

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»  
Институт математики информационных технологий и физики  
Кафедра общей физики

## Типовые задания по физике с примерами решения в двух частях.

### Часть 2. Электричество и магнетизм. Геометрическая и волновая оптика

Учебно-методическое пособие



Ижевск  
2021

УДК 537.3+537.6+535.31+535.12(075.8)

ББК 22.33я73+22.34я73

T434

*Рекомендовано к изданию учебно-методическим советом УдГУ*

**Рецензент:** к.ф.-м.н., доц., зав. кафедрой теоретической физики ИМИТиФ  
УдГУ **В.Г. Лебедев**

**Составитель:** к.ф.-м.н., с.н.с. УдмФИЦ УрО РАН, доц. кафедры общей  
физики ИМИТиФ **С.Г. Меньшикова**

**T434 Типовые задания по физике с примерами решения в двух частях.**

**Часть 2. «Электричество и магнетизм. Геометрическая и волновая оптика»:** учебно-методическое пособие / сост. С.Г. Меньшикова. –  
Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2021. – 64 с

**ISBN 978-5-4312-0961-1 (общий)**

**978-5-4312-0962-8**

В пособии представлены типовые практические задания с примерами решения, которые входят в программу обучения студентов Удмуртского государственного университета в рамках курса «Общая физика» по разделам «Электричество и магнетизм» и «Волновая и геометрическая оптика».

Пособие предназначено для студентов естественно-научных направлений подготовки, в частности, 21.03.01 Нефтегазовое дело, 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия, 04.03.02 Химия, физика и механика материалов, 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии, осваивающих курс «Общая физика».

УДК 537.3+537.6+535.31+535.12(075.8)

ББК 22.33я73+22.34я73

ISBN 978-5-4312-0961-1

978-5-4312-0962-8

© С.Г. Меньшикова, сост., 2021

© ФГБОУ ВО «Удмуртский

государственный университет», 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	4
<b>ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ</b> .....	5
<b>МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ</b> .....	7
<b>ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ</b>	
Демонстрационный вариант.....	10
Вариант 1.....	21
Вариант 2.....	23
Вариант 3.....	25
Вариант 4.....	27
Вариант 5.....	29
Вариант 6.....	31
Вариант 7.....	33
Вариант 8.....	35
Вариант 9.....	37
Вариант 10.....	39
Вариант 11.....	41
Вариант 12.....	43
Вариант 13.....	45
Вариант 14.....	47
Вариант 15.....	49
Вариант 16.....	51
Вариант 17.....	53
Вариант 18.....	55
Вариант 19.....	57
Вариант 20.....	59
<b>СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	61
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ</b> .....	62

## ВВЕДЕНИЕ

В пособии для студентов представлены методические указания и алгоритмы решения типичных задач к разделам «Электричество и магнетизм», «Волновая и геометрическая оптика». Приведён банк заданий, включающий 20 типовых вариантов задач с ответами, представлен демонстрационный вариант. Предполагается, что студентами в полной мере освоен теоретический материал, поэтому формулы, термины и понятия изучаемых разделов в пособии не приводятся.

Решение задач - процесс выполнения действий или мыслительных операций, направленный на достижение цели, заданной в рамках проблемной ситуации и является составной частью мышления. Процесс решения задач - наиболее сложная из всех функций интеллекта, требующий согласования и управления более элементарными и фундаментальными навыками. Состоит из трёх этапов: нахождение проблемной ситуации, постановка задачи и нахождение решения. При этом под постановкой задачи может пониматься как сознательная работа, так и некие постулируемые неосознаваемые процессы переработки информации.

Цель - научить студентов процессу решения физических задач разного уровня сложности.

Пособие содержит элементы высшей математики, скалярное и векторное произведения векторов, представлена таблица приставок для образования десятичных кратных и дольных единиц.

Предложенные задания вариантов могут быть использованы для рубежных и индивидуальных контрольных работ, а также для работы в парах (подобно тому, как выполняются аудиторские лабораторные работы), в качестве домашних контрольных работ и на практических аудиторных занятиях.

Пособие может быть полезно репетиторам и преподавателям.

## ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ

*Знания, умения и навыки,  
приобретённые во время учёбы,  
помогают решать  
сложные жизненные задачи,  
незнание делает человека  
беспомощным и уязвимым...*

Имеются два вида операторов: 1) алгоритмы (совокупность правил, гарантирующих результат) и 2) эвристические приёмы (для сложных задач, где не найдены алгоритмы). И в том, и другом случае в первую очередь необходимо понять физические законы, выучить формулы и термины разделов, в частности, «Электричество и магнетизм», «Волновая и геометрическая оптика». В пособии представлены задания, решаемые, в основном, с помощью разработанных алгоритмов.

Задачи следует оформлять по стандартному требованию (см. общий алгоритм решения задач). При выполнении практических заданий все решения однотипны: записать условие, перевести исходные данные в систему СИ, записать необходимые уравнения, формулы, их решения в общем виде, выразив искомую величину, выполнить проверку размерности полученной искомой величины, подставить числовые значения в конечную формулу, получить и записать ответ.

Условия задач в контрольной работе переписываются полностью без сокращений. Студент должен быть готов дать пояснения по существу решения задач, входящих в контрольные работы.

Если представленные типовые задания используются в качестве домашней контрольной работы, на листах формата А4 необходимо выполнить соответствующее оформление (см. образец оформления обложки к/р), наклеить на обложку тетради (разрезать под формат тетради). Если студенты выполняют контрольную работу в парах, отчёт с оформленными заданиями должен быть у каждого студента.

Пособие содержит элементы высшей математики, необходимые для решения задач (см. Приложение).

## Образец оформления обложки к/р

### Министерство науки и высшего образования Российской Федерации ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_  
институт специализация курс

#### Контрольная работа № \_\_\_\_\_

Выполнил: студент \_\_\_\_\_, группа № \_\_\_\_\_, номер зачётки: \_\_\_\_\_  
Ф.И.О.

Проверил: \_\_\_\_\_  
должность Ф.И.О.

Ижевск

20\_\_ - 20\_\_ уч. год

### МЕЖДУНАРОДНАЯ СИСТЕМА СИ

Международная система единиц физических величин СИ  
(*фр.* System international, SI) принята

11-й Генеральной конференцией по мерам и весам (1960 г.).

В ней семь основных единиц: секунда, метр, килограмм, ампер, кельвин,  
моль, кандела и две дополнительные: радиан и стерадиан.

### ОБЩИЙ АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

1. Внимательно прочитать условие задачи.
2. Произвести краткую запись условия задачи с помощью общепринятых буквенных обозначений (СИ).
3. Выполнить рисунки или чертежи задачи.
4. Определить, каким методом будет решаться задача, составить план решения.
5. Записать основные уравнения, описывающие процессы, предложенные задачей системой.
6. Найти решение в общем виде, выразив искомые величины через заданные.
7. Проверить правильность решения задачи в общем виде, произведя действия с наименованием величин.
8. Произвести вычисления.
9. Произвести оценку реальности полученного решения.
10. Записать ответ.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

### 1. РАЗДЕЛ «ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ»

#### Алгоритм решения задач по теме «Электростатика»

**Задачи о точечных зарядах и системах, сводящихся к ним, решение основано на применении законов механики с учетом закона Кулона и вытекающих из него следствий.**

1. Изобразить силы, действующие на точечный заряд, помещенный в электрическое поле, и записать для него уравнение равновесия или основное уравнение динамики материальной точки.
2. Выразить силы электрического взаимодействия через заряды и поля и подставить эти выражения в исходное уравнение.
3. Если при взаимодействии заряженных тел между ними происходит перераспределение зарядов, к составленному уравнению добавляют уравнение закона сохранения зарядов.
4. Записать математически все вспомогательные условия.
5. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины и выполнить проверку размерности искомой величины.
6. Получить ответ, оценить критически.

#### Алгоритм решения задач по теме «Постоянный электрический ток»

**Задачи на определение силы тока, напряжения или сопротивления на участке цепи.**

1. Начертить схему и указать на ней все элементы.
2. Установить, какие элементы цепи включены последовательно, какие - параллельно.
3. Расставить токи и напряжения на каждом участке цепи и записать для каждой точки разветвления (если они есть) уравнения токов и уравнения, связывающие напряжения на участках цепи.
4. Используя закон Ома, установить связь между током, напряжениями и ЭДС.
5. Если в схеме делают какие-либо переключения сопротивлений или источников, уравнения составляют для каждого режима работы цепи.
6. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины.
7. Решение проверить и оценить критически.

### **Алгоритм решения задач на тему «Электромагнетизм»**

#### **Задачи о силовом действии магнитного поля на проводники с током.**

1. Сделать схематический чертёж, на котором указать контур с током и направление силовых линий поля.
2. Отметить углы между направлением поля и элементами контура.
3. Определить направление сил поля (сила Ампера), действующих на каждый элемент контура, и проставить векторы этих сил на чертеже.
4. Указать все остальные силы, действующие на контур.
5. Исходя из физической природы сил, выразить силы через величины, от которых они зависят.
6. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины.
7. Решение проверить и оценить критически.

#### **Задачи о силовом действии магнитного поля на заряженные частицы.**

1. Сделать чертёж, указать на нем силовые линии магнитного и электрического полей, проставить вектор начальной скорости частицы и отметить знак её заряда.
2. Изобразить силы, действующие на заряженную частицу.
3. Определить вид траектории частицы.
4. Разложить силы, действующие на заряженную частицу, вдоль направления магнитного поля и по направлению, ему перпендикулярно.
5. Составить основное уравнение динамики материальной точки по каждому из направлений разложения сил.
6. Исходя из физической природы сил, выразить силы через величины, от которых они зависят.
7. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины.
8. Решение проверить и оценить критически.

### **Алгоритм решения задач по теме «Закон электромагнитной индукции».**

1. Установить причины изменения магнитного потока, связанного с контуром, и определить, какая из величин, входящих в выражение для магнитного потока, изменяется с течением времени.
2. Записать формулу закона электромагнитной индукции.
3. Записать математически все вспомогательные условия.
4. Полученную систему уравнений решить относительно искомой величины.
5. Решение проверить и оценить критически.



## 2. РАЗДЕЛ «ВОЛНОВАЯ И ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА»

### Алгоритм решения задач по теме «Волновая оптика»

#### Задачи на дисперсию света.

1. Выполнить чертёж, указав на нём ход соответствующих лучей.
2. Записать на основании законов преломления основные уравнения.
3. Записать, используя дополнительные условия, недостающие уравнения.
4. Решить полученные уравнения.
5. Решение проверить и оценить критически.

#### Задачи на интерференцию света.

1. Изобразить ход световых лучей, обозначить падающую волну, а также волны, которые могут интерферировать.
2. Записать, чему равна оптическая разность хода двух волн.
3. Проанализировать, нет ли случаев отражения волн от оптически более плотной среды. Добавить (отнять) к разности (от разности) хода половину длины волны столько раз, сколько случаев отражения от более плотной среды наблюдается в конкретной задаче.
4. В зависимости от условия задачи записать условие максимума или минимума интерференции.
5. Получить расчетную формулу, используя условия задачи.
6. Проанализировать расчётную формулу. Рассчитать искомые величины.

#### Задачи на дифракцию света, дифракционную решетку.

1. Схематично изобразить ход лучей при дифракции.
2. Указать на схеме характерные параметры из условий задачи: расстояния, углы и т.д.
3. В зависимости от постановки задачи записать условие максимума или минимума дифракции.
4. Получить расчётную формулу, используя условия задачи.
5. Провести вычисления. Критически оценить полученный результат.

#### Задачи на поляризацию света.

1. Записать условие задачи.
2. Записать уравнения падающей, отраженной и преломлённой волн в выбранной системе координат.
3. Записать граничные условия, уравнения, связывающие  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$ .
4. Записать законы преломления и отражения.
5. Решить записанную систему уравнений.
6. Полученный результат проанализировать.

## **Алгоритм решения задач по теме «Геометрическая оптика»**

### **Задачи на законы отражения и преломления света.**

1. Установить переходит ли луч из оптически менее плотной среды в более плотную или наоборот.
2. Сделать наглядный чертёж. Провести перпендикуляр в точку падения луча на поверхность среды, отметив на чертеже падающие, отражённые и/или преломлённые лучи, а также соответствующие углы.
3. Записать закон отражения и/или преломления света.
4. Составить вспомогательные уравнения, связывающие углы и расстояния, используемые в задаче. Использовать теоремы и аксиомы геометрии.
5. Полученную систему уравнений решить относительно искомой величины.
6. Решение проверить и оценить критически.

### **Задачи на тонкие линзы.**

1. Выполнить наглядный чертёж и построить изображение, требуемое для решения задачи.
2. В зависимости от условия задачи, применить формулу тонкой линзы, формулу линейного увеличения тонкой линзы или формулу для вычисления оптической силы линзы.
3. Записать в виде уравнений какие-либо дополнительные условия задачи (если такие имеются).
4. На основании применённых законов и формул составить систему уравнений и решить её относительно искомой величины.
5. Решение проверить и оценить критически.

Преодолевая трудности и находя верное решение, человек строит собственную жизнь. На этом принципе основаны все события и связи в истории. Лучший выход из любой ситуации - это рациональное решение задач, когда результат достигается при минимальных потерях. Особенность задач по физике состоит в многоэтапном построении решения, студент сам находит нужную формулу, продумывает каждый шаг и выполняет тщательные расчёты. Каждая задача по физике - это опыт из реальной жизни. В отличие от других точных дисциплин, физика затрагивает только настоящие сферы деятельности и помогает лучше ориентироваться в естественных науках.

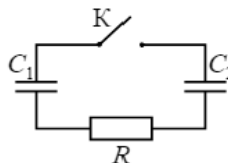


## ДЕМОНСТРАЦИОННЫЙ ВАРИАНТ

### Электричество и магнетизм

#### 1. Электростатика

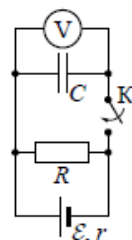
Конденсатор, ёмкость которого 1 мкФ заряжен до напряжения 300 В и включён в последовательную цепь из резистора сопротивлением 300 Ом, незаряженного конденсатора ёмкостью 2 мкФ и разомкнутого ключа  $K$  (рисунок). Какое количество теплоты выделиться в цепи после замыкания ключа, пока ток в цепи не прекратиться?



<p style="text-align: center;">Дано:</p> <p><math>C_1=1</math> мкФ  <math>U=300</math> В  <math>R=300</math> Ом  <math>C_2=2</math> мкФ</p>	<p style="text-align: center;">Решение:</p> <p>Первоначально на первом конденсаторе заряд <math>q=C_1U</math>. В результате перезарядки на конденсаторах устанавливаются одинаковые напряжения, так как ток в цепи прекращается и напряжение на резисторе становится равным нулю. Поэтому их можно считать соединёнными параллельно. Тогда их общая ёмкость <math>C=C_1+C_2</math>.</p> <p>По закону сохранения заряда суммарный заряд конденсаторов будет равен <math>C_1U</math>.</p> <p>По закону сохранения энергии выделившееся в цепи количество теплоты равно разности значений энергии конденсаторов в начальном и конечном состояниях:</p> $Q = \frac{C_1U^2}{2} - \frac{(C_1U)^2}{2(C_1+C_2)}, \text{ отсюда:}$ $Q = \frac{C_1C_2U^2}{2(C_1+C_2)} = \frac{10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 300^2}{2(10^{-6} + 2 \cdot 10^{-6})} = 0,03 \text{ Дж}$ <p>Ответ: <math>Q=30</math> мДж</p>
<p style="text-align: center;">Найти:</p> <p style="text-align: center;"><math>Q</math>-?</p>	

#### 2. Законы постоянного тока

Опираясь на законы физики, найти показание идеального вольтметра в схеме, представленной на рисунке, до замыкания ключа  $K$  и описать изменения его показаний после замыкания ключа  $K$ . Первоначально конденсатор не заряжен.



