

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Комин Андрей Эдуардович  
Должность: ректор  
Дата подписания: 07.01.2021 21:04:22  
Уникальный программный ключ:  
f6c6d686f0c899fdf76a1ed8b448452ab8cac6fb1af6547b6d40cdf1bdc60ae2

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

ФГОУ ВПО

«Приморская государственная сельскохозяйственная академия»

**Институт землеустройства и агротехнологий**

Кафедра физики и высшей

математики

**ФИЗИКА**

Часть 2

Электромагнетизм. Оптика. Атомная и ядерная физика

Методические указания для практических занятий по дисциплине  
(модулю) и самостоятельной работы для обучающихся по направлениям  
подготовки: 20.03.02 «Природообустройство и водопользование», 21.03.02  
«Землеустройство и кадастры», 35.03.06 «Агроинженерия»

Уссурийск, 2016

Составитель: Ивкина Т. Ю., старший преподаватель кафедры физики и высшей математики.

Физика. Часть 2. Электромагнетизм. Оптика. Атомная и ядерная физика: методические указания для практических занятий по дисциплине (модулю) и самостоятельной работы для обучающихся по направлениям подготовки: 20.03.02 «Природообустройство и водопользование», 21.03.02 «Землеустройство и кадастры», 35.03.06 «Агроинженерия» [Электронный ресурс]: / Т.Ю. Ивкина; ФГБОУ ВПО ПГСХА. - Электрон. текст дан. - Уссурийск; ПГСХА, 2015.- 63 с. - Режим доступа: [www.de.primacad.ru](http://www.de.primacad.ru).

Рецензент: к.т.н., доцент кафедры физики и высшей математики  
Корнилов В.С.

Печатается по решению методического совета ФГОУ ВПО  
«Приморская государственная сельскохозяйственная академия»

# Содержание

Введение.....	4
Методические указания к решению задач.....	5
<b>Раздел 1. Электричество и магнетизм.....</b>	<b>6</b>
Тема 1: « Электрическое поле. Закон Кулона. Напряженность и потенциал электростатического поля».....	6
Тема 2: « Постоянный ток. Правила Кирхгофа».....	13
Тема 3: « магнитное поле. Закон Био- Савара- Лапласа. Сила Ампера. Сила Лоренца».....	19
<b>Раздел 2: Оптика.....</b>	<b>26</b>
Тема 1: « Волновые свойства света. Интерференция. Дифракция. Поляризация» .....	26
Тема 2: « Квантовые свойства света. Тепловые излучения. Фотоэффект».....	33
<b>Раздел 3: Атомная и ядерная физика. ....</b>	<b>38</b>
Тема 1: « Основы физики атома. Теорема атома водорода по Бору».....	38
Тема 2: « Строение ядра. Энергия связи ядра. Дефект массы ядра. Явление радиоактивности».....	43
Подготовка к контрольной работе № 2. ....	48
Приложения. ....	59
Литература. ....	62

## ВВЕДЕНИЕ

При изучении курса физики большое значение имеет практическое применение теоретических знаний, главное из которых – умение решать задачи. Решение физических задач способствует приобщению студентов к самостоятельной творческой работе, учит анализировать изучаемые явления, выделять главные факторы, обуславливающие то или иное явление.

Цель издания – формировать навыки работы над задачами, на примере решения задач показать связь физики с другими отраслями знания и производством.

Данные методические указания предназначены для решения задач по разделам «Механика», «Молекулярная физика и термодинамика» и содержат 6 тем. Все темы построены по одной схеме: вопросы теории; тестовые задания для самоконтроля студентов при подготовке к практическим занятиям; примеры решения задач; задачи для решения в аудитории и домашнее задание.

Кроме этого предусмотрена помощь студентам в подготовке к контрольной работе по указанным разделам. В конце методических указаний предлагается решить примерный вариант контрольной работы, основываясь на приведенном образце решения подобного варианта.

Значком \* обозначены задания повышенной сложности. Задания этого уровня могут быть использованы для работы со студентами, проявляющими повышенный интерес к физике.

## Методические указания к решению задач

Решение задачи необходимо начинать с ее анализа.

Практически любая задача по физике содержит описание одного или нескольких процессов (или состояний). Поэтому, прежде всего, следует, как правило, выяснить, что является объектом изучения. Далее необходимо выявить какие тела или системы охватывают исследуемый процесс, какие величины его определяют и т.п. Только после этого можно установить, каким физическим законам подчиняются описываемые явления.

При решении задач следует руководствоваться следующими правилами.

- Внимательно прочитать условие задачи и записать его кратко в принятом стандартном буквенном обозначении. Величины, приведенные в условии задачи, выразить в системе единиц СИ.
- Проведя анализ задачи, выписать формулы и законы, на основании которых следует производить решение задачи.
- Если это необходимо, сделать схематический чертеж (рисунок, график, схему), поясняющий содержание задачи. Например, изобразить тело с приложенными к нему силами.
- Решить задачу в общем (буквенном) виде. В большинстве случаев решение сводится к составлению алгебраических уравнений, отражающих заданный физический процесс. Ответ, полученный в общем виде, позволяет сделать анализ решения при изменении исходных данных.
- Произвести вычисления, подставив в расчетную формулу числовые значения величин, приведенных в условии задачи. При этом необходимо руководствоваться правилами действия с приближенными числами.

- Получив численный ответ, проанализировать результат и оценить его правдоподобность.

## Раздел 1. Электричество и магнетизм

### Тема 1: «Электрическое поле. Закон Кулона.

#### *Напряженность и потенциал электростатического поля»*

##### Теоретический минимум.

1. Электрический заряд. Закон Кулона.
2. Электрическое поле. Его напряженность. Линии напряженности.
3. Принцип суперпозиции электростатических полей.
4. Теорема Остроградского-Гаусса.
5. Потенциал электростатического поля.
6. Зависимость между напряженностью и потенциалом.
7. Энергия электрического поля.
8. Электроёмкость. Конденсатор.

##### Вопросы для самоконтроля.

1. Сила взаимодействия двух точечных зарядов определяется:
  - а) Законом Кулона;
  - б) Напряженностью электрического поля;
  - в) Потенциалом электрического поля;
  - г) Потокотом напряженности.
2. Два точечных заряда  $q_1=1\text{Кл}$  и  $q_2=2\text{Кл}$  находятся на расстоянии 1м друг от друга. Тогда кулоновская сила их взаимодействия равна:
  - а)  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ ;
  - б)  $\frac{1}{2\pi\epsilon_0}$ ;
  - в)  $\frac{1}{\pi\epsilon_0}$ ;
  - г)  $\frac{2}{\pi\epsilon_0}$ .

3. Электростатическое поле действует на помещенный в него пробный заряд величиной 2Кл с силой 4Н. Тогда напряженность поля в точке, где находится пробный заряд, равен:

а) 8 В/м; б) 2 В/м; в)  $1/2$  В/м; г) 16 В/м.

4. Электрическое поле создано точечным зарядом  $q$ . Вектор напряженности поля в точки А ориентирован в направлении:

а) 1; в) 3;

б) 2; г) 4.

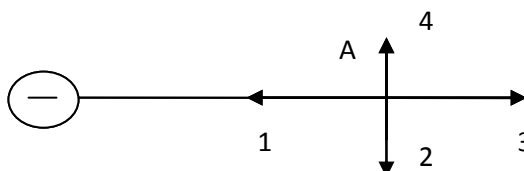
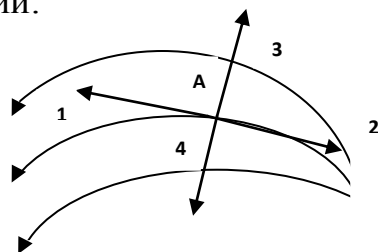


Рис. 1

5. Электростатическое поле изображено с помощью линий напряженности. Вектор напряженности в точке А ориентирован в направлении:



а) 1;

б) 2;

в) 3;

г) 4.

Рис. 2

6. Какой знак имеет заряд, изображенный на рис. 3?

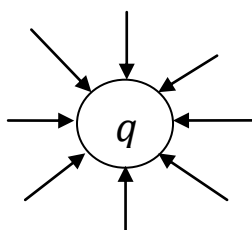


Рис. 3

7. Согласно принципу суперпозиции электростатических полей:

а)  $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ ;    в)  $\Phi_E = \frac{q}{\epsilon_0}$ ;

б)  $\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$ ;    г)  $\Phi_E = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_{i=1}^n q_i$ .

8. Замкнутая поверхность охватывает  $n$  зарядов. Если число охватываемых зарядов увеличить, то поток напряженности сквозь эту поверхность:

- а) увеличится
- б) уменьшится
- в) не изменится.

Как изменится поток напряженности, если поместить заряды за пределами пространства, окруженного этой поверхностью?

9. Потенциальная энергия пробного заряда 2Кл в некоторой точке электрического поля равна 12 Дж. Потенциал поля в этой точке равен:

- а) 6 В;    б) 24 В;    в) 4 В;    г) 3 В.

10. Линии напряженности направлены в сторону:

- а) возрастания потенциала;
- б) убывания потенциала;
- в) не зависит от потенциала.

11. Поле, характеристики которого имеют одинаковое значение во всех точках, называется:

- а) статичным;
- б) однородным;
- в) изолированным;
- г) электрическим.

### **Примеры решения задач.**

**Пример 1.** Два заряда  $q_1=9$  нКл и  $q_2=-7$  нКл расположены в вершинах равностороннего треугольника со стороной 20 см. Определить напряженность и потенциал электрического поля в третьей вершине треугольника.



**Решение:** 1) По принципу суперпозиции электростатических полей напряженность электрического поля в точке А равна геометрической (т.е. векторной) сумме напряженностей  $\vec{E}_1$  и  $\vec{E}_2$  полей, создаваемых зарядами  $q_1$  и  $q_2$  соответственно:

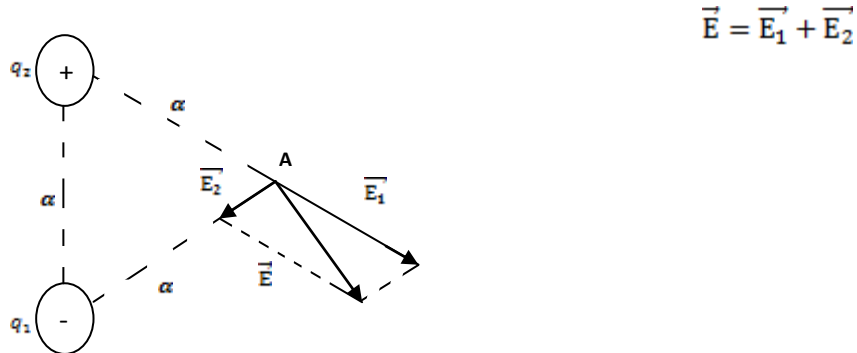


Рис.4

Модуль результирующей напряженности может быть найден по теореме косинусов как диагональ параллелограмма, построенного на векторах  $\vec{E}_1$  и  $\vec{E}_2$  (рис.4)

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 - 2E_1 * E_2 * \cos \alpha} \quad (1)$$

Напряженность электрического поля точечного заряда определяется по формуле:

$$E = \frac{q}{4\pi \epsilon_0 \epsilon r^2} \quad (2)$$

Так как  $r=r_1=r_2 = a$ , то имеем:

$$E_1 = \frac{q_1}{4\pi \epsilon_0 \epsilon a^2} \quad E_2 = \frac{q_2}{4\pi \epsilon_0 \epsilon a^2} \quad (3)$$

Поскольку  $\alpha=120^\circ$ , преобразуем:

$$\cos 120^\circ = \cos(180^\circ - 60^\circ) = -\cos 60^\circ = -\frac{1}{2} \quad (4)$$

С учетом (3) и (4) формула (1) примет вид:

$$E = \frac{1}{4\pi \epsilon_0 \epsilon a^2} \sqrt{q_1^2 + q_2^2 + q_1 * q_2} \quad (5)$$

Подставив в формулу (5) числовые данные, вычислим:

$$E = \frac{1}{4 * 3,14 * 8,85 * 10^{-12} * 1 * 0,2^2} \sqrt{(9 * 10^{-9})^2 + (7 * 10^{-9})^2 + 9 * 10^{-9} * 7 * 10^{-9}} =$$

$$= 3,12 * 10^3 \frac{\text{В}}{\text{м}} = 3,12 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$$

2) Потенциал электрического поля в точке А равен алгебраической сумме потенциалов  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  полей, создаваемых зарядами  $q_1$  и  $q_2$  соответственно:

$$\gamma = \gamma_1 + \gamma_2 \quad (6)$$

Потенциал поля точечного заряда определяется по формуле:

$$\gamma = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r} \quad (7)$$

Подставив (7) в (6) и учитывая, что  $r_1 = r_2 = a$ , получим:

$$\gamma = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon a} * (q_1 + q_2)$$

Вычислим:

$$\gamma = \frac{10^{-9}(9-7)}{4 * 3,14 * 8,85 * 10^{-12} * 1 * 0,2} = 90 \text{ В}$$

**Пример 2.** Точечный заряд  $10^{-8}$  Кл находится на расстоянии 0,5 м от бесконечно протяженной плоскости, равномерно заряженной с поверхностной плотностью заряда  $4 * 10^{-5} \frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}$ . Какую работу надо совершить, чтобы сблизить их до расстояния 0,2 м.

