождается умением формулировать эти законы и применять их в конкретных случаях при решении задач.

Таблица 5.1 – Варианты заданий

Ур ов ен ь	Ва ри ан т	А.Г. Чертов, А.А. Воробьёв. Задачник по физике, 2006	Физика. Задания к практическим занятиям (в электронном варианте)	В.С. Волькенштейн. Сборник задач по общему курсу физики. -М., 2003	Прил ожен ие В
А	1	34-1; 34-15; 35-2;	23-1; 24-1;		1
	2	34-2; 34-16;	24-2;	19-1;	2
	3	34-3; 35-4;			3
	4	34-4; 34-14;	24-3;	19-6;	4
	5	34-5; 34-17;	24-4;	19-18;	5
	6	34-6; 34-18;	24-5;	19-5;	6
	7	34-9; 34-20;	24-9;	19-7;	7
	8	34-8; 34-19;	24-6;	19-6;	8
	9	34-10; 34-21;	24-11;	19-17;	9
	10	34-11; 34-22;	24-12;	19-18;	10

В	11	34-13; 35-1;	24-14;	19-19;	11
	12	34-12; 35-3;	24-15;	19-2;	12
	13	35-6; 37-4;	24-16;	19-3;	13
	14	35-5; 37-5;	23-2;	19-4;	14
	15	35-7; 37-6;	23-4;	19-9;	15
	16	35-8; 37-7;	23-3;	19-12;	16
	17	35-10; 37-8;	23-5;	19-13;	17
	18	35-9; 37-9;	23-6;	19-16;	18
	19	36-7; 37-10;	23-7;	19-21;	19
	20	36-8;	23-8; 23-39;	19-27;	20
С	21	36-9; 37-11;	23-10;	19-28;	21
	22	36-10;	23-9; 23-41;	19-30;	22
	23	34-23;	23-11; 23-42;	19-8;	23

Пример. Считая никель абсолютно черным телом, определите мощность, необходимую для поддержания температуры расплавленного никеля 1453 °С неизменной, если площадь его поверхности равна 0,5 см<sup>2</sup>. Потерями энергии пренебречь.

Дано:

$$t = 1453 \text{ } ^\circ\text{C}; T = 1726 \text{ K.}$$

$$S = 0,5 \text{ cm}^2 = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2.$$

N - ?

*Решение.* Мощность N, необходимая для поддержания температуры расплавленного никеля 1453 °С неизменной, равна, по определению, потоку энергии Φ, излучаемому расплавленным никелем при данной температуре, если принять его за абсолютно черное тело (АЧТ), т.е.  $N = \Phi$ . Поток энергии излучения нагретого АЧТ равен произведению излучательности тела  $R_e$  на площадь S его поверхности:  $N = R_e \cdot S$ .

Подставив выражение для излучательности (энергетической светимости) АЧТ согласно закону Стефана Больцмана в виде

$$R_e = \sigma \cdot T^4,$$

где  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$  – постоянная Стефана – Больцмана; T – термодинамическая температура, получим окончательное выражение для мощности:

$$N = \sigma \cdot T^4 \cdot S.$$

Подставим числовые значения и получим ответ:

$$N = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot 1726^4 \cdot 0,5 = 25,2 \text{ (Вт)}.$$

## Приложение А

А.1 Можно ли утверждать, что в проводящем замкнутом контуре всегда возникает индукционный ток, если: а) контур перемещается в магнитном поле, пересекая линии индукции; б) изменяется поток магнитной индукции, сцепленный с контуром?

А.2 Вблизи полюса электромагнита висит проводящее кольцо (рисунок А.1). Магнитный поток, пронизывающий кольцо, изменяется согласно графику на рисунке А.2. В какие интервалы времени кольцо притягивается к электромагниту?

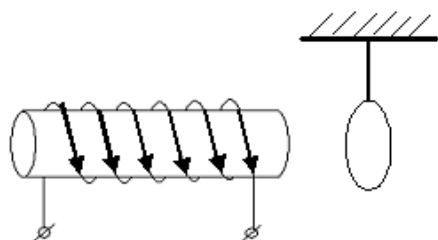


Рисунок А.1

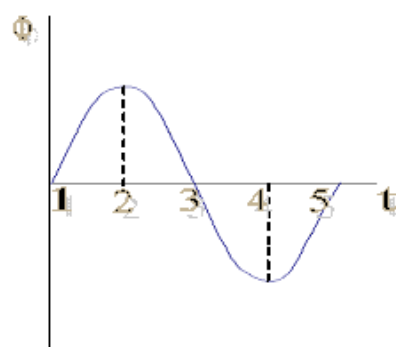


Рисунок А. 2

А.3 Плоская проводящая рамка вращается в однородном магнитном поле. Индуцируется ли в рамке ЭДС, если ось вращения: а) параллельна; б) перпендикулярна линиям индукции?

А.4 В однородном равномерно возрастающем магнитном поле находится проволочный каркас (рисунок А.3). Как изменится тепловая мощность, выделяющаяся в каркасе, если замкнуть ключ К?

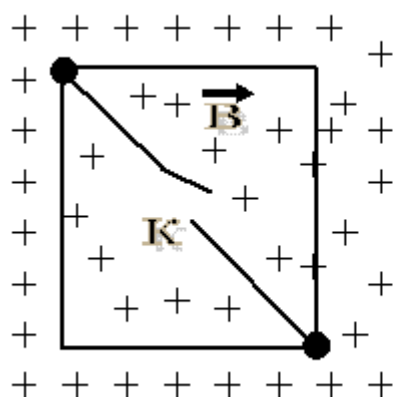


Рисунок А.3

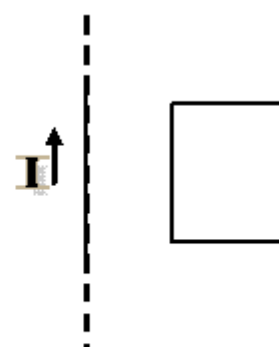


Рисунок А.4

А.5 На тороидальный железный сердечник надеты катушка и проводящее кольцо. Индуцируется ли ток в кольце, если: а) по обмотке катушки течет постоянный ток, кольцо перемещается вдоль сердечника; б) по

обмотке катушки течет переменный ток, кольцо неподвижно? Магнитное поле катушки считать сосредоточенным в сердечнике.

