

# ТЕХНИЧЕСКАЯ ОПТИКА

*Учебно-методический комплекс для студентов бакалавриата по направлению 23.03.01 – «Организация и безопасность движения»*

Санкт-Петербург  
2017

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра общей и технической физики

## ТЕХНИЧЕСКАЯ ОПТИКА

*Учебно-методический комплекс для студентов бакалавриата по  
направлению 23.03.01*

Санкт-Петербург  
2017

УДК 001:5:1М

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ОПТИКА:** Учебно-методический комплекс. Санкт-Петербургский горный университет/ сост.: А.С. Иванов, Ю.И. Кузьмин, Н.А. Тупицкая, А.Б. Федорцов, СПб, 2017. — 55 с.

Учебно-методический комплекс разработан в соответствии с государственными образовательными стандартами высшего образования, типовой рабочей программой дисциплины, рекомендованной УМО вузов в области организации дорожного движения.

Дисциплина «Техническая оптика» предназначена для студентов бакалавриата направления подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов» по профилю «Организация и безопасность движения» и посвящена основным вопросам технической оптики и ее применению в создании оптических устройств для использования на транспорте и в сфере организации дорожного движения.

Научный редактор проф. А.С. Мустафаев

© Санкт-Петербургский горный университет, 2017



# 1. ИНФОРМАЦИЯ О ДИСЦИПЛИНЕ

## 1.1. Предисловие

Учебно-методический комплекс для студентов бакалавриата по направлению 23.03.01 «Технология транспортных процессов» по профилю «Организация и безопасность движения».

Дисциплина «Техническая оптика» включает в себя следующие разделы:

1. Элементы физической и геометрической оптики;
2. Источники света;
3. Современные технические средства преобразования и передачи изображения.

Программа изучения дисциплины включает в себя: лекционный курс, практические занятия, итоговый контроль — зачет.

Изучение дисциплины базируется на знании студентами математики и физики, особенно раздела «Оптика».

**Цель изучения дисциплины** — приобретение студентами знаний о назначении средств технической оптики на транспорте и в сфере организации дорожного движения.

### **Задачи изучения дисциплины:**

- подготовка квалифицированного инженера по данному направлению подготовки;
- выработка умения и навыков применения оптических средств различного назначения в отрасли;
- формирование необходимых методических и практических навыков.

### **Требования к результатам освоения дисциплины:**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

### **Общекультурные и профессиональные компетенции (ОК, ОПК, ПК):**

- способность использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции (ОК-1);
- способность к коммуникации в устной и письменной речи на русском и иностранных языках для решения задач межличностного и межкультурного взаимодействия (ОК-5);

— способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять в требуемом формате с использованием компьютерных и сетевых технологий (ОПК- 1);

— способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального проведения экспериментов, к обработке и представлению экспериментальных данных (ОПК-2);

— способность применять процессный подход в практической деятельности, сочетать теорию и практики (ПК-1);

— способность применять в практической деятельности принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды (ПК-5);

— способность использовать физико-математический аппарат для решения расчетно-аналитических задач, возникающих в процессе профессиональной деятельности (ПК-25).

***Знать:***

— фундаментальные понятия, законы физической оптики,  
— современные диагностические системы и комплексы оборудования и приборов, используемых в отрасли;

— область применения оптических средств в сфере организации дорожного движения и на автомобильном транспорте.

***Уметь:***

— пользоваться современной научной аппаратурой для проведения необходимых исследований;

— использовать полученные навыки для решения прикладных задач по будущей специальности.

***Владеть:***

— понятиями и законами технической оптики, которые лежат в основе применения современного оборудования в сфере организации дорожного движения.

***Иметь представление:***

— о новейших достижениях оптики, перспективах их использования для построения технических устройств;

— о современном состоянии технических средств, используемых в отрасли.

### Место дисциплины в учебном процессе

Изучение дисциплины «Техническая оптика» базируется на знаниях математики, физики, химии, комплекса общетехнических дисциплин создает условия для успешного освоения цикла базовых дисциплин (Блок 1), а также для выполнения дипломного проекта, в частности, раздела «Технические средства организации дорожного движения». Полученные студентами знания должны соответствовать общекультурной компетенции в объеме ОК-1 и ОК-5.

### 1.2. Содержание дисциплины и виды учебной нагрузки

Объем и виды учебной работы по дисциплине представлены в табл. 1.

Общая трудоемкость дисциплины «Техническая оптика» составляет 2 зачетных единицы.

Таблица 1

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		7
<b>Аудиторные занятия (всего), в том числе:</b>	<b>34</b>	<b>34</b>
Лекции	17	17
Практические занятия (ПЗ)	17	17
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>38</b>	<b>38</b>
Виды самостоятельной работы (подготовка к контрольной работе, домашнее задание, подготовка к занятиям, работа с литературой)	38	38
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет — 3)</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>Общая трудоемкость:</b>	<b>72</b>	<b>72</b>
часов зачётных единиц	2	2

## **2. РАБОЧИЕ УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

### **2.1. Рабочая программа (объем 72 ч)**

#### **Введение (2 ч)**

[1, с. 5–7]

Предмет изучения технической оптики. Связь с курсом общей физики. Применение средств технической оптики на транспорте и сфере организации дорожного движения. Задачи изучения дисциплины в плане приобретения методологических основ в области технической оптики, умений и навыков применения оптических средств различного назначения в отрасли.

#### **Раздел 1. Элементы физической и геометрической оптики (22 ч)**

[1], с. 8–36, с. 59–93, с. 147–171], [2, с. 316–322, с. 332–337],

[3 с. 5–10, с. 44–53, с. 54–63].

**1.1. Световое электромагнитное излучение.** Электромагнитное излучение. Световой (оптический) диапазон.

**1.2. Свет и физиология зрения.** Светочувствительность. Относительная световая эффективность.

**1.3. Элементы фотометрии.** Энергетические единицы: световой поток, энергетическая светимость, энергетическая освещенность, энергетическая яркость, телесный угол, энергетическая экспозиция. Световые единицы: сила света, световой поток, светимость, освещенность. Взаимосвязь энергетических и световых характеристик. Единицы измерения.

**1.4. Элементы геометрической оптики.** Законы геометрической оптики. Оптические детали и материалы: призмы, линзы, светофильтры, рефлекторы.

#### **Раздел 2. Источники света (24 ч)**

[1, с. 36–59], [3 с. 64–78].

**2.1. Тепловые источники.** Лампы накаливания. Галогенные лампы.

**2.2. Газоразрядные источники.** Газоразрядные лампы. Ртутные и ксеноновые дуговые лампы.

**2.3. Светодиоды.**



**2.4. Лазеры.** Принцип действия. Типы лазеров. Применение лазерной техники при эксплуатации автомобилей и в сфере обеспечения безопасности дорожного движения. Безопасность лазерных технологий.

**2.5. Применение источников света на автомобильном транспорте и в сфере организации дорожного движения**

**Раздел 3. Современные технические средства преобразования и передачи изображения (22 ч)**

[1 с. 87-92, с. 245-270, с. 79-116].

**3.1. Оптические волокна.** Структура и типы волокон. Назначение. Распространение света в волокне. Область применения волокон.

**3.2. Голография.** Традиционные способы получения изображения (фотография, видео). Способы получения трехмерного изображения. Применение лазера для получения голографических изображений.

**3.3. Мониторы.** Жидкокристаллические мониторы. Плазменные мониторы. Применение мониторов при эксплуатации автомобилей и в сфере обеспечения безопасности дорожного движения.