**Решение:** Работа сил электрического поля определяется по формуле:

$$A = q(\gamma_1 - \gamma_2) \quad (1)$$

В нашем случае поле плоскости однородное. Потенциал однородного электрического поля с напряженностью  $E$  определяется по формуле:

$$\gamma = E * r \quad (2)$$

Напряженность поля заряженной плоскости равна:

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon} \quad (3)$$

Тогда, подставив (2) и (3) в (1), получим:

$$A = q * E * (r_1 - r_2) = \frac{q\sigma}{2\epsilon_0\epsilon} (r_1 - r_2)$$

Вычислим:

$$A = \frac{10^{-8} * 4 * 10^{-5} * (0,5 - 0,2)}{2 * 8,85 * 10^{-12}} = 6,8 * 10^{-3} \text{ Дж} = 6,8 \text{ мДж}$$

### Задачи для решения в аудитории.

1. Расстояние между протоном и электроном в атоме водорода равно  $5,3 * 10^{-11}$  м. Найти силу электростатического притяжения между ними.

Ответ:  $4 * 10^{-12}$  Н.

2. Два заряда  $1,1 * 10$  Кл и  $4,4 * 10^{-9}$  Кл находятся на расстоянии 12 см от друга. Где надо поместить третий заряд, чтобы он находился в равновесии?

Ответ: на расстоянии 4 см от первого заряда, на прямой, соединяющий заряды.

3. Расстояние между двумя точечными зарядами  $10^{-8}$  Кл и  $-5 * 10^{-8}$  Кл равно 10 см. Определить напряженность поля зарядов в точке, лежащей на прямой, соединяющей заряды, удаленной на 8 см. от первого заряда.

Ответ:  $1,1 * 10^6 \frac{\text{В}}{\text{м}}$

4. Два точечных одноименных заряда по  $2,7 * 10^{-8}$  Кл находятся в воздухе на расстоянии 5 см. друг от друга. Определите напряженность и потенциал поля, создаваемого этими зарядами, в точке, удаленной на расстоянии 3 см. от первого заряда и 4 см. от второго.

Ответ:  $3,1 * 10^5 \frac{\text{В}}{\text{м}}$

5. Определить работу по перемещению заряда  $10^{-8}$  Кл в электрическом поле между двумя точками, находящимися на расстояниях 10 и 20 см. от заряда  $10^{-7}$  Кл.

Ответ:  $4,5 * 10^{-5}$  Дж

6. Шарик массой 1 г. и зарядом  $10^{-8}$  Кл перемещается из точки А, потенциал которой равен 600 В., в точку В, потенциал в которой равен нулю. Чему была равна его скорость в точке А, если в точке В она стала равной  $20 \text{ см/с}$ ?

Ответ:  $2 * 10^{-3} \frac{м}{с}$

7. Электрическое поле создается прямой нитью, заряженной равномерно с линейной плотностью  $\rho = 5 * 10^{-9} \frac{Кл}{м}$ . Определите числовое значение и направление градиента потенциала в точке на расстоянии 0,5 м. от нити.

Ответ:  $1,8 * 10^{-2} \frac{В}{м}$ ; направлен к нити.

8. Определите расстояние между пластинами плоского конденсатора, если между ними приложена разность потенциалов 150 В, площадь каждой пластины  $100 \text{ см}^2$ , ее заряд 10 нКл. Диэлектриком служит Слюда ( $\epsilon = 7$ )

Ответ: 9,29 мм.

9. Как изменится энергия плоского конденсатора, если расстояние между пластинами увеличить в 2 раза?

Ответ: увеличится в 2 раза.

### Домашнее задание.

1. Два одинаковых положительных заряда 0,1 мкКл находятся на расстоянии 8 см. друг от друга. Определите напряженность поля в точке, находящейся на середине отрезка, соединяющего заряды.

Ответ: 0

2. Два точечных заряда по  $10^{-7} \text{ Кл}$  каждый расположены на расстоянии 10 см. друг от друга. Определить напряженность и потенциал поля в точке, удаленной на 10 см. от каждого заряда.

Ответ:  $1,6 * 10^5 \frac{В}{м}$ ;  $1,8 * 10^4 \text{ В}$ .

3. Какую скорость приобретает электрон, пройдя разность потенциалов, равную 5 В?

Ответ:  $1,33 * 10^6 \frac{м}{с}$

4. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено стеклом ( $\epsilon = 7$ ). Расстояние между пластинами  $d = 5 \text{ мм}$ , разность

потенциалов 1 кВ. Определите: 1) напряженность поля в стекле;  
2) поверхностную плотность заряда на пластинах конденсатора.  
Ответ:  $200 \text{ кВ/м}$ ;  $12,4 \text{ мкКл/м}^2$

## ***Тема 2: " Постоянный ток. Правила Кирхгофа»***

### **Теоретический минимум.**

1. Электрический ток. Условия его существования.
2. Сила тока. Плотность тока.
3. Электродвижущая сила. Напряжение.
4. Закон Ома для участка цепи.
5. Закон Ома для полной цепи.
6. Закон Джоуля-Ленца.
7. Разветвленная цепь. Правила Кирхгофа.

### **Вопросы для самоконтроля.**

1. Электрический ток возникает при наличии:
  - а) электрических зарядов;
  - б) потенциала;
  - в) электрического поля;
  - г) силы тока.
2. Сила тока в проводнике 3 А. Заряд, прошедший по проводнику в течение 4 с, равен:
  - а) 7 Кл;
  - б) 12 Кл;
  - в) 1 Кл;
  - г) 24 Кл.
3. Плотность тока силой 6 А, если поперечное сечение проводника  $2 \text{ мм}^2$ , равна:

- а)  $12 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$ ; б)  $3 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$ ; в)  $4 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$ ; г)  $8 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$
4. Источник тока в цепи:
- а) необходим для существования постоянного тока;  
 б) поддерживает разность потенциалов;  
 в) создает сторонние силы;  
 г) является носителем зарядов.
5. Если сопротивление проводника на участке цепи увеличить в 2 раза, то сила тока на этом участке:
- а) не изменится;  
 б) увеличится в 2 раза;  
 в) уменьшится в 2 раза;  
 г) уменьшится в 4 раза.
6. Определите сопротивление проводника длиной 230 м и площадью сечения  $2 \text{ мм}^2$ . Удельное сопротивление металла  $3 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{ м}$
- а) 12 Ом; б) 0,03 Ом; в) 0,3 Ом; г) 0,12 Ом.
7. Согласно закону Ома для полной цепи:
- а)  $I = \frac{U}{R}$ ; б)  $R = \rho \frac{l}{S}$ ; в)  $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$ ; г)  $I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R+r}$ .
8. Плотность электрического тока в медном проводе равна  $10 \text{ А/см}^2$ .  
 Определите удельную тепловую мощность тока, если удельное сопротивление меди  $\rho = 17 \text{ нОм} \cdot \text{ м}$ :
- а)  $170 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \cdot \text{с}}$ ; б)  $1,7 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \cdot \text{с}}$ ; в)  $0,17 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \cdot \text{с}}$ ; г)  $17 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^3 \cdot \text{с}}$ .

### Примеры решения задач.

**Пример 1.** ЭДС батареи 50 В, внутреннее сопротивление 3 Ом. Найти силу тока в цепи и напряжение, под которым находится внешняя цепь, если ее сопротивление 17 Ом.

**Решение:** Для решения задачи воспользуемся законом Ома для полной цепи:

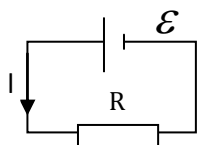


Рис. 5

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

(1)

Напряжение во внешней цепи, согласно закону Ома для однородного участка цепи, равно:

$$U = I * R \quad (2)$$

Вычислим:

$$I = \frac{50}{17 + 3} = 2,5 \text{ A};$$

$$U = 2,5 * 17 = 42,5 \text{ В.}$$

**Пример 2.** Два элемента с одинаковыми ЭДС 1,6 В и внутренними сопротивлениями 0,2 Ом и 0,8 Ом соединены параллельно и включены во внешнюю цепь, сопротивление которой 0,64 Ом. Найти силу тока на всех участках цепи.

**Решение:** Для расчета разветвленных цепей применяются правила Кирхгофа.

Порядок решения задачи с использованием правил Кирхгофа

1. Обозначить произвольно направление токов  $I$  и выбрать направление обхода контуров.
2. По первому правилу составить  $n-1$  уравнений, где  $n$ -число узлов в цепи.
3. Недостающие уравнения составить по второму правилу Кирхгофа. Их число  $m-(n-1)$ , где  $m$ -число контуров в цепи.
4. Решить полученную систему уравнений. Если вычисленное значение тока оказалось отрицательным, то выбранное направление тока противоположно истинному.
5. Для проверки правильности решения задачи составляется уравнение по второму правилу Кирхгофа для неиспользованного контура.

По первому правилу Кирхгофа для узла А имеем:

$$I_3 - I_1 - I_2 = 0 \quad (1)$$

По второму правилу Кирхгофа для контура ABCD имеем:

$$IR + I_2 r_2 = \mathcal{E}_2 \quad (2)$$

Соответственно для контуров CEFD:

$$IR + I_1 r_1 = \mathcal{E}_1$$

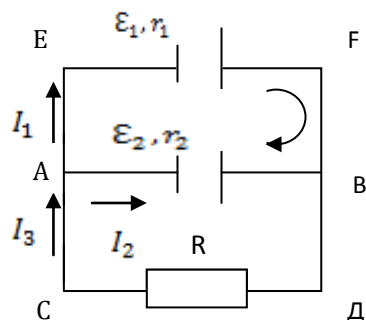


Рис.6

После подстановки числовых значений в формулы (1), (2), (3) получим систему уравнений:

$$\begin{cases} -I_1 - I_2 + I_3 = 0, \\ 0,8I_2 + 0,64I_3 = 1,6, \\ 0,2I_1 + 0,64I_3 = 1,6. \end{cases}$$

Эту систему с тремя неизвестными решим методом Крамера. Для чего вычислим главный и вспомогательные определители системы.

$$\Delta = \begin{vmatrix} -1 & -1 & 1 \\ 0 & 0,8 & 0,64 \\ 0,2 & 0 & 0,64 \end{vmatrix} = -0,512 - 0,128 - 0,16 = -0,8$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 0 & -1 & 1 \\ 1,6 & 1,8 & 0,64 \\ 1,6 & 0 & 0,64 \end{vmatrix} = -1,024 - 1,28 + 1,024 = -1,28$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1,6 & 0,64 \\ 0,2 & 1,6 & 0,64 \end{vmatrix} = -1,024 - 0,32 + 1,024 = -0,32$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} -1 & -1 & 0 \\ 0 & 0,8 & 1,6 \\ 0,2 & 0 & 1,6 \end{vmatrix} = -1,28 - 0,32 = -1,6$$

Таким образом, по формуле Крамера:

$$I_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{-1,28}{-0,8} = 1,6; \quad I_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{-0,32}{-0,8} = 0,4; \quad I_3 = \frac{\Delta_3}{\Delta} = \frac{-1,6}{-0,8} = 2.$$

### Задачи для решения в аудитории.

1. Сила тока в проводнике меняется со временем по уравнению  $I = 4 + 2t$ . Какое количество электричества проходит через поперечное сечение проводника за время от  $t_1 = 2\text{с}$  до  $t_2 = 6\text{с}$ ? При каком постоянном токе через поперечное сечение проводника за это же время проходит такое же количество электричества?  
 Ответ: 48 Кл; 12 А.



