

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
<<МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ЛЕСА>>

Е. П. Козловская, Н. П. Полуэктов, И. И. Усатов

**КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ ДЛЯ
СТУДЕНТОВ-ЗАОЧНИКОВ**

по специальностям: 15.03.02 (ДМ, ЛМ)
35.03.02 (ДО, ЛИД)

ТЕСТЫ ПО ФИЗИКЕ

Часть 2

Москва
2015

Разработано в соответствии с Государственным образовательным стандартом ВПО
2000г.

Работа подготовлена на кафедре физики

В данном издании представлены варианты контрольной работы №2 (тесты) для студентов-заочников.

Сборник предназначен для контроля знаний студентов заочного обучения Московского государственного университета леса.

Учебное издание

Козловская Евгения Петровна

Полуэкттов Николай Павлович

Усатов Игорь Игоревич

**КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ ДЛЯ
СТУДЕНТОВ-ЗАОЧНИКОВ**

ТЕСТЫ ПО ФИЗИКЕ

Часть 2

В авторской редакции. Компьютерный набор и верстка авторов

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ТЕМАТИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ВАРИАНТОВ КР2	4
ВАРИАНТ КР2-I	5
ВАРИАНТ КР2-II	7
ВАРИАНТ КР2-III	9
ВАРИАНТ КР2-IV	12
ВАРИАНТ КР2-V	14
ВАРИАНТ КР2-VI	17
ВАРИАНТ КР2-VII	19
ВАРИАНТ КР2-VIII	22
ВАРИАНТ КР2-IX	24
ВАРИАНТ КР2-X	26

ВВЕДЕНИЕ

В настоящем издании приведена контрольная работа №2 (КР2) для студентов заочного обучения, содержащая 10 вариантов, состоящих из 15 задач количественного и качественного типов. Задачи оформлены в виде тестов, в каждом из них предлагается четыре ответа, среди которых только *один* является правильным.

Далее приводится единое тематическое содержание всех вариантов контрольной работы №2 (КР2), что делает их равнозначными и по объему, и по уровню сложности тестов. При этом нумерация рисунков осуществляется автономно в пределах каждого варианта, а физические величины, обозначенные жирными буквами, имеют векторный характер (например, E – модуль вектора \mathbf{E} напряженности электрического поля).

Номер варианта определяется по последней цифре шифра – номера зачетной книжки студента. Если, например, последняя цифра 7, то студент решает вариант 7 из контрольных работ КР1 и КР2.

ТЕМАТИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ВАРИАНТОВ КР2

1. Постоянный электрический ток (соединения проводников, законы Ома).
2. Постоянный электрический ток (правила Кирхгофа, закон Джоуля-Ленца).
3. Магнитное поле постоянного тока.
4. Действие магнитного поля на электрический заряд и на проводник с током.
5. Явление электромагнитной индукции. Энергия магнитного поля.
6. Магнитные свойства вещества.
7. Идеальный колебательный контур и электромагнитные волны.
8. Интерференция света.
9. Дифракция света.
10. Поляризация света.
11. Взаимодействие света с веществом (дисперсия, поглощение света).
12. Тепловое излучение.
13. Квантовые свойства света. Фотоэффект. Давление света.
14. Элементы квантовой физики.
15. Элементы физики атомного ядра.

6. В однородное магнитное поле вносится длинный вольфрамовый стержень (магнитная проницаемость $\mu=1,0176$). Определить, какая доля суммарного магнитного поля в этом стержне создается молекулярными токами.

- 1) 0,73 %; 2) 1,73 %; 3) 2,73 %; 4) 3,73 %.

7. Во сколько раз нужно увеличить мощность радиолокатора для увеличения его радиуса действия в 2 раза?

- 1) 2; 2) 4; 3) 8; 4) 16.

8. Тонкая мыльная пленка освещается светом с длиной волны 0,6 мкм. Чему равна разность хода волн, отраженных от различных поверхностей пленки, для светлой интерференционной полосы и следующей за ней темной интерференционной полосы?

- 1) 0,3 мкм; 2) 0,6 мкм; 3) 1,2 мкм; 4) 1,5 мкм.

9. Какой наибольший порядок спектра натрия ($\lambda=590$ нм) можно наблюдать при помощи дифракционной решетки, имеющей 500 штрихов на 1 мм, если свет падает на решетку нормально?

- 1) 2; 2) 3; 3) 5; 4) 8.

10. Оптические оси двух поляризаторов ориентированы под углом 45° относительно друг друга. На первый из них падает естественный свет. Какая доля интенсивности естественного света пройдет через оба поляризатора?

- 1) 1/8; 2) 1/4; 3) 1/2; 4) 3/4.

11. Если посмотреть на зеленую траву через красное стекло, то она будет казаться:

- 1) зеленой; 2) красной; 3) белой; 4) черной.

12. Абсолютно черное тело и реальное тело имеют одинаковую температуру. Как соотносятся между собой их энергетические светимости соответственно R_T и E_T ?

- 1) $R_T > E_T$; 2) $R_T < E_T$; 3) $R_T = E_T$; 4) для ответа не хватает данных.

13. Плоский фотокатод полностью и равномерно облучается монохроматическим излучением. Как изменится значение задерживающего напряжения при уменьшении площади поверхности катода?

- 1) возрастет; 2) не изменится; 3) уменьшится; 4) для ответа не

хватает данных.

14. На зеркальную поверхность площадью 1 м^2 нормально падает $15 \cdot 10^{17}$ квантов монохроматического света в секунду. Определить длину волны падающего света, если его давление равно 10^{-8} Па .

- 1) 0,2 мкм; 2) 0,3 мкм; 3) 0,4 мкм; 4) 0,5 мкм.

15. Определить возраст древних деревянных предметов, если удельная активность изотопа углерода ^{14}C у них составляет $3/5$ удельной активности этого же изотопа в только что срубленных деревьях. Период полураспада ^{14}C равен 5570 лет.

- 1) 410 лет; 2) 4100 лет; 3) 820 лет; 4) 8200 лет.

ВАРИАНТ КР2-II

1. Определить напряженность электрического поля в алюминиевом проводнике сечением $1,4 \text{ мм}^2$ при силе тока 1 А. Удельное сопротивление алюминия равно $\rho_{\text{ал}}=28 \text{ нОм}\cdot\text{м}$.

- 1) 1 мВ/м; 2) 10 мВ/м; 3) 20 мВ/м; 4) 30 мВ/м.

2. Два источника с ЭДС $E_1=2 \text{ В}$ и $E_2=1,5 \text{ В}$ и внутренними сопротивлениями $r_1=0,5 \text{ Ом}$ и $r_2=0,4 \text{ Ом}$ включены параллельно сопротивлению $R=2 \text{ Ом}$ (рис. 1). Определить силу тока через это сопротивление.

- 1) 0,275 А; 2) 0,475 А; 3) 0,575 А; 4) 0,775 А.

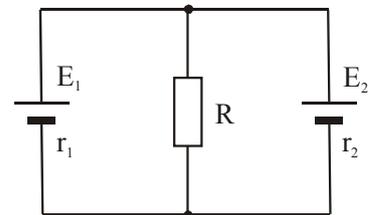


Рис. 1

3. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам, находящимся на расстоянии $s=10 \text{ см}$ друг от друга в вакууме, текут токи $I_1=20 \text{ А}$ и $I_2=30 \text{ А}$ одинакового направления (рис. 2). Определить индукцию магнитного поля в точке А, отстоящей от тока I_2 на расстоянии $d=3 \text{ см}$.