**Заключение (2 ч)**

**2.2. Тематический план дисциплины**

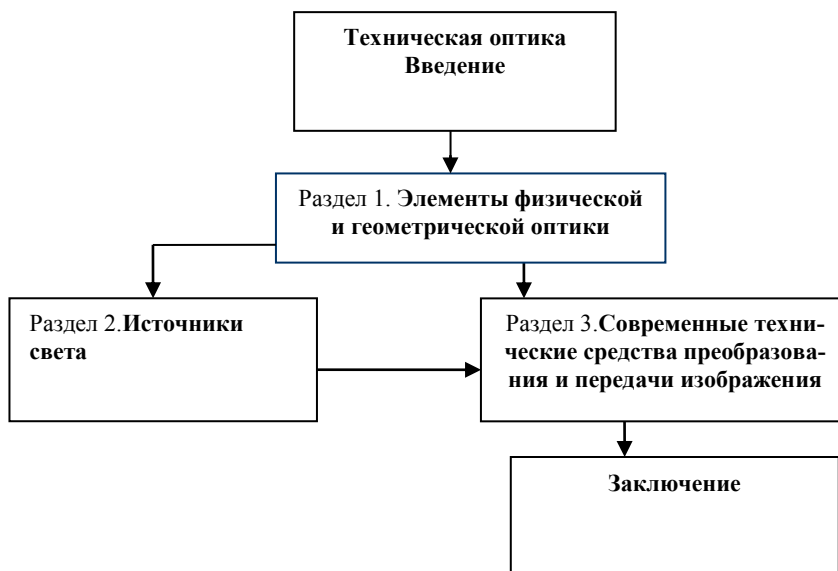
Тематический план представлен в табл. 2

Таблица 2

№ пп	Наименование раздела дисциплины	Кол-во часов по ОФО	Л.	ПЗ.	Самостоятельная работа студентов	Тесты
			ауд.	ауд.		
1.	Введение	2	2	-	1	-
2.	Элементы физической и геометрической оптики	22	4	6	12	№ 1
3.	Источники света	24	6	4	12	№ 2
4.	Современные технические средства преобразования и передачи изображения	21	3	6	12	№ 3
5.	Заключение	1	1	-	1	
	<b>ИТОГО:</b>	<b>72</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>38</b>	



### 2.3. Структурно-логическая схема дисциплины



### 2.4. Практические занятия

Перечень и виды практических занятий представлены в табл. 3

Таблица 3

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (час.)
1	1	Элементы фотометрии	4
2	1	Элементы геометрической оптики	4
3	2	Тепловые источники	2
4	2	Светодиоды	2
5	3	Лазеры	2
6	3	Оптические волокна	2

### 2.5. Лабораторный практикум

Лабораторный практикум не предусмотрен учебным планом.

## 2.6. Балльно-рейтинговая система оценки знаний

Дисциплина «Техническая оптика» заканчивается зачётом, к которому допускаются студенты, выполнившие предусмотренные учебной программой задания. После изучения материала дисциплины и для закрепления знаний по каждому разделу студент выполняет задания тренировочных тестов. В случае их успешного выполнения необходимо выполнить задания контрольных тестов (для каждого раздела комплект состоит из десяти тестовых заданий).

За каждый вид заданий, выполненный на занятии или в ходе самостоятельной работы, начисляется определённое число баллов. За каждый правильный ответ на задание контрольного теста — 1 балл; за правильное решение каждой задачи в домашнем задании — 12 баллов.

Максимальное количество баллов за контрольные тесты — 30. Максимальное количество баллов за домашнее задание — 60. За досрочное и качественное выполнение всех видов заданий студент получает — 10 баллов. Таким образом, в течение семестра студент может набрать максимально **100 баллов**. Студент, набравший 80 и более баллов, считается выполнившим учебную программу и получает зачёт.

## 3. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1. Библиографический список

#### Основной:

1. *Заказнов Н.П.* Прикладная оптика: учеб. пособие для вузов/ Н.П. Заказнов – СПб: Лань, 2007. — 226 с.
2. *Трофимова Т.И.* Курс физики / Т.И. Трофимова. — М.: Высш. шк., 2003 [и др. г. изд.]. — 542 с.
3. *Иванов А.С.* Техническая оптика. Учебное пособие/ А.С. Иванов, Ю.И. Кузьмин, Н.А. Тупицкая, А.Б. Федорцов. — СПб.: Изд-во СЗТУ, 2011. — 120 с.

#### Дополнительный:

3. *Федорцов А.Б.* Курс физики. Колебания и волны. Волновая оптика/ А.Б. Федорцов, В.М. Цаплев. — СПб.: СЗТУ, 2006. — 115 с.

4. Трофимова Т.И. Сборник задач по курсу физики с решениями/ Т.И. Трофимова, З.Г. Павлова. — М.: Высш. шк., 2000 [и др. г. изд.]. — 591 с.

5. Иванов В. Г. Основные единицы измерения оптического излучения: текст лекций /В.Г.Иванов, А. Б. Федорцов. — СПб.: СЗПИ, 1992. — 17 с.

**Средства обеспечения освоения дисциплины (ресурсы Internet)**

6. <http://db.informika.ru/spe/prog/prog/zip>

7. <http://burma.tsu.tula/>

8. <http://www.gpntb.ru/>

9. <http://www.stup.ac.ru/>

10. <http://www.uw.edu.pl>

### **3.2. Опорный конспект**

#### **Введение**

Современные оптические системы широко используются при эксплуатации автомобилей и в сфере обеспечения безопасности дорожного движения.

Устройство и функционирование оптических систем требуют у специалиста в области организации и безопасности движения базовых знаний по оптике и оптическим устройствам. Для формирования таких знаний в данном учебно-методическом комплексе рассматриваются вопросы, касающиеся фундаментальных законов физической и геометрической оптики, изучения источников света, а также рассмотрены современные способы преобразования и передачи изображения.

Опорный конспект состоит из трех разделов.

#### **Раздел 1. Элементы физической и геометрической оптики**

В разделе 1 изучаются четыре темы: *1.1. Световое электромагнитное излучение; 1. 2. Свет и физиология зрения; 1.3 Элементы фотометрии; 1.4. Элементы геометрической оптики.*

В конце каждой темы студенты должны ответить на поставленные вопросы, а по завершении изучения раздела выполнить десять тестовых заданий.

По тематике раздела студенты выполняют домашнее задание.

Максимально возможное число баллов, которое можно получить при работе с материалом данного раздела, равно 40.

**Подробное изложение материала раздела представлено в учебном пособии «Техническая оптика», раздел 1, а также в: [1, с. 8–36, с.59–93, с.147–171], [2, с.316–322, с. 332–337, с. 5–44].**

При изучении темы 1.1. «Световое электромагнитное излучение» следует особо обратить внимание на следующие положения.

1. Оптическое излучение обладает одновременно корпускулярными и волновыми свойствами. Волновая теория хорошо объясняет дифракцию, интерференцию и поляризацию света. С помощью квантовой теории описываются явления поглощения света, фотоэффект и различные энергетические характеристики излучения.

2. С точки зрения волновой теории свет — это электромагнитные (ЭМ) волны.

3. Электромагнитная волна характеризуется векторами  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  — векторами напряженности электрического и магнитного полей. Электромагнитные волны являются поперечными, то есть колебания векторов  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  осуществляются во взаимно перпендикулярных направлениях, которые в свою очередь перпендикулярны направлению распространения волн (рис. 1.1).

Световой вектор — это вектор  $\vec{E}$ .

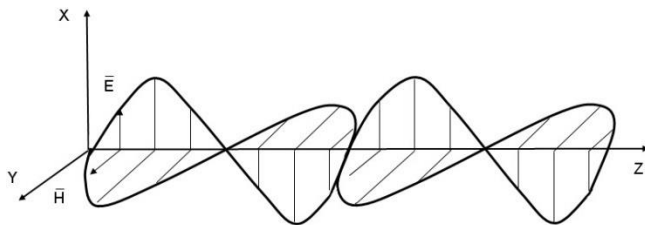


Рис. 1.1.1. Электромагнитная волна

4. Интенсивность ЭМ волны определяется квадратом ее амплитуды, а цветность — частотой или длиной волны.

5. ЭМ волны могут быть поляризованными. В линейно (или плоско) поляризованной волне колебания векторов  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  лежат в одной плоскости. Ознакомьтесь с понятием оптической анизотропии, изучите законы Малюса, явления двойного лучепреломления и поляризацию отраженной и преломленной волн при падении света на границу с диэлектриком.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Какова природа светового излучения?
2. Как распространяется плоская электромагнитная волна в пространстве?
3. На какие диапазоны делится шкала электромагнитных волн?
4. Какая величина электромагнитного излучения измеряется фотоприемниками?
5. Какой свет называется плоско или линейно поляризованным.
6. Запишите закон Малюса.
7. Что такое двойное лучепреломление?
8. Дайте определение угла Брюстера.