А.6 Проводящий контур вынимают из межполюсного пространства электромагнита. Зависит ли от времени перемещения контура: а) количество выделившейся в контуре теплоты; б) заряд, протекший по контуру?

А.7 Проводящая рамка (рисунок А.4) перемещается в поле бесконечного прямолинейного проводника с током: а) параллельна проводнику; б) вращаясь вокруг проводника таким образом, что проводник все время остается в плоскости рамки на неизменном расстоянии от нее. Индуцируется ли ток в рамке в обоих случаях?

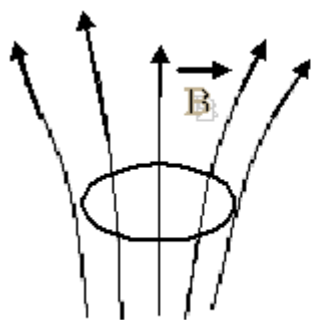
А.8 Две одинаковые проводящие квадратные рамки расположены параллельно. Как изменится их взаимная индуктивность, если: а) одну из рамок деформировать в прямоугольник того же периметра; б) повернуть на угол  $60^\circ$ ? Положение центра и направление одной из средних линий контура, подвергающегося изменениям, сохраняются.

А.9 В плоскости прямолинейного проводника с током расположена проводящая рамка (рисунок А.4). Ток в проводнике изменяется по закону  $I \sim t^2$ , при этом сила, действующая на рамку,  $F \sim t^k$ . Найти значение  $k$ . Поле тока самоиндукции пренебречь.

А.10 Как изменится сила, действующая на рамку, в задаче 9, если учесть поле тока самоиндукции в рамке?

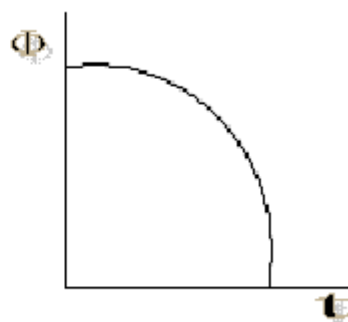
А.11 Определить направление силы, действующей на проводящую рамку (рисунок А.4), если ток в проводе: а) возрастает; б) убывает.

А.12 Проводящее кольцо (рисунок А.5,а) пронизывает магнитный поток, изменяющийся согласно графику (рисунок А.5,б). Указать направление индукционного тока в кольце и определить, как изменяется ток.



а)

Рисунок А.5



б)

Рисунок А.5

А.13 Как изменится взаимная индуктивность двух контуров, находящихся в парамагнитной среде, если среду охладить?

А.14 Магнитный поток, пронизывающий проводящее кольцо (рисунок А.5,а), изменяется согласно графику на рисунке А.6. Обращается ли ЭДС индукции в кольце в нуль в интервалах времени  $a$  и  $b$ ?

А.15 Замкнутый проводящий контур имеет форму восьмерки (рисунок А.7). Как изменится индуктивность контура, если один из витков повернуть вокруг оси  $OO_1$  на  $180^\circ$ ?

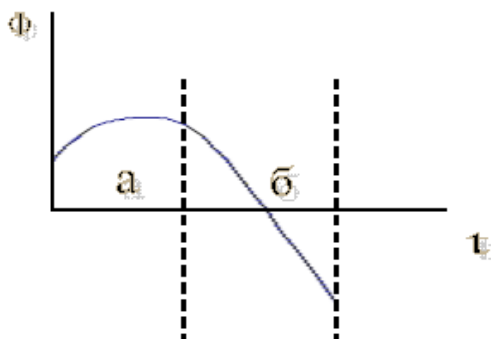


Рисунок А.6

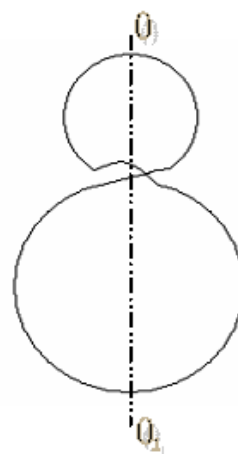


Рисунок А.7

А.16 Поток магнитной индукции через проводящее кольцо (рисунок А.5, а) изменяется по гармоническому закону (рисунок А.2). Среди моментов времени 1,2,3,4 указать момент, соответствующий отрицательной и максимальной по модулю ЭДС, индуцированной в кольце.

А.17 Наматывают соленоид в один слой, укладывая витки вплотную друг к другу. Как изменяется отношение индуктивности соленоида к сопротивлению обмотки  $L/R$  с увеличением числа витков? Соленоид считать длинным.

А.18 В задаче 2 определить, в каких интервалах времени ток, индуцированный в кольце, возрастает и составляет с направлением линий индукции, пронизывающих кольцо, правовинтовую систему?

А.19 В контуре, расположенном в неферромагнитной среде, течет переменный ток  $I$ . Верно ли записаны выражения элементарной работы вихревого электрического поля в контуре : а)  $\delta A = -I d\Phi_M$  ; б)  $\delta A = -\Phi_M dI$ . Здесь  $\Phi_M$  – магнитный поток, сцепленный с контуром.

А.20 В задаче А.2 определить, в какие моменты времени в интервале  $[1, 4]$  сила взаимодействия между электромагнитом и кольцом обращается в нуль?

А.21 Две одинаковые обмотки соленоида намотаны в одном направлении и соединены параллельно. Как изменится индуктивность соленоида, если: а) обмотки соединить последовательно; б) отключить одну из обмоток?

А.22 Пусть ток в обмотке электромагнита (рисунок А.1) изменяется согласно графику на рисунке А.8. Какова средняя ЭДС, индуцированная в кольце ?