<p>Дано: <math>C, R, \varepsilon, r</math></p>	<p>Решение: Начальное показание вольтметра равно нулю, после замыкания ключа показания вольтметра будут увеличиваться, пока не достигнут максимального значения, которое не будет меняться со временем.</p>
<p>Найти: <math>U</math>-?</p>	<p>Вольтметр соединён параллельно с конденсатором, поэтому его показания равны напряжению на конденсаторе. Вначале конденсатор не заряжен, поэтому напряжение на нём равно <math>U_1 = \frac{q_1}{C} = 0</math>, и показания вольтметра равны нулю. После замыкания ключа конденсатор будет заряжаться, и так как <math>U = \frac{q}{C}</math>, показания вольтметра будут увеличиваться. Когда конденсатор полностью зарядится, ток через него не течёт, а течёт только через резистор. Сила тока в цепи станет постоянной и, согласно закону Ома для полной цепи <math>I = \frac{\varepsilon}{(R+r)}</math>. Напряжение на конденсаторе и резисторе <math>U = IR</math> и не будут меняться со временем. Поэтому показания вольтметра тоже перестанут изменяться.</p>

### 3. Закон Ампера, сила Лоренца

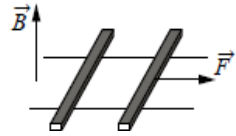
С каким ускорением движется электрон в однородном магнитном поле с индукцией 0,05 Тл, если сила Лоренца, действующая на него, равна  $5 \cdot 10^{-13}$  Н. Вектор магнитной индукции перпендикулярен вектору скорости.

<p>Дано: <math>B=0,05</math> Тл <math>F_L=5 \cdot 10^{-13}</math> Н <math> q =1,6 \cdot 10^{-19}</math> Кл <math>m_e=9,1 \cdot 10^{-31}</math> кг</p>	<p>Решение: Так как сила Лоренца является одновременно и центростремительной силой, и электрон движется по окружности, в задаче требуется рассчитать центростремительное ускорение, которое приобретает электрон в результате действия центростремительной силы. Центростремительное ускорение:</p>
<p>Найти: <math>a_u</math>-?</p>	<p><math>a_u = \frac{V^2}{R}</math> Сила Лоренца: <math>F_L =  q BV, \sin\alpha=1</math>, отсюда <math>V = \frac{F_L}{ q B}</math> Радиус окружности: <math>R = \frac{mV}{ q B}</math></p>

	<p>Найдём значение скорости и радиуса:</p> $V = \frac{5 \cdot 10^{-13} \text{ Н}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 0,05 \text{ Тл}} \approx 6 \cdot 10^7 \text{ м/с}$ $R = \frac{9 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 6 \cdot 10^7 \text{ м/с}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 0,05 \text{ Тл}} \approx 6,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ <p>Центростремительное ускорение равно:</p> $a_{ц} = \frac{(6 \cdot 10^7)^2 \text{ м}^2 / \text{с}^2}{6,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}} \approx 5 \cdot 10^{17} \text{ м/с}^2$ <p>Ответ: <math>a_{ц} \approx 5 \cdot 10^{17} \text{ м/с}^2</math></p>
--	--

#### 4. Закон электромагнитной индукции

По горизонтально расположенным шероховатым рельсам с пренебрежимо малым сопротивлением могут скользить два одинаковых стержня массой 100 г и сопротивлением 0,1 Ом каждый. Расстояние между рельсами 10 см, а коэффициент трения между стержнями и рельсами равен 0,1. Рельсы со стержнями находятся в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией 1 Тл (см. рисунок). Под действием горизонтальной силы, действующей на первый стержень вдоль рельс, оба стержня движутся поступательно равномерно с разными скоростями. Какова скорость движения первого стержня относительно второго? Самоиндукцией пренебречь.



<p>Дано:  <math>R=0,1 \text{ Ом}</math>  <math>\mu=0,1</math>  <math>g=10 \text{ м/с}^2</math>  <math>B=1 \text{ Тл}</math>  <math>L=0,1 \text{ м}</math></p>	<p>Решение:</p> <p>Изобразим силы, действующие на стержни (рисунок). На стержни с током в магнитном поле действуют силы Ампера <math>F_1</math> и <math>F_2</math>. <math>F_1=F_2=IBL</math>, как показано на рисунке. Кроме этих сил, на каждый стержень действует тормозящая сила трения, <math>F_{тр}=\mu mg</math>.</p>
<p>Найти:  <math>V_{отн}-?</math></p>	<p>При движении стержней с разными скоростями изменение потока вектора магнитной индукции, пронизывающего контур, за промежуток времени <math>\Delta t</math> определяется по формуле <math>\Delta\Phi=BL(V_1-V_2)\Delta t=BLV_{отн}\Delta t</math>, что приводит к возникновению в контуре ЭДС</p>

	<p>индукции. Согласно закону Фарадея:  <math>\varepsilon_i = -\Delta\Phi/\Delta t = BLV_{omn}</math>. Здесь пренебрегаем самоиндукцией контура.</p> <p>В соответствии с законом Ома для замкнутой цепи в контуре появился ток <math>I =  \varepsilon_i /2R = BLV_{omn}/2R</math>.</p> <p>Так как стержни движутся равномерно, сумма сил, приложенных к каждому стержню, равна нулю.</p> <p>На второй стержень действует только сила Ампера <math>F_2</math> и сила трения, поэтому:  <math>(BL)^2 V_{omn} / 2R = \mu mg</math>.</p> <p>Отсюда относительная скорость равна:  <math>V_{omn} = 2R\mu mg / (BL)^2 = 2</math> м/с</p> <p>Ответ: <math>V_{omn} = 2</math> м/с</p>
--	--

### 5. Теорема Гаусса, циркуляция вектора напряжённости электростатического поля и вектора индукции магнитного поля в вакууме, закон Био-Савара-Лапласа

Шар радиуса  $R$  заряжен равномерно по объёму. Объёмная плотность заряда равна  $\rho$ . Внутри шара находится сферическая полость радиуса  $R_0$ . Расстояние между центрами шара и полости равно  $a$ . Определить напряжённость электрического поля в полости.

<p>Дано:  <math>R, \rho, R_0, a</math></p>	<p>Решение:</p>
<p>Найти:  <math>E</math>?</p>	<p>Используем принцип суперпозиции электрических полей для заряженных тел.</p> <p>Заданную систему зарядов можно представить в виде суперпозиции двух тел, а именно, шара радиуса <math>R</math> заряженного равномерно по объёму плотностью <math>+\rho</math> и шара радиуса <math>R_0</math> заряженного объёмной плотностью <math>-\rho</math>, помещённого на место полости.</p> <p>Найдем сферически симметричное распределение электрического поля в шаре, заряженном объёмной плотностью <math>\rho</math>.</p> <p>Теорема Гаусса для концентрической сферической поверхности радиуса <math>r</math>, расположенной внутри такого шара дает:</p> $\oint_S \vec{D} d\vec{S} = q, \text{ отсюда } 4\pi r^2 D = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho,$ $D = \rho \frac{r}{3} \text{ или в векторной форме } \vec{D} = \rho \frac{\vec{r}}{3}$ <p>Тогда напряжённости электрического поля для шаров радиуса <math>R</math> и <math>R_0</math> соответственно равны:</p>

	$\vec{E}_+ = +\rho \frac{\vec{r}_+}{3\epsilon_0},$ $\vec{E}_- = -\rho \frac{\vec{r}_-}{3\epsilon_0},$ <p>где <math>\vec{r}_+</math> и <math>\vec{r}_-</math> - радиус-векторы, проведённые из центров шаров в произвольную точку, находящуюся внутри малого шара.</p> <p>Откуда результирующее поле:</p> $\vec{E} = \vec{E}_+ - \vec{E}_- = \rho \frac{\vec{r}_+ - \vec{r}_-}{3\epsilon_0} = \rho \frac{\vec{a}}{3\epsilon_0},$ <p>где <math>\vec{a}</math> - вектор, проведённый из центра большого шара в центр малого шара.</p> <p>Ответ: <math>\vec{E} = \rho \frac{\vec{a}}{3\epsilon_0}</math></p>
--	--

### 6. Электромагнитные колебания и волны

Шар, находящийся в немагнитной среде с диэлектрической проницаемостью 4, облучается плоской электромагнитной волной с амплитудой 200 В/м. Найти радиус шара, если за время 1 мин на него падает энергия 5 кДж. Длина волны во много раз меньше радиуса шара.

<p>Дано:</p> $W=5 \cdot 10^3$ Дж $\epsilon=4$ $E_0=200$ В/м $\Delta t=60$ с $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м	<p>Решение:</p> <p>Энергия, падающая на шар за время <math>\Delta t</math>, равна <math>W = I \cdot S \Delta t</math>, где <math>I</math> - интенсивность световой волны, <math>S = \pi R^2</math> - площадь большого круга шара.</p> <p>Интенсивность световой волны:</p> $I = \frac{\epsilon_0 \epsilon E_0^2}{2} V, \text{ где } V = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}}$ <p>- скорость света в среде. Таким образом, радиус шара найдём по формуле:</p> $R = \sqrt{\frac{2W}{\pi \Delta t \epsilon_0 \sqrt{\epsilon} E_0^2 c}},$ <p>Подставляем числовые значения:</p> $R = \sqrt{\frac{2 \cdot 5 \cdot 10^3 \text{ Дж}}{3,14 \cdot 60 \text{ с} \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м} \cdot 2 \cdot 4 \cdot 10^4 \text{ В}^2 / \text{м}^2 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}} = 0,5 \text{ м}$ <p>Ответ: <math>R=0,5</math> м</p>
<p>Найти:</p> $R=?$	

## Волновая и геометрическая оптика

### 1. Законы отражения и преломления

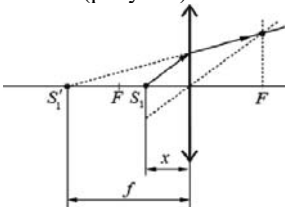
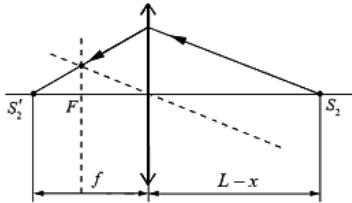
В каких пределах может изменяться угол отклонения луча  $\varphi$  при его прохождении через стеклянную призму с преломляющим углом  $\alpha=60^\circ$ ? Показатель преломления стекла  $n=1,5$ .

<p>Дано: <math>\alpha=60^\circ</math> <math>n=1,5</math></p>	<p style="text-align: right;">Решение:</p> <p>В соответствии с законом преломления луч, падающий на боковую грань под углом <math>\theta_1</math> (рисунок), после двукратного преломления выйдет из призмы под углом <math>\theta_2</math>, отклонившись от первоначального направления на угол <math>\varphi</math>.</p>
<p>Найти: <math>\varphi</math>-?</p>	<div style="text-align: center;"> </div> <p>Так как сумма внутренних углов четырёхугольника <math>ABCD</math> равна <math>2\pi</math>, то <math>\theta_1 + \theta_2 + (\pi - \varphi) + (\pi - \alpha) = 2\pi</math>, или <math>\varphi = \theta_1 + \theta_2 - \alpha</math>, а с учётом закона преломления и соотношения <math>\theta_2 + \theta_1 = \alpha</math>:</p> $\varphi = \arcsin(n \cdot \sin \theta_2) + \arcsin(n \cdot \sin(\alpha - \theta_2)) - \alpha \quad (1)$ <p>Для призмы с преломляющим углом <math>\alpha=60^\circ</math> из условий <math>\sin(\alpha - \theta_1) \leq 1/n</math> и <math>n \cdot \sin \theta_1 \leq 1</math> получаем <math>18,2^\circ \leq \theta_1 \leq 41,8^\circ</math>.</p> <p>Производная <math>\frac{\partial \varphi}{\partial \theta_2} = \frac{n \cdot \cos \theta_2}{\sqrt{1 - (n \cdot \sin \theta_2)^2}} - \frac{n \cdot \cos(\alpha - \theta_2)}{\sqrt{1 - (n \cdot \sin(\alpha - \theta_2))^2}}</math> обращается в нуль, если <math>\alpha - \theta_2 = \theta_2</math>, т.е. при <math>\theta_2 = \alpha/2 = 30^\circ</math> (преломлённый луч <math>AC</math> параллелен основанию призмы).</p> <p>Подставим в (1) значение <math>\theta_2 = 18,2^\circ, 30^\circ</math> получим <math>\varphi \approx 58^\circ, 37^\circ</math> и <math>58^\circ</math> соответственно.</p> <p>Таким образом, угол отклонения луча может изменяться в пределах от <math>37^\circ</math> до <math>58^\circ</math>, а его минимальное значение <math>\varphi_{\min}</math> связано с углом соотношением:</p> $\sin \frac{\varphi_{\min} + \alpha}{2} = n \cdot \sin \frac{\alpha}{2}.$ <p>В частности, для стеклянной призмы <math>\varphi_{\min} = \alpha</math>, если <math>\alpha \approx 83^\circ</math>.</p> <p>Ответ: от <math>37^\circ</math> до <math>58^\circ</math></p>



## 2. Линзы

Два точечных источника света находятся на главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии 1 м друг от друга. Линза находится между ними. Расстояние от линзы до одного из источников 20 см. Изображения обоих источников получились в одной точке. Найти оптическую силу линзы. Построить на отдельных рисунках изображения двух источников в линзе, указав ход лучей.

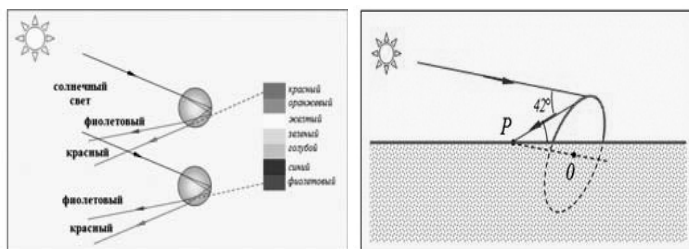
<p>Дано:  <math>L=1</math> м  <math>x=0,2</math> м</p>	<p>Решение:          Так как источники находятся с разных сторон от линзы, то для одного из них изображение должно быть действительным, а для другого – мнимым (рисунки).</p>
<p>Найти:  <math>D</math> - ?</p>	<p>Источник, который находится ближе к линзе, даёт мнимое изображение (рисунок).</p>  <p>Источник, который находится дальше от линзы, даёт действительное изображение (рисунок).</p>  <p>Формулы тонкой линзы для двух источников имеют вид: <math>\frac{1}{x} - \frac{1}{f} = \frac{1}{F}</math> (1),          где минус перед <math>f</math>, так как изображение мнимое,  <math>\frac{1}{L-x} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}</math> (2),          где <math>F</math> - фокусное расстояние линзы, <math>f</math> - расстояние от линзы до точки, в которой находятся оба изображения.          Решая систему уравнений (1)-(2), получаем:</p>

	$F = \frac{2x(L-x)}{L}$ <p>Так как оптическая сила линзы <math>D = \frac{1}{F}</math>, получим</p> $D = \frac{L}{2x(L-x)} = \frac{1}{2 \cdot 0,2 \cdot (1-0,2)} = 3,125 \text{ дптр.}$ <p>Ответ: <math>D=3,125</math> дптр</p>
--	--

### 3. Дисперсия

Объяснить возникновение радуги.