**При изучении темы 1.2. «Свет и физиология зрения»** следует усвоить следующие положения:

1. Свет — видимая человеческим глазом часть излучения занимает сравнительно небольшой промежуток длин волн от 0,38 до 0,76 мкм.
2. Внутри этого диапазона чувствительность глаза неравномерна: она максимальна при  $\lambda = 0,555$  мкм (желто-зеленая область) и спадает к краям диапазона до нуля.
3. Для описания световых явлений в СИ используются два параллельных набора единиц: энергетические и световые. Выбор используемых единиц не всегда однозначен и определяется конкретной задачей. Когда задача состоит в оценке восприятия света человеком, целесообразно использовать светотехнические единицы. Если же речь идет об информационно-измерительных устройствах или линиях связи с использованием света, использование энергетических единиц более естественно и правильно.





**Вопросы для самопроверки:**

1. Запишите оптический диапазон длин волн.
2. Какая характеристика электромагнитной волны отвечает за ее цветность?
3. Что характеризует кривая видности человеческого глаза?

**При изучении темы 1.3. «Элементы фотометрии»** рассматриваются энергетические и световые единицы и связь между ними.

**1. Основные энергетические единицы:**

**Поток излучения**  $\Phi_3$  — отношение энергии, переносимой излучением, ко времени переноса  $dt$ , превышающему период колебания, оцениваемый в ваттах (Вт):

$$\Phi_3 = \frac{dW_3}{dt}, \quad (1.1)$$

где  $dW_3$  — энергия излучения в джоулях (Дж).

**Энергетическая светимость**  $R_3$  есть отношение потока излучения  $dW_3$ , исходящего от рассматриваемого малого участка поверхности, к площади этого участка  $dS_u$  (Вт/м<sup>2</sup>)

$$R_3 = \frac{d\Phi_3}{dS_u}. \quad (1.2)$$

**Энергетической освещенностью**  $E_3$  называется отношение потока излучения  $d\Phi_3$ , падающего на рассматриваемый малый участок поверхности, к площади  $dS_o$  этого участка (Вт/м<sup>2</sup>)

$$E_3 = \frac{d\Phi_3}{dS_o} \quad (1.3)$$

**Энергетическая сила света**  $I_3$  определяет пространственную плотность потока излучения источника и равна отношению потока излучения  $d\Phi_3$ , распространяющегося от источника в рассматриваемом направлении внутри малого телесного угла, к этому телесному углу  $d\Omega$  (Вт/стерадиан):

$$I_3 = d\Phi_3 / d\Omega. \quad (1.4)$$

**Энергетическая яркость**  $L_3$  равна отношению энергетической силы света  $dI_3$  в данном направлении к площади проекции участка излучающей поверхности на плоскость, перпендикулярную этому направлению:

$$L_3 = dI_3 / dS \cdot \cos\varphi, \quad (1.5)$$

где  $\varphi$  — угол между нормалью к площадке и данным направлением.

## 2. Основные световые единицы

Для видимой части спектра, оцениваемой по ее действию на глаз, основной величиной является **сила света**  $I_c$ , характеризующая пространственную плотность светового потока в данном направлении. За единицу силы света принята кандела (кд) — сила света, излучаемого в перпендикулярном направлении к поверхности черного тела площадью  $1/600\,000\text{ м}^2$  при температуре затвердевания платины ( $T = 2045\text{ К}$ ) и давлении  $101325\text{ Па}$ .

**Световым потоком**  $\Phi_c$ , определяющим мощность видимой части оптического излучения, называют величину, равную произведению силы света  $I_c$  излучателя на телесный угол  $\Omega$ , внутри которого распространяется поток:

$$\Phi_c = I\Omega. \quad (1.6)$$

Основные энергетические и фотометрические величины указаны в табл. 4.

Таблица 4

Наименование	Формула	Единица	Наименование	Формула	Единица
Поток излучения	$\Phi_3 = \frac{dW_3}{dt}$	Вт	Световой поток	$\Phi_c = \frac{dW_c}{dt}$	лм
Энергетическая сила света	$I_3 = \frac{d\Phi_3}{d\Omega}$	$\frac{\text{Вт}}{\text{ср}}$	Сила света	$I_c = \frac{d\Phi_c}{d\Omega}$	кд
Энергетическая светимость	$R_3 = \frac{d\Phi_3}{dS_u}$	$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	Светимость	$R_c = \frac{d\Phi_c}{dS_u}$	$\frac{\text{лм}}{\text{м}^2}$
Энергетическая освещенность	$E_3 = \frac{d\Phi_3}{dS_o}$	$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	Освещенность	$E_c = \frac{d\Phi_c}{dS_o}$	лк

Продолжение таблицы 4

Энергетическая яркость	$L_s = \frac{dI_s}{dS d\Omega}$	$\frac{\text{Вт}}{\text{ср} \cdot \text{м}^2}$	Яркость	$L_e = \frac{dI_e}{dS d\Omega}$	$\frac{\text{кд}}{\text{м}^2}$
Энергетическая экспозиция	$H_s = E_s t$	$\frac{\text{Дж}}{\text{м}^2}$	Световая экспозиция	$H_c = E_c t$	лк·с

Световой поток измеряется в люменах.

Световой поток, испускаемый точечным источником в сферу

$$\Phi_c = 4\pi I_{c..} \quad (1.7)$$

Связь между световым потоком и потоком излучения устанавливаются через спектральную световую эффективность  $K(\lambda)$ , равную отношению монохроматического светового потока  $d\Phi_c$  к соответствующему монохроматическому потоку излучения  $d\Phi_s$

$$K(\lambda) = \frac{d\Phi_c}{d\Phi_s} \quad (1.8)$$

Глаз имеет максимальную спектральную световую эффективность  $K_m = 683 \text{ лм/Вт}$  к излучению с длиной волны  $0,555 \text{ мкм}$ .

**Вопросы для самопроверки:**

1. Какие два набора единиц используются для описания световых явлений в системе СИ?
2. Перечислите энергетические единицы, используемые в фотометрии.
3. Перечислите световые единицы, используемые в фотометрии.

При изучении темы **1.4. Элементы геометрической оптики** следует изучить основные законы геометрической оптики.

**1. Закон прямолинейного распространения света:** свет в оптически однородной среде распространяется прямолинейно.

**Закон отражения света:** отраженный луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и перпендикуляром, проведенном к границе раздела двух сред в точке падения: угол отражения  $i_2$  равен углу падения  $i_1$ :

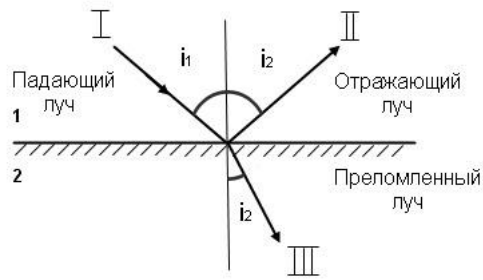


Рис. 1.4.1. Отражение и преломление светового луча

**Закон преломления света:** луч падающий, луч преломленный и перпендикуляр, проведенный к границе раздела в точке падения, лежат в одной плоскости; отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных сред

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = n_{21}, \quad (1.9)$$

где  $n_{21}$  — показатель преломления второй среды относительно первой, относительный показатель преломления двух сред равен отношению их абсолютных показателей преломления:

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1}. \quad (1.10)$$

В теме 1.4. рассмотрены основные оптические детали: призма, линзы, рефлекторы, светофильтры, а также процессы распространения в них света.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Назовите основные законы геометрической оптики.
2. Что такое абсолютный показатель среды?
3. Что такое призма и где применяется?
4. Что такое линза и где применяется?
5. Что такое фокусное расстояние линзы?
6. Что такое светофильтры и где они применяются?