А.23 Поток магнитной индукции через проводящее кольцо (рисунок 5,а) изменяется по гармоническому закону (рисунок А.2). Среди моментов

времени 1,2,3,4 указать момент, соответствующий отрицательной и максимальной по модулю ЭДС, индуцированной в кольце.

А.24 Прямоугольная рамка с подвижной перемычкой MN находится в постоянном однородном магнитном поле (рисунок А.9). Перемычка равномерно перемещается. Какое поле существует в системе отсчета, связанной с перемычкой?

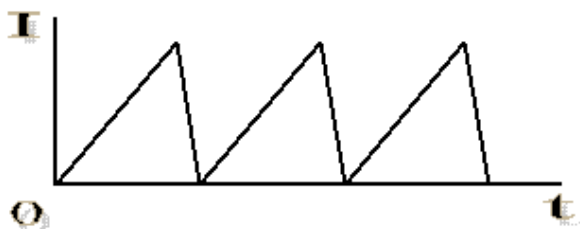


Рисунок А.8

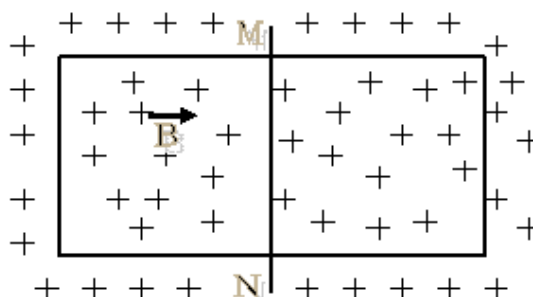


Рисунок А.9

А.25 Зависит ли индуктивность тороида с железным сердечником: а) от тока в обмотке; б) от температуры сердечника?

А.26 Пусть электрическое сопротивление рамки в ситуации, описанной в задаче А.24, пренебрежимо мало по сравнению с сопротивлением перемычки, и поле индукционного тока можно не учитывать. Сила Ампера, действующая на перемычку  $F \sim B^k$ . Найти значение k.

А.27 На некотором расстоянии друг от друга расположены два контура, плоскости которых параллельны друг другу и по которым текут токи в одинаковом направлении. Оставляя один контур неподвижным, меняют различным образом положение второго. В одном случае его плоскость поворачивают на  $90^\circ$ , в другом - на  $180^\circ$  и в третьем - удаляют параллельно самому себе на некоторое расстояние. В каком из этих случаев придется совершить наибольшую, а в каком - наименьшую работу?

А.28 По вертикальной П - образной проводящей раме из состояния покоя соскальзывает стержень MN (рисунок А.10). Устройство находится в горизонтально направленном однородном магнитном поле. Как изменяются скорость и ускорение стержня на начальной стадии движения? Электрическим сопротивлением рамы и полем индукционного тока пренебречь.

А.29 Два контура расположены так, что их плоскости параллельны друг другу. По контуру 1 течет ток, направление которого показано стрелкой. Контур, сохраняя параллельность своих плоскостей, движется друг относительно друга. Как направлен индукционный ток в контуре 2, когда контуры сближаются и когда удаляются?

А.30 Пятак падает ребром, проходя межполюсное пространство электромагнита. Будет ли ускорение пятак меньше ускорения свободного падения: а) при входе; б) при выходе из магнитного поля?

А.31 Через две одинаковые катушки индуктивности текут токи, спадающие со временем по линейному закону. В какой из катушек возникающая ЭДС самоиндукции больше? Изменятся ли значение или знаки ЭДС самоиндукции, когда токи, пройдя через нуль, начнут возрастать в противоположном направлении, сохраняя тот же линейный закон?

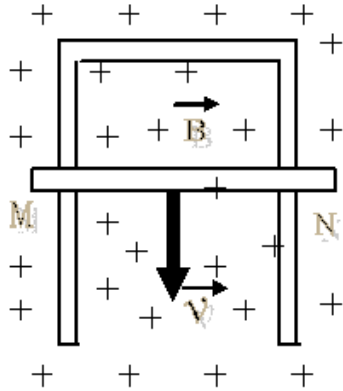


Рисунок А.10

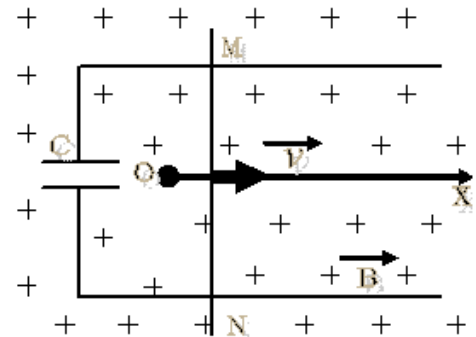


Рисунок А.11

А.32 В однородном магнитном поле вращается с постоянной угловой скоростью  $\omega$  проводящее колесо с четырьмя радиальными спицами. Ось колеса параллельна линиям индукции. Определить индуцированную разность потенциалов между осью колеса и его ободом.

А.33 Проводящий контур, содержащий конденсатор и подвижную перемычку MN, находится в однородном магнитном поле (рисунок А.11). Есть ли ток в контуре, если перемычка движется: а) равномерно; б) ускоренно? Активное сопротивление цепи пренебрежимо мало.

А.34 Пусть перемычка MN в ситуации, описанной в задаче А.33, перемещается согласно закону  $x \sim t^4$ . При этом зависимость индукционного тока от времени выражается степенной функцией  $I \sim t^n$ . Найти значение n.

А.35 Проводящая рамка, имеющая ось вращения, находится в однородном магнитном поле (рисунок А.12). Является ли положение рамки, показанное на рисунке, положением устойчивого равновесия, если: а) индукция магнитного поля увеличивается; б) уменьшается?