Радуга - яркий пример дисперсии. Радуга наблюдается в случае, когда солнце находится за спиной наблюдателя. Красные и фиолетовые лучи преломляются сферическими капельками воды и отражаются от их внутренней поверхности. Красные лучи преломляются меньше и попадают в глаз наблюдателя от капелек, находящихся на большей высоте. Поэтому верхняя полоса радуги всегда оказывается красной (рисунок). Используя законы отражения и преломления света, можно рассчитать ход световых лучей при полном отражении и дисперсии в дождевых каплях. Лучи рассеиваются с наибольшей интенсивностью в направлении, образующем угол  $\sim 42^\circ$  с направлением солнечных лучей (рисунок).



Геометрическое место таких точек представляет собой окружность с центром в точке  $O$ . Часть её скрыта от наблюдателя  $P$  под горизонтом, дуга над горизонтом и есть видимая радуга. Возможно также двойное отражение лучей в дождевых каплях, приводящее к радуге второго порядка, яркость которой, естественно, меньше яркости основной радуги. Для неё теория дает угол  $51^\circ$ , то есть радуга второго порядка лежит вне основной. В ней порядок цветов заменён на обратный: внешняя дуга окрашена в фиолетовый цвет, а нижняя - в красный. Радуги третьего и высших порядков наблюдаются редко.

#### 4. Интерференция

Найти все длины волн видимого света, которые в результате интерференции при разности хода интерферирующих лучей 1,8 мкм, будут: 1) максимально усилены; 2) максимально ослаблены.

<p>Дано:  <math>\Delta r = 1,8</math> мкм  <math>\lambda_1 = 0,76</math> мкм          (красный)  <math>\lambda_2 = 0,38</math> мкм          (фиолетовый)</p>	<p>Решение:</p> <p>Условие максимума интенсивности интерферирующих волн:</p> $\Delta r = m \cdot \lambda; m = 0, 1, 2, 3, \dots \Rightarrow \lambda = \frac{\Delta r}{m} \Rightarrow \lambda = \frac{1,8}{m}$ $\lambda_1 = \frac{1,8}{1} = 1,8 \text{ мкм} \quad \lambda_2 = \frac{1,8}{2} = 0,9 \text{ мкм}$ $\lambda_3 = \frac{1,8}{3} = 0,6 \text{ мкм} \quad \lambda_4 = \frac{1,8}{4} = 0,45 \text{ мкм}$ $\lambda_5 = \frac{1,8}{5} = 0,36 \text{ мкм}$ <p>Условие минимума интенсивности интерферирующих волн:</p> $\Delta r = (2m + 1) \frac{\lambda}{2}; m = 0, 1, 2, 3, \dots \Rightarrow \lambda = \frac{2\Delta r}{2m + 1} \Rightarrow \lambda = \frac{3,6}{2m + 1}$ $\lambda_1 = \frac{3,6}{2 \cdot 1 + 1} = 1,2 \text{ мкм} \quad \lambda_2 = \frac{3,6}{2 \cdot 2 + 1} = 0,72 \text{ мкм}$ $\lambda_3 = \frac{3,6}{2 \cdot 3 + 1} = 0,51 \text{ мкм} \quad \lambda_4 = \frac{3,6}{2 \cdot 4 + 1} = 0,40 \text{ мкм}$ $\lambda_5 = \frac{3,6}{2 \cdot 5 + 1} = 0,33 \text{ мкм}$
<p>Найти:  <math>\lambda_{max} - ?</math>  <math>\lambda_{min} - ?</math></p>	

#### 5. Дифракция

Дифракционная решетка, имеющая 100 штрихов на 1 мм длины, помещена на расстоянии 2 м от экрана и освещается пучком лучей белого света. Определите ширину дифракционного спектра первого порядка, полученного на экране. Границы видимого спектра по длинам волн примите равными: для фиолетового света 0,4 мкм, для красного - 0,68 мкм.

<p>Дано:  <math>d = 10^5 \text{ м}^{-1}</math>  <math>L = 2</math> м  <math>m = 1</math>  <math>\lambda_{\phi} = 0,4</math> мкм  <math>\lambda_{\kappa} = 0,68</math> мкм</p>	<p>Решение:</p> <p>Ширина дифракционного спектра (рисунок):  <math>\Delta x = x_2 - x_1</math>          Условие максимума дифракционной решётки:  <math>d \sin \varphi = m\lambda \Rightarrow \sin \varphi = \frac{\lambda}{d}</math></p>
---	---

<p>Найти: <math>\Delta x</math>-?</p>	<p>Так как угол <math>\varphi</math> мал (<math>x</math> много меньше <math>L</math>), то:</p> $\sin \varphi = \operatorname{tg} \varphi = \frac{x}{L}.$ <p>Тогда <math>x = \frac{\lambda L}{d} = \lambda L N</math></p> $\Delta x = LN(\lambda_{\text{об}} - \lambda_{\text{в}}) \Rightarrow \Delta x = 56 \text{ мм}$ <p>Ответ: <math>\Delta x = 56 \text{ мм}</math></p>	
---	---	--

## 6. Поляризация

Линейно-поляризованный световой пучок падает на поляризатор, плоскость пропускания которого вращается вокруг оси пучка с угловой скоростью  $\omega$ . Найти световую энергию, проходящую через поляризатор за один оборот, если поток энергии в падающем пучке равен  $\Phi_0$ .

<p>Дано: <math>\omega, \Phi_0</math></p>	<p>Решение:</p> <p>Закон Малюса: <math>\Phi = \Phi_0 \cos^2 \omega t</math>. Тогда энергию, проходящую через поляризатор за один оборот, т.е. за период <math>T = \frac{2\pi}{\omega}</math>, можно определить из выражения:</p>
<p>Найти: <math>W</math> - ?</p>	$W = \int_0^T \Phi_0 \cos^2 \omega t dt = \frac{\Phi_0}{\omega} \int_0^{2\pi} \cos^2 \varphi d\varphi$ <p>Здесь введено обозначение <math>\varphi = \omega t</math>.</p> <p>Учитывая, что <math>\int_0^{2\pi} \cos^2 \varphi d\varphi = \langle \cos^2 \varphi \rangle \cdot 2\pi = \pi</math>, получаем:</p> $W = \frac{\pi \Phi_0}{\omega}$ <p>Ответ: <math>W = \frac{\pi \Phi_0}{\omega}</math></p>

## Психологические факторы, влияющие на исход решения и успешность выполнения задачи (важен контроль):

1. Мотивация, эмоциональное состояние. Наилучшие результаты имеют место при средней интенсивности мотивации, чрезмерная нагрузка или чрезмерная мотивация приводят к ухудшению результатов.
2. Знания могут как повышать, так и снижать эффективность решения (стереотипизация, привычка).
3. Успешность решения связана с гибкостью ума, инициативой, уверенностью.

## ВАРИАНТ 1.

### Электричество и магнетизм

#### 1. Электростатика

В вершинах равностороннего треугольника со стороной  $a$  находятся заряды  $+q$ ,  $+q$  и  $-q$ . Найти напряжённость поля в центре треугольника. (Ответ:  $3q^2/2\pi\epsilon_0 a^2$ ).

#### 2. Законы постоянного тока

К концам свинцовой проволоки длиной 2 м приложено напряжение 25 В. Начальная температура проволоки  $10^\circ\text{C}$ . Через какое время проволока начнёт плавиться? (Ответ: 5 с)

#### 3. Закон Ампера, сила Лоренца

По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводникам, расстояние между которыми 20 см, текут токи 40 и 80 А в одном направлении. Определить магнитную индукцию в точке, удалённой от первого проводника на 12 см и от второго на 16 см. (Ответ: 120 мкТл)

#### 4. Закон электромагнитной индукции

В магнитном поле расположена квадратная проволочная рамка со стороной 0,1 м и сопротивлением 0,2 Ом. Вектор магнитной индукции перпендикулярен плоскости рамки и направлен в её сторону, а его модуль изменяется по закону  $B=B_0+\gamma t^2$ , где  $B_0=0,02$  Тл,  $\gamma=5\cdot 10^{-3}$  Тл/с<sup>2</sup>. Найти силы, действующие на стороны рамки, и их направление в момент времени 2 с. (Ответ: 4 мкН)

#### 5. Теорема Гаусса, циркуляция вектора напряжённости электростатического поля и вектора индукции магнитного поля в вакууме, закон Био-Савара-Лапласа

По прямому бесконечно длинному проводнику течёт ток 10 А. Определить, пользуясь теоремой о циркуляции вектора магнитной индукции, магнитную индукцию в точке, расположенной на расстоянии 10 см от проводника. (Ответ: 20 мкТл)

#### 6. Электромагнитные колебания и волны

Радиолокатор работает в импульсном режиме. Частота повторения импульсов равна 1700 Гц, а длительность импульса составляет 0,8 мкс. Найти наибольшую и наименьшую дальность обнаружения цели данным радиолокатором. (Ответ: 120 м, 90 км)

## ВАРИАНТ 1.

### Волновая и геометрическая оптика

#### 1. Законы отражения и преломления

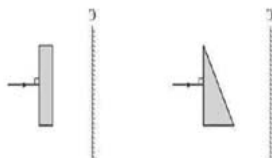
Под каким углом должен падать луч света на плоское зеркало, чтобы угол между отражённым и падающим лучами был равен  $70^\circ$ ? (Ответ:  $35^\circ$ )

#### 2. Линзы

Необходимо изготовить плосковыпуклую линзу с оптической силой 6 дптр. Определить радиус кривизны выпуклой поверхности линзы, если показатель преломления материала линзы равен 1,6. (Ответ: 10 см).

#### 3. Дисперсия

На плоскопараллельную стеклянную пластинку и стеклянную призму (рисунок) падает луч белого света. Что будет наблюдаться на экране в обоих случаях? Нарисовать, объяснить.



#### 4. Интерференция

Разность хода между лучами от двух когерентных источников в воздухе 6 мкм. Какой станет разность хода между ними в воде с показателем преломления 1,33? (Ответ: 8 мкм)

#### 5. Дифракция

В опыте Юнга по дифракции расстояние между щелями равно 0,07 мм, а расстояние от двойной щели до экрана 2 м. При освещении прибора зелёным светом расстояние между соседними светлыми дифракционными полосами оказалось равным 16 мм. Определить по этим данным длину волны. (Ответ:  $5,6 \cdot 10^{-5}$  см)

#### 6. Поляризация

Определить степень поляризации частично поляризованного света, если амплитуда светового вектора, соответствующая максимальной интенсивности света, в 3 раза больше амплитуды, соответствующей его минимальной интенсивности. (Ответ: 0,8)

## ВАРИАНТ 2.

### Электричество и магнетизм

#### 1. Электростатика

Заряды по  $0,1$  мкКл расположены на расстоянии  $6$  см друг от друга. Найти напряжённость поля в точке, удалённой на  $5$  см от каждого из зарядов. Оба заряда положительные. (Ответ:  $576$  кВ/м)

#### 2. Законы постоянного тока

В проводнике, площадь поперечного сечения которого  $1$  мм<sup>2</sup>, сила тока  $1,6$  А. Концентрация электронов в проводнике  $10^{28}$  м<sup>-3</sup> при температуре  $20^\circ\text{C}$ . Найти среднюю скорость направленного движения электронов и сравнить её с тепловой скоростью электронов. (Ответ:  $1$  мм/с;  $115$  км/с)

#### 3. Закон Ампера, сила Лоренца

Электрон со скоростью  $10$  Мм/с влетел в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Индукция магнитного поля  $0,1$  мТл. Определить нормальное и тангенциальное ускорения электрона. (Ответ:  $1,76 \cdot 10^{14}$  м/с<sup>2</sup>;  $0$ )

#### 4. Закон электромагнитной индукции

При равномерном возрастании индукции магнитного поля, перпендикулярного поперечному сечению проволочной катушки площадью  $10$  см<sup>2</sup>, от  $0$  до  $0,2$  Тл за  $0,001$  с на её концах возникло напряжение  $100$  В. Сколько витков имеет катушка? (Ответ:  $500$ )

#### 5. Теорема Гаусса, циркуляция вектора напряжённости электростатического поля и вектора индукции магнитного поля в вакууме, закон Био-Савара-Лапласа

Соленоид длиной  $0,5$  м содержит  $1000$  витков. Определить индукцию магнитного поля внутри соленоида, если сопротивление его обмотки  $120$  Ом, а напряжение на её концах  $60$  В. (Ответ:  $1,26$  мТл)

#### 6. Электромагнитные колебания и волны

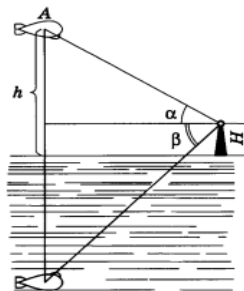
Радиолокатор работает на волне  $15$  см и даёт  $4000$  импульсов в  $1$  с. Длительность каждого импульса  $2$  мкс. Сколько колебаний содержится в каждом импульсе и какова глубина разведки локатора? (Ответ:  $4000$ ;  $37,5$  км)

## ВАРИАНТ 2.

### Волновая и геометрическая оптика

#### 1. Законы отражения и преломления

На какой высоте  $h$  находится аэростат  $A$ , если с башни высотой  $H$  он виден под углом  $\alpha$  над горизонтом, а его изображение в озере видно под углом  $\beta$  над горизонтом. (Ответ:  $h=H\sin(\beta+\alpha)/\sin(\beta-\alpha)$ )



#### 2. Линзы

Изображение миллиметрового деления шкалы, расположенной перед линзой на расстоянии 12,5 см, имеет на экране длину 2,4 см. Каково фокусное расстояние линзы? (Ответ: 12 см)

#### 3. Дисперсия

Как можно объяснить возникновение окраски подвесок люстры из бесцветного хрустала в зависимости от точки наблюдения и цвет подвесок люстры, изготовленных из окрашенного стекла?

#### 4. Интерференция

Две когерентные волны фиолетового цвета с длиной волны 400 нм достигают некоторой точки с разностью хода 1,2 мкм. Что произойдет в этой точке - усиление или ослабление? (Ответ: усиление)

#### 5. Дифракция

На дифракционную решетку, имеющую период  $1,2 \cdot 10^{-3}$  см, нормально падает монохроматическая волна. Оценить длину волны, если угол между спектрами второго и третьего порядков составляет  $2^\circ 30'$ . (Ответ:  $5,2 \cdot 10^{-7}$  м)

#### 6. Поляризация

Определить степень поляризации света, который представляет собой смесь естественного света с плоскополяризованным, если интенсивность поляризованного света равна интенсивности естественного. (Ответ: 0,5)



## ВАРИАНТ 3.

### Электричество и магнетизм

#### 1. Электростатика

Заряды по  $0,1 \text{ мкКл}$  расположены на расстоянии  $6 \text{ см}$  друг от друга. Найти напряжённость поля в точке, удалённой на  $5 \text{ см}$  от каждого из зарядов. Заряды имеют разноименные знаки. (Ответ:  $432 \text{ кВ/м}$ )

#### 2. Законы постоянного тока

Длина цилиндрического медного провода в  $10$  раз больше, чем длина алюминиевого, а их массы одинаковы. Найти отношение сопротивлений этих проводников. (Ответ:  $200$ )

#### 3. Закон Ампера, сила Лоренца

В однородном магнитном поле перпендикулярно линиям магнитной индукции движется прямой проводник длиной  $40 \text{ см}$ . Определить силу Лоренца, действующую на свободный электрон проводника, если возникающая на его концах разность потенциалов составляет  $10 \text{ мВ}$ . (Ответ:  $4 \cdot 10^{-24} \text{ Н}$ )

#### 4. Закон электромагнитной индукции

Почему колебания стрелки компаса быстрее затухают, если корпус прибора латунный, и медленнее, если корпус прибора пластмассовый?

