



**Некоммерческое  
акционерное  
общество**

АЛМАТИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ЭНЕРГЕТИКИ И  
СВЯЗИ

**Кафедра  
физики**

## **СПЕЦИАЛЬНЫЕ ГЛАВЫ ФИЗИКИ**

Методические указания по выполнению расчетно-графических работ  
для студентов специальности  
5В070300 - Информационные системы

Алматы, 2014

СОСТАВИТЕЛИ: М.Т. Кызгарина, Г.А. Мамырбаева.  
Специальные главы физики. Методические указания к выполнению  
расчетно-графических работ для студентов специальности 5В070300 -  
Информационные системы. – Алматы: АУЭС, 2014. – 26 с.

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

Ил. 23, табл. 3, библиограф. 9 назв.

Рецензент: канд.тех.наук, доцент Ни А.Г.

Печатается по плану издания некоммерческого акционерного общества  
«Алматинский университет энергетики и связи» на 2014 г.

© НАО «Алматинский университет энергетики и связи», 2014 г

## Введение

Основные цели изучения курса «Специальные главы физики» в высшей технической школе заключаются в формировании:

а) общих представлений о современной физической картине мира;

б) знаний и умений применять:

- основные понятия, законы и модели классической и современной физики;

- методы теоретического и экспериментального исследований в физике.

Известно, что овладение знаниями как важнейший процесс человеческой активности подчиняется законам психологии:

- развитие и образование ни одному человеку не могут быть даны или сообщены. Всякий, кто желает развиваться и овладевать знаниями, достигает этого своим собственным трудом, собственным напряжением воли, собственной настойчивостью и целеустремленностью;

- успешная деятельность невозможна без осознания и принятия цели деятельности, четкого представления о результатах и о тех методах и средствах, которые необходимы для достижения поставленной цели.

В настоящем руководстве приведены варианты РГР, разделенные, по мере возрастания сложности их выполнения, на три уровня усвоения знаний: А, В и С. Критерии разделения задач таковы:

- задания уровня А – это задачи и качественные вопросы, требующие, в основном, умения решать задачи по заданному образцу;

- задания уровня В требуют умений решать типовые задачи по известному алгоритму;

- задания уровня С требуют умений выявлять внутренние связи в конкретной, достаточно сложной, физической ситуации и применять знание общих методов.

Каждый студент самостоятельно выбирает уровень заданий и получает при распределении старостой группы номер варианта. Это распределение должно быть утверждено преподавателем, ведущим практические занятия в группе.

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

### **1.1 Методические указания по выполнению заданий расчетно - графических работ**

Решение задач при изучении курса специальные главы физики в техническом вузе имеет исключительно большое значение для будущих специалистов. Оно учит анализировать изучаемые явления, выделять главные факторы, отвлекаясь от случайных и несущественных деталей, учит

моделировать реальные физические и физико-технические процессы. Задачи развивают навык в использовании общих законов материального мира для решения конкретных вопросов, имеющих практическое или познавательное значение.

Невозможно научиться решать задачи по физике, не зная и не понимая теории. Поэтому при выполнении расчетно-графической работы необходима самостоятельная проработка теоретического материала по темам задания и усвоение основных понятий, законов, теорем и принципов.

Процесс решения поставленной физической задачи состоит, как правило, из трех основных этапов. На первом, физическом, этапе проводится анализ условия задачи, выполняется рисунок, схема или векторная диаграмма для ее наглядной интерпретации; затем, на основании тех или иных законов составляется система уравнений, в число неизвестных которой входят и искомые величины.

На втором, математическом, этапе находят решение системы уравнений, т.е. получают решение задачи сначала в общем виде, а затем, производя вычисления, числовой ответ задачи.

После того, как получено общее решение, необходимо провести его анализ. На этом, третьем, этапе выясняют, как и от каких физических величин зависит найденная величина, в каких условиях эта зависимость проявляется. При анализе числового ответа проверяют размерность полученной величины и оценивают правдоподобность полученного ответа - то есть, соответствие числового ответа физически возможным значениям искомой величины.

## **1.2 Общие требования к оформлению расчетно-графических работ**

Каждую расчетно-графическую работу следует выполнять в отдельной школьной тетради, на обложке которой необходимо указать:

- наименование вуза и кафедры;
- дисциплину (Специальные главы физики);
- номер РГР;
- вариант РГР;
- кем работа выполнена;
- дату сдачи на проверку;
- кто проверил.

Пример оформления обложки:

Министерство образования и науки РК

НАО АУЭС

Кафедра физики

Специальные главы физики РГР № \_\_

Вариант № \_\_

Выполнил студент \_\_ (Ф.И.О, группа)

Сдана на проверку \_\_ (дата).

Проверил \_\_ (должность и Ф.И.О. преподавателя)

Условие каждой задачи переписывают полностью, без сокращений. Затем его записывают с помощью общепринятых символических обозначений в краткой форме, под заглавием «Дано». Если в задаче заданы числовые величины, то необходимо выразить их в системе единиц СИ.

Решение каждой задачи следует сопровождать пояснениями, раскрывающими смысл и значение используемых обозначений. Необходимо указать физические законы, теоремы и принципы, положенные в основу решения. После того, как задача решена в общем виде, т.е. получен ответ в виде расчетной формулы, производят вычисления, руководствуясь при этом правилами приближенных вычислений.

Работу выполняют шариковой (или иной) ручкой, рисунки - при помощи карандаша и линейки.

Решение каждой задачи начинают с новой страницы, оставляя место для замечаний преподавателя и дополнений, либо исправлений.

### 1.3 Примеры решения и оформления задач

*Задача.* Складываются два гармонических колебания одного направления, описываемые уравнениями  $x_1 = 3 \cos 2\pi t$ , см,  $x_2 = 3 \cos(2\pi t + \pi/4)$ , см.

Определить для результирующего колебания: 1) амплитуду; 2) начальную фазу. Записать уравнение результирующего колебания и представить векторную диаграмму сложения амплитуд.

Дано:
Решение:
$x_1 = 3 \cos 2\pi t$
$x_2 = 3 \cos(2\pi t + \pi/4)$
Найти:
A
$\varphi$
$x(t)$

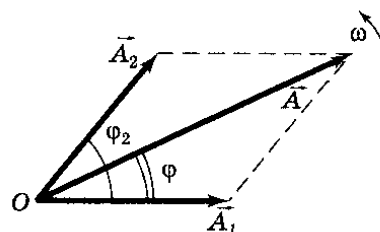


Рисунок 1

Результирующее колебание, возникающее при сложении двух колебаний с одинаковыми частотами

$$x_1 = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1), \quad x_2 = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2)$$

имеет вид  $x = A \cos(\omega t + \varphi)$ .