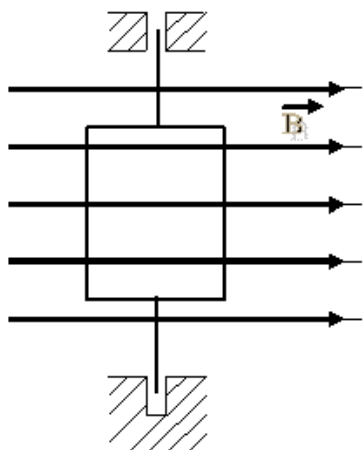


Рисунок А.12

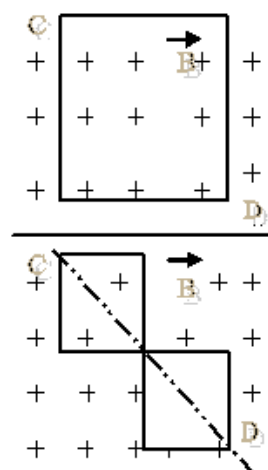


Рисунок А.13

А.36 Квадратная проводящая рамка расположена в однородном стационарном магнитном поле перпендикулярно линиям индукции (рисунок А.13). Сравнить заряды, протекшие по контуру в следующих процессах : а) контур на рисунке А.13,а деформируют в два квадрата (рисунок А.13,б); б) один из квадратов контура на рисунке 13,б поворачивают на  $180^\circ$  относительно диагонали CD.

А.37 Через катушку индуктивности течет ток, изменяющийся со временем, как показано на графике (рисунок А.14). В какой из отмеченных моментов времени ЭДС самоиндукции имеет максимальное значение? Индуктивность катушки остается постоянной.

А.38 По круговому контуру 1, радиус которого  $R$ , течет ток. Другой контур 2, радиус которого значительно меньше  $R$ , движется с постоянной скоростью  $v$  вдоль оси  $r$  так, что плоскости контуров остаются все время параллельными друг другу (рисунок А.15). На каком расстоянии от контура 1 ЭДС индукции, возникающая в контуре 2, может иметь максимальное значение ?

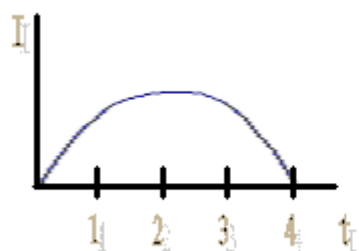


Рисунок А.14

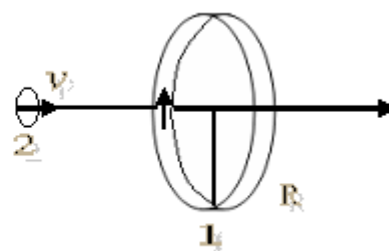


Рисунок А.15

А.39 Два медных кольца с равными массами и диаметрами  $d_1$  и  $d_2$  ( $d_2 > d_1$ ) находятся в однородном переменном магнитном поле. Плоскости колец перпендикулярны линиям индукции поля. Сравнить в один и тот же момент времени: а) ЭДС индукции; б) индукционные токи в кольцах.



А.40 Для двух компланарных проводящих круговых контуров (рисунок А.16) сравнить индуктивности  $L_1$  и  $L_2$  каждого контура с их взаимной индуктивностью  $L_{12}$ .

А.41 Как изменится взаимная индуктивность контуров (рисунок А.16), если малое кольцо: а) повернуть на  $30^\circ$  относительно оси, лежащей в плоскости рисунка; б) сместить поступательно перпендикулярно плоскости большого кольца ?

А.42 Проволочная петля охватывает изменяющееся магнитное поле (рисунок А.17). Напряжение между концами петли  $U \sim t^2$ . Закон изменения магнитного поля  $B(x,y,z,t) \sim t^k$ . Найти значение  $k$ .

А.43 В однородном переменном магнитном поле находятся два круглых проводящих витка 1 и 2. Плоскости витков перпендикулярны линиям индукции. Виток 1 согнут из такого же куска провода, что и виток 2, но сложенного вдвое. Найти отношение индукционных токов в один и тот же момент времени ( $I_1 / I_2$ ).

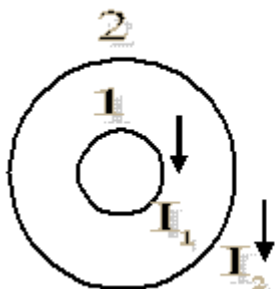


Рисунок А.16

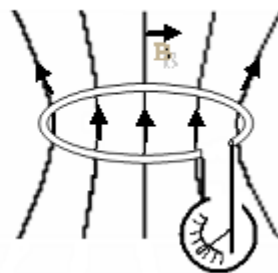


Рисунок А.17

А.44 В однородном магнитном поле скользят друг по другу и равными постоянными скоростями четыре неизолированных провода (рисунок А.18). Плоскость пересечения проводов перпендикулярна линиям индукции поля. Как изменяется индукционный ток в расширяющемся квадратном контуре?

А.45 На рисунке А.19 дан график изменения тока в соленоиде. В каких интервалах времени ЭДС самоиндукции в соленоиде направлена по току  $I$  и уменьшается по модулю ?

А.46 Ток в проводящем контуре изменяется по закону  $I = I_0 e^{-\alpha t}$  ( $\alpha > 0$ ). Определить: а) как направлена ЭДС самоиндукции в контуре; б) как ЭДС самоиндукции изменяется по модулю.

## Приложение Б

Б.1 Зависимость от времени  $t$  координаты  $q$  некоторой системы с одной степенью свободы имеет вид  $q = q^* + a \sin(\omega_0 t + \alpha)$ , где  $q^*$ ,  $a$ ,  $\omega_0$  и  $\alpha$  – константы. Какое движение совершает эта система? Перечислить его основные параметры.

Б.2 Зависимость от времени координаты  $q$  одномерного гармонического осциллятора имеет вид  $q = q^* + a \sin(\omega_0 t + \alpha)$ . Найти зависимости от времени  $t$  скорости  $\dot{q}$  и ускорения  $\ddot{q}$ .

Б.3 Зависимость от времени координаты  $q$  одномерного гармонического осциллятора имеет вид  $q = q^* + a \sin(\omega_0 t + \alpha)$ . Найти амплитуды скорости  $\dot{q}_m$  и ускорения  $\ddot{q}_m$ .