2. Найти падение напряжения на медном проводе длиной 500 м и диаметром 2 мм, если сила тока в нем равна 2 А. Удельное сопротивление меди  $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ .

Ответ: 5,4 В.

3. ЭДС аккумулятора автомобиля 12 В. При силе тока 3 А его КПД равен 0,8. Определить внутреннее сопротивление аккумулятора.

Ответ: 0,8 Ом.

4. Определите напряженность электрического поля в алюминиевом проводнике объемом  $10 \text{ см}^3$ , если при прохождении по нему постоянного тока за время 5 мин выделилось количество теплоты 2,3 кДж. Удельное сопротивление алюминия  $26 \text{ нОм} \cdot \text{м}$ .

Ответ:  $0,141 \frac{\text{В}}{\text{м}}$ .

5. Два элемента с ЭДС 2 В и 1 В и проводник сопротивлением 0,5 Ом соединены по схеме (рис. 7).

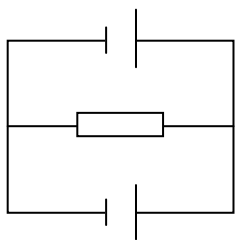


Рис. 7

Внутренние сопротивления элементов одинаковы и равны 1 Ом каждое.

Ответ: 1,5; 0,25; 1,25 А.

6. В схеме (рис.8)  $\mathcal{E}_1 = 2,1 \text{ В}$ ,  $\mathcal{E}_2 = 1,9 \text{ В}$ ,  $R_1 = 45 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 10 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 10 \text{ Ом}$ .

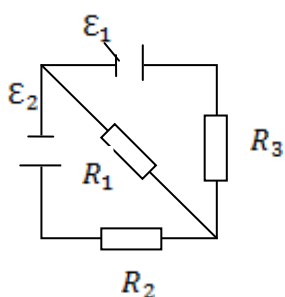


Рис. 8

Найти силу тока во всех участках цепи. Внутренним сопротивлением источников пренебречь.

Ответ: 0,01 А; 0,03 А; 0,04 А.

7.

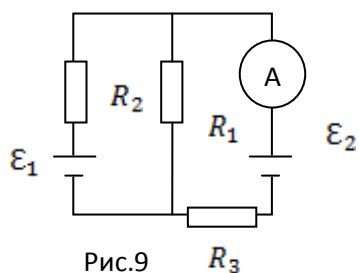


Рис.9

Какую силу тока показывает амперметр в схеме (рис.9), если  $\varepsilon_1 = 2 \text{ В}$ ,  $\varepsilon_2 = 1 \text{ В}$ ,  $R_1 = 10^3 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 500 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 200 \text{ Ом}$ . и сопротивление  $R_A = 200 \text{ Ом}$ ? Внутренним сопротивлением источников пренебречь.

Ответ: 1 мА

### Домашнее задание.

1. Элемент с ЭДС 1,1 В и внутренним сопротивлением 1 Ом замкнут на внешнее сопротивление 9 Ом. Найти: 1) силу тока в цепи; 2) падение потенциала во внешней цепи.

Ответ: 0,11 А; 0,99 В.

2. Электродвижущая сила элемента равна 6 В и внутреннее его сопротивление 0,5 Ом. Чему равен КПД элемента при силе тока 2,4 А?

Ответ: 25%

3.

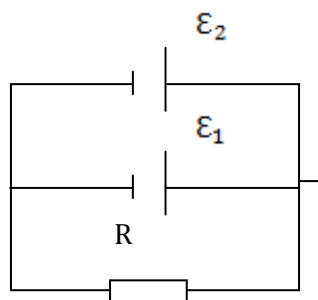


Рис.10

Два элемента с ЭДС 2 В и 1,5 В и внутренними сопротивлениями 0,5 Ом и 0,4 Ом соответственно включены параллельно сопротивлению 2 Ом (рис.10). Определить силу тока через это сопротивление.

Ответ: 0,775 А.

4.

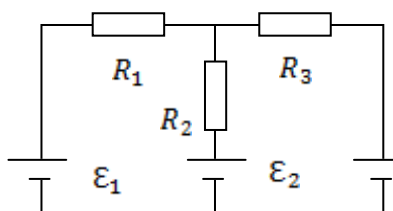


Рис.11

В схеме рис.11

$\varepsilon_1 = 2 \text{ В}$ ,  $\varepsilon_2 = 4 \text{ В}$ ,  $\varepsilon_3 = 6 \text{ В}$ ,  $R_1 = 4 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 6 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 8 \text{ Ом}$ . Найти силу тока во всех участках цепи. Сопротивлением источников пренебречь.

Ответ: 0,385 А; 0,077 А;

## ***Тема 3:" Магнитное поле. Закон Био-Савара-Лапласа. Сила Ампера. Сила Лоренца»***

### **Теоретический минимум.**

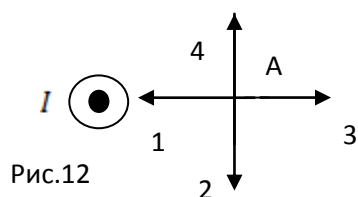
1. Взаимодействие токов. Магнитное поле.
2. Магнитная индукция.
3. Линии магнитной индукции. Вихревой характер магнитного поля.
4. Закон Био-Савара-Лапласа. Его применение к расчету магнитного поля (индукция магнитного поля прямого тока)
5. Действие магнитного поля на проводник с током. Сила Ампера.  
Работа по перемещению проводника с током в магнитном поле.
6. Действие магнитного поля на движущийся в нем заряд. Сила Лоренца.
7. Движение заряженных частиц в магнитном поле.

### **Вопросы для самоконтроля.**

1. Магнитное поле создается:
  - а) силой Ампера;
  - б) неподвижными зарядами;
  - в) движущимися зарядами;
  - г) все варианты верны.
2. Линии магнитной индукции всегда:
  - а) всегда уходят в бесконечность;
  - б) замкнуты и охватывают текущие токи;
  - в) начинаются на зарядах;
  - г) заканчиваются на зарядах.
3. Магнитное поле является:
  - а) вихревым;
  - б) потенциальным;
  - в) стационарным;
  - г) однородным.

4. Магнитное поле создано прямым проводником, расположенным перпендикулярно плоскости (рис.12). вектор магнитной индукции в точке А ориентирован в направлении:

- а) 1;
- б) 2;
- в) 3;
- г) 4.



5. Согласно принципу суперпозиции, магнитная индукция поля, создаваемого несколькими токами, равна:

а)  $B = \frac{F_{Amax}}{I \cdot \Delta l}$ ; б)  $d\vec{B} = k \frac{I[d\vec{l}, \vec{r}]}{r^3}$ ; в)  $dB = k \frac{Idl \sin \alpha}{r^2}$ ; г)  $\vec{B} = \sum_{i=1}^n \vec{B}_i$ .

6. Сила, с которой магнитное поле действует на находящийся в нем элемент тока, называется:

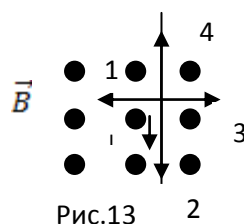
- а) сила Кулона;
- б) силой Ампера;
- в) силой Лоренца;
- г) магнитной индукцией.

7. Сила Ампера зависит от:

- а) магнитной индукции поля;
- б) силы тока в проводнике;
- в) длины проводника;
- г) все варианты верны.

8. Сила Ампера, действующая на проводник, изображенный на рис.13, ориентирована в направлении:

- а) 1;
- б) 2;
- в) 3;
- г) 4.



9. Сила, с которой магнитное поле действует на движущийся заряд, называется:
- а) силой Кулона;
  - б) силой Ампера;
  - в) силой Лоренца;
  - г) магнитной индукции.

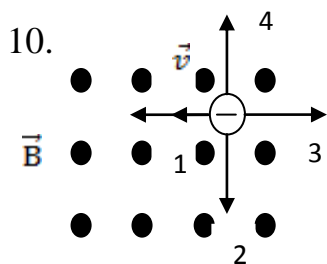


Рис. 14

Электрон влетел в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции (рис.14). действующая на электрон сила Лоренца ориентирована в направлении:

- а) 1; б) 2; в) 3; г) 4.

11. Под действием магнитного поля замкнутый контур с током 2 А переместился таким образом, что магнитный поток сквозь этот контур изменился на 6 Вб. Тогда работа по перемещению проводника равна:
- а) 3 Дж; б) 4 Дж; в) 8 Дж; г) 12 Дж.

### Примеры решения задач.

**Пример 1.** По двум длинным прямолинейным и параллельным проводом, расстояние между которыми 8 см, в противоположных направлениях текут токи 3 А и 5 А. Найти магнитную индукцию поля в точке, которая находится на расстоянии 2 см от первого проводника на линии, соединяющей проводники.

**Решение:** Изобразим проводники перпендикулярно плоскости чертежа (рис.15). Ток  $I_1$  течет к нам, а ток  $I_2$  - от нас.

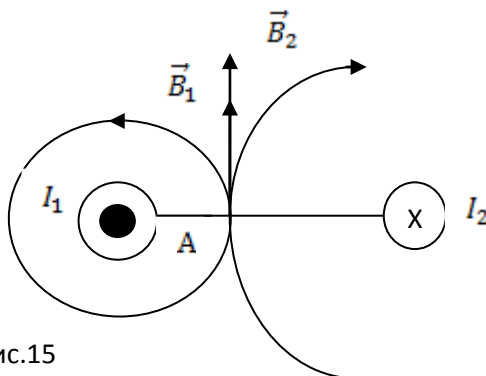


Рис.15

Индукция  $\vec{B}$  результирующего поля в точке А, согласно принципу суперпозиции, равна векторной сумме индукций  $\vec{B}_1$  и  $\vec{B}_2$  полей, создаваемых каждым током в отдельности:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 \quad (1)$$

Для построения векторов  $\vec{B}_1$  и  $\vec{B}_2$  изображаем линии магнитной индукции каждого тока и указываем на них направление по правилу правого винта. Каждый из векторов  $\vec{B}_1$  и  $\vec{B}_2$  направлен по касательной к соответствующей силовой линии в точке А.

Таким образом, векторы  $\vec{B}_1$  и  $\vec{B}_2$  одинаково направлены. Поэтому векторное равенство (1) заменяем скалярным равенством:

$$B = B_1 + B_2 \quad (2)$$

Индукция магнитного поля тока, текущего по прямому бесконечно длинному проводу, равна:

$$B = \mu_0 \mu \frac{I}{2\pi r} \quad (3)$$

Подставив выражение (3) для  $B_1$  и  $B_2$  в равенство (2),

$$B = \frac{\mu_0 \mu}{2\pi} \left( \frac{I_1}{r_1} + \frac{I_2}{r_2} \right) \quad (4)$$

Подставим в (4) числовые значения величин и вычислим искомую индукцию:

$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1}{2\pi} * \left( \frac{3}{0,02} + \frac{5}{0,06} \right) = 1,33 * 10^{-6} \text{ Тл} = 1,33 \text{ мкТл}$$

**Пример 2.** Заряженная частица движется в магнитном поле по окружности со скоростью  $10^6$  м/с. Индукция магнитного поля 0,3 Тл. Радиус окружности 4 см. Определить заряд частицы, если известно, что ее масса  $3,84 * 10^{-27}$  кг.