- 1) 0,13 мТл; 2) 0,23 мТл; 3) 0,33 мТл; 4) 0,43 мТл.

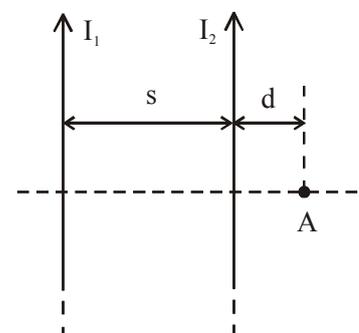


Рис. 2

4. В области полета электрона создали однородное магнитное поле. По какой траектории будет двигаться электрон, если в момент включения поля его скорость была направлена под прямым углом к линиям магнитной

индукции?

- 1) по прямой; 2) по окружности; 3) по винтовой линии; 4) по параболе.

5. Определить мгновенное значение ЭДС самоиндукции, возникающей в цепи с индуктивностью $L=25$ мГн при изменении тока в ней по закону $i=(3+4t) \cdot 10^{-1}$ А.

- 1) 0,01 В; 2) 0,1 В; 3) 1 В; 4) 10 В.

6. Как называются вещества, в которых индуцируемое магнитное поле противоположно внешнему магнитному полю?

- 1) ферро-магнетики; 2) антиферро-магнетики; 3) парамагнетики; 4) диамагнетики.

7. Электромагнитная волна с частотой $\nu = 4$ МГц переходит из немагнитной среды с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 3$ в вакуум. Определить приращение ее длины.

- 1) 11,7 м; 2) 21,7 м; 3) 31,7 м; 4) 41,7 м.

8. Свет с длиной волны 0,5 мкм падает на тонкую пленку в виде клина. Вследствие интерференции на клине наблюдаются чередующиеся светлые и темные интерференционные полосы. Чему равна разность хода волн, отраженных от различных поверхностей клина, для соседних темных интерференционных полос?

- 1) 0,25 мкм; 2) 0,5 мкм; 3) 0,75 мкм; 4) 1 мкм.

9. На дифракционную решетку, содержащую 400 штр/мм, падает нормально монохроматический свет ($\lambda=0,6$ мкм). Определить общее число максимумов интенсивности света, которые дает эта решетка.

- 1) 4; 2) 8; 3) 9; 4) 10.

10. Под каким углом должны падать солнечные лучи на оконное стекло, чтобы отраженные лучи были полностью поляризованы? Скорость света в стекле равна $1,73 \cdot 10^8$ м/с.

- 1) 15° ; 2) 30° ; 3) 45° ; 4) 60° .

11. На графике (рис. 3) изображена зависимость показателя преломления стекла n от длины волны света λ . Одинаковы ли дисперсии красного и синего света в стекле? Как это отражается на спектре видимого света, полученном с помощью стеклянной призмы?

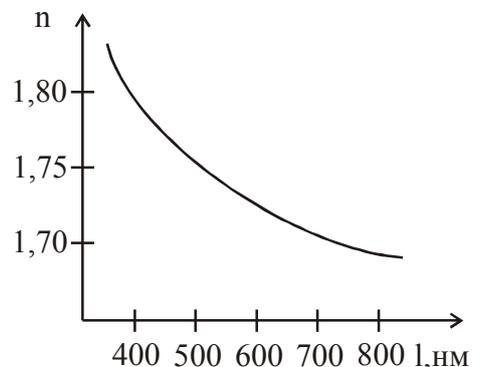


Рис. 3

- 1) да; одинаковым интервалам длин волн соответствует; 2) нет; спектр сжат в красной части и растянут; 3) нет; спектр сжат в фиолетовой части и растянут; 4) для ответа не хватает данных.

ветствуют участ- в фиолетовой тянут в красной
тки спектра оди- части;
наковой шири- части;
ны;

12. Какой тип спектра характерен для теплового излучения абсолютно черного тела?

- 1) сплошной; 2) линейчатый; 3) полосатый; 4) для ответа не хватает данных.

13. Под каким напряжением работает рентгеновская трубка, если самые “жесткие” лучи в ее спектре имеют частоту 10^{19} Гц?

- 1) 21 кВ; 2) 31 кВ; 3) 41 кВ; 4) 51 кВ.

14. Человеческий глаз, длительно находящийся в темноте, воспринимает свет с длиной волны 0,5 мкм при его мощности $2,1 \cdot 10^{-17}$ Вт. Сколько фотонов попадает в этом случае на сетчатку за 1 с?

- 1) 33; 2) 53; 3) 73; 4) 93.

15. В урановой руде отношение числа ядер урана ^{238}U к числу ядер свинца ^{206}Pb составляет 2,8. Оценить возраст руды, считая, что весь свинец является конечным продуктом распада уранового ряда. Период полураспада урана равен $4,5 \cdot 10^9$ лет.

- 1) $1 \cdot 10^9$ лет; 2) $2 \cdot 10^9$ лет; 3) $3 \cdot 10^9$ лет; 4) $4 \cdot 10^9$ лет.

ВАРИАНТ КР2-III

1. Электрический ток в металле возникает под действием электрического поля, которое вызывает упорядоченное движение (дрейф) электронов. Если v_{cp} – средняя скорость дрейфа электронов, а u_{cp} – средняя скорость их теплового движения, то каково соотношение между скоростями?

- 1) $v_{\text{cp}} \ll u_{\text{cp}}$; 2) $v_{\text{cp}} \gg u_{\text{cp}}$; 3) $v_{\text{cp}} \approx u_{\text{cp}}$; 4) для ответа не хватает данных.

2. Батарея состоит из пяти последовательно соединенных элементов с ЭДС по 1,5 В и внутренним сопротивлением по 0,3 Ом каждый. При какой силе тока мощность, отдаваемая во внешнюю цепь, будет наибольшей?

- 1) 1,5 А; 2) 2,0 А; 3) 2,5 А; 4) 3,0 А.

3. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам, находящимся на расстоянии $s=8$ см друг от друга в вакууме, текут токи $I_1=20$ А и $I_2=20$ А одинакового направления (рис. 1). Определить индукцию магнитного поля в точке А, отстоящей от тока I_1 на расстоянии 4 см.

- 1) 0 мТл; 2) 0,1 мТл; 3) 0,2 мТл; 4) 0,3 мТл.

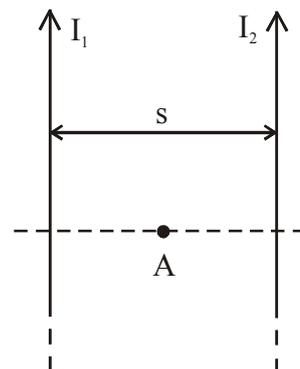


Рис. 1

4. В области полета электрона создали однородное магнитное поле. По какой траектории будет двигаться электрон, если в момент включения поля его скорость была направлена под острым углом к линиям магнитной индукции?

- 1) по прямой; 2) по окружности; 3) по винтовой линии; 4) по параболе.

5. В однородном магнитном поле с индукцией $B=0,2$ Тл равномерно вращается рамка площадью $S=100$ см², содержащая $N=200$ витков провода. Определить частоту вращения рамки n , если в ней возникает максимальная ЭДС индукции 12,4 В (принять $\pi=3,1$).

- 1) 1 с⁻¹; 2) 3 с⁻¹; 3) 5 с⁻¹; 4) 10 с⁻¹.