#### 5. Теорема Гаусса, циркуляция вектора напряжённости электростатического поля и вектора индукции магнитного поля в вакууме; закон Био-Савара-Лапласа

Определить, пользуясь теоремой о циркуляции вектора магнитной индукции, индукцию и напряжённость магнитного поля на оси тороида без сердечника, по обмотке которого, содержащей  $300$  витков, протекает ток  $1 \text{ А}$ . Внешний диаметр тороида равен  $60 \text{ см}$ , внутренний -  $40 \text{ см}$ . (Ответ:  $0,24 \text{ мТл}$ ;  $191 \text{ А/м}$ )

#### 6. Электромагнитные колебания и волны

Мощность импульса радиолокационной станции  $100 \text{ кВт}$ . Найти максимальную напряжённость электрического поля волны в точке, где площадь поперечного сечения конуса излучения равна  $2,3 \text{ км}^2$ . (Ответ:  $4 \text{ В/м}$ )

## ВАРИАНТ 3.

### Волновая и геометрическая оптика

#### 1. Законы отражения и преломления

Луч падает перпендикулярно на боковую грань прямой стеклянной призмы, в основании которой лежит равнобедренный треугольник с углом при вершине  $20^\circ$ . На сколько градусов отклонится луч при выходе из призмы от своего первоначального направления, если он внутри призмы падает: 1) на вторую грань; 2) на основание? (Ответ: 1) на  $13^\circ$  вниз; 2) на  $20^\circ$  вверх)

#### 2. Линзы

Предмет находится на расстоянии 1,8 м от собирающей линзы. Определить фокусное расстояние линзы, если изображение меньше предмета в 5 раз. (Ответ: 0,3 м)

#### 3. Дисперсия

Как можно объяснить изменение видимого цвета белой ткани при разглядывании её через цветное стекло и образование радуги при прохождении света через мелкие капли воды?

#### 4. Интерференция

Разность хода лучей, идущих от двух рубиновых лазеров с длиной волны 694 нм, в некоторой точке составляет 3,47 мкм. Интенсивность излучения каждого из лазеров  $1 \text{ Вт/м}^2$ . Какая интенсивность излучения будет в этой точке? (Ответ:  $4 \text{ Вт/м}^2$ )

#### 5. Дифракция

Определить постоянную дифракционной решётки, если она в первом порядке разрешает две спектральные линии калия (578 и 580 нм). Длина решётки 1 см. (Ответ: 34,6 мкм)

#### 6. Поляризация

Определить степень поляризации света, который представляет собой смесь естественного света с плоскополяризованным, если интенсивность поляризованного света в 5 раз больше интенсивности естественного. (Ответ: 0,833)

## ВАРИАНТ 4.

### Электричество и магнетизм

#### 1. Электростатика

На нитях длиной 1 м, закреплённых в одной точке, подвешены два одинаковых шарика массой 2,7 г каждый. После сообщения шарикам одноимённых зарядов, они разошлись, нити образовали угол  $60^\circ$ . Найти заряд каждого шарика. (Ответ: 1,32 мкКл)

#### 2. Законы постоянного тока

В наличии три резистора 3,5 и 6 Ом. Какие возможные сопротивления можно получить, комбинируя или используя отдельно эти резисторы? Нарисовать соответствующие схемы соединений. (Ответ: 17 комбинаций)

#### 3. Закон Ампера, сила Лоренца

Электрон движется в однородном магнитном поле с магнитной индукцией 0,2 мТл по винтовой линии. Определить скорость электрона, если радиус винтовой линии 3 см, а шаг 9 см. (Ответ: 1,17 Мм/с)

#### 4. Закон электромагнитной индукции

За какое время в катушке с индуктивностью 240 мГн происходит возрастание силы тока от 0 до 11,4 А, если при этом возникает средняя ЭДС самоиндукции, равная 30 В? Сколько энергии выделяется за это время в катушке? (Ответ: 91 мс, 16 Дж)

#### 5. Теорема Гаусса, циркуляция вектора напряжённости электростатического поля и вектора индукции магнитного поля в вакууме; закон Био-Савара-Лапласа

По прямому бесконечно длинному проводнику течёт ток 15 А. Определить, пользуясь теоремой о циркуляции вектора магнитной индукции, магнитную индукцию в точке, расположенной на расстоянии 15 см от проводника. (Ответ: 20 мкТл)

#### 6. Электромагнитные колебания и волны

На расстоянии 300 м от Останкинской телевизионной башни плотность потока излучения максимальна и равна  $40 \text{ мВт/м}^2$ . Какова плотность потока излучения на расстоянии уверенного приёма, равном 120 км? (Ответ:  $0,25 \text{ мкВт/м}^2$ )

## ВАРИАНТ 4.

### Волновая и геометрическая оптика

#### 1. Законы отражения и преломления

Луч света падает под углом  $50^\circ$  на прямую треугольную стеклянную призму с преломляющим углом  $60^\circ$ . Найти угол преломления луча при выходе из призмы. (Ответ:  $56^\circ$ )

#### 2. Линзы

Светящаяся точка находится в фокусе рассеивающей линзы. На каком расстоянии от линзы находится изображение? Построить ход лучей. (Ответ: на расстоянии  $F/2$ )

#### 3. Дисперсия

Найти зависимость фазовой и групповой скоростей от длины волны для закона дисперсии  $\omega^2 = g \cdot k$  для гравитационных поверхностных волн на глубокой воде, где  $g$  - ускорение свободного падения.

#### 4. Интерференция

Две когерентные световые волны приходят в некоторую точку пространства с разностью хода  $2,25$  мкм. Каков результат интерференции в этой точке, если свет: 1) красный, длина волны  $750$  нм и 2) зелёный, длина волны  $500$  нм? (Ответ: 1) усиление, 2) ослабление)

#### 5. Дифракция

Узкий параллельный пучок монохроматического рентгеновского излучения падает на грань кристалла с расстоянием  $0,28$  нм между его атомными плоскостями. Определить длину волны рентгеновского излучения, если под углом  $30^\circ$  к плоскости грани наблюдается дифракционный максимум второго порядка. (Ответ:  $140$  пм)

#### 6. Поляризация

Интенсивность естественного света, прошедшего через два николя, уменьшилась в  $8$  раз. Пренебрегая поглощением света, определить угол между главными плоскостями николей. (Ответ:  $60^\circ$ )

## ВАРИАНТ 5.

### Электричество и магнетизм

#### 1. Электростатика

Определить скорость, которую приобретает электрон, пролетая в конденсаторе путь от одной пластины к другой. Начальная скорость электрона равна нулю. Заряд конденсатора  $3 \cdot 10^{-8}$  Кл, ёмкость конденсатора 10 пФ. (Ответ:  $10^7$  м/с)

#### 2. Законы постоянного тока

К вольтметру, внутреннее сопротивление которого 1 кОм и предел измерения 12 В, подключают добавочное сопротивление, изготовленное из стальной проволоки сечением  $0,1 \text{ мм}^2$ . Длина проволоки 4500 м. Какое максимальное напряжение сможет измерить вольтметр после подключения добавочного сопротивления? (Ответ: 120 В)

#### 3. Закон Ампера, сила Лоренца

В масс-спектрографе заряженные частицы ускоряются электрическим полем и, попав в магнитное поле индукцией  $B$  описывают окружность радиуса  $R$ . Ускоряющее напряжение равно  $U$ . Начальная скорость частицы равна нулю. Вывести формулу для расчёта удельного заряда частицы. (Ответ:  $2U/R^2B^2$ )

#### 4. Закон электромагнитной индукции

На катушке сопротивлением 8,2 Ом и индуктивностью 25 мГн поддерживается постоянное напряжение 55 В. Сколько энергии выделится при размыкании цепи? Какая средняя ЭДС самоиндукции появится при этом в катушке, если энергия будет выделяться в течение 12 мс? (Ответ: 0,56 Дж; 14 В)

#### 5. Теорема Гаусса, циркуляция вектора напряжённости электростатического поля и вектора индукции магнитного поля в вакууме; закон Био-Савара-Лапласа

Используя теорему Гаусса для электростатического поля в вакууме, вывести формулу для расчёта поля внутри объёмно-заряженного шара и поля равномерно заряженного бесконечного цилиндра (нити).

#### 6. Электромагнитные колебания и волны

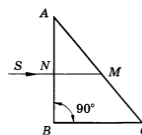
Ретранслятор телевизионной программы «Орбита» установлен на спутнике связи «Радуга», который движется по круговой орбите на высоте 36000 км над поверхностью Земли. Сколько времени распространяется сигнал от передающей станции до телевизоров системы «Орбита»? (Ответ: 0,24 с)

## ВАРИАНТ 5.

### Волновая и геометрическая оптика

#### 1. Законы отражения и преломления

При каком наименьшем значении преломляющего угла стеклянной призмы (рисунок) луч  $SM$  будет претерпевать полное отражение? (Ответ:  $39^\circ$ )



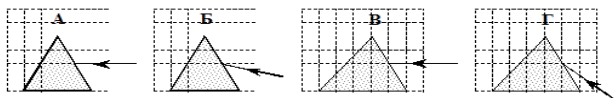
#### 2. Линзы

На рисунках показаны положения главных оптических осей  $OO'$ , светящихся точек  $A$  и их изображений  $A'$ . Какие линзы на рисунках? Найти построением положение линз и их главных фокусов.



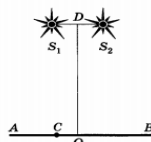
#### 3. Дисперсия

Пучок белого света, пройдя через призму, разлагается в спектр. Выдвинуто предположение о том, что ширина пучка на экране за призмой зависит от угла при вершине призмы. Какие два опыта (рисунок) нужно провести для такого исследования? Объяснить.



#### 3. Интерференция

Два когерентных источника  $S_1$  и  $S_2$  освещают экран  $AB$ , плоскость которого параллельна направлению  $S_1S_2$  (рисунок). Доказать, что на экране в точке  $O$ , лежащей на перпендикуляре, опущенном на экран из середины отрезка  $S_1S_2$ , соединяющего источники, будет максимум освещённости.



#### 5. Дифракция

Определить число штрихов на 1 мм дифракционной решётки, если углу  $90^\circ$  соответствует максимум пятого порядка для монохроматического света с длиной волны  $0,5 \text{ мкм}$ . (Ответ:  $400 \text{ мм}^{-1}$ )

#### 6. Поляризация

Определить, во сколько раз уменьшится интенсивность естественного света, прошедшего через два поляризатора, расположенные так, что угол между их главными плоскостями равен  $45^\circ$ , а в каждом из николей теряется 5% интенсивности падающего на него света. (Ответ: в 4,43 раза)

## ВАРИАНТ 6.

### Электричество и магнетизм

#### 1. Электростатика

Плоский конденсатор зарядили при помощи источника тока напряжением 200 В, затем отключили от него. Каким станет напряжение между пластинами, если расстояние между ними увеличить от 0,2 (первоначальное) до 0,7 мм? (Ответ: 700 В)

#### 2. Законы постоянного тока

Миллиамперметр может измерить максимальный ток 10 мА, его сопротивление 9,9 Ом. Какой шунт следует подключить к миллиамперметру для увеличения предела измерения тока до 1 А? Во сколько раз увеличится при этом цена деления прибора? (Ответ: 0,1 Ом, 100 раз)

#### 3. Закон Ампера, сила Лоренца

Покоящаяся сначала  $\alpha$ -частица, пройдя ускоряющую разность потенциалов 1 кВ, влетает в однородное магнитное поле. Диаметр окружности, по которой начинает вращаться  $\alpha$ -частица, равен 6,4 см. Найти модуль индукции магнитного поля. (Ответ: 0,2 Тл)

#### 4. Закон электромагнитной индукции

В магнитное поле индукцией 0,1 Тл помещён контур, выполненный в форме кругового витка радиусом 3,4 см. Виток сделан из медной проволоки, площадь поперечного сечения которой 1 мм<sup>2</sup>. Нормаль к плоскости витка совпадает с линиями индукции поля. Какой заряд пройдёт через поперечное сечение витка при исчезновении поля? (Ответ: 0,1 Кл)

#### 5. Теорема Гаусса, циркуляция вектора напряжённости электростатического поля и вектора индукции магнитного поля в вакууме; закон Био-Савара-Лапласа

Используя теорему Гаусса для электростатического поля в вакууме, вывести формулу для расчёта поля двух бесконечных параллельных разноимённо заряженных плоскостей и поля равномерно заряженной сферической поверхности.

#### 6. Электромагнитные колебания и волны

Определить длину электромагнитной волны в вакууме, на которую настроен колебательный контур, если максимальный заряд конденсатора 20 нКл, а максимальная сила тока в контуре 1 А. (Ответ: 38 м)

## ВАРИАНТ 6.

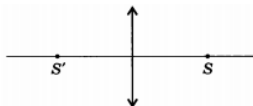
### Волновая и геометрическая оптика

#### 1. Законы отражения и преломления

Найти показатель рубина, если предельный угол полного внутреннего отражения для рубина равен  $34^\circ$ . (Ответ: 1,8)

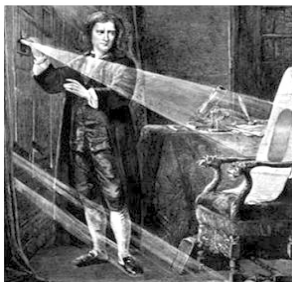
#### 2. Линзы

На рисунке показаны положения линзы, главной оптической оси, светящейся точки  $S$  и её изображения  $S'$ . Найти построением положения главных фокусов линзы.



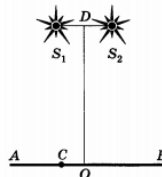
#### 3. Дисперсия

Объяснить эксперимент, кто проводил опыт и были ли подобные опыты (рисунок).