**Решение:** На заряженную частицу, движущуюся в магнитном поле, действует сила Лоренца:

$$F_L = qBv \sin \alpha \quad (1)$$

Сила Лоренца обуславливает центростремительное ускорение в соответствии с правилом левой руки, определяющим направление этой силы:

$$F_{\text{л}} = m\alpha_{\text{цс}} = m * \frac{v^2}{r} \quad (2)$$

Приравнивая правые части уравнений (1) и (2), получим:

$$qBv \sin \alpha = \frac{mv^2}{r} \quad (3)$$

Отсюда:

$$q = \frac{mv}{Br \sin \alpha} \quad (4)$$

Так как частица движется по окружности, то вектор скорости перпендикулярен вектору магнитной индукции. То есть  $\alpha = 90^\circ$

Подставив числовые значения величин в (4), вычислим:

$$q = \frac{3,84 \cdot 10^{-27} \cdot 10^6}{0,3 \cdot 0,04 \cdot \sin 90^\circ} = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

### **Задачи для решения в аудитории.**

1. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводникам, расстояние между которыми 20 см, текут токи 40 А и 80 А в одном направлении. Определите магнитную индукцию в точке, лежащей на прямой, соединяющей оба провода, на расстоянии 15 см от первого проводника.

Ответ: 267 мкТл.

2. По двум длинным проводникам, расположенным параллельно на расстоянии 15 см друг от друга, текут в противоположных направлениях токи 10 А и 5 А. Определить индукцию магнитного поля в точке, расположенной на расстоянии 5 см от первого проводника, на продолжении отрезка, соединяющего проводники.

Ответ: 35 мкТл.

3. По двум бесконечно длинным проводником текут токи силой 4 А и 6 А. Расстояние между проводниками 15 см. Определить

геометрическое место точек, в которых индукция магнитного поля равна нулю.

Ответ: в точке, лежащей между проводниками, на расстоянии 0,06 м от первого проводника.

4. Два прямолинейных бесконечно длинных проводника расположены перпендикулярно друг от друга и находятся в одной плоскости. Найти магнитную индукцию этого поля в точке на расстоянии 1 см от первого проводника и 2 см от второго проводника, если  $I_1 = 2 \text{ А}$ ,  $I_2 = 3 \text{ А}$ .

Ответ: 1) 50 мкТл; 2) 70 мкТл.

5. В однородном магнитном поле с индукцией 0,2 Тл находится прямой проводник длиной 15 см, по которому течет ток 5 А. На проводник действует сила 0,13 Н. Определите угол между направлением тока и вектором магнитной индукции.

Ответ:  $60^\circ$

6. В однородном магнитном поле с индукцией 1 Тл находится квадратная рамка со стороной 10 см, по которой течет ток 4 А. Плоскость рамки перпендикулярна линиям магнитной индукции. Определите работу, которую необходимо затратить для поворота рамки относительно прямой, проходящей через середину ее противоположных сторон: 1) на  $90^\circ$ ; 2) на  $180^\circ$ ; 3)  $360^\circ$

Ответ: 1) 0,04 Дж; 2) 0,08 Дж; 3) 0 Дж.

7. Заряженная частица движется по окружности радиусом 2 см в однородном магнитном поле с индукцией 12,6 мТл. Определите удельный заряд  $q/m$  частицы, если ее скорость  $10^6 \text{ м/с}$ .

Ответ:  $4 * 10^8 \frac{\text{Кл}}{\text{кг}}$ .

8. Электрон, ускоренный разностью потенциалов 300 В, движется параллельно прямолинейному длинному проводу на расстоянии 4 мм от него. Какая сила будет действовать на электрон, если по проводу пустить ток 5 А?



Ответ:  $4 * 10^{-16} \text{Н}$ .

### Домашнее задание.

1. Определить индукцию магнитного поля двух длинных прямых параллельных проводников с одинаково направленными токами 10 А в точке, расположенной на продолжении линии, соединяющей проводники с токами, на расстоянии 10 см от второго провода. Расстояние между проводниками 40 см.

Ответ: 24 мкТл.

2. Прямой провод длиной 2 см, по которому течет ток 0,5 А, помещен в магнитное поле под углом  $45^\circ$  к силовым линиям поля. Найти индукцию магнитного поля, если на провод действует сила 4,23 мН.

Ответ: 60 мТл.

3. Найти кинетическую энергию протона, движущегося по дуге окружности радиусом 60 см в магнитном поле, индукция которого равна 1 Тл.

Ответ:  $2,8 * 10^{-12} \text{Дж}$ .

4. В однородном магнитном поле, индукция которого 0,5 Тл, движется перпендикулярно полю проводник длиной 10 см. По проводу течет ток 2 А. Скорость движения проводника  $0,2 \text{ м/с}$  и направлена перпендикулярно вектору магнитной индукции. Определить работу перемещения проводника за 10 с.

Ответ: 0,2 Дж.

## Раздел 2. Оптика

### *Тема 1: «Волновые свойства света. Интерференция. Дифракция. Поляризация»*

#### Теоретический минимум.

1. Природа света.
2. Интерференция света. Когерентные источники.
3. Условия максимума и минимума освещенности при интерференции.
4. Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля.
5. Дифракция Фраунгофеля от одной щели.
6. Дифракционная решетка. Условие максимума.
7. Поляризованный свет. Естественный свет.
8. Закон Малюса.

#### Вопросы для самоконтроля.

1. Природа света:
  - а) Корпускулярная;
  - б) Волновая;
  - в) Корпускулярно-волновая;
  - г) Электромагнитная.
2. Явление сложения когерентных волн называется:
  - а) Отражением;
  - б) Преломлением;
  - в) Интерференцией ;
  - г) Полным отражением.
3. Что будет наблюдаться в точке, для которой разность хода двух лучей от когерентных источников составляет  $\frac{3\lambda}{2}$ ?
  - а) Максимум освещенности;
  - б) Минимум освещенности;

- в) Отражение;
  - г) Приложение.
4. В результате интерференции света от двух когерентных источников на экране наблюдается:
- а) Светлое пятно;
  - б) Темное пятно;
  - в) Чередование темных и светлых пятен;
  - г) Чередование светлых и темных пятен.
5. Дифракцией света называется:
- а) Отражение световых лучей;
  - б) Наложение световых лучей;
  - в) Усиление световых лучей;
  - г) Загибание световых лучей.
6. Каждая точка выделяемого отверстием участка фронта световой волны является:
- а) Волновой поверхностью;
  - б) Геометрической тенью;
  - в) Светлым пятном;
  - г) Вторичным источником света.
7. Согласно принципу Гюйгенса-Френеля волны от вторичных источников:
- а) Усиливают друг друга;
  - б) Ослабляют друг друга;
  - в) Интерферируют;
  - г) Не взаимодействуют друг с другом.
8. Выберите верное утверждение:
- а) Свет, у которого электромагнитные колебания совершаются в одной плоскости, называется естественным;

- б) Свет, у которого электрические колебания совершаются по всем направлениям, называется поляризованным;
- в) Свет, у которого электрические колебания совершаются в одной плоскости, называется поляризованным;
- г) Свет, у которого электромагнитные колебания совершаются по всем направлениям, называется поляризованным.

9. Поляризатор пропускает только колебания:

- а) перпендикулярные только оптической оси;
- б) совершаемые вдоль оптической оси;
- в) определенной амплитуды;
- г) определенной интенсивности.

10. Согласно закона Малюса:

- а)  $E = E_0 * \cos \alpha$ ;
- б)  $E = E_0 * \sin \alpha$ ;
- в)  $I = I_0 * \cos \alpha$ ;
- г)  $I_0 = I * \sin \alpha$ ;

### Примеры решения задач.

**Пример 1.** В опыте юнга расстояние между щелями  $d = 1$  мм, а расстояние  $l$  от щелей до экрана равно 3 м. Определите положение третьей темной полосы, если щели освещать монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda = 0,5$  мкм.

**Решение:** Положение третьей темной полосы определим из условия минимума освещенности при

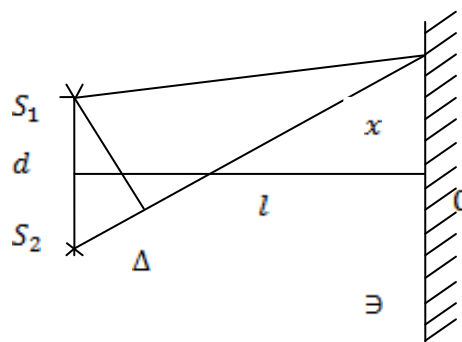


Рис.16

интерференции:

$$\Delta = \pm(2_m + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (m = 0, 1, 2, \dots) \quad (1)$$

Оптическая разность хода лучей от двух источников  $\Delta$  связана с расстоянием от точки 0 до темных полос соотношением:

$$\Delta = \frac{xd}{l} \quad (2)$$

Приравняв правые части равенств (1) и (2), получим:

$$\frac{xd}{l} = \pm(2_m + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (3)$$

Отсюда:

$$x_{min} = \pm(m + \frac{1}{2}) \frac{l\lambda}{d} \quad (4)$$

Подставим числовые значения величин в равенство (4) и вычислим положение третьей темной полосы из условия, что  $m = 3$ :

$$x_{3min} = \pm \left(3 + \frac{1}{2}\right) \frac{3 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6}}{10^{-3}} = \pm 5,25 \text{ м}$$

**Пример 2.** На дифракционную решетку нормально падает монохроматический свет. Период решетки  $d = 2 \text{ мкм}$ . Определите наибольший порядок дифракционного максимума, который дает эта решетка в случае красного света ( $\lambda = 0,7 \text{ мкм}$ ).

**Решение:** Из условия главных максимумов дифракционной решетки, найдем порядок  $k$  дифракционного максимума:

$$k\lambda = d * \sin \varphi \quad (1)$$

$$k = \frac{d * \sin \varphi}{\lambda} \quad (2)$$

Так как  $\sin \varphi$  не может быть больше 1, то число  $k$  не может быть больше  $\frac{d}{\lambda}$ , т.е.

$$k \leq \frac{d}{\lambda} \quad (3)$$

Подставив в формулу (3) числовые значения величин, получим:

$$k \leq \frac{2 \cdot 10^{-6}}{0,7 \cdot 10^{-6}} = 2,86$$

Если учесть, что порядок максимумов является целым числом, то:

$$k_{\max} = 2$$

### **Задачи для решения в аудитории.**

1. В некоторую точку пространства приходят когерентные лучи с оптической разностью хода 1,2 мкм, длина волны которых 600 нм. Определите, что произойдет в этой точке вследствие интерференции.  
Ответ: максимум освещенности.
2. Разность хода двух когерентных лучей 2,5 мкм. Определить длины волн видимого света (от 760 нм до 400 нм), которые дадут интерференционные максимумы.  
Ответ: 625 нм, 500 нм, 417 нм.
3. АС и ВС когерентные лучи, длина которых 540 нм. Какая будет наблюдаться интерференционная картина в точке С, удаленной от источников света на 4 м и 4,27 м?  
Ответ: максимум освещенности.
4. В опыте Юнга расстояние между щелями 1 мм, а расстояние от щелей до экрана 3 м. Определите положение первой светлой полосы, если щели освещать монохроматическим светом с длиной волны 0,5 мкм.  
Ответ: 1,5 мм.
5. Расстояние между двумя щелями в опыте Юнга 0,5 мм, длина волны 0,6 мкм. Определите расстояние от щелей до экрана, если ширина интерференционных полос 1,2 м.  
Ответ: 1 м.
6. На щель шириной 0,1 мм нормально падает монохроматический свет, соответствующий длине волны 0,7 мкм. Определите угол отклонения лучей, дающих первый дифракционный максимум.  
Ответ: 36′
7. На щель шириной 0,1 мм падает нормально монохроматический свет длиной волны 0,6 мкм. Экран расположен 1 м от щели. Определите

расстояние между первыми дифракционными минимумами, расположенными по обе стороны от центрального максимума.

Ответ: 1,2 см.

8. Определите число штрихов на 1 мм дифракционной решетки, если углу  $30^\circ$  соответствует максимум четвертого порядка для монохроматического света с длиной волны 0,5 мкм.