6. Напряженность однородного магнитного поля в платине (магнитная восприимчивость $\chi =3,6 \cdot 10^{-4}$) равна $H=5$ А/м. Определить индукцию магнитного поля, создаваемую молекулярными токами. Ответ выразить в нанотеслах; 1 нТл= 10^{-9} Тл.

- 1) 1,26 нТл; 2) 2,26 нТл; 3) 3,36 нТл; 4) 4,36 нТл.

7. Период электромагнитных колебаний в колебательном контуре уменьшился в 3 раза. Во сколько раз увеличилась мощность электромагнитного излучения контура?

- 1) 3; 2) 9; 3) 27; 4) 81.

8. Свет с длиной волны 0,6 мкм нормально падает на тонкую пленку, нанесенную на стеклянную поверхность. Вследствие интерференции отраженные от различных поверхностей пленки световые волны будут гасить друг друга. Определить минимальную разность хода этих волн.

- 1) 0,3 мкм; 2) 0,45 мкм; 3) 0,6 мкм; 4) 0,75 мкм.

9. Какова интенсивность света в фокусе зонной пластинки, если закрыты все зоны, кроме первой? Интенсивность света без пластинки равна I_0 .

- 1) $I_0/2$; 2) I_0 ; 3) $2I_0$; 4) $4I_0$.

10. Плоскополяризованный луч света падает на границу раздела двух сред под углом Брюстера i_B (рис. 2 – 5). Указать его дальнейшее распространение.

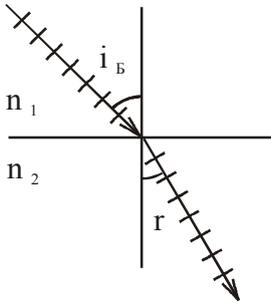


Рис. 2

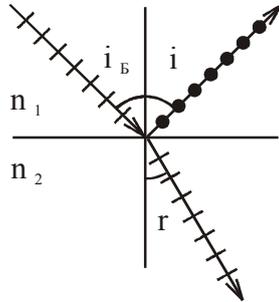


Рис. 3

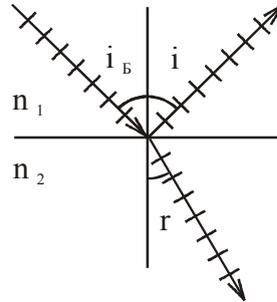


Рис. 4

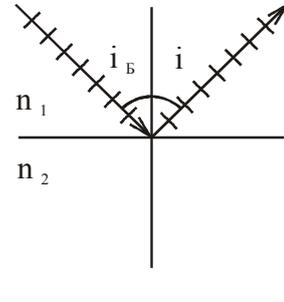


Рис. 5

- 1) рис. 2; 2) рис. 3; 3) рис. 4; 4) рис. 5.

11. Скорость распространения крайних красных лучей в спектре видимого света в стекле равна $1,99 \cdot 10^8$ м/с, в воде - $2,26 \cdot 10^8$ м/с, а крайних фиолетовых лучей в стекле равна $1,96 \cdot 10^8$ м/с, в воде - $2,24 \cdot 10^8$ м/с. В какой из двух сред - воде или стекле – дисперсия больше? Чем будут отличаться спектры видимого света при преломлении в воде и стекле при одинаковых условиях?

- 1) в стекле; 2) в воде; 3) в стекле; 4) в воде;
спектр, получен- спектр, получен- спектр, получен- спектр, получен-
ный при помощи ный при помощи ный при помощи ный при помощи
стекла, шире; воды, шире; стекла, уже; воды, уже.

12. В спектре излучения огненного шара, возникающего при ядерном взрыве, максимум энергии излучения приходится на длину волны 0,289 мкм. Определить температуру (по шкале Кельвина) поверхности шара.

- 1) 10^3 К; 2) 10^4 К; 3) 10^5 К; 4) 10^6 К.

13. “Красная” граница внешнего фотоэффекта для некоторого металла равна 0,275 мкм. Определить минимальное значение энергии фотона, вызывающего фотоэффект. Ответ выразить в электронвольтах; $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

- 1) 2,5 эВ; 2) 3,5 эВ; 3) 4,5 эВ; 4) 5,5 эВ.

14. Сравнить давления света, оказываемые на идеально белую поверхность (P_1) и идеально черную поверхность (P_2) при прочих равных условиях.

- 1) $P_1 = 2P_2$; 2) $P_1 = P_2/2$; 3) $P_1 = P_2$; 4) $P_1 = 4P_2$.

15. Во сколько раз уменьшится количество атомов радиоактивного вещества по истечении времени, равного трем периодам полураспада?

- 1) в 2 раза; 2) в 4 раза; 3) в 8 раз; 4) в 16 раз.

ВАРИАНТ КР2-IV

1. На сколько равных частей требуется разрезать проводник сопротивлением 64 Ом, чтобы, соединив эти части параллельно, получить сопротивление 1 Ом?

- 1) 4; 2) 8; 3) 12; 4) 16.

2. Определить ЭДС источника тока и его внутреннее сопротивление, если во внешней цепи при силе тока 4 А развивается мощность 10 Вт, а при силе тока 2 А – мощность 8Вт.

- 1) 3 В; 0,1 Ом; 2) 4,5 В; 0,25 Ом; 3) 5 В; 0,5 Ом; 4) 5,5 В; 0,75 Ом.

3. Первый слой длинного двухслойного соленоида намотан проволокой (виток вплотную к витку) диаметром 0,4 мм, и по нему течет ток силой 1 А, а второй слой – проволокой (виток вплотную к витку) диаметром 0,8 мм, и по нему течет ток силой 4 А. Определить индукцию магнитного поля внутри соленоида, если токи текут в одном направлении.

- 1) 6,4 мТл; 2) 7,4 мТл; 3) 8,4 мТл; 4) 9,4 мТл.

4. Протон и альфа-частица влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции с одинаковыми скоростями. Сравнить радиусы окружностей (R_p/R_α), по которым они будут двигаться, если $m_\alpha=4m_p$ и $q_\alpha=2q_p$.

- 1) 1/2; 2) 1; 3) 2; 4) 4.

5. Автомобиль движется со скоростью 108 км/ч. Определить разность потенциалов на концах передней оси машины, если ее длина равна 180 см, а вертикальная составляющая индукции магнитного поля Земли равна 25 мкТл.

- 1) 0,115 мВ; 2) 0,125 мВ; 3) 0,135 мВ; 4) 0,145 мВ.

6. Какие изменения происходят в ферромагнетике при его нагревании выше точки Кюри?

- | | | | |
|------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--|
| 1) исчезает остаточная намагничен- | 2) исчезает доменная структура; | 3) ферро-магнетик превращается в | 4) одновременно происходят все указанные |
|------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--|

ность; парамагнетик; изменения.

7. Какие электромагнитные волны излучаются при радиоактивном распаде атомных ядер?

- 1) инфра-красные; 2) ультрафиолетовые; 3) рентгеновские; 4) гамма-лучи.

8. Разность фаз двух интерферирующих световых волн равна 5π , а разность хода между ними равна $12,5 \cdot 10^{-7}$ м. Определить длину этих волн (ответ выразить в нм; $1 \text{ нм} = 10^{-9}$ м).

- 1) 5; 2) 50; 3) 500; 4) 5000.

9. Какова интенсивность света в фокусе зонной пластинки, если открыты все нечетные зоны? Общее число зон, уместяющихся на пластинке, равно $2m$; интенсивность света без пластинки равна I_0 .