#### 4. Интерференция

Экран  $AB$  освещён когерентными монохроматическими источниками света  $S_1$  и  $S_2$  (рисунок). Усиление или ослабление будет на экране в точке  $C$ , если от источника  $S_2$  свет приходит позже на 2,5 периода. (Ответ: ослабление)



#### 5. Дифракция

На плоскую щель шириной  $a=10$  мкм падает перпендикулярно щели монохроматический жёлтый цвет от натриевой лампы с длиной волны 589 нм. Найти углы, под которыми на экране за собирающей линзой будут расположены нулевой максимум и максимум третьего порядка. (Ответ:  $0^\circ$ ,  $10^\circ 10''$ )

#### 6. Поляризация

Плоскополяризованный свет, длина волны которого в вакууме 600 нм, падает на пластинку исландского шпата перпендикулярно его оптической оси. Принимая показатели преломления исландского шпата для обыкновенного и необыкновенного лучей соответственно 1,66 и 1,49, определить длины волн этих лучей в кристалле. (Ответ: 361 и 403 нм)



## ВАРИАНТ 7.

### Электричество и магнетизм

#### 1. Электростатика

У электрона, попавшего в электрическое поле, в 3 раза увеличилась скорость. Начальная скорость  $10^7$  м/с. Определить разность потенциалов между начальной и конечной точками перемещения электрона. (Ответ:  $-2,3 \cdot 10^3$  В)

#### 2. Законы постоянного тока

Электрический чайник имеет две обмотки. При включении одной из них вода в чайнике закипает за 10 минут, при включении второй - за 15 минут. За какой промежуток времени закипит вода, если включить обмотки последовательно; параллельно? (Ответ: 25 мин; 6 мин)

#### 3. Закон Ампера, сила Лоренца

Индукция однородного магнитного поля  $0,3$  Тл направлена вдоль оси  $OX$ . Найти модуль и направление силы Лоренца, действующей на протон, движущийся в направлении оси  $OY$  со скоростью  $5 \cdot 10^6$  м/с. Определить радиус окружности и период обращения протона по этой окружности. (Ответ:  $2,4 \cdot 10^{-13}$  Н; 17 см; 0,22 мкс)

#### 4. Закон электромагнитной индукции

В витке, выполненном из алюминиевого провода, длиной 10 см и площадью поперечного сечения  $1,4$  мм<sup>2</sup>, скорость изменения магнитного потока 10 мВб/с. Найти силу индукционного тока. (Ответ: 5А)

#### 5. Теорема Гаусса, циркуляция вектора напряжённости электростатического поля и вектора индукции магнитного поля в вакууме; закон Био-Савара-Лапласа

На некотором расстоянии от бесконечной равномерно заряженной плоскости с поверхностной плотностью  $1$  нКл/см<sup>2</sup> расположена круглая пластинка. Плоскость пластинки составляет с линиями напряжённости угол  $45^\circ$ . Определить поток вектора напряжённости через эту пластинку, если её радиус равен 10 см. (Ответ: 1,88 кВ·м)

#### 6. Электромагнитные колебания и волны

При изменении силы тока в катушке индуктивности на 1 А за время 0,6 с в ней индуцируется ЭДС, равная 0,2 мВ. Какую длину будет иметь радиоволна, излучаемая генератором, колебательный контур которого состоит из этой катушки и конденсатора ёмкостью  $C=14,1$  нФ? (Ответ: 2450 м)

## ВАРИАНТ 7.

### Волновая и геометрическая оптика

#### 1. Законы отражения и преломления

С повышением температуры показатель преломления воды несколько уменьшается. Как при этом изменяется предельный угол полного отражения для воды? (Ответ: увеличивается)

#### 2. Линзы

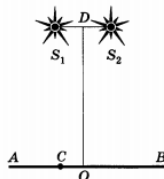
Расстояние от предмета до экрана равно 3 м. Какой оптической силы надо взять линзу и где следует её поместить, чтобы получить изображение предмета, увеличенное в 5 раз. (Ответ: 2,4 дптр; 0,5 м)

#### 3. Дисперсия

Луч света падает под углом  $30^\circ$  на призму, преломляющий угол которой  $45^\circ$ . Определить угол между крайними лучами спектра при выходе из призмы, если показатель преломления стекла призмы для крайних лучей видимого спектра  $n_{кр}=1,62$  и  $n_{ф}=1,67$ . (Ответ:  $2,5^\circ$ )

#### 4. Интерференция

Экран  $AB$  освещён когерентными монохроматическими источниками света  $S_1$  и  $S_2$  (рисунок). Усиление или ослабление будет на экране в точке  $C$ , если от источника  $S_2$  свет приходит с запозданием по фазе на  $3\pi$ ? (Ответ: ослабление)



#### 5. Дифракция

При дифракции монохроматического света на щели шириной 10 мкм на экране, расположенном за щелью на расстоянии 1 м, возникает первый минимум на расстоянии 6 см от нулевого максимума. Рассчитать длину волны падающего света, указать цвет. (Ответ: 600 нм, жёлтый)

#### 6. Поляризация

Естественный монохроматический свет падает на систему из двух скрещенных николей, между которыми находится кварцевая пластинка толщиной 4 мм, вырезанная перпендикулярно оптической оси. Во сколько раз уменьшится интенсивность света, прошедшего через эту систему, если удельное вращение кварца равно 15 угл.град/мм? (Ответ: 361 и 403 нм)

## ВАРИАНТ 8.

### Электричество и магнетизм

#### 1. Электростатика

Капелька жидкости массой  $2 \cdot 10^{-9}$  г в направленном вертикально вниз однородном электрическом поле напряжённостью  $1,3 \cdot 10^5$  В/м находится в равновесии. Определить заряд капли и число избыточных электронов на ней. (Ответ:  $1,5 \cdot 10^{-16}$  Кл, 940)

#### 2. Законы постоянного тока

Водитель, оставив машину на стоянке, забыл выключить свет фар. Потеря мощности от их излучения составляет 95 Вт. Через какой промежуток времени разрядится аккумулятор с ЭДС 12 В, рассчитанный на 150 А·ч? Можно считать, что сопротивление лампочек фар остаётся постоянным. (Ответ: 18,9 ч)

#### 3. Закон Ампера, сила Лоренца

Проволочная рамка в виде равнобедренного треугольника с боковыми сторонами 5 см и основанием 6 см находится в плоскости чертежа. Основание треугольника расположено горизонтально, параллельно вектору магнитной индукции. Вектор магнитной индукции направлен на восток. Какова сила тока, который начнёт протекать по рамке, если при индукции 0,2 Тл на рамку будет действовать вращающий момент 0,24 мН·м? Относительно какой оси будет вращаться рамка? (Ответ: 1 А)

#### 4. Закон электромагнитной индукции

Сколько витков должна содержать катушка с площадью поперечного сечения  $50 \text{ см}^2$ , чтобы при изменении магнитной индукции от 0,2 до 0,3 Тл в течение 4 мс в ней возбуждалась ЭДС 10 В? (Ответ: 80)

#### 5. Теорема Гаусса, циркуляция вектора напряжённости электростатического поля и вектора индукции магнитного поля в вакууме; закон Био-Савара-Лапласа

Кольцо радиусом 10 см из тонкой проволоки равномерно заряжено с линейной плотностью  $10 \text{ нКл/м}$ . Определить напряжённость поля на оси, проходящей через центр кольца в точке А, удалённой на расстоянии 20 см от центра кольца. (Ответ: 1 кВ/м).

#### 6. Электромагнитные колебания и волны

Радиоприёмник настроен на радиостанцию, работающую на длине волны 25 м. Во сколько раз нужно изменить ёмкость колебательного контура радиоприёмника, чтобы настроиться на длину волны 31 м? (Ответ: увеличить в 1,54 раза)

## ВАРИАНТ 8.

### Волновая и геометрическая оптика

#### 1. Законы отражения и преломления

Вечером луч света от уличного фонаря падал под некоторым углом на поверхность воды в пруду. В морозную ночь пруд стал покрываться слоем прозрачного льда, который постепенно нарастал. Как изменялся ход луча в воде? Показатель преломления льда несколько меньше, чем воды. (Ответ: перемещался перпендикулярно своему первоначальному направлению, удаляясь от фонаря)

#### 2. Линзы

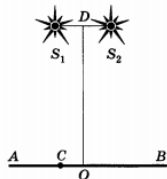
Расстояние от предмета до экрана 90 см. Где надо поместить между ними линзу с фокусным расстоянием 20 см, чтобы получить на экране отчётливое изображение предмета? (Ответ: 30 см; 60 см)

#### 3. Дисперсия

Вода освещена красным светом, для которого длина волны в воздухе 0,7 мкм. Какой будет длина волны в воде? Какой цвет видит человек, открывший глаза под водой? (Ответ: красный, длина волны 530 нм)

#### 4. Интерференция

Экран  $AB$  освещён когерентными монохроматическими источниками света  $S_1$  и  $S_2$  (рисунок). Усиление или ослабление будет на экране в точке  $C$ , если расстояние  $S_2C$  больше расстояния  $S_1C$  на 1,5 длины волны? (Ответ: ослабление)



#### 5. Дифракция

На дифракционную решётку, содержащую 200 штрихов на 1 мм, падает свет с длиной волны 500 нм. Найти, под каким углом виден первый дифракционный максимум. (Ответ:  $5^{\circ}44''$ )

#### 6. Поляризация

Доказать, что при падении света на границу раздела двух сред под углом Брюстера отражённый и преломлённый лучи взаимно перпендикулярны.

## ВАРИАНТ 9.

### Электричество и магнетизм

#### 1. Электростатика

Два одинаковых шарика находятся на расстоянии 40 см друг от друга. Их заряды  $9 \cdot 10^{-9}$  и  $-2 \cdot 10^{-9}$  Кл. Шарик привели в соприкосновение и вновь разнесли на такое же расстояние. Определить силы их взаимодействия до и после соприкосновения. (Ответ:  $10^{-6}$  Н,  $7 \cdot 10^{-7}$  Н)

#### 2. Законы постоянного тока

Электрический подъёмник, потребляющий силу тока 8 А, работает при напряжении 150 В. При этом он поднимает груз массой 450 кг со скоростью 7 м/мин. Рассчитать КПД подъёмника. (Ответ: 43%)

#### 3. Закон Ампера, сила Лоренца

В проводнике с длиной активной части 8 см сила тока равна 50 А. Он находится в однородном магнитном поле индукцией 20 мТл. Какую работу совершил источник тока, если проводник переместился на 10 см перпендикулярно линиям индукции? (Ответ: 8 мДж)

#### 4. Закон электромагнитной индукции

Вторичная обмотка трансформатора, имеющая 99 витков, пронизывается магнитным потоком, изменяющимся со временем по закону  $\Phi = 0,01 \sin 100\pi t$ . Написать формулу зависимости ЭДС во вторичной обмотке от времени и найти действующее значение этой ЭДС. (Ответ: 220 В)

#### 5. Теорема Гаусса, циркуляция вектора напряжённости электростатического поля и вектора индукции магнитного поля в вакууме; закон Био-Савара-Лапласа

Шар радиусом 10 см заряжен равномерно с объёмной плотностью нКл/м<sup>3</sup>. Определить напряжённость электростатического поля: 1) на расстоянии 2 см от центра шара, 2) на расстоянии 12 см от центра шара. Построить зависимость  $E(r)$ . (Ответ: 3,77 В/м; 13,1 В/м)

#### 6. Электромагнитные колебания и волны

Максимальная напряжённость электрического поля электромагнитной волны по санитарным нормам не должна превышать 5 В/м. Найти допустимую плотность потока электромагнитного излучения. (Ответ: 66 мВт/м<sup>2</sup>)

## ВАРИАНТ 9.

### Волновая и геометрическая оптика

#### 1. Законы отражения и преломления

Найти смещение  $a$  луча света, проходящего через прозрачную пластину с параллельными гранями, в воздухе, если угол падения луча равен  $\alpha$ , угол преломления  $\gamma$ , а толщина пластины  $d$ . Может ли луч, пройдя через пластину с параллельными гранями, сместиться так, чтобы расстояние между ним и его первоначальным направлением было больше толщины пластины? (Ответ:  $a = d \sin(\alpha - \gamma) / \cos \gamma$ )

#### 2. Линзы

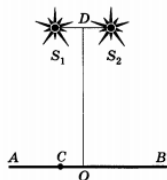
Из стекла требуется изготовить двояковыпуклую линзу с фокусным расстоянием 10 см. Каковы должны быть радиусы кривизны поверхностей линзы, если известно, что один из них в 1,5 раза больше другого? (Ответ: 10 см; 15 см)

#### 3. Дисперсия

На опыте было установлено, что показатель преломления воды для крайних красных лучей в спектре видимого света равен 1,329, а для крайних фиолетовых 1,344. Определите скорости распространения красных и фиолетовых лучей в воде. Какая скорость больше и на сколько? (Ответ: скорость распространения красного больше на  $3 \cdot 10^6$  м/с)

#### 4. Интерференция

Расстояние  $S_2C$  (рисунок) больше расстояния  $S_1C$  на 900 нм. Что будет в точке  $C$ , если источники имеют одинаковую интенсивность и излучают свет с частотой  $5 \cdot 10^{14}$  Гц? (Ответ: полное гашение)



#### 5. Дифракция

Период дифракционной решётки 2,5 мкм. Сколько максимумов будет содержать спектр, образующийся при нормальном падении на решётку монохроматического жёлтого света с длиной волны 600 нм? (Ответ: 9)

#### 6. Поляризация

Известно, что при падении света на прозрачный диэлектрик под углом Брюстера отражённый свет является плоскополяризованным. Чем необходимо воспользоваться, чтобы получить преломлённый свет практически полностью поляризованным?

## ВАРИАНТ 10.

### Электричество и магнетизм

#### 1. Электростатика

Точечные положительные заряды  $10^{-8}$  Кл и  $2 \cdot 10^{-8}$  Кл закреплены на расстоянии 1 м друг от друга в вакууме. На середине отрезка, соединяющего заряды, помещён точечный отрицательный заряд  $-3 \cdot 10^{-9}$  Кл. Определить модуль и направление силы, действующий на него. (Ответ:  $10^{-6}$  Н, в сторону второго заряда)

#### 2. Законы постоянного тока

Рассчитать массу алюминия, выделившегося при электролизе за 8 ч при силе тока 10 А. Молярная масса алюминия  $27 \cdot 10^{-3}$  кг/моль, валентность 3. (Ответ: 26,9 г)

#### 3. Закон Ампера, сила Лоренца

Протон и  $\alpha$  - частица влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции. Сравнить радиусы окружностей, которые описывают частицы, если у них одинаковы: а) скорости, б) энергии. (Ответ: а) для  $\alpha$  - частицы в 2 раза больше; б) одинаковы)

#### 4. Закон электромагнитной индукции

Кольцо из алюминиевого провода помещено в магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Диаметр кольца 30 см, диаметр провода 2 мм. Определить скорость изменения магнитного поля, если ток в кольце равен 1 А. (Ответ: 0,11 Тл/с)

#### 5. Теорема Гаусса, циркуляция вектора напряжённости электростатического поля и вектора индукции магнитного поля в вакууме; закон Био-Савара-Лапласа

Электростатическое поле создаётся положительно заряженной бесконечной нитью с постоянной линейной плотностью 1 нКл/см. Какую скорость приобретёт электрон, приблизившись под действием поля к нити вдоль линии напряжённости с расстояния 2,5 см до 1,5 см? (Ответ: 18 Мм/с)

#### 6. Электромагнитные колебания и волны

Проводящая катушка с площадью поперечного сечения  $100 \text{ см}^2$  состоит из 200 витков и равномерно вращается с периодом 20 мс в однородном магнитном поле с индукцией 0,2 Тл вокруг оси, перпендикулярной вектору магнитной индукции. Концы катушки замкнуты на резистор сопротивлением 100 Ом. Найти, как изменяется сила тока через резистор со временем, определить частоту изменения силы тока и максимальное значение силы тока. (Ответ: 3,14 рад/с; 1,26 А)

## ВАРИАНТ 10.

### Волновая и геометрическая оптика

#### 1. Законы отражения и преломления

Луч света падает под углом  $60^\circ$  на стеклянную пластину толщиной 2 см с параллельными гранями. Определить смещение луча, вышедшего из пластины. (Ответ: 1,2 см)