Б.4 Изобразить на векторной диаграмме колебания а)  $x = a \cos(\omega t + \pi/4)$ , б)  $x = -2a \cos(\omega t - \pi/6)$  в моменты времени  $t_1 = 0$  и  $t_2 = \pi/(2\omega)$ . Константа  $a > 0$ .

Б.5 Изобразить на векторной диаграмме в момент времени  $t = 0$  смещение  $x = a \cos(\omega t + \pi/3)$ , скорость  $\dot{x}$ , ускорение  $\ddot{x}$ .

Б.6 Частица массы  $m$  может двигаться вдоль оси  $x$ . На частицу действует сила  $F_x = -k(x - x^*)$ , где  $k$  и  $x^*$  – константы, причем  $k > 0$ . Написать уравнение движения частицы.

Б.7 В молекуле азота  $N_2$  частота колебаний атомов  $\omega_0$ , масса одного атома  $m$ . Найти коэффициент  $k$  квазиупругой силы, действующей между атомами.

Б.8 Зависимость от времени  $t$  координаты  $q$  гармонического осциллятора имеет вид  $q = A \sin(\omega_0 t + \alpha)$ . Выразить через  $A$  и  $\alpha$  начальные (в момент времени  $t = 0$ ) значения координаты  $q_0$ .

Б.9 Зависимость от времени  $t$  координаты  $q$  гармонического осциллятора имеет вид  $q = A \sin(\omega_0 t + \alpha)$ . Выразить через  $A$  и  $\alpha$  начальные (в момент времени  $t = 0$ ) значения скорости  $\dot{q}_0$ .

Б.10 Чему равна сила, действующая на частицу, совершающую гармоническое колебание, при прохождении ею положения равновесия?

Б.11 Чему равна скорость частицы, совершающей гармоническое колебание, в тот момент, когда она находится «в крайнем» положении?

Б.12 Энергия одномерного гармонического осциллятора имеет вид  $E = m\dot{x}^2/2 + kx^2/2$ ,  $m$  – масса;  $k$  – коэффициент квазиупругой силы. Найти амплитуду колебаний  $x_m$ .

Б.13 Энергия одномерного гармонического осциллятора имеет вид  $E = m\dot{x}^2/2 + kx^2/2$ ,  $m$  – масса;  $k$  – коэффициент квазиупругой силы. Найти амплитуду скорости  $\dot{x}_m$ .

Б.14 Груз массы  $m$  подвешен к двум пружинам, соединенным «последовательно». Определить частоты колебаний груза, если коэффициенты жесткости пружин равны  $k_1$  и  $k_2$  (рисунок Б.1).

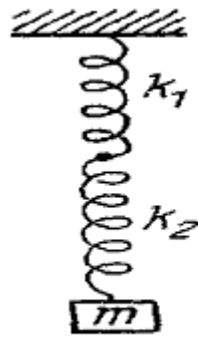


Рисунок Б.1

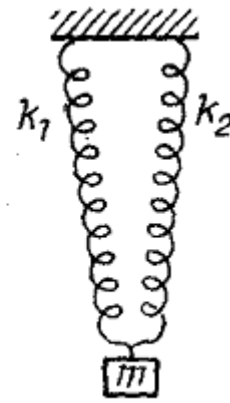


Рисунок Б.2

Б.15 Груз массы  $m$  подвешен к двум пружинам, соединенным «параллельно». Определить частоты колебаний груза, если коэффициенты жесткости пружин равны  $k_1$  и  $k_2$ .

Б.16 Определить частоту колебаний системы, показанной на рисунке Б.3. Блок считать однородным диском массой  $m$ , масса груза  $M$ , жесткость пружины  $k$ . Нить по блоку не проскальзывает.

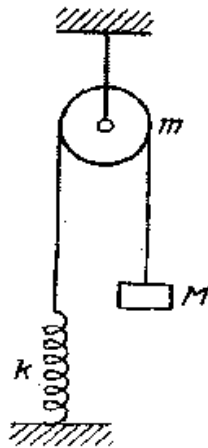


Рисунок Б.3

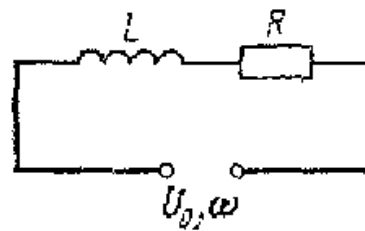


Рисунок Б.4

Б.17 Зависимость координаты  $q$  от времени  $t$  некоторой системы с одной степенью свободы имеет вид  $q = a_0 \exp(-\beta t) \cos(\omega' t + \alpha)$ , где  $a_0$ ,  $\beta$ ,  $\omega'$ ,  $\alpha$  – константы. Какое движение совершает эта система? Перечислить его основные параметры.

Б.18 Амплитуда затухающих колебаний уменьшилась в  $e^2$  раз за 50 колебаний. Чему равны логарифмический декремент затухания  $\lambda$  и добротность  $Q$  системы?

Б.19 Кусок сыра бросили на весы. Три последовательных крайних положений стрелки весов были такие:  $a_1 = 560$ г,  $a_2 = 440$ г,  $a_3 = 520$ г. Какова действительная масса куска сыра?

Б.20 Система совершает затухающее колебание. Зависимость её координаты  $q$  от времени  $t$  имеет вид  $q = a_0 \exp(-\beta t) \cos(\omega t + \alpha)$ . Выразить через  $a_0$  и  $\alpha$  смещение  $q_0$  и скорость  $\dot{q}_0$  в начальный момент времени  $t=0$ .

Б.21 Для схемы, изображенной на рисунке Б.4, найти амплитуду тока  $I_0$  и разность фаз  $\alpha$  между напряжением и током. Частота тока равна  $\omega$ .

Б.22 Для схемы, изображенной на рисунке Б.5, найти амплитуду тока  $I_0$  и разность фаз  $\alpha$  между напряжением и током. Частота тока равна  $\omega$ .

Б.23 Для схемы, изображенной на рисунке Б.6, найти амплитуду тока  $I_0$  и разность фаз  $\alpha$  между напряжением и током. Частота тока равна  $\omega$ .