Ответ: 250

9. На дифракционную решетку нормально падает монохроматический пучок света с длиной волны 0,59 мкм, причем спектр третьего порядка наблюдается под углом  $10^\circ 12'$ . При какой длине световой волны дифракционный спектр первого порядка будет наблюдаться под углом  $2^\circ 48'$ ?

Ответ: 0,49 мкм.

10. На дифракционную решетку нормально падает монохроматический свет с длиной волны 0,59 мкм. Под каким углом будут видны дифракционные максимумы первого и второго порядков, если решетка имеет 500 штрихов на см?

Ответ:  $1^\circ 40'$ ;  $3^\circ 24'$ .

11. Угол между оптическими осями поляризатора и анализатора изменился от  $30^\circ$  до  $45^\circ$ . Определить изменение интенсивности прошедшего через них света.

Ответ: уменьшилась в 1,5 раза.

12. Определить, во сколько раз ослабится интенсивность света, прошедшего через два поляроида, угол между оптическими осями которых  $60^\circ$ .

Ответ: в 2 раза.

13. Интенсивность света после прохождения через поляризатор и анализатор уменьшилась в 4 раза. Найти угол между главными

плоскостями поляризатора и анализатора, если на поляризатор падал естественный свет.

Ответ:  $45^\circ$ .

### Домашнее задание.

1. Определите во сколько раз изменится ширина интерференционных полос на экране, если зеленый светофильтр ( $\lambda = 5 * 10^{-5} \text{ см}$ ) заменить красными ( $\lambda = 6,5 * 10^{-5} \text{ см}$ ).

Ответ: 1,75.

2. Пучок монохроматического света с длиной волны 0,76 мкм падает нормально на щель, давая первый минимум под углом  $14^\circ 30'$ .

Определите ширину щели.

Ответ: 3 мкм.

3. Сколько штрихов на сантиметр имеет дифракционная решетка, если спектр 4-го порядка, даваемый ею при нормальном падении света с длиной волны 0,65 мкм, наблюдается под углом  $6^\circ$ .

Ответ: 400.

4. Определите, во сколько раз ослабится интенсивность света, прошедшего через два николя, угол между главными плоскостями которых  $60^\circ$ , а в каждом из николей теряется 8% интенсивности падающего на него света.

Ответ: 9,45.

5. На мыльную пленку с показателем преломления 1,33 под углом  $45^\circ$  падает параллельный пучок белого света. Определите, при какой наименьшей толщине пленки зеркально отраженный свет наиболее сильно окрасится в желтый свет ( $\lambda = 0,6 \text{ мкм}$ ).

Ответ: 0,13 мкм.



## ***Тема 2: «Квантовые свойства света. Тепловые излучения. Фотоэффект»***

### **Теоретический минимум.**

1. Тепловые излучения. Тепловое равновесие.
2. Характеристики теплового излучения.
3. Закон Стефана-Больцмана.
4. Закон Вина.
5. Явление фотоэффекта.
6. Законы внешнего фотоэффекта.
7. Объяснения законов фотоэффектов квантовой теорией света.  
Уравнение Эйнштейна.

### **Вопросы для самоконтроля.**

1. Выберите правильное утверждение:
  - а) Тепловое излучение обусловлено нагреванием тела;
  - б) Тепловое излучение наступает при температуре теплового равновесия;
  - в) Тепловое излучение происходит за счет внутренней энергии вещества;
  - г) Тепловое излучение является равновесным процессом.
2. Для абсолютно черного тела:
  - а) Спектральная плотность энергетической светимости равна 0;
  - б) Спектральная плотность энергетической светимости равна 1;
  - в) Спектральная поглотительная способность равна 0;
  - г) Спектральная поглотительная способность равна 1.
3. Поглотительная способность тела равна 0,8. Чему равна его излучательная способность, если при той же температуре излучательная способность абсолютно черного тела равна  $5 \cdot 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$ :

а)  $6,25 * 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 * \text{с}}$ ; б)  $0,16 * 10^{-7} \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 * \text{с}}$ ; в)  $4 * 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 * \text{с}}$ ; г)  $5,8 * 10^7 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 * \text{с}}$ .

4. Как и во сколько раз изменится энергетическая светимость абсолютно черного тела, если его термодинамическая температура уменьшится в 2 раза?:
- а) уменьшится в 16 раз;
  - б) увеличится в 16 раз;
  - в) уменьшится в 4 раза;
  - г) увеличится в 4 раза.
5. При возрастании температуры длина волны, соответствующая максимальному значению спектральной плотности излучательности черного тела:
- а) Возрастает;
  - б) Убывает;
  - в) Не изменяется.
6. При внешнем фотоэффекте с увеличением напряжения между электродами фототок
- а) Постепенно убывает;
  - б) Неограниченно возрастает;
  - в) Возрастает до некоторого значения;
  - г) Убывает до некоторого значения.
7. Если напряжение равно нулю, то фотоэффект:
- а) Не происходит;
  - б) Происходит;
  - г) Нельзя дать ответ.
8. При внешнем фотоэффекте число вырываемых в единицу времени электронов зависит от:
- а) Интенсивность света;
  - б) Частоты света;
  - в) Температуры вещества;

- г) Напряжения.
9. Начальная скорость фотоэлектронов зависит от:
- а) Интенсивности света;
  - б) Частоты света;
  - в) Температуры вещества;
  - г) напряжения.
10. Красная граница фотоэффекта определяет:
- а) Наименьшую интенсивность света, вызывающего фотоэффект;
  - б) Наибольшую интенсивность света, вызывающего фотоэффект;
  - в) наименьшую частоту излучения, вызывающего фотоэффект;
  - г) Наибольшую частоту излучения, вызывающего фотоэффект.
11. Согласно уравнению Эйнштейна:
- а)  $\varepsilon = hv$ ;
  - б)  $I_{\text{нас}} = en$ ;
  - в)  $hv = A + \frac{mv^2}{2}$ ;
  - г)  $hv = A + \frac{mv^2}{2}$ .

### Примеры решения задач.

**Пример 1.** Максимум энергии излучения черного тела при некоторой температуре приходится на длину волны 1 мкм. Вычислить излучательность тела при этой температуре.

**Решение:** Излучательность черного тела определим из закон Стефана-Болцмана:

$$R = \sigma T^4 \quad (1)$$

Из закона смещения Вина:

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{b}{T} \quad (2)$$

Определим термодинамическую температуру:

$$T = \frac{b}{\lambda_{\text{max}}} \quad (3)$$

Подставив (3) в (1), получим:

$$R = \sigma \left( \frac{b}{\lambda_{\text{max}}} \right)^4 \quad (4)$$

Вычислим:

$$R = 5,67 * 10^{-8} * \left( \frac{2,89 * 10^{-3}}{10^{-6}} \right) = 3,95 * 10^{-6} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

**Пример 2.** Красная граница фотоэффекта для вольфрама 275 нм.

Определить работу выхода электрона из вольфрама и максимальную скорость электронов, вырываемых светом с длиной волны 180 нм.

**Решение:** Согласно уравнению Эйнштейна

$$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{mv^2}{2} \quad (1)$$

Исходя из условия, что для красной границы

$$\frac{mv^2}{2} = 0 \quad (2)$$

Получим:

$$A = \frac{hc}{\lambda_0} \quad (3)$$

Вычислим:

$$A = \frac{6,62 * 10^{-34} * 3 * 10^8}{2,75 * 10^{-7}} = 7,2 * 10^{-19} \text{ Дж} = \frac{7,2 * 10^{-19}}{1,6 * 10^{-19}} = 4,5 \text{ ЭВ}$$

Из уравнения Эйнштейна

$$v = \sqrt{\frac{2(hc - A\lambda)}{m\lambda}}$$

Вычислим:

$$v = \sqrt{\frac{2(6,62 * 10^{-34} * 3 * 10^8 - 7,2 * 10^{-19} * 1,8 * 10^{-7})}{9,1 * 10^{-31} * 1,8 * 10^{-7}}} = 9,1 * 10^5 \text{ м/с}$$

### **Задачи для решения в аудитории.**

1. Определите температуру, при которой полная лучеиспускательная способность абсолютно черного тела составляет  $10^4 \text{ Вт/м}^2$ .

Ответ: 648 К.

2. Определите, во сколько раз необходимо уменьшить термодинамическую температуру черного тела, чтобы его энергетическая светимость ослабилась в 16 раз.

Ответ: 2.

3. Считая Солнце абсолютно черным телом, определите, сколько энергии оно излучает за 1 с. Температура солнечной поверхности 6000 К, радиус Солнца  $6,95 \cdot 10^8$  м.

Ответ:  $4,4 \cdot 10^{26}$  Дж.

4. На какую длину волны приходится максимум излучения абсолютно черного тела, имеющего температуру  $37^\circ\text{C}$ .

Ответ: 9,3 мкм.

5. При охлаждении абсолютно черного тела длина волны, соответствующая максимуму излучения, увеличилась от 0,4 до 0,7 мкм. Во сколько раз уменьшилась при этом лучеиспускательная способность тела.

Ответ: 9,4.

6. Найдите энергию кванта света, соответствующего длине волны 500 нм.

Ответ:  $3,96 \cdot 10^{-19}$  Дж.

7. На поверхность серебристой пластинки падают ультрафиолетовые лучи ( $\lambda=0,3$  мкм). Работа выхода электронов из серебра 4,7 эВ. Будет ли иметь место фотоэффект?

Ответ: нет.

8. Определите красную границу фотоэффекта для платины

( $A_{\text{вых}} = 8,5 \cdot 10^{-19}$  Дж).

Ответ: 233 нм.

9. Количество движения электрона, имеющего скорость  $1400$  м/с, равно количеству движения фотона. Какой длине волны соответствует этот фотон?

Ответ: 0,52 мкм.

10. Человеческий глаз наиболее чувствителен к зеленому свету ( $\lambda=0,55$  мкм), для которого порог чувствительности глаза соответствует 80

фотонам, падающим на сетчатку за 1 с. Какой мощности света соответствует этот порог?

Ответ:  $2,9 \cdot 10^{-17} \text{Вт}$ .

### Домашнее задание.

1. Длина волны, соответствующая максимуму излучения для Солнца 0,47 мкм. Определите температуру поверхности Солнца.  
Ответ: 6160 К.
2. Определите лучеиспускательную способность Земли, считая Землю абсолютно черным телом с температурой поверхности  $7^\circ\text{C}$ .  
Ответ:  $3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ .
3. Определите красную границу фотоэффекта для цезия ( $A_{\text{выск}} = 3,1 \cdot 10^{-19} \text{Дж}$ ).  
Ответ: 662 нм.
4. Определите энергию, массу и импульс фотона, соответствующего видимому свету ( $\lambda = 0,6 \text{ мкм}$ ).  
Ответ:  $3,31 \cdot 10^{-19} \text{Дж}$ ;  $3,7 \cdot 10^{-36} \text{кг}$ ;  $1,1 \cdot 10^{-27} \text{кг} \cdot \text{м/с}$ .

## **Раздел 3. Атомная и ядерная физика**

### ***Тема 1: «Основы физики атома.***

### ***Теория атома водорода по Бору»***

#### Теоретический минимум.

1. Ядерная модель строения атома (модель Резерфорда).
2. Несостоятельной ядерной модели строения атома. Дискретность энергетических состояний атома.
3. Постулаты Бора.

4. Спектр излучения атома водорода. Серии Бальмера, Лаймана, Пашена.
5. Энергетические уровни атома водорода.