#### 2. Линзы

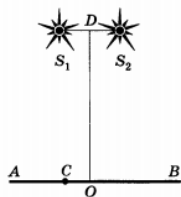
Каковы радиусы кривизны поверхностей выпукло-вогнутой собирающей линзы с оптической силой 5 дптр, если один из них больше другого в 2 раза? (Ответ: 6 см; -12 см)

#### 3. Дисперсия

Каким будет угол отклонения луча стеклянной призмой, если он нормально падает на её грань? Показатель преломления вещества призмы равен 1,5. Преломляющий угол призмы составляет  $30^\circ$ . (Ответ:  $\approx 18^\circ$ )

#### 4. Интерференция

Два когерентных источника  $S_1$  и  $S_2$  (рисунок) излучают монохроматический свет с длиной волны 600 нм. Определить, на каком расстоянии от точки  $O$  на экране будет первый максимум освещённости, если расстояние  $OD$  4 м, а  $S_1S_2$  1 мм. (Ответ: 2,4 мм)



#### 5. Дифракция

Дифракционная решётка с периодом 10 мкм имеет 500 штрихов. Начиная с максимума какого порядка с её помощью можно разрешить (т.е. наблюдать раздельно) две линии спектра натрия с длинами волн 589 и 589,6 нм? (Ответ: со второго порядка)

#### 6. Поляризация

Предельный угол полного отражения для пучка света на границе кристалла каменной соли с воздухом равен  $40,5^\circ$ . Определить угол Брюстера при падении света из воздуха на поверхность этого кристалла (Ответ:  $57^\circ$ )



## ВАРИАНТ 11.

### Электричество и магнетизм

#### 1. Электростатика

Определить силу взаимодействия электрона с ядром в атоме водорода, если расстояние между ними равно  $0,5 \cdot 10^{-8}$  см. (Ответ:  $9,2 \cdot 10^{-8}$  Н)

#### 2. Законы постоянного тока

Для серебрения 12 ложек (площадь поверхности каждой  $50 \text{ см}^2$ ) через раствор соли серебра пропускается ток. Толщина покрытия должна составить 50 мкм. В течение какого времени должно проходить серебрение, если сила тока 1,3 А? Валентность серебра 1. (Ответ: 6 ч)

#### 3. Закон Ампера, сила Лоренца

Электрон, влетающий в однородное магнитное поле под углом  $60^\circ$  к направлению поля, движется по винтовой линии радиусом 5 см с периодом обращения 60 мкс. Какова скорость электрона, индукция магнитного поля и шаг винтовой линии? (Ответ: 6 км/с; 0,6 мТл; 0,18 м)

#### 4. Закон электромагнитной индукции

В однородном магнитном поле индукцией 0,1 Тл вращается с постоянной угловой скоростью 50 рад/с вокруг вертикальной оси стержень длиной 0,4 м. Определить ЭДС индукции, возникающей в стержне, если ось вращения проходит через конец стержня параллельно линиям магнитной индукции. (Ответ: 0,4 В)

#### 5. Теорема Гаусса, циркуляция вектора напряжённости электростатического поля и вектора индукции магнитного поля в вакууме; закон Био-Савара-Лапласа

Определить линейную плотность бесконечно длинной заряженной нити, если работа сил поля по перемещению заряда 1 нКл с расстояния 10 см до расстояния 5 см в направлении, перпендикулярном нити, равна 0,1 мДж. (Ответ: 8 мКл/м)

#### 6. Электромагнитные колебания и волны

При полёте вертолётной плоскости вращения его винта составляет с горизонтом угол  $30^\circ$ . Винт радиусом 5 м вращается с частотой 10 Гц. Найти разность потенциалов между центром и краем винта. Вертикальная компонента магнитного поля Земли равна 0,5 мТл. (Ответ: 0,4 В)

## ВАРИАНТ 11.

### Волновая и геометрическая оптика

#### 1. Законы отражения и преломления

В сосуде с водой находится полая (наполненная воздухом) призма, склеенная из стекла (рисунок). Начертить дальнейший ход луча  $SA$  (указать лишь общий характер хода луча, не производя вычислений).



#### 2. Линзы

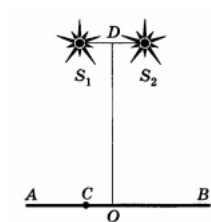
Определить расстояние  $a$  от двояковыпуклой линзы до предмета, при котором расстояние от предмета до действительного изображения будет минимальным. (Ответ:  $a=2f$ )

#### 3. Дисперсия

В чем состоят основные различия в дифракционном и призматическом спектрах? Объяснить.

#### 4. Интерференция

Как изменяется интерференционная картина на экране  $AB$  (рисунок), если, не изменяя расстояния между источниками света, удалять их от экрана. (Ответ: расстояние между максимумами освещенности увеличивается)



#### 5. Дифракция

Дифракционная решётка содержит 120 штрихов на 1мм. Найти длину волны монохроматического света, падающего на решётку, если угол между двумя спектрами первого порядка равен  $8^\circ$ . (Ответ: 580 нм)

#### 6. Поляризация

Свет, проходя через жидкость, налитую в стеклянный сосуд с показателем преломления 1,5, отражается от дна, причем отражённый свет плоскополяризован при падении его на дно сосуда под углом  $41^\circ$ . Определить показатель преломления жидкости, угол падения света на дно сосуда, чтобы наблюдалось полное отражение. (Ответ: 1,73;  $60^\circ$ )

## ВАРИАНТ 12.

### Электричество и магнетизм

#### 1. Электростатика

Два одинаковых шарика подвешены на нитях длиной 2 м к одной точке. Шарикам сообщили одинаковые заряды 20 нКл и они разошлись на расстояние 16 см. Определить натяжение нитей. (Ответ:  $3,5 \cdot 10^{-3}$  Н)

#### 2. Законы постоянного тока

Какой длины надо взять никелиновую проволоку площадью поперечного сечения  $0,84 \text{ мм}^2$ , чтобы изготовить нагреватель на 220 В, при помощи которого можно было бы нагреть 2 л воды от  $20^\circ\text{C}$  до кипения за 10 минут при КПД 80%? (Ответ: 69 м)

#### 3. Закон Ампера, сила Лоренца

Притягиваются или отталкиваются прямолинейные проводники с током, если по ним пропускать токи: а) в одном направлении, б) в противоположных направлениях. Доказать. (Ответ: а) притягиваются; б) отталкиваются)

#### 4. Закон электромагнитной индукции

Магнитная индукция между полюсами двухполюсного генератора равна 1 Тл. Ротор имеет 140 витков. Площадь каждого витка  $500 \text{ см}^2$ . Определить частоту вращения якоря, если максимальное значение ЭДС индукции равно 220 В. (Ответ: 5 Гц)

#### 5. Теорема Гаусса, циркуляция вектора напряжённости электростатического поля и вектора индукции магнитного поля в вакууме; закон Био-Савара-Лапласа

Определить циркуляцию вектора магнитной индукции по окружности, через центр которой перпендикулярно её плоскости проходит бесконечно длинный прямолинейный провод, по которому течёт ток 5 А. (Ответ:  $6,28 \text{ мкТл}\cdot\text{м}$ )

#### 6. Электромагнитные колебания и волны

Прямоугольная рамка со сторонами 5 см и 8 см вращается вокруг вертикальной оси с периодом 0,02 с в однородном магнитном поле с индукцией 0,05 Тл, направленной перпендикулярно оси вращения. Найдите максимальную ЭДС, индуцируемую в рамке. (Ответ: 0,63 В)

## ВАРИАНТ 12.

### Волновая и геометрическая оптика

#### 1. Законы отражения и преломления

В дно водоёма глубиной 2 м вбита свая, на 0,5 м выступающая из воды. Найти длину тени от сваи на дне водоёма при угле падения лучей  $70^\circ$ . (Ответ: 3,4 м)

#### 2. Линзы

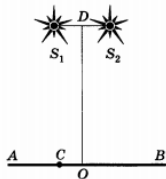
Необходимо изготовить плосковыпуклую линзу с оптической силой 4 дптр. Определить радиус кривизны выпуклой поверхности линзы, если показатель преломления материала линзы равен 1,6. (Ответ: 15 см)

#### 3. Дисперсия

Показатель преломления для красного света в стекле (тяжёлый флинт) равен 1,644, а для фиолетового 1,685. Найти разницу углов преломления в стекле данного сорта, если угол падения равен  $80^\circ$ . (Ответ:  $1^\circ$ )

#### 4. Интерференция

Как изменяется интерференционная картина на экране  $AB$  (рисунок), если, не изменяя расстояния до экрана, сближать источники света? (Ответ: расстояние между максимумами освещённости увеличивается)



#### 5. Дифракция

Определить угол отклонения лучей зелёного света (длина волны 0,55 мкм) в спектре первого порядка, полученном с помощью дифракционной решётки, период которой равен 0,02 мм. (Ответ:  $1,5^\circ$ )

#### 6. Поляризация

Если смотреть на спокойную поверхность неглубокого водоёма через поляририд и постепенно поворачивать его, то при некотором положении поляриоида дно водоёма будет лучше видно. Объяснить явление.

## ВАРИАНТ 13.

### Электричество и магнетизм

#### 1. Электростатика

Какой положительный и какой отрицательный заряды содержатся в капле воды объёмом  $9 \text{ мм}^3$ ? Масса молекулы воды  $3 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$ . (Ответ:  $+480 \text{ Кл}$  и  $-480 \text{ Кл}$ )

#### 2. Законы постоянного тока

Электрокипятильник со спиралью сопротивлением  $160 \text{ Ом}$  поместили в сосуд, содержащий воду массой  $0,5 \text{ кг}$  при  $20^\circ\text{C}$ , и включили в сеть напряжением  $220 \text{ В}$ . Какая масса воды выкипит за  $20$  минут, если КПД кипятильника  $80\%$ ? (Ответ:  $53 \text{ г}$ )

#### 3. Закон Ампера, сила Лоренца

Циклотроны позволяют ускорять протоны до энергий  $20 \text{ МэВ}$ . Определить радиус дуантав циклотрона, если магнитная индукция равна  $2 \text{ Тл}$ . (Ответ:  $32 \text{ см}$ )

#### 4. Закон электромагнитной индукции

В однородном магнитном поле индукцией  $0,2 \text{ Тл}$  равномерно вращается прямоугольная рамка, содержащая  $200$  витков, плотно прилегающих друг к другу. Площадь рамки  $100 \text{ см}^2$ . Определить частоту вращения рамки, если максимальная ЭДС, индуцируемая в ней, равна  $12,6 \text{ В}$ . (Ответ:  $5 \text{ Гц}$ )

#### 5. Теорема Гаусса, циркуляция вектора напряжённости электростатического поля и вектора индукции магнитного поля в вакууме; закон Био-Савара-Лапласа

Определить, пользуясь теоремой о циркуляции вектора магнитной индукции, индукцию и напряжённость магнитного поля на оси тороида без сердечника, по обмотке которого, содержащей  $200$  витков, протекает ток  $2 \text{ А}$ . Внешний диаметр тороида равен  $60 \text{ см}$ , внутренний -  $40 \text{ см}$ . (Ответ:  $0,32 \text{ мТл}$ ;  $255 \text{ А/м}$ )

#### 6. Электромагнитные колебания и волны

Трансформатор включен в сеть с переменным напряжением  $220 \text{ В}$ . Напряжение на зажимах вторичной обмотки  $20 \text{ В}$ , её сопротивление равно  $1 \text{ Ом}$ , сила тока во вторичной обмотке  $2 \text{ А}$ . Найти коэффициент трансформации и КПД трансформатора, пренебрегая потерями в первичной обмотке сердечника. (Ответ:  $10$ ;  $91\%$ )

## ВАРИАНТ 13.

### Волновая и геометрическая оптика

#### 1. Законы отражения и преломления

Мальчик старается попасть палкой в предмет, находящийся на дне ручья глубиной 40 см. На каком расстоянии от предмета палка попадёт в дно ручья, если мальчик, точно прицелившись, двигает палку под углом  $45^\circ$  к поверхности воды? (Ответ: 15 см)

#### 2. Линзы

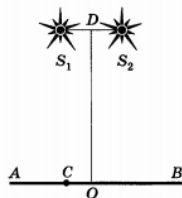
Выпукло-вогнутая линза сделана из стекла с показателем преломления 1,5. Радиусы кривизны ограничивающих сферических поверхностей равны 20 см и - 10 см. Найти её оптическую силу в воздухе и в сероуглероде с показателем преломления 1,62. (Ответ: 2,5 дптр; 0,37 дптр)

#### 3. Дисперсия

Вода освещена красным светом, для которого длина волны в воздухе 700 нм. Какой будет длина волны в воде? Какой цвет видит человек, открывший глаза под водой? (Ответ: 0,53 мкм; красный)

#### 4. Интерференция

Как изменится интерференционная картина на экране  $AB$  (рисунок), если источники света будут испускать свет с меньшей длиной волны? (Ответ: расстояние между максимумами освещённости уменьшается)



#### 5. Дифракция

Линия с длиной волны 426 нм, полученная при помощи дифракционной решётки в спектре второго порядка, видна под углом  $4,9^\circ$ . Найти, под каким углом видна линия с длиной волны 713 нм в спектре первого порядка. (Ответ:  $4,1^\circ$ )

#### 6. Поляризация

Степень поляризации частично поляризованного света  $P = 0,25$ . Найти отношение интенсивности поляризованной составляющей этого света к интенсивности естественной составляющей. (Ответ: 0,33)

## ВАРИАНТ 14.

### Электричество и магнетизм

#### 1. Электростатика

Три одинаковых положительных точечных заряда находятся в вершинах равностороннего треугольника со стороной 30 см. Сила, действующая на каждый заряд равна 17,3 Н. Найти значения зарядов. (Ответ: 10 мкКл)

#### 2. Законы постоянного тока

Электромотор питается от сети с напряжением 220 В. Сопротивление обмотки мотора 2 Ом. Сила потребляемого тока 10 А. Найти потребляемую мощность и КПД мотора. (Ответ: 2 кВт; 91%)

#### 3. Закон Ампера, сила Лоренца

Применяя закон Ампера для силы взаимодействия двух параллельных токов, вывести числовое значение магнитной постоянной  $\mu_0$  (Ответ:  $4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м)

#### 4. Закон электромагнитной индукции

В однородном магнитном поле равномерно вращается прямоугольная рамка с частотой  $600 \text{ мин}^{-1}$ . Амплитуда индуцируемой ЭДС равна 3 В. Определить максимальный магнитный поток через рамку. (Ответ: 47,7 мВб)

#### 5. Теорема Гаусса, циркуляция вектора напряжённости электростатического поля и вектора индукции магнитного поля в вакууме; закон Био-Савара-Лапласа

Под действием электростатического поля равномерно заряженной бесконечной плоскости точечный заряд 1 нКл переместился вдоль силовой линии на расстояние 1 см, при этом совершена работа 5 мкДж. Определить поверхностную плотность заряда на плоскости. (Ответ:  $8,8 \text{ мкКл/м}^2$ )

#### 6. Электромагнитные колебания и волны

Найти период и частоту колебаний в контуре, состоящем из конденсатора ёмкостью 800 пФ и катушки индуктивностью 2 мкГн. Во сколько раз изменится период колебаний, если в конденсатор ввести диэлектрик с диэлектрической проницаемостью равной 9? (Ответ: 250 нс; 4 МГц; увеличится в 3 раза)