Амплитуды и начальные фазы первого, второго колебаний:

$$A_1 = A_2 = 3 \text{ см}, \quad \varphi_1 = 0, \quad \varphi_2 = \frac{\pi}{4},$$

разность фаз составляющих колебаний:

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{\pi}{4}.$$

Тангенс начальной фазы результирующего колебания определим из векторной диаграммы

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2} = \frac{\sin \varphi_1 + \sin \varphi_2}{\cos \varphi_1 + \cos \varphi_2} = \frac{\sin 0 + \sin \frac{\pi}{4}}{\cos 0 + \cos \frac{\pi}{4}} = 0.414, \quad \varphi = \frac{\pi}{8}.$$

Согласно теореме косинусов найдем амплитуду результирующего колебания

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\Delta\varphi)} = A_1 \sqrt{2(1 + \cos(\Delta\varphi))} = 5.54 \text{ см.}$$

Так как угловые частоты складываемых колебаний одинаковы, то результирующее колебание будет иметь ту же частоту  $\omega = 2\pi$ . Это позволяет написать уравнение результирующего колебания в виде:

$$x = 5.54 \cos\left(2\pi t + \frac{\pi}{8}\right).$$

Ответ: 1)  $A = 5.54 \text{ см}$ ; 2)  $\varphi = \frac{\pi}{8}$ ;  $x = 5.54 \cos\left(2\pi t + \frac{\pi}{8}\right)$ , см.

*Задача.* Электрон атома водорода находится в стационарном состоянии, описываемом волновой функцией  $\psi(r) = Ae^{-\alpha r}$ , где  $A$  и  $\alpha$  - некоторые постоянные. Найти энергию электрона  $E$  и постоянную  $\alpha$ .

Дано:

$$\psi(r) = Ae^{-\alpha r}$$

$$A - \text{const}$$

$$\alpha - \text{const}$$

Найти:

$$E$$

$$\alpha$$

Решение:

В данном случае уравнение Шредингера будет иметь вид

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial \psi}{\partial r} + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U) \psi = 0.$$

Вычислив первую и вторую производные  $\psi$  - функции по  $r$ , подставим их выражения в (1) и сгруппируем следующим образом:

$$\left(\alpha^2 + \frac{2mE}{\hbar^2}\right) - \left(\frac{2me^2}{\hbar^2}\right) \frac{1}{r} = 0.$$

Из этого соотношения видно, что равенство его нулю при любых значениях возможно лишь в том случае, когда обе скобки по отдельности равны нулю. Отсюда  $E = -\frac{\alpha^2 \hbar^2}{2m}$ ,  $\alpha = \frac{me^2}{\hbar^2}$ .

Ответ:  $E = -\frac{\alpha^2 \hbar^2}{2m}$ ,  $\alpha = \frac{me^2}{\hbar^2}$ .

## 2 Расчетно-графическая работа №1. Модуль 1. «Электромагнетизм», «Электромагнитная индукция»

**Цель расчетно-графической работы №1:** изучить явления электромагнитной индукции, его роль в развитии теории электромагнитного поля.

Расчетно-графическая работа предусматривает решение четырех заданий: задания А, задания Б, задания В, задания Г.

Варианты заданий приведены в таблице 1.

Таблица 1

Уровен	Вариан	Задания А	Задания Б	Задания В	Задания Г
А	1	21-16, 22-13, 23-10	11.44; 11.65	18.1	8, 28
	2	21.15, 22-25, 23-9, 25-1		17.22, 18.4	10, 32
	3	21-5, 22-8, 23-14, 25-4		17.25	9, 40
	4	21-19, 22-14, 23-13	11.65, 11.41	18.2	2, 36
	5	25.7	11.3, 11.37, 11.64, 11-69	16.42	7, 29
	6	25.25	11.5, 11.71, 11.65	16.45, 17.30	3, 42
	7	23-20, 21-17, 22-15, 25-2, 25-26		17.36	4, 30
	8	22-27, 25-4, 24-14	11.22, 11.76	18.5	6, 31
	9	22-8, 23-4, 25-3, 25.27		16.13, 17.41	1, 50
	10	22-12, 23-3, 25-2, 25-34		16.33, 17.42	5, 34
В	11	21-31(б), 22-5, 23-7, 25-5(а)	11.42, 11.68	18.7	11, 44
	12	21-31(г), 22-4, 23-15	11.43, 11.49	18.3	12, 32
	13	21-31(д), 22-18, 23-15	11-45, 11-50	18.10	13, 51
	14	23-27, 22-17, 25-29	11.49, 11-20, 11.56		14, 33
	15	21-30, 22-41, 23-36, 25-30	11.57, 11.47		15, 41
	16	21-31(а), 22-37, 23-37, 24-7, 25-35	11.53		16, 52
	17	23-38, 22-16, 25-31		17.47, 16.8, 16.44	17, 49

	18	23-23, 24-19, 22-9, 25-32		16.46, 17.8	18, 35
	19	22-11, 23-7, 24-18	11.19(б), 11.56	18.14	19, 37
	20	22-10, 23-24, 51-69, 27-20, 25-33		16.49	20. 43
	21	22-18, 23-21, 24-21	11.20(б), 11.57	18-13	21, 45
	22	23-22, 24-7, 25-36	11.19(а),11.53	17-4	22. 38
С	23		11.24, 11.50, 11.84	17-17, 17-28, 18.15	27, 46
	24	22-19, 23-33, 24-21, 24-12		16-48, 18.17	23, 39
	25	22-22, 22-34,24-10,23-40,24-22		18.18	25. 47
	26	22-20, 22-36, 23-27,24-9, 24-24		18.16	24. 48
	27	22-38, 23-34, 24-10, 25-39		17-21, 17-31	26, 53

Задания А даны в литературе: Чертов А.Г., Воробьев А.А. «Задачник по физике». - М., 2006.

Задания Б даны в литературе: Волькенштейн В.С. «Сборник задач по общему курсу физики».- М., 2003.

Задания В даны в литературе: Задания к практическим занятиям. Физика /Под ред. Ж.П. Лагутиной/ В электронном варианте.

Задания Г даны ниже:

Г.1 Можно ли все вещества считать: а) диамагнетиками; б) парамагнетиками; в) ферромагнетиками? Дайте конкретный аргументированный ответ.

Г.2 Угол между какими векторами в формуле закона Ампера  $d\vec{F} = I[d\vec{l} \times \vec{B}]$  всегда равен  $90^\circ$ ? Угол между какими векторами может быть другим? Ответ поясните рисунками.

Г.3 Заряженная частица движется в некоторой части пространства по прямой, не отклоняясь. Может ли в этой области существовать отличное от нуля магнитное поле? Объясните и приведите примеры указанного движения частицы.

Г.4 Сформулируйте и запишите теорему о циркуляции вектора  $\vec{B}$  в интегральной и дифференциальной формах. Какие физические свойства стационарного магнитного поля она выражает? В чем заключается практический аспект этой теоремы? Проведите аналогию с электростатикой.

Г.5 В горизонтальной плоскости расположен виток неопределенной формы из гибкой проволоки. Виток пронизывается однородным магнитным



полем, направленным вертикально вниз. Какую форму примет виток, если по нему пропустить ток? Дайте полное объяснение своему ответу.

Г.6 Объясните, в чем состоит и как достигается эффект экранировки некоторого объема от статического магнитного поля? Покажите на конкретном примере.