### **Вопросы для самоконтроля.**

1. Согласно ядерной модели Резерфорда:
  - а) Весь положительный заряд атома сосредоточен в ядре;
  - б) В атомном ядре сосредоточена меньшая часть массы атома;
  - в) Атомные ядра имеют малый размер по сравнению с объемом атома;
  - г) Заряд ядра равен по величине суммарному заряду электронов.
2. Атом излучает энергию:
  - а) Непрерывно и дает сплошной спектр;
  - б) Дискретно и дает сплошной спектр;
  - в) Непрерывно и дает линейчатый спектр;
  - г) Дискретно и дает линейчатый спектр.
3. В стационарном состоянии атом:
  - а) Только излучает энергию;
  - б) Только поглощает;
  - в) И излучает и поглощает;
  - г) Не излучает и не поглощает.
4. Атом излучает энергию:
  - а) Всегда;
  - б) При приближении электрона к ядру;
  - в) При удалении электрона от ядра;
  - г) При движении электрона вокруг ядра.
5. С увеличением квантового числа энергия атома:
  - а) Увеличивается;
  - б) Уменьшается;
  - в) Не изменяется.
6. Энергия атома при движении электрона по второй орбите  $-3,38$  эВ. Электрон перешел со второй орбиты на первую, после чего энергия

атома стала равной  $-13,55$  эВ. Излучение какой частоты соответствовало этому переходу:

- а)  $10,17$  Гц;
- б)  $16,93$  Гц;
- в)  $2,46 \cdot 10^{15}$  Гц;
- г)  $67,32 \cdot 10^{-34}$  Гц.

7. Энергетическое состояние с  $n=1$  называется:

- а) Нормальным;
- б) Возбужденным;
- в) Стационарным;
- г) Определенным.

### **Задачи для решения в аудитории.**

1. Найти радиусы первых двух электронных орбит в атоме водорода, скорость электрона на них.

Ответ:  $5,3 \cdot 10^{-11}$  м;  $2,12 \cdot 10^{-10}$  м;  $2,19 \cdot 10^6$  м/с;  $1,1 \cdot 10^6$  м/с.

2. Найти угловую скорость вращения электрона на первой орбите в атоме водорода.

Ответ:  $4,1 \cdot 10^{16}$  рад/с.

3. При переходе электрона внутри атома с более высокого энергетического уровня на более низкий излучается квант света с энергией  $1,98$  эВ. Определите длину волны излучения.

Ответ:  $627$  нм.

4. Электрон атома водорода переходит со второй орбиты на первую. Вычислите частоту и энергию излучения.

Ответ:  $2,47 \cdot 10^{15}$  Гц;  $10,22$  эВ.

5. Определите длину волны, соответствующий второй спектральной линии в серии Пашена.

Ответ:  $1,28$  мкм.



6. Определите длину волны спектральной линии, соответствующей переходу электрона в атоме водорода с шестой орбиты на вторую. К какой серии относится эта линия и какая она по счету?

Ответ: 0,41 мкм; 4-я линия серии Бальмера.

7. Определите длины волн, соответствующие: 1) границе серии Лаймана; 2) границе серии Бальмера; 3) границе серии Пашена.

Ответ: 1) 91 нм; 2) 364 нм; 3) 820 нм.

8. Определите кинетическую, потенциальную и полную энергию электрона на второй стационарной орбите атома водорода.

Ответ:  $5,42 \cdot 10^6$  Дж;  $-10,84 \cdot 10^{-19}$  Дж;  $-5,42 \cdot 10^{-19}$  Дж.

### Домашнее задание.

1. Определите, на сколько изменилась энергия электрона в атоме водорода при излучении атомом фотона с длиной волны  $4,86 \cdot 10^{-7}$  м.

Ответ: 2,56 эВ.

2. Электрон атома водорода переходит с четвертого энергетического уровня на второй. Найдите длину волны излучения.

Ответ: 486 нм.

3. Найдите период обращения электрона на первой орбите в атоме водорода.

Ответ:  $1,5 \cdot 10^{-6}$  с.

4. Определите длину волны, соответствующую третьей спектральной линии в серии Бальмера.

### Примеры решения задач.

**Пример 1.** Определить энергию фотона, излучаемого атомом водорода при переходе электрона с третьего энергетического уровня на первый, а также длину электромагнитной волны, соответствующую этому фотону.

**Решение:** Переход электрона атома водорода с отдаленной орбиты на внутреннюю связан с излучением кванта энергии:

$$\mathcal{E} = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad (1)$$

Длина волны излучаемого света связана с номерами орбит до и после перехода соотношениям:

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2}\right) \quad (2)$$

Подставим в (2)  $R = 1,1 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$ ,  $n_1 = 3$ ,  $n_2 = 1$  и вычислим длину волны:

$$\frac{1}{\lambda} = 9,77 \cdot 10^6 \text{ м}^{-1}$$

$$\lambda = 1,02 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 102 \text{ нм}$$

Тогда согласно формуле (1) энергия фотона:

$$\mathcal{E} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,02 \cdot 10^{-7}} = 19,43 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} = 12,14 \text{ эВ}$$

**Пример 2.** Найти наименьшую и наибольшую длину волны спектральных линий водорода в видимой области спектра.

**Решение:** Длина волн спектральных линий водорода всех серий определяются формулой:

$$\frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2}\right) \quad (1)$$

При  $k=1$ ,  $n=2,3,4,\dots$  - серия Лаймана в ультрафиолетовой области;

При  $k=2$ ,  $n=3,4,5,\dots$  - серия Бальмера в видимой области;

При  $k=3$ ,  $n=4,5,6,\dots$  - серия Пашена в инфракрасной области.

Рассмотрим серию Бальмера. Очевидно, наименьшая длина волны спектральных линий этой серии будет при  $n=\infty$ . Тогда из (1) имеем:

$$\frac{1}{\lambda_1} = \frac{R}{4};$$

$$\lambda_1 = \frac{4}{R} = 3,65 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

Наибольшая длина волны соответствует  $n=3$ :

$$\frac{1}{\lambda_2} = R\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{9}\right) = \frac{5R}{36};$$

$$\lambda_2 = \frac{36}{5R} = 6,56 \cdot 10^{-7} \text{ м}.$$

Таким образом, видимый спектр водорода лежит в интервале длин волн от 365 нм до 656 нм.

**Тема 2: «Строение ядра. Энергия связи ядра.  
Дефект массы ядра. Явление радиоактивности»**

**Теоретический минимум.**

1. Строение ядра. Его характеристики.
2. Ядерные силы. Их свойства.
3. Энергия связи ядра. Дефект массы ядра.
4. Явление радиоактивности.
5. Закон радиоактивного распада. Правила смещения.
6. Физические основы ядерной энергетики.

**Вопросы для самоконтроля.**

1. Атомное ядро состоит из:
  - а) Протонов;
  - б) Нейтронов;
  - в) Электронов;
  - г) Ионов.
2. Число нейтронов в ядре технеция  ${}_{99}^{43}\text{Tc}$  равно:
  - а) 43; б) 99; в) 56; г) 142.
3. Число нуклонов в ядре технеция  ${}_{99}^{43}\text{Tc}$  равно:
  - а) 43; б) 99; в) 56; г) 142.
4. Между нуклонами в ядре атома действуют:
  - а) Гравитационные силы;
  - б) Электромагнитные силы;
  - в) Ядерные силы;
  - г) Особые силы.
5. Энергия, необходимая для расщепления ядра на отдельные нуклоны, называется:
  - а) Энергией ядра;
  - б) ядерной энергией;

- в) Энергией нуклона.
- г) Энергией связи ядра
6. Выберите верное утверждение:
- а) Масса атомного ядра меньше суммы масс нуклонов, составляющих ядро;
- б) Масса атомного ядра больше суммы масс нуклонов, составляющих ядро;
- в) Масса атомного ядра и масса всех нуклонов, составляющих ядро, одинаковы;
- г) При образовании отдельных нуклонов атомного ядра масс с системы изменяется.
7. При образовании ядра выделилась энергия 34,8 МэВ. Чему равен дефект массы ядра:
- а) 0,0696 а.е.м.;
- б) 60329 а.е.м.;
- в)  $21,6 \cdot 10^{-8}$  а.е.м.;
- г)  $194,4 \cdot 10^8$  а.е.м.
8.  $\alpha$ -излучение представляет собой поток:
- а) Квантов электромагнитного излучения, испускаемых ядрами при переходе из возбужденного состояния в основное;
- б) Ядер атомов гелия;
- в) Электронов;
- г) Протонов.
9. Естественное радиоактивное превращение ядер, происходящее самопроизвольно при радиоактивном излучении, называется:
- а) Свечением;
- б) Радиоактивностью;
- в) Дефектом;
- г) Радиоактивным распадом.

10. Период полураспада некоторого радиоактивного изотопа равен 1 месяцу. Количество радиоактивных атомов уменьшается в 16 раз:
- Через 3 месяца;
  - Через 4 месяца;
  - Через 5 месяцев;
  - Через 6 месяцев.
11. Полоний  ${}_{84}^{214}\text{Po}$  превращается в висмут  ${}_{83}^{210}\text{Bi}$  в результате:
- Одного  $\alpha$ -распада и одного  $\beta$ -распада;
  - Одного  $\alpha$ -распада и двух  $\beta$ -распада;
  - Двух  $\alpha$ -распада и одного  $\beta$ -распада;
  - Четырех  $\alpha$ -распада и одного  $\beta$ -распада;
12. Наиболее устойчивыми являются:
- Ядра легких элементов;
  - Ядра тяжелых элементов;
  - Ядра с большим числом протонов;
  - Ядра с большим числом нейтронов.
13. Ядерная энергетика основана на:
- Деление атомных ядер;
  - Синтез атомных ядер;
  - Деление и синтез атомных ядер.

### Примеры решения задач.

**Пример 1.** Определите дефект массы и энергию связи ядра атома бора  ${}_{5}^{10}\text{B}$ .

**Решение:** Дефект массы ядра определяется по формуле:

$$\Delta m = z * m_p + (A - Z) * m_n - m_{\text{я}} \quad (1)$$

или:

$$\Delta m = z * m_{\frac{1}{2}\text{H}} + (A - Z) * m_n - m_{\text{я}} \quad (2)$$

Значение величин, входящих в (2), являются табличными:

$m_{\frac{1}{2}\text{H}} = 1,00783$  а. е. м.,  $m_n = 1,00867$  а. е. м.,  $m_a = 10,01294$  а. е. м.

Вычислив, получим:

$$\Delta m = 0,06956 \text{ а. е. м.}$$

Энергия связи ядра определяется по формуле:

$$E_{\text{св}} = \Delta m * c^2 \quad (3)$$

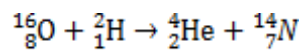
Или:

$$E_{\text{св}} = 931 * \Delta m \quad (4)$$

Подставив полученное значение  $\Delta m$ , вычислим:

$$E_{\text{св}} = 931 * 0,06956 = 64,8 \text{ МэВ}$$

**Пример 2.** Вычислить энергию ядерной реакции.



Выделяется или поглощается эта энергия?

**Решение:** Энергию ядерной реакции определим по формуле:

$$\Delta E = 931 * \Delta m, \quad (1)$$

Где  $\Delta$ -изменение массы при реакции, то есть разность между массой частиц, вступающих в реакцию, и массы частиц, образовавшихся в результате реакции:

$$\Delta m = (m_{{}^{16}_8\text{O}} + m_{{}^2_1\text{H}}) - (m_{{}^4_2\text{He}} + m_{{}^{14}_7\text{N}}) \quad (2)$$

Пользуясь табличными значениями масс атомов, по формуле (2), находим:

$$\Delta m = 0,00334 \text{ а. е. м.}$$

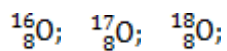
Вставив значения  $\Delta m$  в (1), получим:

$$\Delta E = 931 * 0,00334 = 3,11 \text{ МэВ.}$$

Так как масса исходных ядер больше массы ядер, образовавшихся в результате реакции, то ядерная реакция протекает с выделением энергии.

### **Задачи для решения в аудитории.**

1. Определите число протонов и нейтронов, входящих в состав ядер изотопов кислорода:



2. Вычислите дефект массы, энергию связи, удельную энергию связи ядра изотопа кислорода  ${}^{16}_8\text{O}$ .

Ответ: 0,13709 а.е.м.; 127,63 МэВ; 7,98 МэВ/нуклон

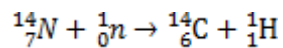
3. Определите, какая энергия в эВ соответствуют дефекту массы  $3 \cdot 10^{-20}$  мг.

Ответ: 16825 эВ.

4. Определите энергию связи ядра атома гелия  ${}^4_2\text{He}$ .