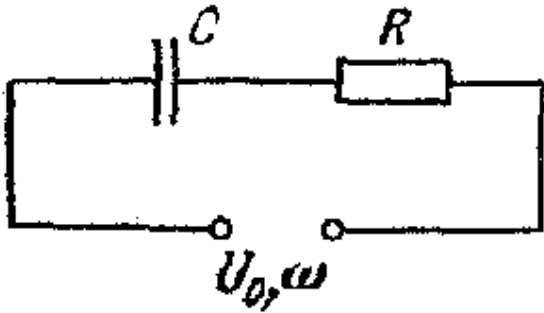


Рисунок Б.5

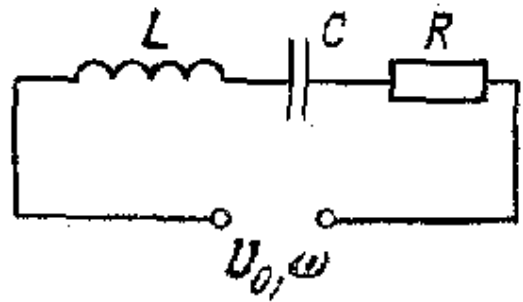


Рисунок Б. 6

## Приложение В

В.1 Два тела одинаковой формы и размеров, но обладающие разной поглощательной способностью, нагреты до одной и той же температуры, а затем помещены в вакуум. В результате, эти тела остывают. На рисунке В.1 представлены графики изменения температуры этих тел с течением времени в процессе остывания. Какая из кривых характеризует остывание тела с большей поглощательной способностью, а какая – с меньшей?

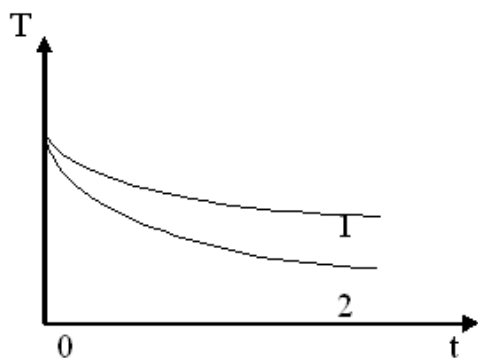


Рисунок В.1

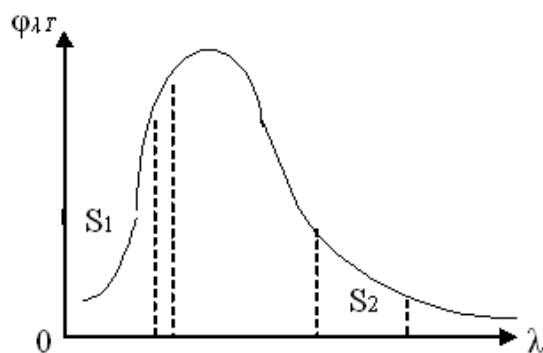


Рисунок В. 2

В.2 В энергетическом распределении излучения абсолютно черного тела (рисунок В.2) выделены два участка, площади которых  $S_1$  и  $S_2$  одинаковы. Одинаковы ли мощности излучения, приходящиеся на соответствующие интервалы длин волн, и одинаково ли число излучаемых квантов?

В.3 Студент нарисовал кривые распределения энергии в спектре излучения абсолютно черного тела для двух температур (рисунок В.3). В чем заключается ошибка?

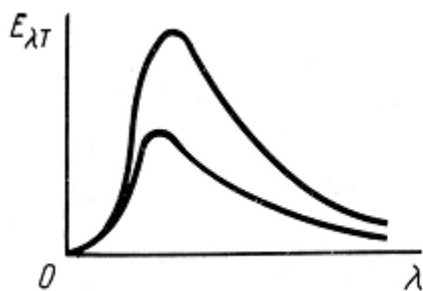


Рисунок В.3

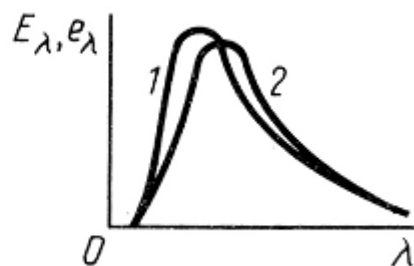


Рисунок В.4

В.4 На рисунке В.4 изображены теоретическая кривая распределения энергии излучения абсолютно черного тела при некоторой температуре (кривая 1) и полученная экспериментально кривая для излучения некоторого тела, нагретого до той же температуры (кривая 2). Почему можно утверждать, что экспериментальная кривая ошибочна?

В.5 На рисунке В.5 кривая 1 изображает распределение энергии в спектре излучения абсолютно черного тела. Кривая 2 представляет в

схематизированном виде распределение энергии в спектре излучения некоторого условного тела, полученное при той же температуре, что и спектр абсолютно черного тела. Кривая 2 состоит из трех участков: на участках от  $\lambda=0$  до  $\lambda_1$  и от  $\lambda_2$  до  $\lambda=\infty$  все ординаты кривой 2 вдвое ниже ординат кривой 1. На участке от  $\lambda_1$  до  $\lambda_2$  значение  $E\lambda$  остается постоянным. Нарисовать распределение по длинам волн поглотительной способности условного тела.

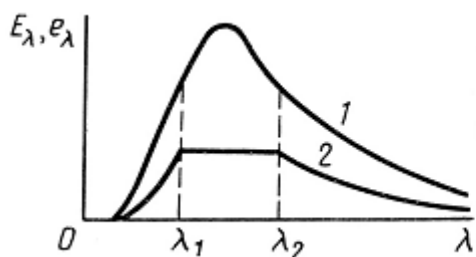


Рисунок В.5

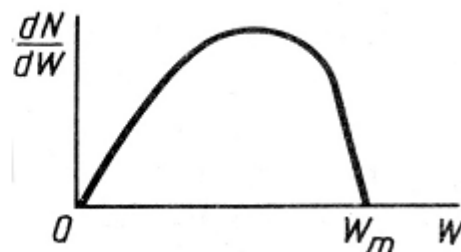


Рисунок В.6

В.6 В замкнутом изолированном сосуде находится идеальный газ. Концентрация молекул газа равна  $n$ . При какой температуре  $T$  объемная плотность кинетической энергии поступательного движения молекул газа равна объемной плотности энергии  $u$  электромагнитного излучения абсолютно черного тела? Проиллюстрировать полученный результат числовыми примерами: а) при  $n = 2,7 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$ ; б)  $n = 7,4 \cdot 10^{13} \text{ м}^{-3}$ .