Г.7 Жесткий контур с током находится во внешнем магнитном поле. Можно ли повернуть его на 180 градусов, не совершив при этом работы? Дайте убедительное обоснование своему ответу.

Г.8 Намагниченность  $\vec{j}$  вещества связана с напряженностью  $\vec{H}$  поля соотношением  $\vec{j} = \chi \vec{H}$ . Изобразите эту зависимость графически для трех типов магнетиков: диа-, пара- и ферро-, дайте пояснения. Сравните числовые значения их магнитных восприимчивостей  $\chi$ .

Г.9 Объясните, почему магнитная восприимчивость диамагнетиков не зависит от температуры, а парамагнетиков – зависит?

Г.10 Считая известным выражение  $\vec{F} = q[\vec{v}\vec{B}]$  для силы Лоренца, получите закон Ампера для силы, действующей на элемент тока  $Id\vec{l}$  со стороны магнитного поля.

Г.11 Установите аналогию между поляризацией диэлектриков и намагничиванием магнетиков. Результаты представьте в виде таблицы. (Обратите внимание на механизмы процессов, электрические и магнитные характеристики вещества, характер изменения поля в веществе).

Г.12 Согласно модели атома Резерфорда, электроны в атоме движутся по замкнутым орбитам вокруг ядра. Выразите орбитальный магнитный момент электрона через характеристики его движения. Что такое гиромангнитное отношение, чему оно равно для орбитального момента электрона?

Г.13 Проведите сравнительный анализ явлений поляризации полярных диэлектриков и намагничивания парамагнетиков (обратите внимание на механизмы явлений, физические величины и их зависимость от внешних условий).

Г.14 Проведите сравнительный анализ явлений поляризации неполярных диэлектриков и намагничивания диамагнетиков (обратите внимание на механизмы явлений, физические величины и их зависимость от внешних условий).

Г.15 Рассмотрите сходство и различие в характере полей: а) магнитного, созданного длинным прямолинейным током; б) электрического, созданного неподвижным зарядом, равномерно распределенным вдоль нити. Начертите силовые линии этих полей, выпишите основные формулы, их характеризующие.

Г.16 Докажите, пользуясь законом полного тока, что неоднородное магнитное поле, силовые линии которого параллельны (см. рисунок Г.1), не может существовать.



Рисунок Г.1

Г.17 Высокотемпературную плазму можно удерживать в замкнутом пространстве с помощью «магнитной ловушки». Объясните, что это значит? Какие физические законы или явления лежат в основе устройства «магнитной ловушки»? Поясните ответ рисунком, приведите примеры.

Г.18 Магнитное поле Земли в окружающем ее пространстве подобно полю постоянного магнита. Начертите силовые линии магнитного поля Земли. Как в этом поле будет двигаться высокоэнергичная заряженная частица, попавшая из космоса в поле Земли в области экватора и имеющая скорость, направленную к центру Земли. Объясните, нарисуйте примерную траекторию частицы, если: а)  $q > 0$ ; б)  $q < 0$ .

Г.19 Два длинных прямых провода расположены в горизонтальной плоскости перпендикулярно друг другу. Один проводник жестко закреплен, другой подвешен свободно. Опишите, как будут взаимодействовать эти проводники, если по ним пропустить одинаковые токи  $I$ . Укажите направление сил. Каков будет результат такого взаимодействия?

Г.20 По очень большой пластине течет однородный ток с постоянной плотностью  $\vec{j}$  (см. рисунок Г.2). Докажите, что силовые линии магнитного поля, создаваемого этим током, параллельны пластине. Укажите направление  $\vec{B}$  над и под пластиной. Краевыми эффектами пренебречь.

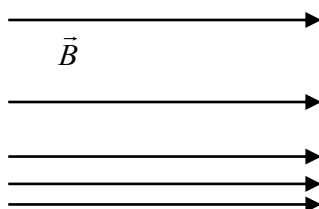


Рисунок Г.2

Г.21 Запишите формулы для циркуляции вектора магнитной индукции в интегральных и локальных (дифференциальных) формах. Раскройте их физический смысл. Каков практический аспект теоремы о циркуляции вектора  $\vec{B}$ ? Проведите аналогию с электростатическими теоремами.

Г.22 Постройте графики зависимости намагниченности  $\vec{J}$  и индукции  $\vec{B}$  от напряженности поля  $\vec{H}$  для ферромагнетиков. Объясните, о чем свидетельствует наличие насыщения намагниченности? Как это влияет на ход зависимости  $B = f(H)$  и магнитную проницаемость вещества?

Г.23 В магнитное поле, представленное суперпозицией полей  $\vec{B}_1$  и  $\vec{B}_2$  ( $\vec{B}_1 \perp \vec{B}_2$ ) влетает электрон со скоростью  $v \parallel \vec{B}_1$ . Запишите выражение для вектора и модуля силы, действующей на электрон. Определите форму траектории электрона, изобразите ее на рисунке с указанием направления всех векторов.

Г.24 По бесконечной плоскости течет однородный поверхностный ток с плотностью  $j_0$ . Докажите, что поле этого тока вблизи плоскости однородно и

равно  $B = \frac{\mu_0}{2} j_0$ . Изобразите его графически с помощью силовых линий.

Г.25 Докажите, что в некоторой области пространства, где отсутствуют токи проводимости, неоднородное магнитное поле типа (а) (см. рисунок Г.3) может существовать, а поле типа (б) – не может. На рисунке поля представлены графически линиями вектора  $\vec{H}$ . (Для доказательства воспользуйтесь законом полного тока. Обратите внимание на характер изменения модуля вектора напряженности магнитного поля).

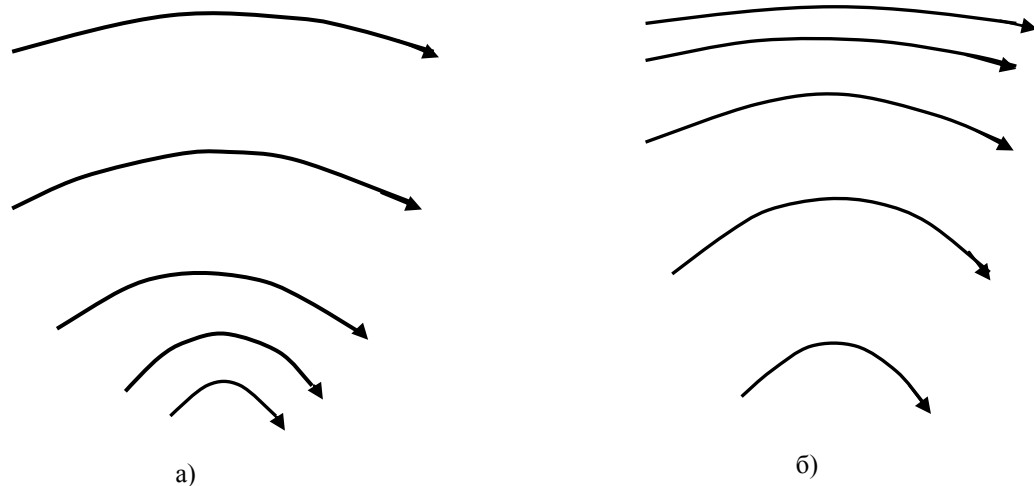


Рисунок Г.3

Г.26 Допустим, что слой толщины  $d$  из магнетика с магнитной проницаемостью  $\mu_1$  помещен в бесконечную однородную среду с магнитной проницаемостью  $\mu_2$  (см. рисунок Г.4), в которой создано однородное магнитное поле  $\vec{B}_0$ , направленное под углом  $\alpha$  к поверхности слоя. Постройте (используя граничные условия) примерную картину силовых линий поля внутри и вне слоя. Поле внутри слоя больше или меньше  $B_0$ ? Возможна ли магнитная экранировка, если  $\mu_1 > \mu_2$ ?