Ответ: 28,4 МэВ.

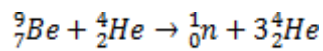
5. Найдите энергия атомной реакции



Выделяется или поглощается энергия?

Ответ: 0,62 МэВ; энергия выделяется.

6. Найдите энергию ядерной реакции



Ответ: -1,56 МэВ.

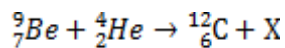
7. Ядро изотопа фосфора  ${}^{32}_{15}\text{P}$  выбросило отрицательную -частицу. В какое ядро превратилось ядро фосфора?

Ответ:  ${}^{32}_{16}\text{S}$ .

8. В какой элемент превращается  ${}^{238}_{92}\text{U}$  после трех  $\alpha$  и двух  $\beta$  распадов?.

Ответ:  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ .

9. Определите частицу, обозначенную буквой X в реакции:



Ответ:  ${}^1_0\text{n}$ .

10. Определите период полураспада радиоактивного изотопа, если  $\frac{5}{8}$  начального количества ядер этого изотопа распалось за время 849 с.

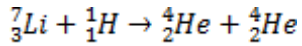
Ответ: 10 минут.

### Домашнее задание.

1. Найдите энергию связи ядра  ${}^7_3\text{Li}$ .

Ответ: 37,71 МэВ.

2. Найдите энергию ядерной реакции



Ответ: 17,3 МэВ.

3. В какой элемент превращается радиоактивный изотоп  ${}^8_3\text{Li}$  после одного  $\beta$  – и одного  $\alpha$  –распада?

Ответ:  ${}^4_2\text{He}$ .

4. Период полураспада радиоактивного изотопа актиния  ${}^{225}_{89}\text{Ac}$  составляет 10 сут. Определите время, за которое распадется  $\frac{1}{3}$  начального количества ядер актиния.

Ответ: 5,85 сут.

## Подготовка к контрольной работе №2

### Примерный вариант контрольной работы №1

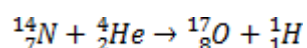
#### Вариант №1

1. Два заряда 30 нКл и -30 нКл расположены на расстоянии 25 см друг от друга. Найти напряженность и потенциал в точке, лежащей на прямой, соединяющей заряды, на расстоянии 5 см от первого заряда.
2. Два длинных прямых параллельных проводника, по которым текут токи 0,2 А и 0,4 А, находятся на расстоянии 14 см. найти индукцию магнитного поля в точке, расположенной между проводниками на расстоянии 4 см от первого из них.
3. На дифракционную решетку нормально падает свет. При этом максимуму второго порядка для длины волны 0,65 мкм соответствует



угол  $45^\circ$ . найдите угол, соответствующий максимуму третьего порядка для длины волны  $0,5 \text{ мкм}$ .

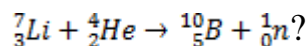
4. Фотон с длиной волны  $0,2 \text{ мкм}$  вырывает с поверхности натрия фотоэлектрон, кинетическая энергия которого  $2 \text{ эВ}$ . Определите работу выхода и красную границу фотоэффекта.
5. Электрон в атоме водорода перенесся с четвертого энергетического уровня на второй. Определите длину волны испускаемого фотона.
6. Вычислите энергию ядерной реакции



## Вариант №2

1. Два заряда  $-1 \text{ нКл}$  и  $2 \text{ нКл}$  находятся на расстоянии  $20 \text{ см}$  один от другого. Найдите напряженность и потенциал поля, созданного этими зарядами, в точке, расположенной между зарядами на линии, соединяющей заряды на расстоянии  $15 \text{ см}$ . от первого из них.
2. Два длинных прямых параллельных проводника, по которым текут в противоположном направлениях токи  $0,2 \text{ А}$  и  $0,4 \text{ А}$ , расположены на расстоянии  $12 \text{ см}$ . друг от друга. Определить индукцию магнитного поля в точке, лежащей посередине отрезка, соединяющего проводники.
3. Определить число штрихов на  $1 \text{ мм}$ . дифракционной решетки, если свет длиной волны  $600 \text{ нм}$  нормально падает на решетку и дает первое изображение щели на расстоянии  $3,3 \text{ см}$ . от центрального. Расстояние от решетки до экрана  $110 \text{ см}$ .
4. Работа выхода электронов с поверхности цезия  $1,89 \text{ эВ}$ . Определить кинетическую энергию фотоэлектронов, если металл освещен желтым светом длиной волны  $589 \text{ нм}$ .
5. Электрон в атоме водорода перешел с четвертого электрического уровня на второй. Определить длину волны испускаемого фотона.

6. Найдите энергию ядерной реакции



### Решение контрольной работы №2

(Вариант №2).

№	Алгоритм	Применение алгоритма к решению задачи
---	----------	---------------------------------------

1.

Два заряда  $-1$  нКл и  $2$  нКл находятся на расстоянии  $20$  см один от другого. Найдите напряженность и потенциал поля, созданного этими зарядами, в точке, расположенной между зарядами на линии, соединяющей заряды на расстоянии  $15$  см. от первого из них.

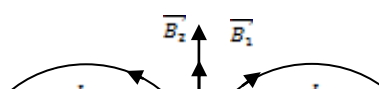
<u>1</u>	Краткое условие задачи	$q_1 = -1$ нКл $q_2 = 2$ нКл $l = 20$ см $r_1 = 15$ см	$-10^{-9}$ Кл $2 \cdot 10^{-9}$ Кл $0,2$ м $0,15$ м	
<u>2</u>	Формулы и законы, применимые к решению задачи	$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2; E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2; \varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$		
<u>3</u>	Чертеж			
<u>4</u>	Решение задачи в общем виде	1) $E = E_1 + E_2$ $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{q_1}{r_1^2} + \frac{q_2}{(l-r_1)^2} \right)$ 2) $\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{q_1}{r_1} + \frac{q_2}{l-r_1} \right)$		

<u>5</u>	Вычисления	$E = \frac{1}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} * \left( \frac{10^{-9}}{0,15^2} + \frac{2 \cdot 10^{-9}}{0,05^2} \right) = 7,6 * 10^3 \text{ В/м} = 7,6 \text{ кВ/м}$ $\varphi = \frac{1}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} * \left( \frac{-10^{-9}}{0,15} + \frac{2 \cdot 10^{-9}}{0,05} \right) = 0,3 * 10^3 \text{ В} = 0,3 \text{ кВ}$
<u>6</u>	Ответ	7,6 кВ/м; 0,3 кВ.

2.

Два длинных прямых параллельных проводника, по которым текут в противоположном направлении токи 0,2 А и 0,4 А, расположены на расстоянии 12 см. друг от друга. Определить индукцию магнитного поля в точке, лежащей посередине отрезка, соединяющего проводники.

<u>1</u>	Краткое условие задачи	$I_1 = 0,2 \text{ А}$ $I_2 = 0,4 \text{ А}$ $l = 12 \text{ см}$ $r_1 = r_2 = 6 \text{ см}$ $B - ?$	0,12 м 0,06 м	
<u>2</u>	Формулы и законы, применимые к решению задачи	$B = B_1 + B_2$ $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$		
<u>3</u>	Чертеж			



<u>4</u>	Решение задачи в общем виде	$B = B_1 + B_2$ $B = \frac{\mu_0}{2\pi r_1} (I_1 + I_2)$
<u>5</u>	Вычисления	$B = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,06} * (0,2 + 0,4) = 2 * 10^{-6} \text{Тл} = 2 \text{мкТл}$
<u>6</u>	Ответ	2 мкТл.

3.

Определить число штрихов на 1 мм. дифракционной решетки, если свет длиной волны 600 нм нормально падает на решетку и дает первое изображение щели на расстоянии 3,3 см. от центрального. Расстояние от решетки до экрана 110 см.

<u>1</u>	Краткое условие задачи	$\lambda = 600 \text{ нм}$	$6 * 10^{-7} \text{ м}$	
		$a = 3,3 \text{ см}$	$3,3 * 10^{-2} \text{ м}$	
		$b = 110 \text{ см}$	$1,1 \text{ м}$	
		$k = 1$		
		$l = 1 \text{ мм}$	$10^{-3} \text{ м}$	
		$N - ?$		
<u>2</u>	Формулы и законы, применимые к решению задачи	$d \sin \varphi = k\lambda$ $d = l/n$		
<u>3</u>	Чертеж			
<u>4</u>	Решение задачи в	$\frac{l}{N} \sin \alpha = k\lambda$	$N = \frac{l \sin \varphi}{k\lambda}$	

	общем виде	Для малых углов $\varphi$ $\sin \varphi \approx \operatorname{tg} \varphi = \frac{a}{b}$ $N = \frac{Ia}{k\lambda b}$
<u>5</u>	Вычисления	$N = \frac{3,3 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 6 \cdot 10^{-7} \cdot 1,1} = 0,5 \cdot 10^2 = 50$
<u>6</u>	Ответ	50

4.

Работа выхода электронов с поверхности цезия 1,89 эВ. Определить кинетическую энергию фотоэлектронов, если металл освещен желтым светом длиной волны 589 нм.

<u>1</u>	Краткое условие задачи	$A_{\text{вых}} = 1,89 \text{ эВ}$ $\lambda = 589 \text{ нм}$ $E_{\text{к}} - ?$	$3 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ $58,9 \cdot 10^{-8} \text{ м}$	
<u>2</u>	Формулы и законы, применимые к решению задачи	$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2}; \quad \frac{mv^2}{2} = E_{\text{к}} \quad \nu = \frac{c}{\lambda}$		
<u>3</u>	Чертеж			
<u>4</u>	Решение задачи в общем виде	$\frac{hc}{\lambda} = A_{\text{вых}} + E_{\text{к}}$ $E_{\text{к}} = \frac{hc}{\lambda} - A_{\text{вых}}$		
<u>5</u>	Вычисления	$E = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{58,9 \cdot 10^{-8}} - 3 \cdot 10^{-19} = 0,4 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$		
<u>6</u>	Ответ	$0,4 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$		

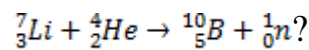
5.

Электрон в атоме водорода перешел с четвертого электрического уровня на второй. Определить длину волны испускаемого фотона.

<u>1</u>	Краткое условие задачи	$n_1 = 4$ $n_2 = 2$ $\lambda - ?$		
<u>2</u>	Формулы и законы, применимые к решению задачи	$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right)$		
<u>3</u>	Чертеж			
<u>4</u>	Решение задачи в общем виде			
<u>5</u>	Вычисления	$\frac{1}{\lambda} = 1,1 * 10^7 \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{4^2} \right) = 2,1 * 10^{-6} \text{ м}^{-1}$ $\lambda = 0,48 * 10^{-6} \text{ м} = 480 \text{ нм}$		
<u>6</u>	Ответ	480 нм		

6.

Найдите энергию ядерной реакции



<u>1</u>	Краткое условие задачи	${}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}?$		
<u>2</u>	Формулы и законы, применимые к решению задачи	$\Delta E = 931 * \Delta m$		
<u>3</u>	Чертеж			

<u>4</u>	Решение задачи в общем виде	$\Delta E = 931[m({}_3^7\text{Li}) + m({}_2^4\text{He}) - (m({}_5^{10}\text{B}) + m({}_0^1\text{n}))]$
<u>5</u>	Вычисление	$\Delta E = 931(7,01601 + 4,00260 - (10,01294 + 1,00867)) = 931(-0,03) = -2,793 \text{ МэВ}$ $\Delta E < 0 \Rightarrow \text{реакция идет с поглощением энергии}$
<u>6</u>	Ответ	$-2,793 \text{ МэВ}$

### *Глоссарий*

Новое понятие	Определение
Абсолютно чёрное тело	Тело, способное поглощать полностью при любой температуре все падающее на него излучения любой частоты.
Взаимная индукция	Возникновение ЭДС индукции в одном из контуров при изменении силы тока в другом.
Дефект массы ядра	Величина, на которую уменьшается масса всех нуклонов при образовании из них атомного ядра. $\Delta m = Z \times m_p + (A - Z)m_n - m_x$
Дисперсия света	Зависимость скорости распространения волн в среде от их длины.
Дифракционная решетка	Система параллельных щелей равной ширины.
Дифракция света	Явление не прямолинейности распространения света вблизи преграды.