- 1) mI_0 ; 2) $2mI_0$; 3) m^2I_0 ; 4) $(2m)^2I_0$.

10. Поляриод пропускает частично поляризованный свет. Какова степень поляризации света, если известно, что отношение минимальной и максимальной амплитуд колебаний вектора \mathbf{E} в двух взаимно перпендикулярных направлениях равно $0,2$?

- 1) $\approx 20\%$; 2) $\approx 45\%$; 3) $\approx 66\%$; 4) $\approx 92\%$.

11. При прохождении в некотором веществе пути длиной s интенсивность света уменьшилась в 2 раза. Во сколько раз уменьшится интенсивность света при прохождении пути длиной $3s$?

- 1) в 3 раза; 2) в 4 раза; 3) в 8 раз; 4) в 9 раз.

12. Вольфрамовую пластинку нагрели от температуры $T_1=600$ К до температуры $T_2=1500$ К. Во сколько раз изменилась при этом длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости? В ответе указать отношение λ_2/λ_1 .

- 1) 0,4; 2) 0,8; 3) 1,6; 4) 2,5.

13. При поочередном освещении поверхности некоторого металла светом с длинами волн $\lambda_1=0,333$ мкм и $\lambda_2=0,5$ мкм обнаружили, что соответствующие максимальные скорости фотоэлектронов отличаются друг от друга в 2 раза. Определить работу выхода с поверхности этого металла. Ответ выразить в электронвольтах; $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж.

- 1) 1,1 эВ; 2) 2,1 эВ; 3) 3,1 эВ; 4) 4,1 эВ.

14. Положения бусинки массой 1 г и электрона определены с одинаковой погрешностью $\Delta x = 10^{-7}$ м. Определить квантомеханическую

неопределенность Δv_x x-компоненты скорости соответственно бусинки и электрона.

- 1) $\sim 10^{-24}$ м/с;
 $\sim 10^3$ м/с;
- 2) $\sim 10^{-10}$ м/с;
 $\sim 10^2$ м/с;
- 3) $\sim 10^{-5}$ м/с;
 $\sim 10^1$ м/с;
- 4) $\sim 10^{-1}$ м/с;
 ~ 1 м/с.

15. Какое из фундаментальных взаимодействий является универсальным?

- 1) электро-магнитное;
- 2) гравитационное;
- 3) слабое;
- 4) сильное.

ВАРИАНТ КР2-V

1. Плотность электрического тока в алюминиевом проводнике равна 5 А/см^2 . Определить объемную тепловую мощность тока, если удельное сопротивление алюминия равно $26 \text{ нОм}\cdot\text{м}$.

- 1) 20 Вт/м^3 ;
- 2) 35 Вт/м^3 ;
- 3) 50 Вт/м^3 ;
- 4) 65 Вт/м^3 .

2. Определить ток короткого замыкания источника ЭДС, если при внешнем сопротивлении $R_1=50 \text{ Ом}$ ток в цепи равен $I_1=0,2 \text{ А}$, а при $R_2=110 \text{ Ом}$ - $I_2=0,1 \text{ А}$.

- 1) $0,3 \text{ А}$;
- 2) $0,6 \text{ А}$;
- 3) $0,9 \text{ А}$;
- 4) $1,2 \text{ А}$.

3. Первый слой длинного двухслойного соленоида намотан проволокой (виток вплотную к витку) диаметром $0,4 \text{ мм}$, и по нему течет ток силой 1 А , а второй слой – проволокой (виток вплотную к витку) диаметром $0,8 \text{ мм}$, и по нему течет ток силой 4 А . Определить индукцию магнитного поля внутри соленоида, если токи текут в противоположных направлениях.

- 1) 1 мТл ;
- 2) 2 мТл ;
- 3) $3,14 \text{ мТл}$;
- 4) $6,28 \text{ мТл}$.

4. В однородное магнитное поле влетает электрон и движется по дуге окружности "0" (рис. 1). По какой из траекторий будет двигаться протон, влетев в это поле с такой же скоростью?

- 1) 1;
- 2) 2;
- 3) 3;
- 4) 4.

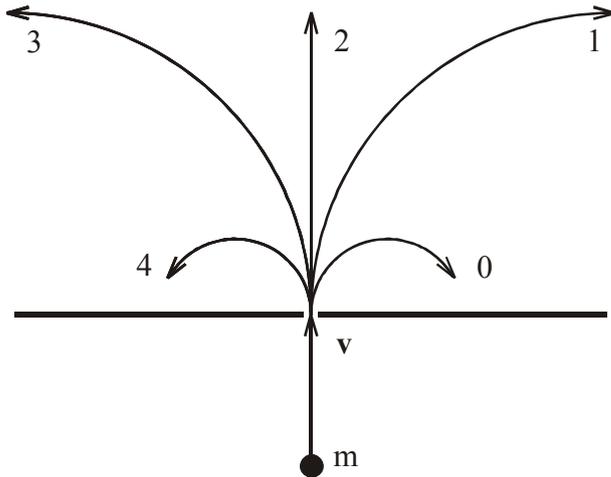


Рис. 1

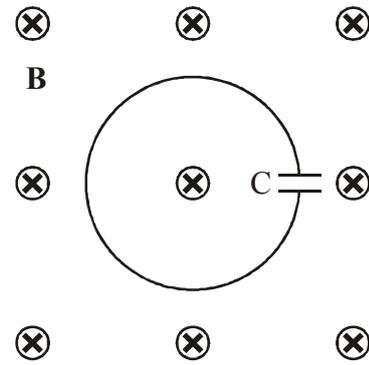


Рис. 2

5. Проводящий контур площадью $S=400 \text{ см}^2$, в который включен конденсатор емкостью $C=10 \text{ мкФ}$, расположен в однородном магнитном поле перпендикулярно линиям магнитной индукции, изменяющейся по закону $B=(2+5t) \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$ (рис. 2). Определить максимальную энергию конденсатора.

- 1) $2 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$; 2) $3 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$; 3) $4 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$; 4) $5 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$.

6. Какие изменения происходят в ферромагнетике при его нагревании выше точки Кюри?

- | | | | |
|--|---|--|--|
| 1) ферро-магнетик превращается в парамагнетик; | 2) ферро-магнетик превращается в диамагнетик; | 3) ферро-магнетик превращается в антиферро-магнетик; | 4) ферро-магнетик превращается в феррит. |
|--|---|--|--|

7. Скорость распространения электромагнитных волн в некоторой среде составляет $2,5 \cdot 10^8 \text{ м/с}$. Определить длину электромагнитной волны в этой среде, если ее частота в вакууме равна 10^6 Гц .

- 1) 100 м; 2) 150 м; 3) 200 м; 4) 250 м.

8. Что будет возникать в центре интерференционной картины при наблюдении в отраженном свете с длиной волны λ (рис. 3), если между плосковыпуклой линзой и стеклянной плоскопараллельной пластинкой создать воздушный зазор толщиной $d=\lambda/4$?

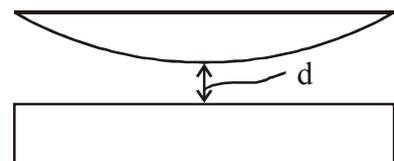


Рис. 3

- 1) max интенсив- 2) min интенсив- 3) интерферен- 4) для ответа не

ности света; ности света; ции не будет; хватает данных.