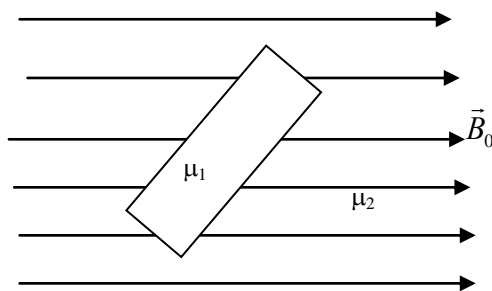


Рисунок Г.4

Г.27 Допустим, что слой толщины  $d$  из магнетика с магнитной проницаемостью  $\mu_1$  помещен в бесконечную однородную среду с магнитной проницаемостью  $\mu_2$  (см. рисунок Г.5), в которой создано однородное магнитное поле  $\vec{B}_0$ , направленное под углом  $\alpha$  к поверхности слоя. Постройте (используя граничные условия) примерную картину силовых линий поля внутри и вне слоя. Поле внутри слоя больше или меньше  $B_0$ ? Возможна ли магнитная экранировка, если  $\mu_1 < \mu_2$ ?

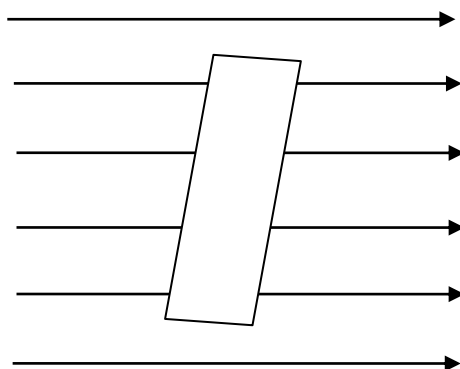


Рисунок Г.5

Г.28 Можно ли утверждать, что в проводящем замкнутом контуре всегда возникает индукционный ток, если: а) контур перемещается в магнитном поле, пересекая линии индукции (привести примеры); б) изменяется поток магнитной индукции, сцепленный с контуром?

Г.29 Плоская проводящая рамка вращается в однородном магнитном поле. Индуцируется ли в рамке ЭДС, если ось вращения: а) параллельна линиям индукции; б) перпендикулярна линиям индукции?

Г.30 На тороидальный железный сердечник надеты катушка и проводящее кольцо. Индуцируется ли ток в кольце, если: а) по обмотке катушки течет постоянный ток, а кольцо перемещается вдоль сердечника; б) по обмотке катушки течет переменный ток, кольцо неподвижно. Магнитное поле катушки считать сосредоточенным в сердечнике.

Г.31 Проводящий контур вынимают из межполюсного пространства электромагнита. Зависит ли от времени перемещения контура: а) количество выделившейся в контуре теплоты; б) заряд, протекший по контуру?

Г.32 Проводящая рамка (см. рисунок Г.6) перемещается в поле бесконечного прямолинейного проводника с током: а) параллельно 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?

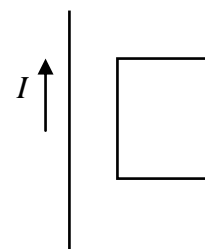


Рисунок Д.6

Г.33 Две одинаковые проводящие квадратные рамки расположены параллельно. Как изменится их взаимная индуктивность, если одну из рамок повернуть на угол  $60^\circ$ ? Положение центра и направление одной из средних линий контура, подвергающегося изменению, сохраняются.

Г.34 В плоскости прямолинейного проводника с током расположена проводящая рамка (см. рисунок Г.6). Ток в проводнике изменяется по закону  $I \sim t^2$ , при этом сила, действующая на рамку,  $F \sim t^k$ . Найти значение  $k$ . Полем тока самоиндукции пренебречь.

Г.35 Как изменится сила, действующая на рамку, в задаче Г.34, если учесть поле тока самоиндукции в рамке?

Г.36 Определить направление силы, действующей на проводящую рамку (рисунок Г.6), если ток в проводе: а) возрастает; б) убывает.

Г.37 Проводящее кольцо (см. рисунок Г.7а) пронизывает магнитный поток, изменяющийся согласно графику (см. рисунок Г.7б). Указать направление индукционного тока в кольце и определить, как изменяется ток.

Г.38 Как изменится взаимная индуктивность двух контуров, находящихся в парамагнитной среде, если среду охладить?

Г.39 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.

Г.40 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?

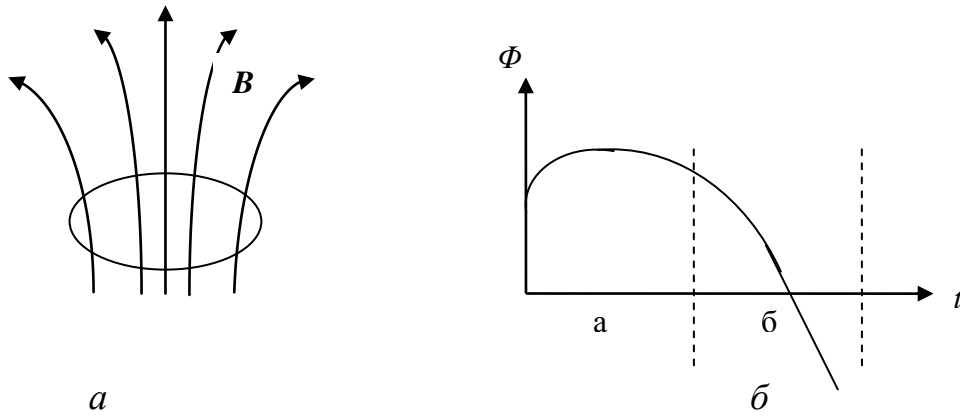


Рисунок Г.7

Г.41 Прямоугольная рамка с подвижной перемычкой  $MN$  находится в постоянном однородном магнитном поле (см. рисунок Г.8). Перемычка равномерно перемещается. Какое поле существует в системе отчета, связанной с перемычкой?