Интерференция света	Сложение когерентных волн, в результате которого в различных областях пространства наблюдается усиление или ослабление результирующей волны.
Когерентные волны	Волны, имеющие постоянную разность фаз.
Линия магнитной индукции	Линия, в каждой точки которой касательная совпадает с вектором магнитной индукции.
Линия напряженности	Линия, в каждой точке которой касательная совпадает с вектором напряженности электрического поля.
Магнитная индукция	Основная характеристика магнитного поля, численно равна максимальной силе Ампера, действующей на единичный элемент тока. $B = \frac{F_{Amax}}{I \cdot dl}$
Магнитное поле	Вид материи, посредством которого взаимодействует движущиеся электрические заряды.
Напряжение	Разность потенциалов на полюсах источника тока, замкнутого внешней электрической цепью.
Напряженность электрического поля в некоторой точке.	Физическая величина, определяемая силой, с которой электрическое поле действует на пробный положительный заряд, помещенный в данную точку поля. $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$
Однородный участок цепи	Участок цепи, на который не действуют сторонние силы.
Период полураспада	Время, за которое исходное число радиоактивных ядер в среднем уменьшается вдвое.



Плотность тока	<p>Физическая величина, определяемая силой тока, проходящего через единицу поперечного сечения проводника, перпендикулярного направлению тока.</p> $j = \frac{\Delta I}{\Delta S}$
Поляризованный свет	Свет, электрические колебания которого совершаются в одной плоскости.
Потенциал электрического поля в некоторой точке	<p>Физическая величина, определяемая потенциальной энергией пробного заряда в данной точке электрического поля.</p> $\gamma = \frac{E_n}{q_0}$
Поток вектора напряженности электрического поля сквозь некоторую поверхность	<p>Число линий напряженности электрического поля, пронизывающих данную поверхность.</p> $\Phi_E = \int E_n dS$
Пробный заряд	Заряд, не изменяющий картины исследуемого поля.
Радиоактивный распад	Естественное радиоактивное превращение ядер, происходящих самопроизвольно.
Разветвленная электрическая цепь	Электрическая цепь, состоящая из нескольких замкнутых контуров, имеющих общие участки.
Самоиндукция	Возникновение ЭДС индукции в контуре при изменении силы тока в нем.
Сила Ампера	<p>Сила, с которой магнитное поле действует на помещенный в него проводник с током.</p> $\vec{F}_A = I [ \vec{l}, \vec{B} ]$

Сила Лоренца	Сила, с которой магнитное поле действует на движущийся в нем электрический заряд. $\vec{F}_A = q[\vec{v}, \vec{B}]$
Сила тока	Количество электричества, проходящего через поперечное сечение проводника за единицу времени. $I = \frac{dq}{dt}$
Стационарное состояние атома	Движение электронов по стационарным орбитам.
Сторонние силы	Силы, действующие на носители тока со стороны источника тока.
Тепловое излучение	Свечение тел, обусловленное направлением (Совершается за счет внутренней энергии вещества).
Фотоэффект	Освобождение электронов от связей с атомами и молекулами вещества под действием электромагнитного излучения (бывает внутренним и внешним).
Электродвижущая сила источника тока	Отношение работы сторонних сил при перемещении точечного заряда вдоль всей цепи к заряду. $\mathcal{E} = \frac{A}{q}$
Электрический ток	Упорядоченное (направленное) движение электрических зарядов.
Электрическое поле	Вид материи, посредством которого взаимодействуют электрические заряды.
Электромагнитная волна	Распространяющееся в пространстве переменное электромагнитное поле. Является поперечной, состоящей из двух совпадающих по фазе волны-электрической ( $\vec{E}$ ) и магнитной ( $\vec{B}$ ).
Электромагнитн	Возникновение в замкнутом проводнике электрического

ая индукция	тока, обусловленное изменением магнитного поля.
Элементарный заряд	Заряд, равный по величине заряду электрона. $(e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Кл})$
Энергия связи ядра	Энергия, необходимая для расщепления ядра на отдельные нуклоны. $\Delta E = \Delta m \times c^2$
Ядерные силы	Силы, связывающие нуклоны в атомном ядре (намного превышают гравитационные, электрические, магнитные силы и не сводятся к ним).

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Основные физические постоянные (значения округлённые)

Физическая величина	Обозначения	Числовые значения
Ускорение свободного падения	<b>g</b>	9,8м/с <sup>2</sup>
Гравитационная постоянная	<b>G</b>	6,67× 10 <sup>-11</sup> м <sup>3</sup> (кг× с <sup>2</sup> )
Постоянная Авогадро	<b>N<sub>A</sub></b>	6,02× 10 <sup>23</sup> моль <sup>-1</sup>
Молярная газовая постоянная	<b>R</b>	8,31Дж/(К× моль)
Постоянная Больцмана	<b>k</b>	1,38× 10 <sup>-23</sup> Дж/К
Заряд электрона, протона	<b>e</b>	1,60× 10 <sup>-19</sup> Кл
Масса электрона	<b>m<sub>e</sub></b>	9,11× 10 <sup>-31</sup> кг
Масса протона	<b>m<sub>p</sub></b>	1,67× 10 <sup>-27</sup> кг
Постоянная Фарадея	<b>F</b>	9,65× 10 <sup>4</sup> Кл/(кг× моль)
Скорость света в вакууме	<b>c</b>	3× 10 <sup>8</sup> м/с
Постоянная Стефана-Больцмана	<b>σ</b>	5,67× 10 <sup>-8</sup> Вт/(м <sup>2</sup> × К <sup>4</sup> )

Постоянная Вина	<b>b</b>	$2,9 \times 10^{-3} \text{ м} \times \text{К}$
Постоянная Планка	<b>h</b>	$6,63 \times 10^{-34} \text{ Дж} \times \text{с}$
Постоянная Ридберга	<b>R</b>	$1,1 \times 10^7 \text{ м}^{-1}$
Молярный объём газа при нормальных условиях	<b><math>V_m</math></b>	$22,4 \times 10^{-3} \text{ м}^3$
Электрическая постоянная	<b><math>\epsilon_0</math></b>	$8,85 \times 10^{-12} \text{ Ф/м}$
Магнитная постоянная	<b><math>\mu_0</math></b>	$4\pi \times 10^{-7} \text{ Гн/м}$

**Удельное сопротивление веществ,  $10^{-8} \text{ Ом} \times \text{м}$**

Алюминий....2,8	Медь.....1,7
Графит.....39,0	Никелин...40
Железо.....11	Нихром....100
Константан...50	

**Диэлектрическая проницаемость**

Вода.....81	Слюда....7
Воздух.....1,0006	Стекло...6
Керосин...2	Фарфор...5
Парафин...2	Эбонит...3

**Масса покоя некоторых частиц, а.е.м.**

Электрон.....0,00055	Нейтрон.....1,00867
Протон.....1,00728	$\alpha$ – частица ....4,00149

**Масса нейтральных атомов некоторых изотопов, а.е.м.**

Водород ${}^1_1\text{H}$ ...1,0083	Углерод ${}^{12}_6\text{C}$ ...12,00000
Водород ${}^3_1\text{H}$ ...2,01410	Углерод ${}^{14}_6\text{C}$ ...14,00324
Водород ${}^2_1\text{H}$ ...3,01605	Азот ${}^{13}_7\text{N}$ ...13,00574
Гелий ${}^3_2\text{He}$ ...3,01603	Азот ${}^{14}_7\text{N}$ ...14,00307
Гелий ${}^4_2\text{He}$ ...4,00260	Кислород ${}^{16}_8\text{O}$ ...15,99491

Литий  ${}^6_3\text{Li} \dots 6,01513$

Кислород  ${}^{17}_8\text{O} \dots 17,00453$

Литий  ${}^6_3\text{Li} \dots 7,01601$

Фосфор  ${}^{32}_{15}\text{P} \dots 32,02609$

Бериллий  ${}^9_4\text{Be} \dots 9,01219$

Сера  ${}^{32}_{16}\text{S} \dots 32,02793$

Бор  ${}^{10}_5\text{B} \dots 10,01294$

Золото  ${}^{197}_{79}\text{Au} \dots 197,03346$

Бор  ${}^{10}_5\text{B} \dots 11,00930$

Уран  ${}^{235}_{92}\text{U} \dots 235,04392$

### Приставки для образования кратных и дольных единиц.

Приставки квадратных единиц	Отношение к основной единице	Обозначение русское	Приставки дольных единиц	Отношение к основной единице	Обозначение русское
Экса	$10^{18}$	Э	деци	$10^{-1}$	д
Пэта	$10^{15}$	П	санتي	$10^{-2}$	с
Тера	$10^{12}$	Т	милли	$10^{-3}$	м
Гига	$10^9$	Г	микро	$10^{-6}$	мк
Мега	$10^6$	М	нано	$10^{-9}$	н
Кило	$10^3$	к	пико	$10^{-12}$	п
Гекто	$10^2$	г	фемто	$10^{-15}$	ф
Дека	$10^1$	да	атто	$10^{-18}$	а

## Литература

1. Айзензон, А.Е. Курс физики: учеб. пособие для студ. технич. вузов/А.Е. Айзензон. – М.: Высш. шк., 1996 – 462 с.: ил.
2. Волькенштейн, В.С. Сборник задач по общему курсу физики: учеб. пособие для технич. вузов/В.С. Волькенштейн. – 10-е изд., стереотип. – М. – А.: Физматгиз, 1979. – 456 с.: ил.
3. Иродов, И.Е. Задачи по общей физике: учеб. Пос. - 3-е изд., перераб. – М: Наука, 2001.-416 с.
4. Сборник задач по физике: учеб пособие/Л.Л. Баканин, В.Е. Беннучкин, С.М. Козел, И.П. Мазанько; под ред. С.М. Козела. – 2-е изд., испр. – М.: Наука, 1990.-352с.
5. Сборник задач по физике : учеб пособие для с/х вузов/Под ред. Р.И. Грабовского. – М.: Высш. шк., 1975. – 127 с.: ил.
6. Татарников, В.М. Общая физика: магнетизм, оптика, квантовая физика, физика атомов: (конспекты лекций, лабораторные работы, задачи): учеб. Пособие для вузов/Татарников В.М. – 2-е изд., перераб. – Уссурийск: изд-во УГПИ, 2005-262с.: ил.
7. Трофимова, Т.И. Курс физики: учеб пособие для инж.-технич. спец. вузов/Т.И. Трофимова. – 6-е изд., стереотип. – М.: Высш. шк., 1999. – 542 с.: ил.
8. Трофимова, Т.И. Сборник задач по курсу физики с решениями: Учеб. пособие для студ. вузов/Т.И. Трофимова, З.Г. Павлова. – М.: Высш. шк., 1999.- 591 с.: ил.

Ивкина Татьяна Юрьевна

Ивкина Т.Ю. Физика. Часть 2. Электромагнетизм. Оптика. Атомная и ядерная физика: методические указания для практических занятий по дисциплине (модулю) и самостоятельной работы для обучающихся по направлениям подготовки: 20.03.02 «Природообустройство и водопользование», 21.03.02 «Землеустройство и кадастры», 35.03.06 «Агроинженерия» [Электронный ресурс]: / Т.Ю. Ивкина; ФГБОУ ВПО ПГСХА. - Электрон. текст дан. - Уссурийск; ПГСХА, 2015.- 63с. - Режим доступа: [www.de.primacad.ru](http://www.de.primacad.ru).

Подписано в печать \_\_\_\_\_ Формат 60x84 1/16.

Бумага писчая. Печать офсетная. Уч.-изд.л. 4,6.

Тираж \_\_\_\_\_ экз. Заказ \_\_\_\_\_.

ФГОУ ВПО "Приморская государственная сельскохозяйственная академия".

692510. г. Уссурийск, пр. Блюхера, 44.

Участок оперативной полиграфии ФГОУ ВПО ПГСХА.

692508. г. Уссурийск, ул. Раздольная, 8.