9. На дифракционную решетку нормально падает пучок монохроматического света. Максимум третьего порядка наблюдается под углом $36^{\circ}48'$. Определить общее число максимумов интенсивности света, которые дает эта решетка.

- 1) 5; 2) 10; 3) 11; 4) 15.

10. Определить угол между главными плоскостями анализатора и поляризатора, если интенсивность света после анализатора равна 37,5 % интенсивности естественного света.

- 1) 30° ; 2) 45° ; 3) 60° ; 4) 80° .

11. Интенсивность света, прошедшего слой воды толщиной 4 м, уменьшилась в 2,72 раза. Определить коэффициент поглощения света для воды.

- 1) $0,25 \text{ м}^{-1}$; 2) $0,5 \text{ м}^{-1}$; 3) 2 м^{-1} ; 4) 4 м^{-1} .

12. Какую температуру (по шкале Кельвина) должен иметь тепловой источник света, чтобы его КПД был максимален? Максимальная чувствительность человеческого глаза соответствует длине световой волны 0,55 мкм.

- 1) 6270 К; 2) 5270 К; 3) 4270 К; 4) 3270 К.

13. Что изменится в процессе внешнего фотоэффекта при увеличении интенсивности света?

- | | | | |
|--|---|--|--|
| 1) увеличится
скорость фото-
электронов; | 2) уменьшится
работа выхода
фотоэлектронов; | 3) увеличится
количество
вылетающих
фотоэлектронов; | 4) никаких
изменений
не возникнет. |
|--|---|--|--|

14. Определить силу светового давления на идеально черную поверхность площадью 100 см^2 , если интенсивность светового потока, падающего нормально на эту поверхность, равна $0,3 \text{ Вт/см}^2$.

- 1) 10^{-4} Н ; 2) 10^{-5} Н ; 3) 10^{-6} Н ; 4) 10^{-7} Н .

15. Критической массой ядерного горючего называется такая масса делящегося вещества, в которой цепная реакция идет с коэффициентом размножения нейтронов, равным:

- 1) $k=0$; 2) $k=1$; 3) $k=2$; 4) $k \gg 1$.

ВАРИАНТ КР2-VI

1. Определить напряженность электрического поля в однородном проводнике длиной 2 м и сопротивлением 3 Ом при силе тока 8 А.

- 1) 6 В/м; 2) 8 В/м; 3) 10 В/м; 4) 12 В/м.

2. При подключении к зажимам источника вольтметра с сопротивлением 90 Ом он показывает 36 В; при замене вольтметра другим с сопротивлением 190 Ом он показывает 38 В. Определить ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока,

- 1) 10 В; 4 Ом; 2) 20 В; 6 Ом; 3) 30 В; 8 Ом; 4) 40 В; 10 Ом.

3. При конструировании прибора потребовалось рассчитать длинный соленоид, напряженность магнитного поля в центре которого была бы равна $4 \cdot 10^4$ А/м. Обмотка наматывалась проволокой виток вплотную к витку диаметром 0,225 мм, способной выдержать силу тока не более 1,5 А. Из какого минимального числа слоев состоял соленоид?

- 1) 3; 2) 4; 3) 5; 4) 6.

4. В однородное магнитное поле влетает электрон и движется по дуге окружности "0" (рис. 1). По какой из траекторий будет двигаться нейтрон, влетев в это поле с такой же скоростью?

- 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.

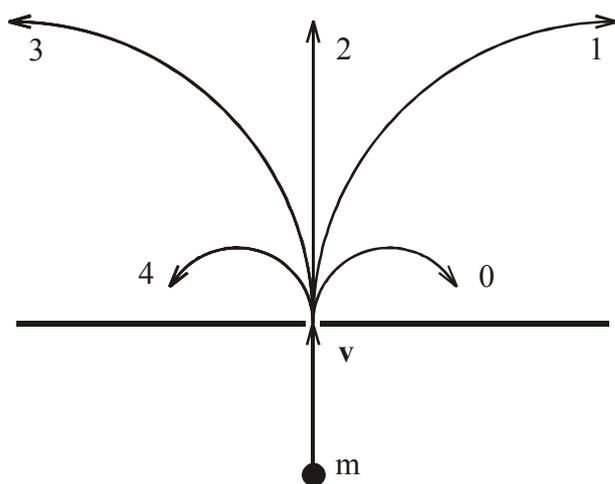


Рис. 1

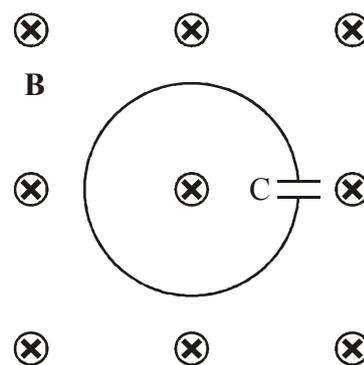


Рис. 2

5. Проводящий контур площадью $S=400$ см², в который включен конденсатор емкостью $C=10$ мкФ, расположен в однородном магнитном поле перпендикулярно линиям магнитной индукции, изменяющейся по

закону $B=(2+5t) \cdot 10^{-2}$ Тл (рис. 2). Определить максимальный заряд конденсатора.

- 1) $1 \cdot 10^{-8}$ Кл; 2) $2 \cdot 10^{-8}$ Кл; 3) $3 \cdot 10^{-8}$ Кл; 4) $4 \cdot 10^{-8}$ Кл..

6. Относительная магнитная проницаемость μ какого магнетика зависит от напряженности H внешнего магнитного поля?

- 1) диамагнетика; 2) парамагнетика; 3) ферромагнетика; 4) μ не зависит от H для любого магнетика.

7. Частота колебаний электрического заряда равна ν . Какова частота излучаемых при этом электромагнитных волн?

- 1) $\nu/2$; 2) ν ; 3) 2ν ; 4) ν^2 .

8. Как изменится ширина интерференционных полос Δx в опыте Юнга, если красный свет ($\lambda_K=750$ нм) заменить зеленым ($\lambda_3=500$ нм)? В ответе указать отношение $\Delta x_K/\Delta x_3$.

- 1) не изменится; 2) увеличится в 1,5 раза; 3) уменьшится в 1,5 раза; 4) уменьшится в 3 раза.

9. Пучок монохроматического света нормально падает на диафрагму с круглым отверстием, в котором укладывается m зон Френеля. Определить значение m , при котором в центре дифракционной картины на экране, расположенном за диафрагмой, будет наблюдаться максимум интенсивности света.

- 1) 1; 2) 2; 3) 4; 4) 8.

10. Плоскополяризованный луч света падает на границу раздела двух сред под углом Брюстера i_B (рис. 3 – 6). Указать его дальнейшее распространение.

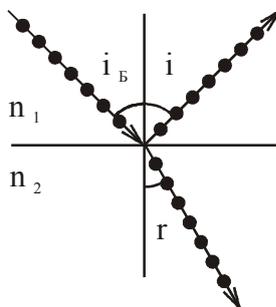


Рис. 3

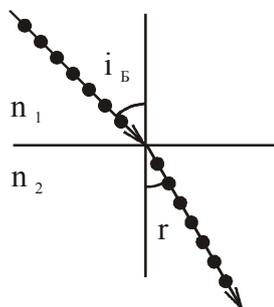


Рис. 4

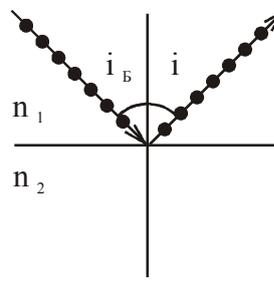


Рис. 5

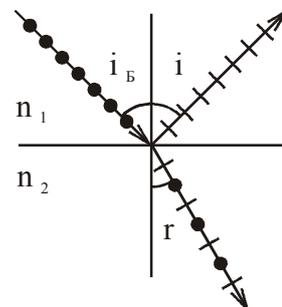


Рис. 6

- 1) рис. 3; 2) рис. 4; 3) рис. 5; 4) рис. 6.