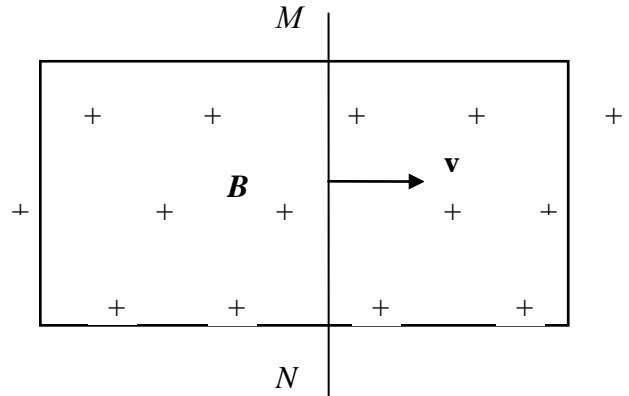


Рисунок Г.8

Г.42 Зависит ли индуктивность тороида с железным сердечником: а) от тока в обмотке; б) от температуры сердечника?

Г.43 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?

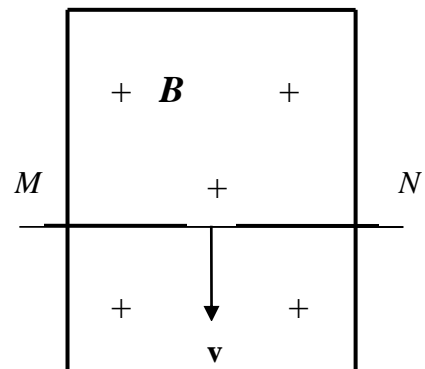


Рисунок Г.9

Г.44 По вертикальной П-образной проводящей раме из состояния покоя соскальзывает стержень  $MN$  (см. рисунок Г.9). Устройство находится в горизонтально направленном однородном магнитном поле индукции  $B$ . Как изменяются скорость и ускорение стержня на начальной стадии движения? Электрическим сопротивлением рамы и полем индукционного тока пренебречь.

Г.45 Два проводящих контура расположены так, что их плоскости параллельны друг другу. По контуру 1 течет ток, направленный по часовой

стрелке. Контуры, сохраняя параллельность своих плоскостей, движутся друг относительно друга. Как направлен индукционный ток в контуре 2, когда контуры сближаются и когда удаляются?

Г.46 Через две одинаковые катушки индуктивности текут токи, спадающие со временем по линейному закону, показанному на рисунке Г.10. В какой из катушек возникающая ЭДС самоиндукции больше? Изменяется ли значение или знаки ЭДС самоиндукции, когда токи, пройдя через нуль, начнут возрастать в противоположном направлении, сохраняя тот же линейный закон?

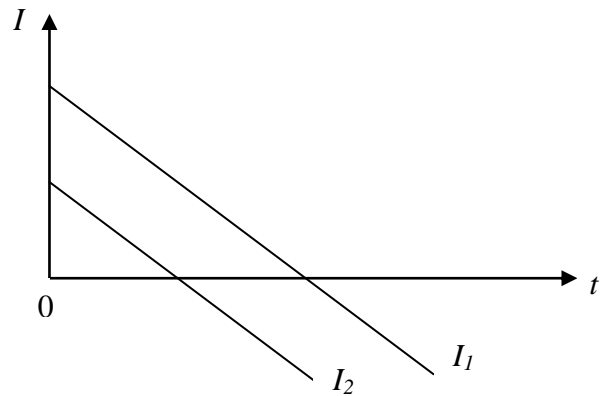


Рисунок Г.10

Г.47 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.

Г.48 Проводящий контур, содержащий конденсатор и подвижную перемычку  $MN$ , находится в однородном магнитном поле индукции  $B$ , направленном перпендикулярно плоскости контура (см. рисунок Г.11). Есть ли ток в контуре, если перемычка движется: а) равномерно; б) ускоренно? Активное сопротивление цепи пренебрежимо мало.

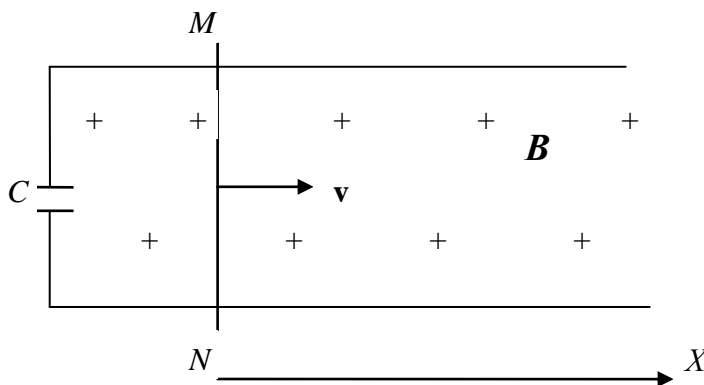


Рисунок Г.11

Г.49 Пусть перемычка  $MN$  в ситуации, описанной в задаче Г.48, перемещается согласно закону  $x \sim t^4$ . При этом зависимость индукционного тока от времени выражается степенной функцией  $I \sim t^n$ . Найти значение  $n$ .

Г.50 По круговому контуру 1, радиус которого  $R$ , течет ток. Другой контур 2, радиус которого значительно меньше  $R$ , движется с постоянной скоростью  $v$  вдоль оси  $OZ$  так, что плоскости контуров остаются все время параллельными друг другу (см. рисунок Г.12). На каком расстоянии  $z$  от контура 1 ЭДС индукции, возникающая в контуре 2, может иметь максимальное значение?

Г.51 Два медных кольца с равными массами и диаметрами  $d_1$  и  $d_2$  ( $d_2 > d_1$ ) находятся в однородном магнитном поле, индукция которого изменяется во времени. Плоскости колец перпендикулярны линиям индукции поля. Сравнить в один и тот же момент времени: а) ЭДС индукции; б) индукционные токи в кольцах.

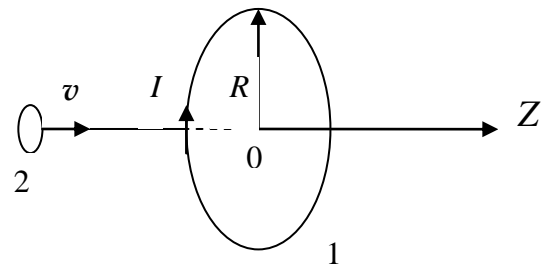


Рисунок Г.12

Г.52 Как изменится взаимная индуктивность контуров (см. рисунок Г.13), если малое кольцо: а) повернуть на  $30^\circ$  относительно оси, лежащей в плоскости рисунка; б) сместить поступательно перпендикулярно плоскости большого кольца?

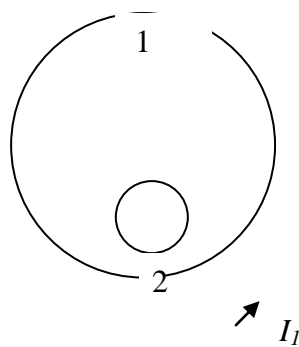


Рисунок Г.13

Г.53 Ток в обмотке тороида с железным сердечником удвоили. Верно ли, что при этом:

- а) индукция магнитного поля внутри соленоида удвоилась; б) энергия магнитного поля, заключенная в соленоиде, увеличилась вчетверо; в) индуктивность не изменилась?