## **Раздел 2. Источники света**

В разделе 2 изучаются 5 тем: **2.1. Тепловые источники; 2.2. Газоразрядные источники; 2.3. Светодиоды; 2.4. Лазеры; 2.5. Применение источников света на автомобильном транспорте и в сфере организации дорожного движения.**

В конце каждой темы студенты должны ответить на поставленные вопросы, а по завершении изучения раздела выполнить десять тестовых заданий.

Максимально возможное число баллов, которое можно получить при работе с материалом данного раздела, равно 40.

Подробное изложение материала раздела представлено в учебном пособии «Техническая оптика» (раздел 2), а также в [1, с. 36-59].

При изучении темы 2.1. Тепловые источники следует обратить внимание на следующее:

1. Излучение этих источников подчиняется законам теплового излучения.
2. Типичными представителями тепловых источников являются электрические лампы накаливания, источником излучения в которых служит нить из тугоплавкого чистого металла или тугоплавких соединений металла.
3. Лампы накаливания характеризуются температурой тела накала, яркостью, световым потоком, световой отдачей, потребляемой мощностью и рабочим напряжением. Экономичность работы лампы характеризуется световой отдачей, определяемой отношением светового потока к общей мощности излучения.

### **Вопросы для самопроверки:**

1. Назовите виды тепловых источников света.
2. Какими параметрами характеризуется лампа накаливания?

При изучении темы 2.2. «Газоразрядные источники» следует обратить внимание на следующее:

1. Излучение оптического диапазона в источниках этого типа возникает в результате электрического разряда в атмосфере инертных газов, паров металлов или их смесей.

2. Для мощных прожекторов и маяков дальнего действия используют ртутные и ксеноновые дуговые лампы высокой интенсивности.

3. Цезиевые дуговые лампы обладают сильным излучением в ближайшей инфракрасной области спектра.

4. Циркониевые дуговые лампы имеют очень высокую яркость и широко используются в инфракрасной спектрометрии.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Назовите виды газоразрядных источников света.

2. Каковы области применения газоразрядных источников?

При изучении темы 2.3. «Светодиоды» следует усвоить:

1. Светодиод — это полупроводниковый источник света.

2. В светодиодах используется явление электролюминесценции, возникающее при пропускании тока в прямом направлении через  $p-n$  переход.

3. Рекомбинационное излучение в светодиоде генерируется в слое, прилегающем к границе раздела  $p-n$  полупроводников.

4. Для светодиодов характерна высокая плотность спектральной энергетической яркости.

5. Существенным достоинством светодиода является их быстрое действие, что позволяет реализовать импульсный режим работы и получить короткие световые импульсы длительностью не более 10 нс с частотой повторения до  $10^8$  Гц.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Объясните принцип работы светодиода.

2. Какие материалы используются при изготовлении светодиодов?

3. Перечислите основные достоинства светодиодов и область их применения.

При изучении темы 2.4. «Лазеры» следует усвоить:

1. Лазер или оптический квантовый генератор — это источник стимулированного излучения.

2. Лазеры бывают твердотельные, газовые, полупроводниковые и жидкостные.

3. Для получения вынужденного (лазерного) излучения необходимо иметь:

— активную среду лазера, в которой в процессе накачки может быть создано инверсное состояние;

— систему накачки, обеспечивающую достижение инверсной населенности;

— оптический резонатор, предназначенный для усиления и формирования направленного излучения.

1. Вынужденное излучение лазера характеризуется высокой степенью монохроматичности, когерентности и направленности.

2. Энергия лазерного излучения сосредоточена в узком спектральном интервале, который достигает в предельном случае  $10^{-5}$  нм (в газовых лазерах). Расходимость лазерного излучения характеризуется телесным углом  $d\omega$ , внутри которого распространяется энергия.

#### **Вопросы для самопроверки:**

1. Объясните схему работы гелий — неоновых лазера.
2. Какое условие необходимо для возникновения вынужденного излучения в веществе?
3. Как осуществляется состояние с инверсией заселенности?
4. В чем отличие и сходство лазерного излучения и обычного света?
5. Почему одним из обязательных компонентов лазера является оптический резонатор?

При изучении темы 2.5. «Применение источников света на автомобильном транспорте и в сфере организации дорожного движения» обратите внимание на следующие положения:

1. Современный автомобиль снаряжен комплексом источников света:

- 1) основные фары;
- 2) дополнительные фары;
- 3) задние фонари;





- 4) система подсветки приборной доски и салона автомобиля.
2. В противотуманных фарах сейчас применяют галогенные лампы, что улучшает светотехнические характеристики фар и лучшие условия видимости на мокрой дороге.
3. Применение источников света для обеспечения безопасности дорожного движения заключается в регулировании дорожного движения с помощью светофоров, дорожных знаков, ограждений, разметок.
4. Для профессиональных транспортных средств применяют мощные прожекторы — искатели в службах ГИБДД, пожарных команд, при организации техпомощи.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Перечислите осветительные системы, которыми оснащен современный автомобиль.
2. Как используются оптические системы для обеспечения безопасности дорожного движения?
3. Приведите примеры использования лазерной техники на автомобильном транспорте?

**Раздел 3. Современные технические средства преобразования и передачи изображения**

В разделе 3 изучаются 3 темы: **3.1. Оптические волокна; 3.2. Голография; 3.3. Мониторы.**

В конце каждой темы студенты должны ответить на поставленные вопросы, а по завершении изучения раздела выполнить десять тестовых заданий.

Максимально возможное число баллов, которое можно получить при работе с материалом данного раздела, равно 10.

Подробное изложение материала раздела представлено в учебном пособии «Техническая оптика» (раздел 3), а также в [1, с. 87–92, с. 245–270].

При изучении темы 3.1. «Оптические волокна» следует усвоить следующие положения:

1. Оптическое волокно — это нить из оптически прозрачного материала (стекло, пластик), используемая для переноса света внутри себя посредством полного внутреннего отражения. Структурно

любое оптическое волокно состоит из жилы (сердцевины), выполненной из материала хорошо пропускающего свет и обладающего большим показателем преломления и оболочки из материала с малым показателем преломления.

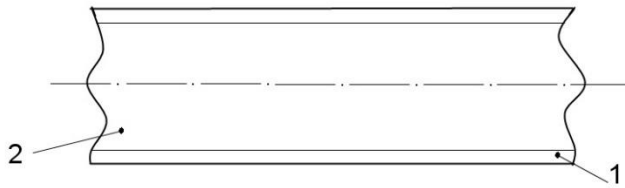


Рис. 3.1.1. Оптическое волокно: 1 — оболочка; 2 — сердцевина:  $n_2 < n_1$

2. Существует два основных типа оптических волокон: ступенчатые и градиентные. В ступенчатых волокнах сердцевина (жила) выполняется из материала с постоянным показателем преломления. Световые лучи распространяются внутри сердцевины по траектории, представляющей собой ломаную линию. В градиентных световодах показатель преломления сердцевины плавно уменьшается от центра (оси симметрии волокна) к краю. Световые лучи распространяются внутри жилы, каждый раз отражаясь от границы раздела двух оптических сред — жила и оболочка.

3. Для снижения оптических потерь при вводе света в волокно удобно использовать так называемый фокон, представляющий собой конический световод, диаметр которого сужается от входного к выходному торцу (рис. 3.1.2).

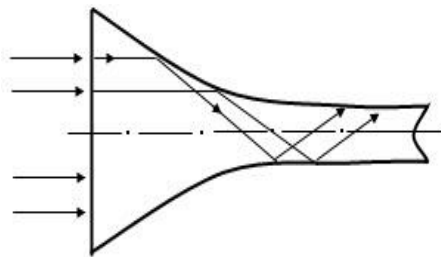


Рис. 3.1.2. Фокон

4. К основным оптическим характеристикам световодов относятся: числовая апертура, коэффициент пропускания волокна и разрешающая способность.

5. Числовой апертурой световода называют произведение

$$n \cdot \sin \alpha_m, \quad (3.1)$$

где  $n$  — показатель преломления материала сердцевины волокна,  $\alpha_m$  — апертурный угол.