11. Сколько слоев половинного ослабления уместится в пластинке, которая ослабляет интенсивность узкого пучка рентгеновского излучения в 50 раз?

- 1) 5; 2) 5,6; 3) 10; 4) 11,2.

12. В комнате стоят два одинаковых алюминиевых чайника, содержащих равные количества воды при 90°C . Один из них закоптился и стал черным, а другой остался чистым. Какой из чайников быстрее остынет и почему?

- 1) черный, так как его излучение больше; 2) чистый, так как его излучение больше; 3) одновременно остынут; 4) для ответа не хватает данных.

13. До какого максимального потенциала зарядится уединенный цинковый шарик ($A_{\text{вых}}=3,7\text{ эВ}$) при облучении его светом с длиной волны $0,22\text{ мкм}$?

- 1) 0,9 В; 2) 1,9 В; 3) 2,9 В; 4) 3,9 В.

14. Назовите важнейшие свойства светового пучка, создаваемого лазером.

- 1) высокая когерентность и монохроматичность; 2) большая интенсивность; 3) малая ширина и ничтожно малая расходимость пучка; 4) все вышеперечисленные свойства.

15. Сколько α -распадов и β -распадов должно произойти при радиоактивном распаде ядра урана ${}_{92}\text{U}^{238}$ и конечном превращении его в ядро свинца ${}_{82}\text{Pb}^{198}$?

- 1) 10 α -распадов; 10 β -распадов; 2) 10 α -распадов; 8 β -распадов; 3) 8 α -распадов; 10 β -распадов; 4) 10 α -распадов; 9 β -распадов.

ВАРИАНТ КР2-VII

1. Два элемента соединены параллельно (рис. 1). Один имеет ЭДС $E_1=2\text{ В}$ и внутреннее сопротивление $r_1=0,3\text{ Ом}$, другой – $E_2=1,5\text{ В}$ и $r_2=0,2\text{ Ом}$. Определить разность потенциалов на зажимах элементов.

- 1) 0,7 В; 2) 1 В; 3) 1,4 В; 4) 1,7 В.

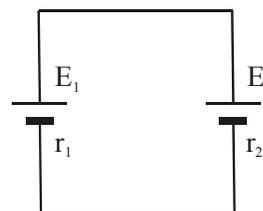


Рис. 1

2. Два одинаковых сопротивления подключены к источнику тока сначала последовательно, затем – параллельно. В каком из случаев КПД источника будет больше?

- 1) в первом; 2) во втором; 3) КПД будет одинаков; 4) для ответа не хватает данных.

3. Как изменится величина индукции магнитного поля внутри длинного соленоида, намотанного проводом виток вплотную к витку, если удвоить диаметр провода?

- 1) увеличится в 2 раза; 2) уменьшится в 2 раза; 3) увеличится в 4 раза; 4) уменьшится в 4 раза.

4. Протон и альфа-частица влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции с одинаковыми кинетическими энергиями. Сравнить радиусы окружностей (R_p/R_α), по которым они будут двигаться, если $m_\alpha=4m_p$ и $q_\alpha=2q_p$.

- 1) 1/2; 2) 1; 3) 2; 4) 4.

5. Два кубика, составленные из одинаковых изолированных медных пластин и подвешенные на нитях, приведены во вращение с одинаковой угловой скоростью между полюсами выключенного электромагнита (рис. 2). Какой из кубиков остановится позже при включении электромагнита?

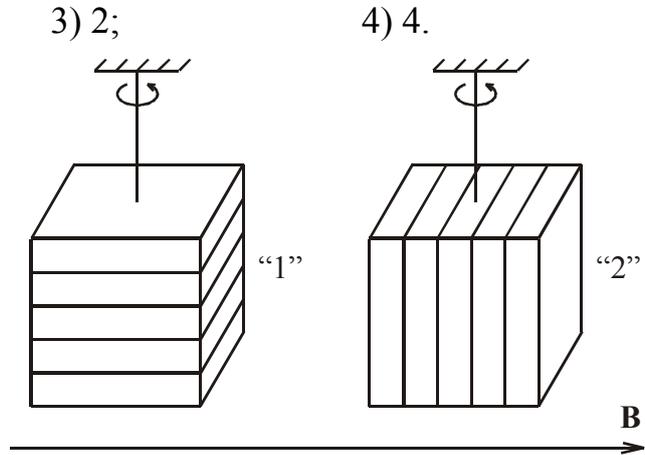


Рис. 2

- 1) 1; 2) 2; 3) одновременно; 4) для ответа не хватает данных.

6. На рис. 3 представлены гистерезисные петли для двух ферромагнетиков “1” и “2”. Какой из приведенных ферромагнетиков применяют для изготовления сердечников трансформаторов, а какой – для изготовления постоянных магнитов?

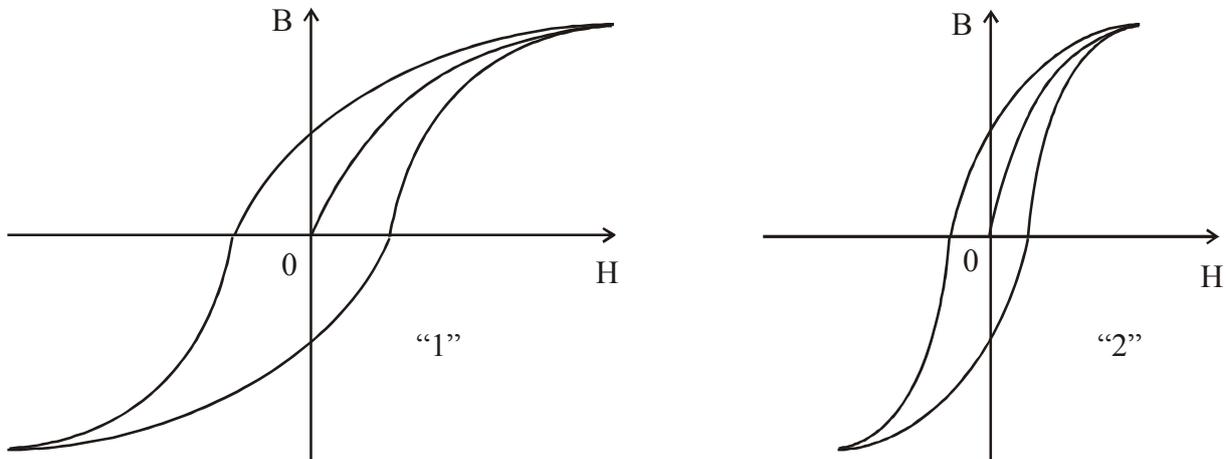


Рис. 3

14. При облучении паров ртути электронами энергия атома ртути увеличилась на 4,9 эВ. Определить длину волны излучения атома ртути при его переходе в невозбужденное состояние.

- 1) 0,15 мкм; 2) 0,20 мкм; 3) 0,25 мкм; 4) 0,30 мкм.

15. Какова физическая природа гамма-излучения?