### 3 Расчетно-графическая работа №2. Модуль 2. «Колебания и волны»

**Цель расчетно-графической работы №2:** изучать параллельно механические и электрические колебания и волны, обращая внимание на их сходство и различие, характеристики и уравнения. Усвоить графический метод представления гармонического колебания с помощью вращающегося вектора амплитуды.

Расчетно-графическая работа предусматривает решение четырех заданий: задания А, задания Б, задания В, задания Д.

Варианты заданий Д приведены в таблице 2.

Таблица 2

Уровен	Вариан	Задания А	Задания Б	Задания В	Задания Д
А	1	6.2, 6.14, 6.67	12.4, 12.30	7.21, 7.39	2
	2	6.1, 6.15, 6.68	12.2, 12.31	7.34, 7.40	1
	3	6.12, 6.16, 6.69	12.3, 12.32	7.26, 7.41	6
	4	6.10, 6.17, 6.70	12.1, 12.33	7.37, 7.42	5
	5	6.9, 6.30, 7.37	12.5, 12.34	7.38, 7.48	7
	6	6.8, 6.32, 7.38	12.6, 12.35, 12.61	7.1	11
	7	6.6, 6.33, 7.39	12.9, 12.36, 12.62	7.2	21
	8	6.5, 6.34, 7.40	12.12, 12.37, 12.63	7.3	22
	9	6.7, 6.35, 7.1	12.16, 12.38, 12.64	7.4	26
	10	6.13, 6.36, 7.4	12.15, 12.39, 12.56	7.5	23
В	11	6.3, 6.56, 7.20	12.7, 12.40	7.13, 7.25	3
	12	6.4, 6.57, 7.2	12.8, 12.41	7.14, 7.27	4
	13	6.27, 6.58, 7.3	12.10, 12.42	7.15, 7.28	8
	14	6.26, 6.59, 7.21	12.11, 12.43	7.6, 7.29	9
	15	6.25, 6.60, 7.5	12.13, 12.44	7.7, 7.30	10
	16	6.24, 6.61, 7.6	12.14, 12.45	7.8, 7.31	12
	17	6.23, 6.62, 7.7	12.17, 12.46	7.9, 7.32	13
	18	6.22, 6.63, 7.8	12.18, 12.47	7.10, 7.33	16
	19	6.21, 6.64, 7.9	12.19, 12.48	7.11, 7.35	17
	20	6.20, 6.58, 7.10	12.20, 12.51	7.12, 7.36	18
	21	6.19, 6.72, 7.11	12.21, 12.50	7.16, 7.29	25
	22	6.18, 6.73, 7.16	12.24, 12.57	7.17, 7.25	21
С	23	6.28, 6.74, 7.17	12.22, 12.49	7.18, 7.44	14
	24	6.29, 6.75, 7.18	12.28, 12.52	7.19, 7.49	15
	25	6.11, 6.71, 7.19	12.29, 12.53	7.20, 7.43	19
	26	6.31, 6.66, 7.25	12.25, 12.54	7.23, 7.45	24

27	6.43, 6.65, 7.26	12.26, 12.55	7.24, 7.50	27
----	------------------	--------------	------------	----

Задания А даны в литературе: Чертов А.Г., Воробьев А.А. «Задачник по физике». - М., 2006.

Задания В даны в литературе: Волькенштейн В.С. «Сборник задач по общему курсу физики».- М., 2003.

Задания С даны в литературе: Задания к практическим занятиям. Физика /Под ред. Ж.П. Лагутиной/. В электронном варианте.

Задания Д даны ниже:

Д.1 Приведите примеры колебательных систем в повседневной жизни. В каких случаях совершаются гармонические или близкие к ним колебания?

Д.2 Сравните формулы для  $x$ ,  $v$  и  $a$  при равноускоренном прямолинейном движении и соответствующие формулы для гармонических колебаний. В чем сходство и различие между ними?

Д.3 Если частица совершает гармонические колебания с амплитудой  $A$ , то какое расстояние она проходит за один период?

Д.4 Реальные пружины обладают массой. Как будут отличаться истинный период колебаний и их частота от значений, полученных для груза, колеблющегося на конце безмассовой пружины?

Д.5 Могут ли в какой-то момент совпасть направление векторов смещения и скорости простого гармонического осциллятора? А направления векторов смещения и ускорения?

Д.6 На рисунке Д.1 приведены зависимости смещения от времени двух складываемых гармонических колебаний. Запишите их уравнения и уравнение результирующего колебания, постройте его график.

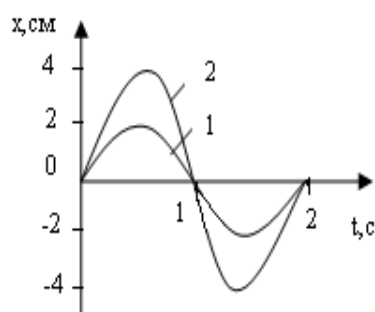


Рисунок Д.1

Д.7 Чему равна начальная фаза  $\varphi$  в выражении  $x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$ , если при  $t=0$  смещение колеблющейся частицы равно  $x = A/2$ ?

Д.8 Если формула  $F = -kx$  применима к силам упругости в твердом теле, то что можно сказать о силах, действующих между молекулами твердого тела?

Д.9 Тело массой  $m$  подвешено на конце пружины, имеющей жесткость  $k$ . Пружину разрезали пополам и подвесили к ней то же тело. Во сколько раз изменилась частота колебаний?

Д.10 Два тела с одинаковыми массами подвешены к двум одинаковым пружинам. Тела оттягивают вниз - одно на 10 см, другое на 20 см и затем одновременно отпускают. Какое из них первым пройдет положение равновесия?

Д.11 Рыбу массой 10 кг прицепили к крючку пружинного безмена и отпустили. Опишите показания весов как функцию времени.

Д.12 Является ли движение поршня в автомобильном двигателе гармоническим колебанием? Объясните.

Д.13 Если маятниковые часы идут точно на уровне моря, то будут ли они спешить или отставать, если их поднять на гору?

Д.14 Согласно 
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \left( 1 + \frac{1}{2^2} \sin^2 x^2 \frac{\theta_M}{2} + \frac{1}{2^2} \frac{3^2}{4^2} \sin^4 x^2 \frac{\theta_M}{2} + \dots \right),$$

с увеличением амплитуды период колебаний маятника возрастает. Где  $\theta_M$  - максимальное угловое смещение маятника. Какие физические причины обуславливают это?

Д.15 Можно ли ожидать, что формула:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \left( 1 + \frac{1}{2^2} \sin^2 x^2 \frac{\theta_M}{2} + \frac{1}{2^2} \frac{3^2}{4^2} \sin^4 x^2 \frac{\theta_M}{2} + \dots \right),$$

справедлива для математического маятника при  $0 > 90^\circ$ ? Объясните.

Д.16 Если удвоить амплитуду колебаний гармонического осциллятора, то как изменяются его частота, максимальная скорость, максимальное ускорение и полная механическая энергия?