В.7 Как с помощью вольт-амперной характеристики фотоэлемента определить число  $N$  электронов, выбиваемых светом с поверхности катода в единицу времени?

В.8 Функция распределения фотоэлектронов по энергиям имеет вид, представленный на рисунке В.6. Чем определяется максимальная энергия фотоэлектронов?

В.9 В опыте Лукирского и Прилежаева зависимость разности потенциалов  $U_z$ , необходимой для прекращения фототока, от частоты падающего света изображается наклонными прямыми (рисунок В.7). Как по наклону этих прямых определить постоянную Планка  $h$ ? Чем отличаются друг от друга условия, при которых получены разные прямые?

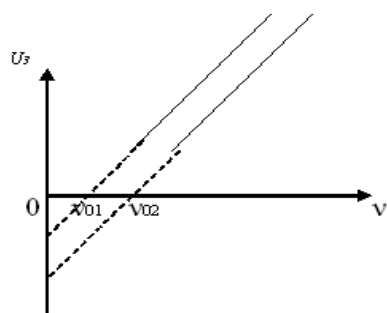


Рисунок В.7

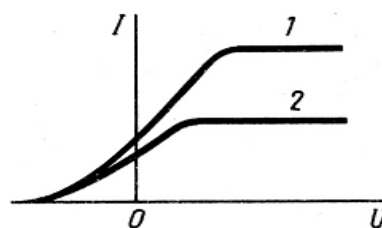


Рисунок В.8

В.10 Фотокатод может освещаться одним из двух различных источников, дающих каждый монохроматическое излучение. Источники располагают на одинаковом расстоянии от катода. Зависимость фототока от напряжения между катодом и анодом при одном источнике света изображается кривой 1, а при другом – кривой 2 на рисунке В.8. Чем отличаются эти источники друг от друга?

В.11 Два фотокатода освещаются одним и тем же источником света. При этом зависимость фототока от напряжения между катодом и анодом для одного катода изображается на рисунке В.9 кривая 1, а для другого – кривая 2. У какого фотокатода больше работа выхода?

В.12 Как изменится вид вольт-амперной характеристики фотоэлемента, если: а) при неизменном спектральном составе волны увеличится в 2 раза ее полный световой поток; б) при неизменном потоке фотонов увеличится в 2 раза частота используемого монохроматического света; в) при неизменном потоке фотонов увеличится в 2 раза длина волны монохроматического света; г) при неизменном световом потоке увеличится в 2 раза частота монохроматического света? Считать, что квантовый выход фотоэффекта остается во всех случаях неизменным.

В.13 Два электрода, находящиеся в вакууме на некотором расстоянии друг от друга, соединены между собой через активное сопротивление (рисунок В.10). Один из электродов освещается источником света, в спектре которого имеется излучение с длиной волны  $\lambda$ , удовлетворяющее условию  $hc/\lambda > A_{\text{вых}}$ , где  $A_{\text{вых}}$  – работа выхода электронов из металла освещаемого электрода. Пойдет ли при этом в цепи ток?

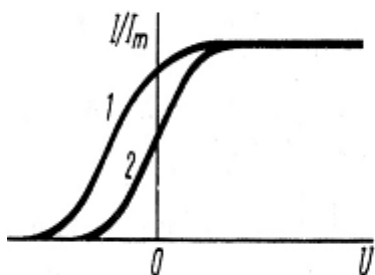


Рисунок В.9

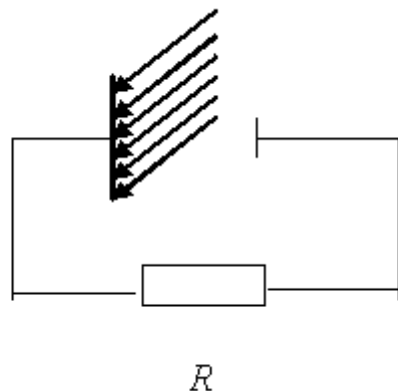


Рисунок В.10

В.14 Изобразить зависимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты света  $\nu$ . Работа выхода электронов из металла равна  $A_{\text{вых}}$ .

В.15 Изобразить зависимость фототока насыщения в вакуумном фотоэлементе от напряженности  $E$  электрического поля в падающей световой волне.

В.16 Возможен ли процесс, при котором кинетическая энергия электрона отдачи равнялась бы энергии налетающего фотона?

В.17 В результате комптоновского рассеяния (рисунок В.11) в одном случае фотон полетел под углом  $\theta_1$  к первоначальному направлению, а в другом случае – под углом  $\theta_2$ . В каком случае длина волны излучения после рассеяния больше и в каком случае электрон, участвующий во взаимодействии, получил большую энергию?

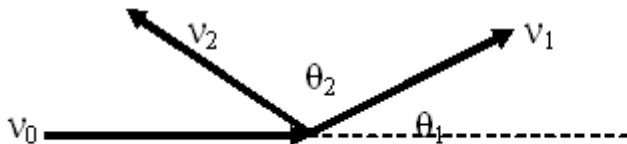


Рисунок В. 11

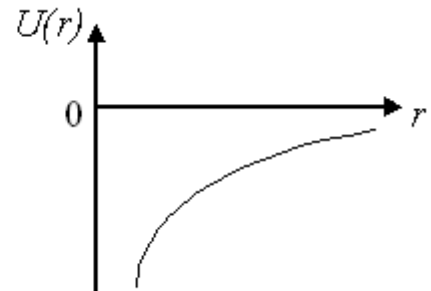


Рисунок В.12

В.18 На графике потенциальной энергии  $U(r)$  электрона в атоме водорода (рисунок В.12) изобразить примерную схему уровней энергии атома. Для произвольной координаты электрона  $r_0$  показать его кинетическую  $T$ , потенциальную  $U$  и полную  $E$  энергии в состоянии с квантовым числом  $n=2$ .