6. Световое излучение, распространяющееся по световоду, вследствие взаимодействия с веществом сердцевины волокна часть световой энергии превращается во внутреннюю энергию вещества, т.е. поглощается.

7. Интенсивность света при его прохождении через поглощающую среду определяется законом Ламберта-Бугера:

$$I = I_0 \cdot \exp(-\beta l), \quad (3.2)$$

где  $I_0$  и  $I$  — интенсивность света на входе и выходе из слоя среды (сердцевина световода);  $\beta$  — коэффициент поглощения среды (материала сердцевины световода);  $l$  — длина слоя среды (длина световода).

8. Суммарные потери света при прохождении его через световод характеризуются коэффициентом пропускания  $\tau$ , равным отношению потока излучения на выходе из световода к потоку излучения на входе. Разрешающая способность световода измеряется числом линий на 1 мм, которые будут различимы в световом пучке, прошедшем через световод.

9. В настоящее время волоконные световоды находят широкое применение в системах оптической связи, вычислительной технике, медицине и т.п. В зависимости от вида преобразования изображения возможны следующие области применения световодов:

- передача изображений на расстояние, в том числе и с изменением направления;
- поворот и обращение изображения;
- разбиение изображения на фрагменты по заданному алгоритму (закону);

- сканирование изображения;
- кодирование и декодирование изображения;
- передача световой энергии.

**Вопросы для самопроверки**

1. Какова структура светового волокна?
2. Назовите основные характеристики световода.
3. Назовите основные области применения световых волокон.

При изучении темы 3.2. «Голография» следует усвоить следующие положения:

1. Голография — это способ записи и последующего восстановления структуры световых волн, основанный на дифракции и интерференции световых пучков. Голография используется для получения объемных изображений.

2. Зрительный аппарат человека получает объемное изображение благодаря регистрации разности фаз волн, рассеянных различными точками предмета.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Дайте определение голографии.
2. Как получить голограмму?

При изучении темы 3.3. «Мониторы» обратите внимание на следующие вопросы:

1. Плазменные и жидкокристаллические мониторы — основные типы мониторов, используемых в настоящее время.

2. Газоразрядный экран (также широко применяется английская калька «плазменная панель») — устройство отображения информации — монитор — использующее в своей работе явления электрического разряда в газе и возбуждаемого им свечения люминофора. В плазменных панелях применяется такое физическое явление, как газовый разряд. Газы становятся электропроводными в результате их ионизации.

3. Разряд всегда сопровождается световым излучением (видимым и ультрафиолетовым), которое часто является основной составляющей излучения.

4. Жидкокристаллическая панель, в отличие от плазменной, самостоятельно излучающей видимый свет, сама ничего не излучает. Каждая ее ЖК-ячейка является своего рода световым клапаном, который или пропускает, или не пропускает внешний, по отношению панели, поток света. Ячейка ЖК-панели представляет собой элементарный объект для системы управления панелью, три таких ячейки, расположенные рядом — красного, зеленого и синего цвета (RGB) — образуют один цветной пиксель панели. Количество пикселей, имеющих на панели, определяет ее разрешение.

5. В основе работы ЖК мониторов лежит использование свойств жидких кристаллов. Упругость ЖК меньше упругости обычных кристаллов на несколько порядков и это предоставляет совершенно уникальную возможность управлять их положением при помощи внешних воздействий, например, электрическим полем.

6. Пространственная ориентация молекул ЖК в так называемом “положении отдыха” называется порядком жидких кристаллов. Различают три основные категории порядка ЖК: смектический, нематический и холестерический (рис. 3.3.1). Основным интерес представляют материалы с нематическим порядком.



Рис.3.3.1. Жидкие кристаллы: три категории порядка

7. Система поляризатор — жидкий кристалл — поляризатор при подаче напряжения на жидкокристаллический слой представляет собой управляемый оптический затвор, позволяющий изменять

цвет и интенсивность свечения каждого оптического пикселя и формировать нужное изображение.

8. Подсветка ЖК панелей осуществляется с помощью флуоресцентных ламп или светодиодов.

**Вопросы для самопроверки:**

1. Объясните принцип работы плазменной панели (монитора).
2. Что такое жидкие кристаллы?
3. Какие физические принципы используются для работы ЖК монитора?

**Заключение**

Вы изучили дисциплину «Техническая оптика». Без знаний принципов работы оптических систем и устройств, применяемых в автомобилестроении, при организации дорожного движения, обеспечения его безопасности, а также при расследовании и проведении экспертизы дорожно-транспортных происшествий невозможно формирования высококвалифицированных специалистов данной отрасли. В первом разделе вы изучили основы геометрической и физической оптики, принципы которой лежат в основе всех оптических систем и устройств. Решение задач по данной теме помогло вам глубже постичь оптические законы. При изучении второго раздела вы ознакомились с работой источников света. Прделанные лабораторные работы позволили понять физические принципы работы светодиодов и лазеров, широко применяемых в оптических системах. В третьем разделе вы ознакомились с современными способами преобразования и передачи изображения: способом получения объемного изображения — голографией, узнали устройство оптических волокон, а также рассмотрели устройство и принцип работы плазменных и жидкокристаллических мониторов. Выполненные тестовые задания способствовали более полному усвоению полученных знаний. Надеемся, что изучение дисциплины «Техническая оптика» поможет вам в учебном процессе в дальнейшем и позволит получить высокую профессиональную квалификацию.

### 3.3. Глоссарий

(краткий словарь основных терминов и положений)

**Абсолютный показатель преломления** — физическая величина, равная отношению скорости света в вакууме к скорости света в среде.

**Газоразрядные источники света** — излучение оптического диапазона в этих источниках возникает в результате электрического разряда в атмосфере инертных газов (ксенон и др.).

**Геометрическая оптика** — раздел оптики, в котором принимается, что свет в оптически однородной среде распространяется прямолинейно в виде луча.

**Градиентный световод (градан)** — световод, в котором показатель преломления сердцевины плавно уменьшается от центра (оси симметрии волокна) к краю.

**Дифракция света** — огибание волнами препятствий, благодаря чему волны могут попадать в область геометрической тени.

**Длина волны** — расстояние  $\lambda = v \cdot T$ , на которое распространяется синусоидальная волна за время, равное периоду колебаний.

**Жидкокристаллические мониторы** — плоский монитор на основе жидких кристаллов.

**Интерференция света** — процесс сложения двух или более когерентных колебаний, в результате чего в одних местах возникают максимумы, а в других — минимумы интенсивности.

**Интенсивность света** — величина, определяемая средней по времени энергией, переносимой световой волной в единицу времени сквозь единичную площадку.

**Кандела** — сила света, излучаемого в перпендикулярном направлении к поверхности черного тела площадью  $(1/600000) \text{ м}^2$  при температуре затвердевания платины ( $T = 2045 \text{ К}$ ) и нормальном давлении  $101325 \text{ Па}$ .

**Кривая видности человеческого глаза** — относительная спектральная чувствительность человеческого глаза (отношение

чувствительности глаза на данной длине волны  $\lambda$  к его чувствительности в максимуме при  $\lambda = 0.555$  мкм.

**Лазер** — оптический квантовый генератор, обладающий высокой монохроматичностью светового потока.

**Линзы** — представляют собой прозрачные тела, ограниченные двумя поверхностями (одна из них обычно сферическая, а вторая сферическая или плоская), преломляющими световые лучи, способные формировать оптические изображения предметов.

**Микроскопы** — предмет находится на конечном расстоянии, а изображение в бесконечности.

**Рефлекторы** (прожекторы) — предназначены для освещения удаленных предметов, а также оптической сигнализации.

**Объективы** — предмет находится в бесконечности, а его изображение — на конечном расстоянии.

**Оптика** — раздел физики, являющийся частью учения об электромагнитном поле.

**Оптическое волокно** — нить из оптически прозрачного материала (стекло, пластик), используемая для переноса света внутри себя посредством полного внутреннего отражения.