Д.17 По графику (см. рисунок Д.2) запишите уравнения гармонических колебаний, определите максимальные скорости и ускорения. Можно ли определить начальные фазы колебаний?

Д.18 На рисунке Д.3 приведены зависимости смещения от времени двух складываемых колебаний. Запишите их уравнения, уравнение результирующего колебания, постройте его график.

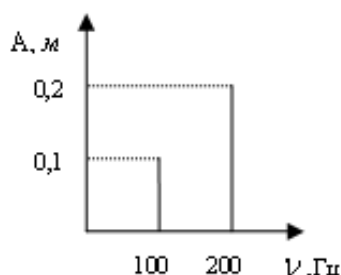


Рисунок Д.2

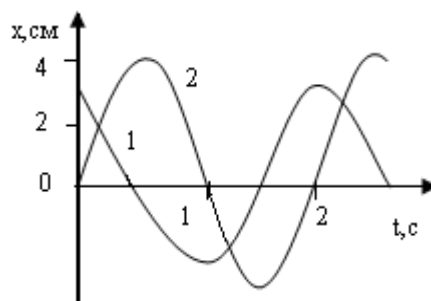


Рисунок Д.3

Д.19 Тонкий однородный стержень массой  $m$  подвешен за один конец и качается с частотой  $\nu$ . Если к свободному концу прикрепить маленький шарик массой  $2m$ , то как изменится частота колебаний? Объясните.

Д.20 Обращается ли в нуль в какой-то момент времени ускорение гармонического осциллятора? Когда именно? А в случае затухающих колебаний?

Д.21 Камертон с собственной частотой 264 Гц стоит на столе в передней части комнаты. В задней части комнаты стоят два камертона – один с собственной частотой 260 Гц, а другой с собственной частотой 420 Гц. При возбуждении первого камертона камертон на 260 Гц тоже начинает звучать, а камертон с собственной частотой 420 Гц не отзывается. Объясните, почему.

Д.22 Приведите несколько примеров резонанса из повседневной жизни.

Д.23 Может ли дребезжание автомобиля быть связано с резонансом? Объясните.

Д.24 При строительстве зданий в наши дни стараются использовать все более легкие материалы. Как это влияет на собственные частоты колебаний строительных конструкций и на возможные резонансные явления, когда близко проходят грузовики, поезда или действуют другие источники вибраций?

Д.25 Запишите уравнение, описывающее движение пружины, если известно, что когда ее растягивают на 20 см от положения равновесия и отпускают, она колеблется с периодом 1,5 с?

Д.26 Качели с ребенком отвели высоко вверх, отпустили и в дальнейшем не подталкивали. Как будет меняться частота качаний со временем?

Д.27 Опишите возможное движение твердого тела, закрепленного таким образом, что оно может вращаться относительно своего центра тяжести. Является ли это тело физическим маятником?

#### 4 Расчетно-графическая работа №3. Модуль 3. «Квантовая физика»

**Цель расчетно-графической работы №3:** изучить основные закономерности теплового излучения, эффекта Комптона, фотоэффекта, свойств и характеристик фотона, корпускулярно-волнового дуализма электромагнитного излучения и вещества. Обратить внимание на физический смысл соотношений неопределенностей как квантового ограничения применимости понятий классической механики, необходимости задания состояния частицы с помощью волновой функций.

Расчетно-графическая работа предусматривает решение трех заданий: задания А, задания В, задания С.

Вариант заданий приведены в таблице 3.

Таблица 3

Уровень	Вариант	Задания А	Задания В	Задания С
А	1	50.1, 50.40, 50.68	25.15	9
	2	50.2, 50.14, 50.69	25.9	5
	3	50.5, 50.13, 51.1	25.16	1
	4	50.12, 50.20, 51.2	25.12	2
	5	50.4, 50.19, 51.3	25.10	11
	6	50.6, 50.26, 51.4	25.11	12
	7	50.3, 50.25, 51.5	25.7	16
	8	50.8, 50.24, 51.6	25.6	17
	9	50.9, 50.23, 51.9	25.5	18
	10	50.10, 50.22, 51.13	25.3	25
В	11	50.64, 50.49, 51.9	25.4	3
	12	50.65, 50.50, 51.10	25.8	4
	13	50.66, 50.44, 51.11	25.13	6
	14	50.18, 50.38, 51.12	25.17	7
	15	50.4, 50.39, 51.13	25.18	8
	16	50.7, 50.40, 51.14	25.45	10
	17	50.27, 50.41, 50.72, 51.15		13
	18	50.71, 50.42, 51.16	25.46	14
	19	50.70, 50.43, 50.74, 51.17		15
	20	50.17, 50.44, 51.18	25.48	27
	21	50.15, 50.41, 50.76, 51.19		19
	22	50.16, 50.46, 50.77, 51.20		24
С	23	50.30, 50.47, 50.78	25.47	22
	24	50.31, 50.48, 50.79	25.49	23
	25	50.35, 50.45, 50.80, 51.22		26

26	50.36, 50.47, 50.81, 51.23		20
27	50.34, 50.48, 50.82, 51.20		21

Задания А даны в литературе: Чертов А.Г., Воробьев А.А. «Задачник по физике». - М., 2006.

Задания В даны в литературе: Задания к практическим занятиям. Физика /Под ред. Ж.П. Лагутиной/ В электронном варианте.

Задания С даны ниже:

С.1 В чем состоит принципиальное отличие квантовой и классической статистик? Сформулируйте основную задачу квантовой статистики.

С.2 В чем состоит особенность энергетического спектра электронов в кристаллах с точки зрения зонной теории? Опишите структуру спектра. Изобразите схематически энергетические спектры металла, диэлектрика, чистого полупроводника.

С.3 Зависимость логарифма проводимости от  $1/T$  (где  $T$  – температура) для двух полупроводников представлена на рисунке С.1. У какого из этих полупроводников запрещенная зона между валентной зоной и зоной проводимости шире?

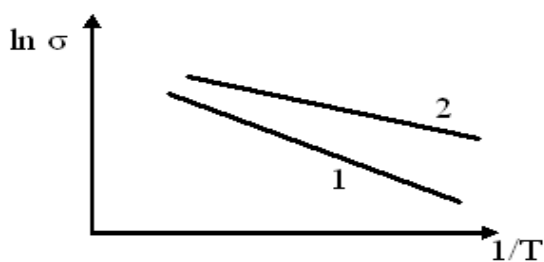


Рисунок С.1

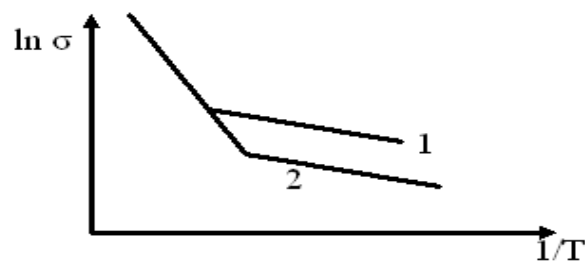


Рисунок С.2

С.4 Зависимость электрической проводимости двух полупроводников от  $1/T$  имеет вид, схематически представленный на рисунке С.2. Чем отличаются друг от друга эти полупроводники?