- 1) поток электронов; 2) поток протонов; 3) поток ядер гелия; 4) электромагнитные волны.

ВАРИАНТ КР2-VIII

1. Плотность электрического тока в медном проводнике равна 10 А/см². Определить объемную тепловую мощность тока, если удельное сопротивление меди равно 17 нОм·м.

- 1) 1,7 Вт/м³; 2) 17 Вт/м³; 3) 170 Вт/м³; 4) 1700 Вт/м³.

2. Два элемента с ЭДС по 1,5 В и внутренними сопротивлениями 3 Ом и 2 Ом соединяются последовательно и замыкаются на внешнее сопротивление. Каким должно быть это сопротивление, чтобы разность потенциалов на клеммах первого элемента равнялась нулю?

- 1) 0,5 Ом; 2) 1,0 Ом; 3) 1,5 Ом; 4) 2,0 Ом.

3. Как изменится величина индукции магнитного поля внутри длинного соленоида, если удвоить его длину и число витков?

- 1) не изменится; 2) увеличится в 2 раза; 3) увеличится в 4 раза; 4) увеличится в 8 раз.

4. В однородном магнитном поле под действием силы Ампера движется с ускорением 0,2 м/с² прямолинейный алюминиевый проводник с площадью поперечного сечения 1 мм². По проводнику течет ток силой 5,4 А, его направление перпендикулярно линиям индукции поля. Определить индукцию магнитного поля, если плотность алюминия равна 2700 кг/м³.

- 1) 10⁻² Тл; 2) 10⁻³ Тл; 3) 10⁻⁴ Тл; 4) 10⁻⁵ Тл.

5. На тор из магнетика намотано N=500 витков провода. Определить энергию магнитного поля, если при силе тока I=2 А магнитный поток через поперечное сечение тора равен Φ=1 мВб.

- 1) 0,25 Дж; 2) 0,5 Дж; 3) 0,75 Дж; 4) 1 Дж.

6. На рис. 1 приведены зависимости намагниченности магнетика J от напряженности внешнего магнитного поля H для разных магнетиков. Какие зависимости характерны для ферромагнетика, парамагнетика и диамагнетика?

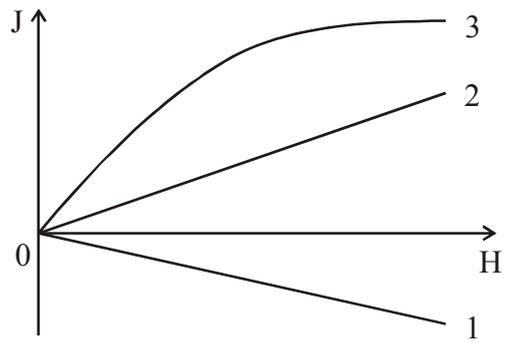


Рис. 1

- 1) 1;2;3; 2) 3;2;1; 3) 3;1;2; 4) 1;3;2.

7. Колебательный контур содержит конденсатор емкостью $0,5 \text{ нФ}$ и катушку индуктивностью $0,4 \text{ мГн}$. Определить длину электромагнитной волны, излучаемой контуром.

- 1) 543 м ; 2) 643 м ; 3) 743 м ; 4) 843 м .

8. При освещении двух тонких пленок из одинакового материала белым светом, падающим на них нормально, одна из них кажется красной, а другая – синей. Можно ли сказать, какая из этих пленок толще?

- 1) $d_K < d_C$; 2) $d_K > d_C$; 3) $d_K = d_C$; 4) для ответа не хватает данных.

9. Сферическая монохроматическая световая волна с интенсивностью I_0 падает нормально на непрозрачный диск. Определить интенсивность света в центре экрана “O”, расположенном на некотором расстоянии от диска параллельно ему, если диск закрывает для точки “O” первую зону Френеля.

- 1) 0 ; 2) I_0 ; 3) $I_0/2$; 4) $I_0/4$.

10. Какая часть естественного света проходит через идеальный поляризатор?

- 1) весь свет проходит; 2) $1/4$; 3) $1/3$; 4) $1/2$.

11. Во сколько раз интенсивность молекулярного рассеяния синего света ($\lambda = 460 \text{ нм}$) превосходит интенсивность молекулярного рассеяния красного света ($\lambda = 650 \text{ нм}$)?

- 1) в $1,41$ раза; 2) в 2 раза; 3) в 4 раза; 4) в 8 раз.

12. Поток энергии, излучаемой из смотрового окошка плавильной печи, равен 34 Вт . Определить абсолютную температуру печи, если площадь окошка равна 6 см^2 .

- 1) 800 К ; 2) 1000 К ; 3) 1200 К ; 4) 1400 К .

13. Как изменится минимальная частота, при которой возникает внешний фотоэффект, если металлической пластинке сообщить положительный заряд?

- 1) не изменится; 2) увеличится; 3) уменьшится; 4) ответ зависит от рода металла.

14. Лазер мощностью 2 мВт ежесекундно испускает $7 \cdot 10^{15}$ фотонов. Определить длину волны его излучения.

- 1) 396 нм; 2) 496 нм; 3) 596 нм; 4) 696 нм.

15. Число радиоактивных ядер некоторого элемента уменьшилось в 8 раз за 6 суток. Определить период полураспада этого элемента (ответ выразить в сутках).

- 1) 2; 2) 3; 3) 4; 4) 6.

ВАРИАНТ КР2-IX

1. Два проводника, имеющие одинаковые площади поперечного сечения, но различные удельные сопротивления ($\rho_1 > \rho_2$), соединены последовательно и по ним течет постоянный ток. Как соотносятся между собой плотности тока j_1 и j_2 и напряженности электрического поля E_1 и E_2 ?

- 1) $j_1 = j_2$; $E_1 = E_2$; 2) $j_1 = j_2$; $E_1 > E_2$; 3) $j_1 = j_2$; $E_1 < E_2$; 4) $j_1 < j_2$; $E_1 = E_2$.

2. Источник тока при коротком замыкании дает ток силой 1,5 А. Если его замкнуть на внешнее сопротивление 4 Ом, то мощность тока во внешней цепи будет равна 1 Вт. Определить ЭДС и внутреннее сопротивление источника.

- 1) 1 В; 0,1 Ом; 2) 1,5 В; 0,5 Ом; 3) 2 В; 1 Ом; 4) 3 В; 2 Ом.

3. Перпендикулярно к плоскости кольцевого проводника радиусом 20 см расположен изолированный длинный проводник так, что он касается кольца. Сила тока в проводниках равна 10 А. Определить индукцию магнитного поля в центре кольца.

- 1) 13 мкТл; 2) 23 мкТл; 3) 33 мкТл; 4) 43 мкТл.

4. Электрон движется в однородном магнитном поле по окружности. Как изменится его период вращения, если скорость увеличить в 2 раза?

- 1) уменьшится в 2 раза; 2) увеличится в 2 раза; 3) увеличится в 4 раза; 4) не изменится.

5. На вертикально расположенной катушке лежит металлический предмет. В первом случае по катушке течет переменный ток, во втором – постоянный. Когда этот предмет нагревается?

- 1) в первом случае; 2) во втором случае; 3) в обоих случаях; 4) нагрева нет вообще.

6. По какой из основных характеристик ферромагнетика различают магнитно-мягкие и магнитно-твердые ферромагнетики?

- 1) остаточная индукция; 2) остаточная намагниченность; 3) коэрцитивная сила; 4) максимальная магнитная проницаемость.