В.19 На рисунке В.13 изображена схема квантовых уровней атома. Как изменяется каждая из составляющих энергии электрона (кинетическая и потенциальная) при переходе от нижних уровней к верхним?

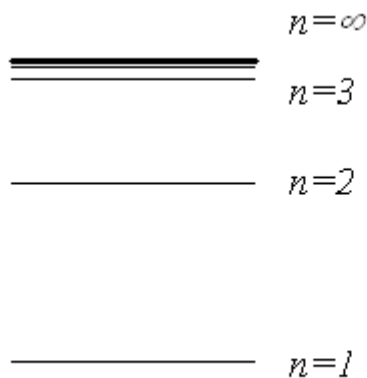


Рисунок В.13

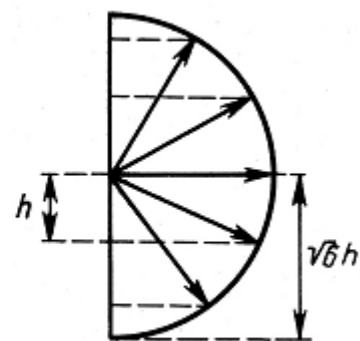


Рисунок В.14

В.20 Момент импульса электронов в атоме и его пространственные ориентации могут быть условно изображены векторной схемой, на которой длина вектора пропорциональна модулю орбитального момента импульса электрона (рисунок В.14). Какому минимальному значению главного квантового числа  $n$  соответствуют векторы схемы и чему равны значения квантовых чисел  $l$  и  $m$ ?





Рисунок В.15

В.21 Электрон, движущийся слева направо, встречает на пути в одном случае порог (рисунок В.15 а), а в другом случае – барьер (рисунок В.15 б). Каковы вероятности преодоления порога и барьера по классической и по квантовой теории в двух случаях: 1) кинетическая энергия  $W_k$  электрона меньше высоты порога (барьера)  $\Pi$ ; 2) кинетическая энергия  $W_k$  больше  $\Pi$ ?

В.22 Замкнутая полость объема  $V$  заполнена равновесным тепловым излучением при температуре  $T$ . Найти зависимость теплоемкости  $C_V$  излучения от температуры.

В.23 Шар радиуса  $\rho$ , поверхность которого можно принять за абсолютно черную, поддерживается при температуре  $T$ . Определить: а) энергетическую светимость  $R^*$  шара; б) излучаемый им полный поток  $\Phi$ ; в) среднюю объемную плотность энергии  $u$  электромагнитного излучения на расстоянии  $r \gg \rho$ .

## Список литературы

- 1 Савельев И.В. Курс общей физики.- Т.2.- Электричество и магнетизм. Волны. Оптика: Учеб.пособие.- СПб., 2008.- 496 с.
- 2 Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики: Учеб.пособие для вузов.- М., 2003.
- 3 Трофимова Т.И. Курс физики : Учеб.пособие для вузов.- М.: Высш.шк., 2004.- 544 с.
- 4 Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике. - М.: Высшая школа, 2006.- 640 с.
- 5 Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики. – М.: Академия, 2004.- 592 с.
- 6 Курс физики. Под ред. В.Н. Лозовского. – СПб.: Издательство «Лань», 2001, т.1,2.
- 7 Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики.- М.: Наука, 2003.- 450 с.
- 8 Физика. Задания к практическим занятиям. Под ред. Ж.П. Лагутиной. Высшая школа. В электронном варианте. [www.twirpx.com](http://www.twirpx.com)

## Содержание

Введение.....	3
1 Рекомендации к освоению дисциплины «Физика 2».....	3
2 Общие требования к выполнению и оформлению расчетно-графических работ.....	4
3 Расчетно-графическая работа № 1.....	5
4 Расчетно-графическая работа № 2.....	7
5 Расчетно-графическая работа № 3.....	9
Приложение А.....	11
Приложение Б.....	18
Приложение В.....	21
Список литературы.....	26

Арайбек Салыбекович Калшабеков,  
Сәуленбек Ахметказыұлы Биназаров,  
Гулсара Атекеевна Мамырбаева.

## ФИЗИКА 2

Методические указания по выполнению расчетно-графических работ для студентов специальности 5В074600 – Космическая техника и технологии

Редактор Н.М. Голева  
Специалист по стандартизации Н.К. Молдабекова

Подписано в печать  
Тираж 25 экз.  
Объем 1,6 уч. – изд.л.

Формат 60×84 1/16  
Бумага типографская № 1  
Заказ \_\_\_\_. Цена 800 тг.

Копировально-множительное бюро  
некоммерческого акционерного общества  
«Алматинский университет энергетики и связи»  
050013, Алматы, ул. Байтурсынова, 126

Некоммерческое акционерное общество  
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ  
Кафедра физики

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методической  
работе

\_\_\_\_\_ С.В. Коньшин  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2016 г.

**ФИЗИКА 2**

Методические указания по выполнению расчетно-графических работ для  
студентов специальности 5В074600 – Космическая техника и технологии

Начальник УМО

\_\_\_\_\_ М.А. Мустафин

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г.

Рассмотрено и одобрено  
на заседании кафедры физики

Протокол № 1 от «22» 09. 2015 г.  
Зав. кафедрой физики

\_\_\_\_\_ М.Ш. Карсыбаев

Согласовано Зав. кафедрой СУАТ, проф.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ Шимырбаев М.К.

Редактор

\_\_\_\_\_ Ж.Н.Изтлеуова  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2016 г.

Составители:

\_\_\_\_\_ А.С. Калшабеков  
\_\_\_\_\_ С. А. Биназаров  
\_\_\_\_\_ Г.А. Мамырбаева

Специалист

по стандартизации

\_\_\_\_\_ Н.К. Молдабекова

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2016 г.

Алматы, 2016 г.