**Освещенность** — отношение потока излучения, падающего на рассматриваемый малый участок поверхности перпендикулярную направлению распространения волны, к площади этого участка (измеряется в люксах).

**Пиксель** (или пиксель; picture element) — это также наименьший логический элемент двумерного цифрового изображения в растровой графике. Пиксель представляет собой неделимый объект прямоугольной, обычно квадратной, или круглой формы, обладающий определённым цветом.

Управляя яркостью их свечения, можно рисовать, чертить, строить графики. Чем больше П. в строке и по вертикали, тем выше разрешающая способность изображения на экране.

**Плазменные мониторы** — газоразрядный экран (также широко применяется английская калька «плазменная панель») — устройство отображения информации, монитор, использующее в своей работе явления электрического разряда в газе и возбуждаемого им свечения люминофора.



**Призма** — оптическая деталь, содержащая плоские преломляющие и отражающие поверхности (границы), которые образуют между собой двухгранные углы.

**Проекционные системы** — предмет и его изображение находятся на конечном расстоянии.

**Светодиоды (полупроводниковые источники света)** — используется явление электролюминесценции, возникающее при пропускании тока в прямом направлении через  $p-n$  переход.

**Световой поток** — отношение энергии, переносимой излучением ко времени переноса, превышающему период колебания, оцениваемый в ваттах (Вт) или в люменах (лм).

**Светимость** — отношение потока излучения, исходящего от малого участка поверхности, к площади этого участка.

**Сила света** — характеризует пространственную плотность светового потока в данном направлении.

**Светодиоды** — работают на явлении электролюминесценции, возникающей при протекании тока в прямом направлении через  $p-n$ -переход.

**Светофильтры** — предназначены для количественного и качественного изменения потока излучения, проходящего через них.

**Техническая оптика** — включает сведения как об отдельных оптических деталях, так и об их совокупности. Эти сведения основаны на законах и положениях физической и геометрической оптики.

**Телескопические системы** — предмет и его изображение находятся в бесконечности.

**Тепловые источники света** — излучение этих источников подчиняется законам теплового излучения. Типичными представителями тепловых источников являются электрические лампы накаливания.

**Фотометрия** — раздел технической оптики, в котором рассматриваются энергетические фотометрические характеристики оптического излучения.

**Фотон** — квант (частица) светового потока.

**Числовая апертура световода** — произведение  $n \cdot \sin \alpha_m$ , где  $n$  — показатель преломления материала сердцевины волокна,  $\alpha_m$  — апертурный угол.

**Электромагнитные волны** — электромагнитные колебания, распространяющиеся в пространстве с конечной скоростью.

### **3.4. Методические указания к проведению практических занятий**

На практических занятиях студенты решают задачи с применением законов технической оптики, указанных в теме занятия, что способствует закреплению знаний и приобретению навыков использования изученных закономерностей для анализа конкретной технической проблемы и её практического решения.

Практические занятия проводятся в соответствии с расписанием. Студенты должны подготовиться к занятию по вопросам, выданным преподавателем на лекциях. На практическом занятии студенты решают несколько задач из первого раздела дисциплины «Техническая оптика» под руководством преподавателя, затем по заданию преподавателя решают задачи самостоятельно.

## **4. БЛОК КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **4.1. Методические указания и варианты выполнения домашних заданий**

При оформлении домашних заданий условия задач переписываются полностью, без сокращений. Решения задач должны сопровождаться краткими, но исчерпывающими пояснениями с обязательным использованием рисунков, выполненных чертежными инструментами. Для замечаний преподавателя на страницах тетради оставляются поля и интервалы между задачами (не менее 5 см). В конце каждой контрольной работы необходимо указать, каким учебным пособием пользовался студент (название учебного пособия, автор, год издания).

Решение задач рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

1. Записать условие задачи.
2. Ввести буквенные обозначения всех используемых физических величин.
3. Под рубрикой «Дано» кратко записать условие задачи с переводом значений всех величин в одну систему единиц — СИ.
4. Сделать (если это необходимо) чертеж, поясняющий содержание задачи и ход решения.
5. Сформулировать физические законы, на которых базируется решение задачи, и обосновать возможность их использования.
6. На основе сформулированных законов составить уравнение или систему уравнений, решая которую можно найти искомые величины.
7. Решить уравнение и получить в общем виде расчетную формулу, в левой части которой стоит искомая величина, а в правой — величины, данные в условии задачи.
8. Проверить единицы измерения полученных величин по расчетной формуле и тем самым подтвердить ее правильность.
9. Произвести вычисления. Для этого необходимо все значения величин в единицах СИ подставить в расчетную формулу и выполнить вычисления (с точностью не более 2-3 значащих цифр).
10. При подстановке в расчетную формулу, а также при записи ответа числовые значения величин следует записывать как произведение десятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой на соответствующую степень десяти. Например, вместо 6340 надо записать  $6,34 \cdot 10^3$ .

Выполненные домашние задания сдаются на рецензию преподавателю по крайней мере за три недели до зачета. После рецензирования вносятся исправления в решение задач в соответствии с замечаниями преподавателя. Исправленные решения помещаются в конце тетради с работами, которые сдаются на повторную рецензию.

Зачет по каждой контрольной работе принимается преподавателем в процессе собеседования по правильно решенной и прорецензированной контрольной работе.

В домашнем задании следует решить пять задач. Номера задач

определяются по табл. 5 в соответствии с номером своего варианта. Номер варианта соответствует последней цифре порядкового номера студента в списке группы.

Задания выполняются в школьной тетради, на обложке которой приводятся сведения о студенте (фамилия, имя, отчество, факультет, номер группы), а также номер задания, номер варианта и номера всех задач.

В домашние задания включены задачи по темам: «Световое электромагнитное излучение», «Свет и физиология зрения», «Фотометрия», «Элементы геометрической оптики», «Оптические детали».

Задачи 101 ... 110 относятся к теме «Световое электромагнитное излучение». Для решения этих задач необходимо изучить тему из учебного пособия [1, с. 255...261].

Задачи 111...120 относятся к теме «Свет и физиология зрения». Приступая к решению этих задач, необходимо ознакомиться с данной темой по учебному пособию [1, с. 267...276].

Задачи 121 ... 130 относятся к теме «Фотометрия». Приступая к решению этих задач, необходимо ознакомиться с данной темой по учебному пособию [1, с. 261...263, 267...283].

Задачи 131...140 относятся к теме «Элементы геометрической оптики».

Для решения этих задач необходимо ознакомиться с конкретными физическими понятиями, законами или формулами данной темы по учебному пособию [1, с. 261...263, 267...283].

2.1.12. Задачи 141...150 относятся к теме «Оптические детали». Приступая к решению этих задач, необходимо ознакомиться с данной темой по учебному пособию [1, с. 284...289, 297...305].



Таблица 5

Вариант	Номера задач				
0	1	11	21	31	41
1	2	12	22	32	42
2	3	13	23	33	43
3	4	14	24	34	44
4	5	15	25	35	45
5	6	16	26	36	46
6	7	17	27	37	47
7	8	18	28	38	48
8	9	19	29	39	49
9	10	20	30	40	50

#### 4.2. Основные формулы, примеры решения задач

1. а) Уравнение плоской монохроматической волны:

$$E(z, t) = A \cos \left[ \frac{2\pi}{T} \left( t - \frac{z}{v} \right) + \varphi_0 \right],$$

где  $A$  — амплитуда волны;  $\left[ \frac{2\pi}{T} \left( t - \frac{z}{v} \right) + \varphi_0 \right]$  — фаза волны;  $\varphi_0$  — начальная фаза волны;  $T$  — период колебаний;  $v$  — фазовая скорость волны;  $z$  — координата волны на оси  $z$ ;  $E(z, t)$  — напряженность электрического поля волны.

б) Соотношения между параметрами колебаний в волне:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ — круговая частота;}$$

$$\lambda = vT \text{ — длина волны;}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \text{ — волновое число;}$$

$$\vec{k} = \vec{n}k \text{ — волновой вектор,}$$

где  $\vec{n}$  — единичный вектор внешней нормали к волновой поверхности.