## ВАРИАНТ 14. Волновая и геометрическая оптика

### 1. Законы отражения и преломления

На дне пустого сосуда (рисунок) лежит зеркало. Как будет изменяться ход отражённого луча по мере заполнения сосуда водой? (Ответ: будет смещаться вправо параллельно первоначальному положению)



### 2. Линзы

Плоско-выпуклая линза имеет ограничивающую сферическую поверхность радиусом 12 см. Фокусное расстояние линзы 24 см. Найти абсолютный показатель преломления материала, из которого сделана линза. (Ответ: 1,5)

### 3. Дисперсия

Какие частоты колебаний соответствуют крайним красным, длина волны 760 нм и крайним фиолетовым, длина волны 400 нм лучам видимой части спектра? (Ответ: 390 ТГц, 750 ТГц)

### 4. Интерференция

В установке для наблюдения колец Ньютона используется плосковыпуклая линза с радиусом кривизны 8,6 м. При освещении установки монохроматическим светом, падающим нормально на плоскую поверхность линзы, радиус четвёртого тёмного кольца был равен 4,5 мм. Определить длину волны света, если наблюдение велось в отражённом свете. (Ответ: 589 нм)

### 5. Дифракция

Для определения периода решётки на неё направили световой пучок через красный светофильтр, пропускающий лучи с длиной волны 0,76 мкм. Каков период решётки, если на экране, отстоящем от решётки на 1 м, расстояние между спектрами первого порядка равно 15,2 см? (Ответ: 10 мкм)

### 6. Поляризация

Пучок естественного света падает на систему из 6 николей, плоскость пропускания каждого из которых повёрнута на угол  $\varphi = 30^\circ$  относительно плоскости пропускания предыдущего николя. Какая часть светового потока проходит через эту систему? (Ответ: 0,12)



## ВАРИАНТ 15.

### Электричество и магнетизм

#### 1. Электростатика

Определите напряжённость поля, созданного протоном на расстоянии  $5,3 \cdot 10^{-11}$  м от него. Какая сила действует на электрон, находящийся в этой точке? (Ответ:  $5,13 \cdot 10^{11}$  Н/Кл,  $8,2 \cdot 10^{-8}$  Н)

#### 2. Законы постоянного тока

От генератора с ЭДС 250 В и внутренним сопротивлением 0,1 Ом необходимо протянуть к потребителю двухпроводную линию длиной 100 м. Какая масса алюминия пойдёт на изготовление подводящих проводов, если максимальная мощность потребителя 22 кВт и он рассчитан на напряжение 220 В? (Ответ: 15 кг)

#### 3. Закон Ампера, сила Лоренца

Два бесконечных прямолинейных проводника с одинаковыми токами, текущими в одном направлении, находятся друг от друга на расстоянии  $R$ . Чтобы их раздвинуть до расстояния  $2R$ , на каждый сантиметр длины проводника затрачивается работа 138 нДж. Определить силу тока в проводниках.

#### 4. Закон электромагнитной индукции

Катушка длиной 50 см и диаметром 5 см содержит 200 витков. По катушке течёт ток 1 А. Определить индуктивность катушки и магнитный поток, пронизывающий её поперечное сечение. (Ответ: 197 мкГн; 985 нВб)

#### 5. Теорема Гаусса, циркуляция вектора напряжённости электростатического поля и вектора индукции магнитного поля в вакууме; закон Био-Савара-Лапласа

Электростатическое поле создаётся двумя бесконечными параллельными плоскостями, заряженными равномерно разноимёнными зарядами с поверхностной плотностью  $1$  нКл/м<sup>2</sup> и  $2$  нКл/м<sup>2</sup> соответственно. Определить напряжённость электростатического поля между плоскостями и за пределами плоскостей. Построить график изменения напряжённости поля вдоль линии, перпендикулярной плоскостям. (Ответ: 169 В/м; 56,5 В/м)

#### 6. Электромагнитные колебания и волны

Ёмкость конденсатора колебательного контура 0,4 мкФ, частота собственных колебаний 50 кГц, амплитуда колебаний заряда 8 мКл. Написать уравнения  $q=q(t)$ ,  $U=U(t)$ ,  $i=i(t)$ . Найти амплитуду колебаний напряжения, амплитуду колебаний силы тока и индуктивность катушки. (Ответ: 20 В; 2,5 А; 25 мкГн)

## ВАРИАНТ 15.

### Волновая и геометрическая оптика

#### 1. Законы отражения и преломления

Взять неглубокую чайную чашку, поставить на стол и положить на её дно монету. После этого отойти от стола так, чтобы край чашки закрывал монету. Не меняя положения головы, попросить товарища налить в чашку воду. Монета станет снова видна. Сделать чертёж, объяснить явление.

#### 2. Линзы

Предмет находится на расстоянии 27 мм от объектива оптического микроскопа. Оптические силы объектива и окуляра одинаковы и равны 40 дптр. Каким должно быть расстояние между объективом и окуляром? Каким при этом будет коэффициент увеличения микроскопа? (Ответ: 17,2 см)

#### 3. Дисперсия

Плоская монохроматическая световая волна распространяется в некоторой среде. Коэффициент поглощения среды для данной длины волны  $1,2 \text{ м}^{-1}$ . Определить, на сколько процентов уменьшится интенсивность света при прохождении данной волной пути 10 мм, 1 м. (Ответ: 1,2%; 70%)

#### 4. Интерференция

Определить, какую длину пути  $S_1$  пройдёт фронт волны монохроматического света в вакууме за то же время, за которое он проходит путь 1,5 мм в стекле с показателем преломления 1,5. (Ответ: 2,2 мм)

#### 5. Дифракция

Какова ширина всего спектра первого порядка (длины волн заключены в пределах от 0,38 до 0,76 мкм), полученного на экране, отстоящем на 3 м от дифракционной решётки с периодом 0,01 мм? (Ответ: 11 см)

#### 6. Поляризация

На поверхность воды под углом Брюстера падает пучок плоскополяризованного света. Плоскость колебаний светового вектора составляет угол  $\varphi = 45^\circ$  с плоскостью падения. Найти коэффициент отражения. (Ответ: 0,039)

## ВАРИАНТ 16.

### Электричество и магнетизм

#### 1. Электростатика

Точечный заряд, помещённый в начало координат, создаёт напряжённости поля в точках 1 и 2, находящихся на положительной полуоси  $OX$ , равные  $3,6 \cdot 10^{-5}$  Н/Кл и  $1,6 \cdot 10^{-5}$  Н/Кл соответственно. Определить напряжённость поля в точке, лежащей посередине между точками 1 и 2. (Ответ:  $2,3 \cdot 10^{-5}$  Н/Кл)

#### 2. Законы постоянного тока

Лампочки, сопротивления которых 3 и 12 Ом, поочерёдно подключенные к некоторому источнику тока, потребляют одинаковую мощность. Найти внутреннее сопротивление источника и КПД цепи в каждом случае. (Ответ: 6 Ом; 33 %; 67 %)

#### 3. Закон Ампера, сила Лоренца

По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводникам, расстояние между которыми 20 см, текут токи 40 и 80 А в одном направлении. Определить магнитную индукцию в точке, удалённой от первого проводника на 12 см, от второго на 16 см. (Ответ: 120 мкТл)

#### 4. Закон электромагнитной индукции

Определить, через сколько времени сила тока замыкания достигнет 0,95 предельного значения, если источник тока замыкают на катушку сопротивлением 12 Ом и индуктивностью 0,5 Гн. (Ответ: 125 мс)

#### 5. Теорема Гаусса, циркуляция вектора напряжённости электростатического поля и вектора индукции магнитного поля в вакууме; закон Био-Савара-Лапласа

Длинный прямой провод, расположенный в вакууме, несёт заряд, равномерно распределённый по всей длине провода с линейной плотностью 2 нКл/м. Определить напряжённость электростатического поля на расстоянии 1 м от провода. (Ответ: 36 В/м)

#### 6. Электромагнитные колебания и волны

Колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью 1 мкФ и катушки индуктивностью 4 Гн. Амплитуда колебаний заряда на конденсаторе 100 мкКл. Написать уравнения  $q=q(t)$ ,  $U=U(t)$ ,  $i=i(t)$ . Найти амплитуду колебаний силы тока и напряжения. (Ответ: 50 мА; 100 В)

## ВАРИАНТ 16.

### Волновая и геометрическая оптика

#### 1. Законы отражения и преломления

Найти угол падения луча на поверхность воды, если известно, что он больше угла преломления на  $10^\circ$ . (Ответ:  $39^\circ$ )

#### 2. Линзы

Человек носит очки с оптической силой  $-2,25$  дптр. Найти для него расстояние наилучшего зрения. (Ответ: 16 см)

#### 3. Дисперсия

Коэффициент поглощения некоторого вещества для монохроматического света определённой длины волны  $0,1 \text{ см}^{-1}$ . Определить толщину слоя вещества, которая необходима для ослабления света в 2 раза и в 5 раз. Потери на отражение света не учитывать. (Ответ: 6,93; 16,1 см)

#### 4. Интерференция

В опыте Юнга щели, расположенные на расстоянии 0,3 мм, освещались монохроматическим светом с длиной волны 0,6 мкм. Определить расстояние от щелей до экрана, если ширина интерференционных полос равна 1 мм. (Ответ: 0,5 м)

#### 5. Дифракция

Дифракционная решётка имеет 2000 штрихов на длине 4 мм. На неё, нормально к её поверхности, падает параллельный пучок лучей с длиной волны 0,7 мкм. Найти общее число максимумов, даваемое этой решёткой. (Ответ: 7)

#### 6. Поляризация

Кристаллическая пластинка, вырезанная параллельно оптической оси, имеет толщину 0,25 мм и служит пластинкой в четверть волны для  $\lambda = 530 \text{ нм}$ . Для каких длин волн в области видимого спектра она будет также пластинкой в четверть волны? Считать, что для всех длин волн видимого спектра разность показателей преломления обыкновенного и необыкновенного лучей одинакова и равна  $n_e - n_o = 0,0090$ . (Ответ: 0,69; 0,53; 0,43 мкм)

## ВАРИАНТ 17.

### Электричество и магнетизм

#### 1. Электростатика

Электростатическое поле создано двумя равномерно заряженными концентрическими сферами, радиусы которых 2 и 4 см, заряды сфер 1 нКл и -3 нКл, соответственно. Определить напряжённость поля в точке, лежащей от центра сфер на расстоянии 1 см. (Ответ: 0)

#### 2. Законы постоянного тока

Троллейбус массой 11 т движется равномерно со скоростью 36 км/ч. Найти силу тока в обмотке двигателя, если напряжение равно 550 В и КПД 80%. Коэффициент сопротивления движению равен 0,02. (Ответ: 50 А)

#### 3. Закон Ампера, сила Лоренца

В однородном магнитном поле с индукцией 1 Тл находится квадратная рамка со стороной 10 см, по которой течёт ток 4 А. Плоскость рамки перпендикулярна линиям магнитной индукции. Определить работу, которую необходимо затратить для поворота рамки относительно оси, проходящей через середину её противоположных сторон на  $90^\circ$ . (Ответ: 0,04 Дж)

#### 4. Закон электромагнитной индукции

В магнитное поле, изменяющееся по закону  $B=B_0\cos\omega t$  ( $B_0=0,1$  Тл,  $\omega=4$  рад/с), помещена квадратная рамка со стороной 50 см, причём нормаль к рамке образует с направлением поля угол  $45^\circ$ . Определить ЭДС индукции, возникающую в рамке в момент времени 5 с. (Ответ: 64 мВ)

#### 5. Теорема Гаусса, циркуляция вектора напряжённости электростатического поля и вектора индукции магнитного поля в вакууме; закон Био-Савара-Лапласа

Электростатическое поле создаётся положительно заряженной бесконечной нитью с постоянной линейной плотностью 1 нКл/см. Какую скорость приобретёт электрон, приблизившись под действием поля к нити вдоль линии напряжённости с расстояния 1,5 см до 1 см? (Ответ: 16 Мм/с)

#### 6. Электромагнитные колебания и волны

В цепь переменного тока с частотой 400 Гц включена катушка индуктивностью 0,1 Гн. Конденсатор какой ёмкости надо включить в эту цепь, чтобы осуществился резонанс? (Ответ: 1,6 мкФ)

## ВАРИАНТ 17.

### Волновая и геометрическая оптика

#### 1. Законы отражения и преломления

Под каким углом должен упасть луч на стекло, чтобы преломлённый луч оказался перпендикулярен отражённому? (Ответ:  $58^\circ$ )

#### 2. Линзы

Ближняя точка находится на расстоянии 2 м от глаза дальновзорного человека. Очки какой оптической силы следует ему носить для наблюдения предметов на расстоянии наилучшего зрения? (Ответ: 3,5 дптр)

#### 3. Дисперсия

Определить минимальную кинетическую энергию (в МэВ), которой должен обладать электрон, чтобы в среде с показателем преломления 1,5 возникло излучение Вавилова-Черенкова. (Ответ: 0,17 МэВ)

#### 4. Интерференция

На стеклянный клин с показателем преломления 1,5 нормально падает монохроматический свет с длиной волны 698 нм. Определить угол между поверхностями клина, если расстояние между двумя соседними интерференционными минимумами в отражённом свете равно 2 мм. (Ответ:  $0,4'$ )

#### 5. Дифракция

Какой должна быть толщина плоскопараллельной стеклянной пластинки с показателем преломления 1,55, чтобы в отражённом свете максимум второго порядка для длины волны 0,65 мкм наблюдался под тем же углом, что и у дифракционной решётки с периодом 1 мкм? (Ответ: 577 нм)

#### 6. Поляризация

Определить массовую концентрацию сахарного раствора, если при прохождении света через трубку длиной 20 см с этим раствором плоскость поляризации света поворачивается на угол  $10^\circ$ . Удельная величина вращения сахара равна  $1,17 \cdot 10^{-2}$  рад·м<sup>2</sup>/кг. (Ответ: 74,8 кг/м<sup>3</sup>)

## ВАРИАНТ 18.

### Электричество и магнетизм

#### 1. Электростатика

Электростатическое поле создано двумя равномерно заряженными концентрическими сферами, радиусы которых 2 и 4 см, заряды сфер 1 нКл и -3 нКл, соответственно. Определить напряжённость поля в точке, лежащей от центра сфер на расстоянии 3 см. (Ответ:  $10^4$  Н/Кл)

#### 2. Законы постоянного тока

Электродвигатель подъёмного крана работает под напряжением 380 В, при этом сила тока в его обмотке равна 20 А. Каков КПД установки, если груз массой 1 т кран поднимает на высоту 19 м за 50 с? (Ответ: 50 %)

#### 3. Закон Ампера, сила Лоренца

В однородном магнитном поле с индукцией 1 Тл находится квадратная рамка со стороной 10 см, по которой течёт ток 4 А. Плоскость рамки перпендикулярна линиям магнитной индукции. Определить работу, которую необходимо затратить для поворота рамки относительно оси, проходящей через середину её противоположных сторон на  $180^\circ$ . (Ответ: 0,08 Дж)

#### 4. Закон электромагнитной индукции

Катушка диаметром 2 см, содержащая один слой плотно прилегающих друг к другу 500 витков алюминиевого провода сечением  $1 \text{ мм}^2$ , помещена в магнитное поле. Ось катушки параллельна линиям индукции. Магнитная индукция поля равномерно изменяется со скоростью  $1 \text{ мТл/с}$ . Определить тепловую мощность, выделяющуюся в катушке, если её концы замкнуты накоротко. Удельное сопротивление в катушке алюминия  $26 \text{ нОм/м}$ . (Ответ:  $0,302 \text{ мкВт}$ )