С.5 Примесная проводимость. Роль примесей. Приведите примеры образования примесных полупроводников р- и n-типов в рамках зонной теории.

С.6 Объясните, чем отличаются друг от друга температурные зависимости электропроводности металлов и собственных полупроводников. Поясните ответ формулами и графиками.

С.5 Рассмотрите механизм внутреннего фотоэффекта в полупроводниках. От чего зависит концентрация фотоносителей тока? Где используется явление внутреннего фотоэффекта?

С.8 В чем отличие красной границы внутреннего фотоэффекта для собственных и примесных полупроводников? Приведите схемы энергетических спектров электронов для этих полупроводников. Запишите

формулы, позволяющие определить красную границу внутреннего фотоэффекта.

С.9 Фотосопротивление. Принцип работы фотосопротивлений и область их применения.

С.10 При каком включении внешнего напряжения  $p$ - $n$ -переход оказывается «запертым»? Почему и в этом случае ток не равен нулю? Какими носителям этот ток обусловлен?

С.11 Сравните формулу удельной проводимости металлов в классической и квантовой теории. В чем состоит их глубокое принципиальное различие, несмотря на их математическое сходство?

С.12 Постройте и объясните кривую распределения фермионов по энергиям при абсолютном нуле температуры  $T = 0$ . Изобразите схематически соответствующий энергетический спектр электронов в металле, объясните результаты. Дайте физический смысл энергии Ферми.

С.13 Оцените скорость движения электронов, находящихся на уровне Ферми. Почему в квантовой теории проводимости металлов в отличие от классической теории принята независимость скорости беспорядочного движения электронов от температуры?

С.14 Постройте и объясните кривую распределения фермионов по энергиям при температуре  $T > 0$ . Изобразите схематически соответствующий энергетический спектр электронов в металле, объясните результаты. Дайте определение работы выхода электрона из металла согласно квантовой теории.

С.15 Объясните с точки зрения зонной теории, почему двухвалентные металлы (алюминий, медь, бериллий и др.) являются хорошими проводниками, хотя их валентные зоны полностью заполнены? Покажите схематически структуру электронного энергетического спектра этих металлов.

С.16 Покажите расположение уровня Ферми в собственных и примесных полупроводниках. Объясните причину имеющихся различий.

С.17 Можно ли применить статистику Больцмана к электронам: а) в металле; б) в полупроводнике? При каких условиях? Получите распределение Больцмана, пользуясь функцией распределения Ферми.

С.18 Что такое  $p$ - $n$  – переход? Его свойства. Приведите и поясните график вольт-амперной характеристики  $p$ - $n$  – перехода.

С.19 Рассмотрите образование зонной структуры энергетического спектра твердых тел как квантово-механического эффекта. Объясните, от чего зависит ширина *запрещенной зоны*, ширина и число энергетических уровней в разрешенных зонах.

С.20 Проанализируйте, как зависит от температуры электропроводность: а) собственных полупроводников; б) примесных полупроводников. Обоснуйте ответ, укажите условия применения примесных полупроводников.

С.21 Объясните согласно зонной теории механизм возникновения внешней и внутренней *контактной разности потенциалов* двух металлов.

С.22 Вычислите вероятность заполнения электронами энергетического уровня  $W$  для случая  $W - W_F \ll kT$ , пользуясь статистикой Ферми-Дирака и статистикой Больцмана. Обсудите полученный результат.

С.23 На рисунке С.3 показана полученная экспериментально зависимость логарифма проводимости  $\sigma$  от величины, обратной температуре ( $T, \text{кК}$ ) для некоторого полупроводника  $n$  типа. Определите из данных графика ширину запрещенной энергетической зоны полупроводника и энергию активации донорных уровней.

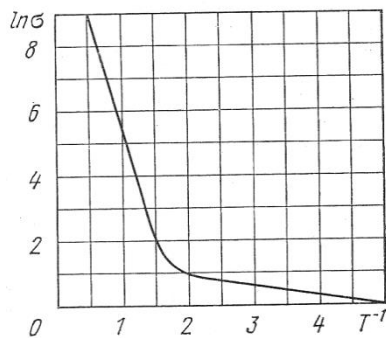


Рисунок С.3

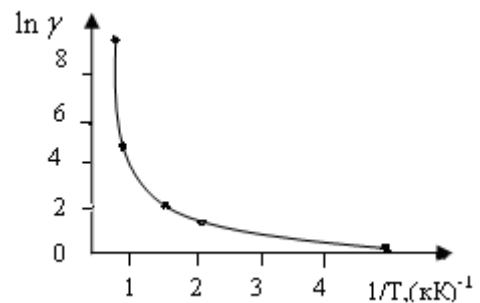


Рисунок С.4

С.24 Что собой представляют светодиоды? Чем определяется цвет излучения светодиода? Какова эффективность преобразования в них электрической энергии в видимый свет?

С.25 Уровень Ферми. Почему уровень Ферми в собственном полупроводнике расположен в середине запрещенной зоны?

С.26 На рисунке С.4 приведен график зависимости удельной электропроводности  $\gamma$  примесного полупроводника  $n$ -типа от обратной температуры  $1/T$  ( $T, \text{кК}$ ). Определите области температур для собственного и примесного полупроводников. Найдите ширину запрещенной зоны полупроводника  $\Delta W$  и ширину энергетического зазора между донорными уровнями и зонной проводимости  $\Delta W_d$ .

С.27 Что такое фотопроводимость? Как зависит фотопроводимость от времени после включения и выключения света? Объясните.



## 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, 2012.- 450 с.
8. Физика. Задания к практическим занятиям. Под ред. Ж.П. Лагутиной. Высшая школа. В электронном варианте.
9. Трофимова Т.И. Физика 500 основных законов и формул: справочник.- М., 2000.- 64 с.

## Содержание

Введение	3
1 Общие требования к выполнению и оформлению заданий РГР	3
1.1 Методические указания по выполнению заданий РГР	3
1.2 Общие требования к оформлению расчетно-графических работ	4
1.3 Примеры решения и оформления задач	5
2 Расчетно-графическая работа №1. Модуль 1.«Электромагнетизм. Электромагнитная индукция»	7
3 Расчетно-графическая работа №2. Модуль 2. «Колебания и волны»	17
4 Расчетно-графическая работа №3. Модуль 3. «Квантовая физика»	21
Список литературы	25

Мейрамгуль Тулеубековна Кызгарина  
Гулсара Атеекеевна Мамырбаева

## СПЕЦИАЛЬНЫЕ ГЛАВЫ ФИЗИКИ

Методические указания по выполнению расчетно-графических работ  
для студентов 5B070300 - Информационные системы

Редактор Н.М.Голева

Специалист по стандартизации: Н.К. Молдабекова

Подписано к печати

Тираж 25 экз.

Объем 1,6 уч. – изд.л.

Формат 60×84 1/16

Бумага типографская № 1

Заказ \_\_\_ цена 800 тенге.

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