в) Сферическая волна

$$E(r, t) = \frac{A}{r} \exp[i(\omega t - kr)],$$

где  $r$  — расстояние от источника волны

г) Интенсивность света

$$I = kA^2,$$

где  $k$  — коэффициент пропорциональности.

2. Фотометрические энергетические величины

а) Поток излучения

$$\Phi_s = \frac{dw_s}{dt},$$

где  $dw_s$  — энергия излучения в джоулях.

б) Энергетическая светимость

$$R_3 = \frac{d\Phi_3}{dS_n},$$

где  $dS_n$  — элементарная площадь источника излучения.

в) Энергетическая освещенность

$$E_3 = \frac{d\Phi_3}{dS_o},$$

где  $dS_o$  — элементарная площадь, освещаемая источником, перпендикулярная к излучению.

г) Энергетическая сила света

$$I_3 = \frac{d\Phi_3}{d\Omega},$$

где  $d\Omega$  — элементарный телесный угол.

$dS_o = r^2 d\Omega$  — площадь освещенной поверхности, выраженная через телесный угол и расстояние до источника.

3. Фотометрические световые величины.

а) Световой поток

$$\Phi_c = I_c \Omega,$$

где  $I_c$  — сила света в канделах.

Световой поток, испускаемый точечным источником в сферу

$$\Phi_c = 4\pi I_c.$$

б) Световая эффективность

$$K(\lambda) = \frac{d\Phi_c}{d\Phi_3}.$$



Глаз имеет максимальную спектральную световую эффективность на  $K_m = 683$  лм/Вт длине волны  $\lambda = 0,555$  мкм.

Относительная спектральная чувствительность человеческого глаза

$$v(\lambda) = \frac{K(\lambda)}{K_m}$$

в) Световой поток, выраженный через  $v(\lambda)$

$$\Phi_c = 683 \int_{0,38}^{0,77} v(\lambda) \Phi_v(\lambda) d\lambda,$$

где длины волн выражены в микронах.

г) Световая эффективность в лм/Вт

$$K_c = \frac{683 \int_{0,38}^{0,77} v(\lambda) \Phi_v(\lambda) d\lambda}{\int_0^{\infty} \Phi_v(\lambda) d\lambda}.$$

4. Законы геометрической оптики.

а) Закон отражения света — угол падения равен углу отражения

$$i_1 = i_2.$$

б) Закон преломления света

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{n_1}{n_2} = n_{12}$$

где  $i_2$  — угол преломления луча при переходе из 1-ой среды во вторую;  $n_1, n_2$  — коэффициенты соответственно первой и второй среды.

в) Абсолютный показатель преломления

$$n = \frac{c}{v},$$

причем  $n = \sqrt{\mu\varepsilon}$ , где  $\varepsilon$  и  $\mu$  — соответственно электрическая и магнитная проницаемости среды.

## 5. Оптические детали

### а) Формула тонкой линзы

$$(n_{21} - 1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \left( \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right),$$

где  $n_{21}$  — относительный показатель преломления стекла и среды;  $R_1, R_2$  — радиусы кривизны поверхностей линзы;  $a$  и  $b$  — расстояние от линзы соответственно предмета и изображения.

### б) Фокусное расстояние линзы

$$f = \frac{1}{(n_{21} - 1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)},$$

где величина  $\frac{1}{f} = \Phi$  — оптическая сила линзы, выражаемая в диоптриях (дптр).

### в) Формула тонкой линзы с учетом фокусного расстояния

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}.$$

г) Спектральный коэффициент пропускания селективного светофильтра

$$\tau(\lambda) = \frac{d\Phi'_3}{d\Phi_3}$$

где  $d\Phi_3$  и  $d\Phi_3'$  — монохроматические потоки излучения (входящий в светофильтр и прошедший через него соответственно).

С учетом потерь

$$\tau(\lambda) = (1 - \rho^2) \tau_\alpha(\lambda),$$

где  $\rho$  — коэффициент отражения на границе воздух–стекло;  
 $\tau_\alpha(\lambda) = 10^{-K(\lambda)d}$  — коэффициент пропускания стекла толщиной  $d$ ;  
 $K(\lambda)$  — спектральный показатель поглощения.

д) Оптическая плотность светофильтра

$$D(\lambda) = -\lg \tau(\lambda).$$

### 4.3. Примеры решения задач

#### Пример 1

В историческом опыте Физо по определению скорости света расстояние между колесом, имеющим  $N = 720$  зубцов, и зеркалом было  $l = 8633$  м. Свет исчезал в первый раз при частоте обращения зубчатого колеса  $\nu = 12,67 \text{ с}^{-1}$ . Какое значение скорости света получил Физо?

Дано:

$$l = 8633 \text{ м}$$

$$N = 720 \text{ зубцов}$$

$$\nu = 12,67 \text{ с}^{-1}$$

---


$$c = ?$$

Решение: Свет, отражаясь от зеркала, попадает на вращающееся зубчатое колесо. Отраженный луч света исчезнет в первый раз, когда зуб колеса за время распространения до зеркала и обратно перекроет его путь к глазу наблюдателя. Время поворота колеса на один зуб будет

$$t_n = \frac{1}{N\nu} = 5,46 \cdot 10^{-5} \text{ с.}$$

Скорость света в опыте Физо равна

$$c = \frac{2l}{t_n} = \frac{8633}{5,46 \cdot 10^{-5}} = 3,16 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$$

Измеренная в опыте скорость света оказалась несколько выше истинной.

*Пример 2*

На какой угол отклонится луч света от первоначального направления, упав под углом  $45^\circ$  на поверхность стекла? на поверхность алмаза?

Дано:

$$i_1 = 45^\circ$$

$$n_{\text{ст}} = 1,46$$

$$n_{\text{ал}} = 2,42$$

---


$$i_1 \rightarrow i_2 = ?$$

Решение: Угол преломления в оптически более плотной среде в соответствии с законом преломления будет

$$\sin i_2 = \frac{\sin i_1}{n}; \quad i_2 = \arcsin \frac{\sin i_1}{n}$$

Подставляя в (1) значение показателей преломления стекла и алмаза, получим

$$i_{2\text{ст}} = \arcsin \frac{0,707}{1,46} = 29^\circ;$$

$$i_{2\text{ал}} = \arcsin \frac{0,707}{2,42} = 17^\circ.$$

Отклонение от первоначального пути для кварцевого стекла составляет  $16^\circ$ , а для алмаза  $28^\circ$ .

*Пример 3*

При каком наименьшем значении преломляющего угла  $A$  стеклянной призмы  $BAC$  (рис. 4.3.1) луч  $SM$  будет претерпевать полное отражение?

Дано:

$$n = 1,5$$

---


$$\angle A = ?$$

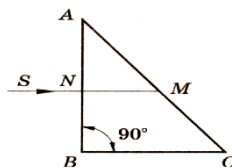


Рис. 4.3.1.

Решение. Из геометрии (см. рис.4.3.1) следует, что угол падения луча на наклонную грань призмы будет

$$90 - \angle SNA = 90 - (90 - \angle A) = \angle A.$$

Угол полного внутреннего отражения наступает при угле преломления  $i_2 = 90^\circ$ . Отсюда

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{1}{n};$$

$$i_1 = \angle A = \arcsin \frac{1}{n} = \arcsin 0,667 = 44^\circ.$$

*Пример 4*

В дно водоема глубиной 2 м свая, на 0,5 м выступающая из воды. Найти длину тени от сваи на дне водоема при угле падения лучей  $70^\circ$ .

Дано:

$$i_1 = 70^\circ$$

$$n = 1,33$$

$$h = 2 \text{ м}$$

$$c = 0,5 \text{ м}$$

---


$$a + \vartheta = ?$$

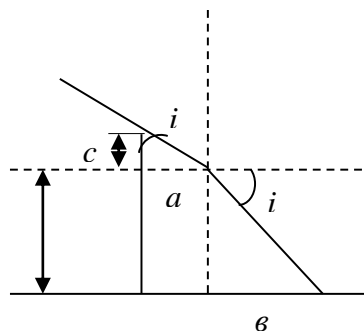


Рис. 4.3.2.