#### 5. Теорема Гаусса, циркуляция вектора напряжённости электростатического поля и вектора индукции магнитного поля в вакууме; закон Био-Савара-Лапласа

Электростатическое поле создаётся шаром радиусом 8 см, равномерно заряженным с объёмной плотностью  $10 \text{ нКл/м}^3$ . Определить разность потенциалов между двумя точками этого поля, лежащими на расстоянии 10 и 15 см от центра шара. (Ответ: 0,64 В)

#### 6. Электромагнитные колебания и волны

Найти диапазон частот колебаний в контуре с катушкой, индуктивность которой  $1 \text{ мГн}$ , и конденсатором, ёмкость которого может изменяться в пределах от 40 до 90 пФ. (Ответ: 530-800 кГц)

## ВАРИАНТ 18.

### Волновая и геометрическая оптика

#### 1. Законы отражения и преломления

Под каким углом должен падать луч на поверхность стекла, чтобы угол преломления был в 2 раза меньше угла падения? (Ответ:  $74^\circ$ )

#### 2. Линзы

Школьник обычно читает книгу, держа её на расстоянии 20 см от глаз. Очки какой оптической силы следует ему носить для чтения книги на расстоянии наилучшего зрения? (Ответ: -1 дптр)

#### 3. Дисперсия

Источник монохроматического света с длиной волны 0,6 мкм движется по направлению к наблюдателю со скоростью  $0,15c$  ( $c$  - скорость света в вакууме). Определить длину волны, которую зарегистрирует приёмник. (Ответ: 516 нм)

#### 4. Интерференция

Установка для наблюдения колец Ньютона освещается монохроматическим светом, падающим нормально. При заполнении пространства между линзой и стеклянной пластинкой прозрачной жидкостью радиусы тёмных колец в отражённом свете уменьшились в 1,21 раза. Определить показатель преломления жидкости. (Ответ: 1,46)

#### 5. Дифракция

Узкий параллельный пучок рентгеновского излучения с длиной волны 245 пм падает на естественную грань монокристалла каменной соли. Определить расстояние между атомными плоскостями монокристалла, если дифракционный максимум второго порядка наблюдается при падении излучения к поверхности монокристалла под углом скольжения  $61^\circ$ . (Ответ: 0,28 нм)

#### 6. Поляризация

Раствор глюкозы с массовой концентрацией  $0,21 \text{ г/см}^3$ , находящийся в стеклянной трубке, поворачивает плоскость поляризации монохроматического света, проходящего через раствор, на угол  $24^\circ$ . Определить массовую концентрацию глюкозы в другом растворе в трубке такой же длины, если он поворачивает плоскость поляризации на угол  $18^\circ$ . (Ответ:  $0,157 \text{ г/см}^3$ )



## ВАРИАНТ 19.

### Электричество и магнетизм

#### 1. Электростатика

Электростатическое поле создано двумя равномерно заряженными концентрическими сферами, радиусы которых 2 и 4 см, заряды сфер 1 нКл и -3 нКл, соответственно. Определить напряжённость поля в точке, лежащей от центра сфер на расстоянии 5 см. (Ответ:  $-7,2 \cdot 10^3$  Н/Кл)

#### 2. Законы постоянного тока

От генератора с ЭДС 40 В и внутренним сопротивлением 0,04 Ом ток поступает по медному кабелю площадью поперечного сечения 170 мм<sup>2</sup> к месту электросварки, удалённому от генератора на 50 м. Найти напряжение на зажимах генератора и на сварочном аппарате, если сила тока в цепи равна 200 А. Какова мощность сварочной дуги? (Ответ: 32 В; 30 В; 6 кВт)

#### 3. Закон Ампера, сила Лоренца

В однородном магнитном поле с индукцией 1 Тл находится квадратная рамка со стороной 10 см, по которой течёт ток 4 А. Плоскость рамки перпендикулярна линиям магнитной индукции. Определить работу, которую необходимо затратить для поворота рамки относительно оси, проходящей через середину её противоположных сторон на 360°. (Ответ: 0)

#### 4. Закон электромагнитной индукции

Соленоид диаметром 4 см, имеющий 500 витков, помещён в магнитное поле, индукция которого изменяется со скоростью 1 мТл/с. Ось соленоида составляет с вектором магнитной индукции угол 45°. Определить ЭДС индукции, возникающую в соленоиде. (Ответ: 444 мкВ)

#### 5. Теорема Гаусса, циркуляция вектора напряжённости электростатического поля и вектора индукции магнитного поля в вакууме; закон Био-Савара-Лапласа

Электростатическое поле создаётся шаром радиусом 10 см, равномерно заряженным с объёмной плотностью 20 нКл/м<sup>3</sup>. Определить разность потенциалов между точками, лежащими внутри шара на расстояниях 2 и 8 см от его центра. (Ответ: 2,26 В)

#### 6. Электромагнитные колебания и волны

К генератору переменного тока с частотой 100 Гц подключены катушка индуктивностью 0,5 Гн, конденсатор ёмкостью 4 мкФ и резистор сопротивлением 54 Ом. Сила тока в цепи 0,5 А. Найти полное сопротивление цепи и максимальное напряжение на генераторе. (Ответ: 100 Ом; 37,8 В)

## ВАРИАНТ 19.

### Волновая и геометрическая оптика

#### 1. Законы отражения и преломления

Вода налита в аквариум прямоугольной формы. Угол падения луча света на стеклянную стенку  $78,1^\circ$ . Найти угол преломления луча в воде при выходе из стекла. Зависит ли ответ задачи от: 1) толщины стенок; 2) показателя преломления данного сорта стекла? (Ответ:  $47,4^\circ$ ; 1), 2) не зависит)

#### 2. Линзы

Найти фокусное расстояние оптической системы из двух собирающих линз с фокусными расстояниями 20 и 15 см, расположенных на расстоянии 30 см друг от друга. (Ответ: - 30 см)

#### 3. Дисперсия

При прохождении света в некотором веществе пути  $x$  его интенсивность уменьшилась в два раза. Определить, во сколько раз уменьшится интенсивность света при прохождении им пути  $4x$ . (Ответ: в 16 раз)

#### 4. Интерференция

На линзу с показателем преломления 1,55 нормально падает монохроматический свет с длиной волны 0,55 мкм. Для устранения потерь отражённого света на линзу наносится тонкая плёнка. Определить оптимальный показатель преломления плёнки и толщину плёнки. (Ответ: 1,24; 0,111)

#### 5. Дифракция

Постоянная дифракционной решётки длиной 2,5 см равна 5 мкм. Определить разность длин волн, разрешаемую этой решёткой, для света с длиной волны 0,5 мкм в спектре второго порядка. (Ответ: 50 пм)

#### 6. Поляризация

Кристаллическая пластинка из исландского шпата с наименьшей толщиной 0,86 мкм служит пластинкой в четверть волны для длины волны 0,59 мкм. Пластинкой в четверть волны называется кристаллическая пластинка, вырезанная параллельно оптической оси, при прохождении через которую в направлении, перпендикулярном оптической оси, обыкновенный и необыкновенный лучи, не изменяя своего направления, приобретают разность хода, равную  $\lambda/4$ . Определить разность показателей преломления обыкновенного и необыкновенного лучей. (Ответ: 0,171)

## ВАРИАНТ 20.

### Электричество и магнетизм

#### 1. Электростатика

Две плоскопараллельные пластины, имеющие заряды  $1 \text{ мкКл}$  и площадь  $25 \text{ см}^2$  каждая, погружены в керосин. Определить силу взаимодействия пластин. (Ответ:  $11,3 \text{ Н}$ )

#### 2. Законы постоянного тока

Гальванометр имеет сопротивление  $200 \text{ Ом}$ , и при силе тока  $100 \text{ мкА}$  стрелка отклоняется на всю шкалу. Резистор какого сопротивления надо подключить, чтобы прибор можно было использовать как вольтметр для измерения напряжения до  $2 \text{ В}$ ? Шунт какого сопротивления надо подключить к этому гальванометру, чтобы его можно было использовать как миллиамперметр для измерения силы тока до  $10 \text{ мА}$ ? (Ответ:  $19,8 \text{ кОм}$ ;  $2,2 \text{ Ом}$ )

#### 3. Закон Ампера, сила Лоренца

Квадратная рамка со стороной  $a$  находится в магнитном поле с индукцией  $0,1 \text{ Тл}$ . Плоскость рамки параллельна вектору магнитной индукции. Сила тока в рамке равна  $5 \text{ А}$ . Чему равен вращающий момент сил, действующих на рамку? (Ответ:  $5 \text{ мН}\cdot\text{м}$ )

#### 4. Закон электромагнитной индукции

Плоскость проволочного витка площадью  $100 \text{ см}^2$  и сопротивлением  $5 \text{ Ом}$ , находящегося в однородном магнитном поле напряжённостью  $10 \text{ кА/м}$ , перпендикулярна линиям магнитной индукции. При повороте витка в магнитном поле отсчёт гальванометра, замкнутого на виток,  $12,6 \text{ мкКл}$ . Определить угол поворота витка. (Ответ:  $60^\circ$ )

#### 5. Теорема Гаусса, циркуляция вектора напряжённости электростатического поля и вектора индукции магнитного поля в вакууме; закон Био-Савара-Лапласа

Электростатическое поле создаётся бесконечным цилиндром радиусом  $8 \text{ мм}$ , равномерно заряженным с линейной плотностью  $10 \text{ нКл/м}$ . Определить разность потенциалов между двумя точками этого поля, лежащими на расстоянии  $2$  и  $7 \text{ мм}$  от поверхности этого цилиндра. (Ответ:  $73 \text{ В}$ )

#### 6. Электромагнитные колебания и волны

Электрическая цепь состоит из катушки индуктивностью  $0,2 \text{ Гн}$ , конденсатора ёмкостью  $0,1 \text{ мкФ}$  и резистора сопротивлением  $367 \text{ Ом}$ . Найти индуктивное сопротивление, ёмкостное сопротивление и полное сопротивление контура при частоте тока  $1 \text{ кГц}$ . (Ответ:  $1,26 \text{ кОм}$ ;  $1,6 \text{ кОм}$ ;  $500 \text{ Ом}$ )

## ВАРИАНТ 20.

### Волновая и геометрическая оптика

#### 1. Законы отражения и преломления

Водолазу, находящемуся под водой, солнечные лучи кажутся падающими под углом  $60^\circ$  к поверхности воды. Какова угловая высота Солнца над горизонтом? (Ответ:  $48,3^\circ$ )

#### 2. Линзы

Две собирающие линзы с оптическими силами 5 и 6 дптр расположены на расстоянии 60 см друг от друга. Найти, где находится изображение предмета, расположенного на расстоянии 40 см от первой линзы, и поперечное увеличение системы. (Ответ: 1 м; 2,5)

#### 3. Дисперсия

На грань стеклянной призмы с показателем преломления 1,5 нормально падает луч света. Определить угол отклонения луча призмой, если её преломляющий угол равен  $25^\circ$ . (Ответ:  $14^\circ 21'$ )

#### 4. Интерференция

Плосковыпуклая линза с показателем преломления 1,6 выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. Радиус третьего светлого кольца в отражённом свете с длиной волны 0,6 мкм равен 0,9 мм. Определить фокусное расстояние линзы. (Ответ:  $f=0,9$  м)

#### 5. Дифракция

Показать, что для данной длины волны максимальная разрешающая способность дифракционных решёток, имеющих разные периоды, но одинаковую длину, имеет одно и то же значение. (Ответ:  $R_{\max}=1/\lambda$ )

#### 6. Поляризация

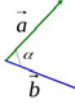
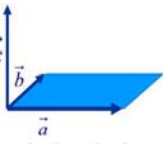
Определить толщину кварцевой пластинки, для которой угол поворота плоскости поляризации монохроматического света определённой длины волны равен  $180^\circ$ . Удельное вращение в кварце для данной длины волны 0,52 рад/мм. (Ответ: 6,04 мм).

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дмитриева В.Ф. Физика для профессий и специальностей технического профиля: учебник для образоват. учреждений нач. и сред. проф. образования. 6-е изд. стер. М.: Издательский центр «Академия», 2013. 448 с.
2. Трофимова Т.И. Курс общей физики: Учеб. пособие для вузов. - 11-е изд., испр. - М.: Издательский центр «Академия», 2006 - 560 с.
3. Трофимова Т.И., Павлова З.Г. Сборник задач по курсу физики с решениями: Учеб. пособие для вузов. - 4 изд., стер. - М.: Высш. шк., 2003. - 591 с.: ил.
4. Фирганг Е.В. Руководство к решению задач по курсу общей физики. 4-е изд., испр. - М.: 2009. - 352 с.
5. <https://pandia.ru/text/77/502/3816.php>

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Скалярное и векторное произведения векторов

Скалярное	Векторное
 $\vec{a} \cdot \vec{b} =  \vec{a}  \cdot  \vec{b}  \cdot \cos \alpha$ $\vec{a} = (x_1, y_1, z_1) \quad \vec{b} = (x_2, y_2, z_2)$ $\vec{a} \cdot \vec{b} = x_1 x_2 + y_1 y_2 + z_1 z_2$ $\cos \alpha = \frac{x_1 x_2 + y_1 y_2 + z_1 z_2}{\sqrt{x_1^2 + y_1^2 + z_1^2} \cdot \sqrt{x_2^2 + y_2^2 + z_2^2}}$	 $ \vec{c}  =  \vec{a}  \cdot  \vec{b}  \cdot \sin(\widehat{\alpha; \vec{b}})$ $\vec{a} = (a_1, a_2, a_3), \quad \vec{b} = (b_1, b_2, b_3)$ $\vec{a} \times \vec{b} = [\vec{a}, \vec{b}] = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{vmatrix} = \vec{i} \begin{vmatrix} a_2 & a_3 \\ b_2 & b_3 \end{vmatrix} - \vec{j} \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ b_1 & b_3 \end{vmatrix} + \vec{k} \begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix}$

### Приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц

Дольные			Кратные		
приставка	обозначение	множитель	приставка	обозначение	множитель
деци	д	$10^{-1}$	дека	да	$10^1$
санти	с	$10^{-2}$	гекто	г	$10^2$
милли	м	$10^{-3}$	кило	к	$10^3$
микро	мк	$10^{-6}$	мега	М	$10^6$
нано	н	$10^{-9}$	гига	Г	$10^9$
пико	п	$10^{-12}$	тера	Т	$10^{12}$
фемто	ф	$10^{-15}$	пета	П	$10^{15}$
атто	а	$10^{-18}$	экса	Э	$10^{18}$

*Учебное издание*

Составитель  
Меньшикова Светлана Геннадьевна

**Типовые задания по физике  
с примерами решения в двух частях.  
Часть 2. «Электричество и магнетизм.  
Волновая и геометрическая оптика»**

Учебно-методическое пособие

*Авторская редакция*

Подписано в печать 28.12.21. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Усл. печ.л. 2,55. Уч.-изд. л. 1,94.

Тираж 300 экз. Заказ № 2466.

Издательский центр «Удмуртский университет»  
426034, Ижевск, ул. Университетская, 1 корп.4.  
Тел./факс: +7(3412) 500-295, E-mail: editorial@udsu.ru

Типография Издательского центра «Удмуртский университет»  
426034, Ижевск, ул. Университетская, 1, корп.2.  
Тел. 68-57-18