7. В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрического поля волны составляет 50 мВ/м. Определить интенсивность волны.

- 1) 1,32 мкВт/м²; 2) 2,32 мкВт/м²; 3) 3,32 мкВт/м²; 4) 4,32 мкВт/м².

8. Монохроматический пучок света ($\lambda=600$ нм) падает нормально к поверхности пленки с показателем преломления $n=1,5$. Определить минимальную толщину пленки, при которой наблюдается усиление отраженного света вследствие интерференции.

- 1) 50 нм; 2) 100 нм; 3) 150 нм; 4) 200 нм.

9. Что будет наблюдаться на экране при дифракции света на одной щели в параллельных лучах, если ширина щели $b=\lambda$?

- 1) 1 максимум; 2) 1 минимум; 3) равномерная освещенность экрана; 4) дифракция при таких условиях не наблюдается.

10. Угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора равен 45° . Во сколько раз уменьшится интенсивность света, выходящего из анализатора, если этот угол увеличить до 60° ?

- 1) 1,4; 2) 2; 3) 2,8; 4) 4.

11. Сколько слоев половинного ослабления уместится в пластинке, которая ослабляет интенсивность узкого пучка рентгеновского излучения в 60 раз?

- 1) 5; 2) 5,9; 3) 10; 4) 11,8.

12. Оцените, во сколько раз излучение абсолютно черного тела при температуре 127°C больше, чем при температуре 27°C .

- 1) в 2 раза; 2) в 3 раза; 3) в 4 раза; 4) в 5 раз.

13. Незаряженная изолированная металлическая пластинка облучается рентгеновскими лучами. Какие изменения произойдут при этом с пластинкой?

- 1) зарядится отрицательно; 2) зарядится положительно; 3) останется незаряженной; 4) для ответа не хватает данных.

14. Какие спектральные линии появятся при возбуждении атомарного водорода электронами с энергией $13,5\text{ эВ}$?

- 1) 88 нм; 2) 132 нм; 3) 176 нм; 4) весь спектр.

15. Детектор радиоактивных излучений помещен в закрытую картонную коробку, толщина стенок которой равна $\approx 1\text{ мм}$. Какие виды излучения он может зарегистрировать?

- 1) только β -лучи; 2) только γ -лучи; 3) β -лучи и γ -лучи; 4) α -лучи, β -лучи и γ -лучи.

ВАРИАНТ КР2-Х

1. Конденсатор емкостью 10 мкФ разряжается через цепь, состоящую из двух параллельно соединенных резисторов 10 Ом и 40 Ом . Какое количество теплоты выделится на первом резисторе, если конденсатор был заряжен до разности потенциалов 100 В ?

- 1) $0,01\text{ Дж}$; 2) $0,02\text{ Дж}$; 3) $0,03\text{ Дж}$; 4) $0,04\text{ Дж}$.

2. Определить силу тока в цепи свинцового аккумулятора, если его ЭДС равна 2 В , внешнее сопротивление равно $0,5\text{ Ом}$, а КПД источника равно 65% .

- 1) $0,6\text{ А}$; 2) $1,6\text{ А}$; 3) $2,6\text{ А}$; 4) $3,6\text{ А}$.

3. Длинный соленоид индуктивностью 4 мГн содержит 600 витков провода, по которому течет ток силой 6 А . Определить индукцию магнитного поля внутри соленоида, если площадь его поперечного сечения равна 20 см^2 .

- 1) $0,01\text{ Тл}$; 2) $0,02\text{ Тл}$; 3) $0,2\text{ Тл}$; 4) $0,4\text{ Тл}$.

4. Электрон движется в однородном магнитном поле по окружности. Как изменится его период вращения, если индукцию магнитного поля увеличить в 2 раза?

- 1) уменьшится в 2 раза; 2) увеличится в 2 раза; 3) увеличится в 4 раза; 4) не изменится.

5. При какой напряженности электрического поля в вакууме E объемная плотность энергии этого поля будет такой же, как у магнитного поля с индукцией $B=1$ Тл (тоже в вакууме)?

- 1) $3 \cdot 10^5$ В/м; 2) $3 \cdot 10^6$ В/м; 3) $3 \cdot 10^7$ В/м; 4) $3 \cdot 10^8$ В/м.

6. Какие типы ферромагнетиков используют для изготовления постоянных магнитов, а какие – для сердечников трансформаторов?

- 1) твердые; 2) мягкие; 3) твердые; 4) мягкие;
мягкие; твердые; твердые; мягкие.

7. В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности магнитного поля волны составляет 5 мА/м. Определить интенсивность волны.

- 1) 1,71 мВт/м²; 2) 2,71 мВт/м²; 3) 3,71 мВт/м²; 4) 4,71 мВт/м².

8. Какая будет наблюдаться интерференционная картина при сложении двух световых волн, описываемых следующими уравнениями: $E_1=6\cos(4t+\pi/2)$; $E_2=6\cos(5t+\pi)$?

- 1) max интенсивности света; 2) min интенсивности света; 3) интерференции не будет; 4) для ответа не хватает данных.

9. Определить число штрихов на 1 мм дифракционной решетки, если углу дифракции $\varphi=\pi/2$ соответствует максимум пятого порядка для монохроматического света с длиной волны $\lambda=0,5$ мкм.

- 1) 200 мм⁻¹; 2) 400 мм⁻¹; 3) 500 мм⁻¹; 4) 600 мм⁻¹.

10. На поляризатор падает поляризованный по кругу свет интенсивностью I_0 . Определить интенсивность света, выходящего из поляризатора.

- 1) $I_0/4$; 2) $I_0/2$; 3) $3I_0/4$; 4) I_0 .

11. Если посмотреть на красный ковер через зеленое стекло, то он будет казаться:

- 1) зеленым; 2) красным; 3) белым; 4) черным.

12. Принимая температуру накала нити электрической лампы равной 2000°C , определить длину волны, на которую приходится максимум энергии в спектре ее излучения. В какой области спектра находится эта волна?

- | | | | |
|---------------|------------|------------|-------------------|
| 1) 1270 нм; | 2) 427 нм; | 3) 527 нм; | 4) 127 нм; |
| в области | в области | в области | в области |
| инфракрасного | видимого | видимого | ультрафиолетового |
| излучения; | света; | света; | излучения. |

13. Длина волны, соответствующая "красной" границе внешнего фотоэффекта, равна $\lambda_{\text{кр}}=600$ нм. При облучении фотокатода лучами с длиной волны λ кинетическая энергия выбитых электронов оказалась в два раза больше работы выхода. Определить отношение $\lambda/\lambda_{\text{кр}}$.

- | | | | |
|---------|---------|-------|-------|
| 1) 1/3; | 2) 1/2; | 3) 2; | 4) 3. |
|---------|---------|-------|-------|

14. Определить отношение длин волн де Бройля для электрона (λ_e) и протона (λ_p), имеющих одинаковую скорость. В ответе указать λ_e/λ_p .

- | | | | |
|---------|---------|----------|----------|
| 1) 460; | 2) 920; | 3) 1840; | 4) 3680. |
|---------|---------|----------|----------|

15. Какая из элементарных частиц имеет наименьшую массу покоя? Чему равен ее заряд q (ответ выразить в единицах элементарного заряда $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл)?

- | | | | |
|--------------|-----------|--------------|------------|
| 1) нейтрино; | 2) фотон; | 3) электрон; | 4) протон; |
| $q=0$; | $q=0$; | $q=-e$; | $q=+e$. |