Решение. Из геометрии задачи (рис. 4.3.2) имеем  $a = c \cdot \operatorname{tg} i_1 = 0,5 \operatorname{tg} 70^\circ = 1,38 \text{ м}$

$$\sin i_1 = \frac{\sin i_2}{n} = 0,75$$

Отсюда находим  $i_2 = 45^\circ$ ;  $\vartheta = h = 2 \text{ м}$   
 $a + \vartheta = 3,38 \text{ м}$ .

*Пример 5*

Световая отдача электролампы 20 лм/Вт. Лампа испускает поток энергии 14 кДж/ч световой энергии. Найти силу света лампы и энергетический эквивалент ее света, если лампа потребляет от сети мощность 100 Вт.

Дано:

$$K_c = 20 \text{ лм/Вт}$$

$$\Phi_{\text{э}} = 14 \text{ кДж/ч} = 14 \cdot 10^3 / 3600 = 3,8 \text{ Вт}$$

$$P = 100 \text{ Вт}$$

---

$$I_c = ?$$

$$K = ?$$

Решение. Световой поток, испускаемый лампой

$$\Phi_c = 4\pi I_c,$$

откуда сила света лампы

$$I_c = \frac{\Phi_c}{4\pi}.$$

Так как световая отдача лампы равна

$$K_c = \frac{\Phi_c}{P},$$

то силу света определим из вышеприведенных соотношений

$$I_c = \frac{K_c P}{4\pi}.$$

Энергетический эквивалент света лампы

$$K = \frac{\Phi_{\text{э}}}{\Phi_c} = \frac{\Phi_{\text{э}}}{K_c P}.$$

Подставим числовые значения и произведем вычисления.

$$I_c = \frac{20 \cdot 100}{4 \cdot 3.14} = 159 \text{ кд},$$

$$K = \frac{3.8}{20 \cdot 100} = 1,9 \cdot 10^{-3} \text{ Вт/лм}.$$

*Пример 6*

Световой поток, испускаемый электролампой, помещенной в вершине конуса с телесным углом 1,1 ср, равен 90 лм. Определить полный световой поток, испускаемый лампой. Какова сила света лампы?

Дано:

$$\Omega = 1,1 \text{ ср}$$

$$\Phi_c = 90 \text{ лм}$$

$$I_c = ?$$

$$\Phi_{\text{полн}} = ?$$

Решение. Из формулы

$$\Phi_c = I_c \cdot \Omega$$

найдем силу света лампы

$$I_c = \frac{\Phi_c}{\Omega} = \frac{90}{1,1} = 82 \text{ кд}.$$

Полный световой поток лампы

$$\Phi_{\text{полн}} = 4\pi I_c = 4 \cdot 3,14 \cdot 82 = 1028 = 1,03 \cdot 10^3 \text{ лм}.$$

#### 4.4. Домашнее задание по технической оптике

1. Сколько времени идет свет от Солнца до Земли?
2. Лазерный луч, посланный на Луну, отразился и был принят на Земле через 2,5 с после посланки. Такой же сигнал, посланный на Венеру, был принят через 2,5 мин. Определить расстояние от Земли до Луны и от Земли до Венеры во время локации.

3. От ближайшей звезды (Центавра) свет доходит до Земли за 4,5 года. Определить расстояние до звезды.
4. Зная скорость света в вакууме ( $c = 3 \cdot 10^8$  м/с), найти скорость света в алмазе.
5. Сравнить скорость света в этиловом спирте и сероуглероде.
6. В историческом опыте Физо по определению скорости света расстояние между колесом, имеющим  $N = 720$  зубцов, и зеркалом было  $l = 8633$  м. Свет исчезал в первый раз при частоте обращения зубчатого колеса  $\nu = 12,67$  с<sup>-1</sup>. Какое значение скорости света получил Физо?
7. В 1875 г. метод Физо был использован французским физиком Корню, который, значительно увеличив частоту вращения колеса, зарегистрировал 28 последовательных исчезновений и появлений света. Какое значение скорости света получил Корню, если расстояние от колеса до зеркала было 23 000 м, число зубцов  $N = 200$ , а 28-е появление света наблюдалось при частоте вращения колеса  $\nu = 914,3$  с<sup>-1</sup>?
8. Чему равно расстояние до самолета, если посланный наземным лазером сигнал после отражения от самолета возвратился к радиолокатору спустя  $2 \cdot 10^{-4}$  с?
9. Определить расстояние от Земли до Солнца, если известно, что свет проходит это расстояние за 497 с.
10. Определить скорость света в кварцевом стекле.
11. Какие частоты колебаний соответствуют крайним красным ( $\lambda = 0,76$  мкм) и крайним фиолетовым ( $\lambda = 0,4$  мкм) лучом видимой части спектра?
12. Сколько длин волн монохроматического излучения с частотой  $6 \cdot 10^{14}$  Гц укладывается на отрезке 1 м?
13. Вода освещена красным светом, для которого длина волны в воздухе  $\lambda = 0,7$  мкм. Какой будет длина волны в воде? Какой цвет видит человек, открывший глаза под водой?
14. Для данного света длина волны в воде  $\lambda = 0,46$  мкм. Какова длина волны в воздухе?
15. Показатель преломления для красного света в стекле (тяжелый флинт) равен  $n = 1,6444$ , а для фиолетового  $n = 1,6852$ . Найти разницу углов преломления в стекле данного сорта, если угол падения равен  $80^\circ$ .



16. Какими будут казаться красные буквы, если их рассматривать через зеленое стекло?

17. Под каким углом должен падать луч света на плоское зеркало, чтобы угол между отраженным и падающим лучами был равен  $70^\circ$ ?

18. Угловая высота Солнца над горизонтом  $\varphi = 20^\circ$ . Как надо расположить плоское зеркало, чтобы отраженные лучи света направить: а) вертикально вверх; б) вертикально вниз?

19. Угол падения луча света на поверхность подсолнечного масла  $60^\circ$ , а угол преломления  $36^\circ$ . Найти показатель преломления масла.

20. На какой угол отклонится луч света от первоначального направления, упав под углом  $45^\circ$  на поверхность стекла, на поверхность алмаза?

21. Вычислить световой поток, падающий на фотоэлемент площадью  $4 \text{ мм}^2$ , если он освещается источником света силой  $60 \text{ кд}$ , находящимся на расстоянии  $40 \text{ см}$  от фотоэлемента.

22. Определить освещенность тетрадного листа размерами  $16 \text{ см}$  на  $20 \text{ см}$ , если величина падающего светового потока составляет  $1260 \text{ лм}$ . На каком расстоянии нужно поместить источник света силой  $60 \text{ кд}$ , чтобы обеспечить такую освещенность? Свет падает нормально к поверхности.

23. Световая отдача электролампы  $19 \text{ лм/Вт}$ . Лампа испускает поток энергии  $12 \text{ кДж/ч}$  световой энергии. Найти силу света лампы и энергетический эквивалент ее света, если лампа потребляет от сети мощность  $100 \text{ Вт}$ .

24. Электролампа помещена в вершине конуса с телесным углом  $1,4 \text{ ср}$  световой поток, выходящий из конуса, равен  $60 \text{ лм}$ . Какова сила света лампы? Найти полный световой поток, испускаемый лампой.

25. Электролампа излучает свет силой  $200 \text{ кд}$ , который падает на середину книги, лежащей на столе, под углом  $60^\circ$  и создает освещенность  $60 \text{ лк}$ . На какой высоте над столом и на каком расстоянии от книги подвешена лампа?

26. Энергетический эквивалент лампы  $0,011 \text{ Вт/лм}$ . Сила света равна  $100 \text{ кд}$ . Какую световую энергию испускает лампа за минуту?

27. Полный световой поток  $100\text{-ваттной}$  лампы равен  $1884 \text{ лм}$ . Найти силу света и световую отдачу лампы.

28. Какова будет освещенность фотоэлемента площадью  $2 \text{ мм}^2$ , если он освещается источником света силой  $100 \text{ кд}$ , находящимся на расстоянии  $2 \text{ м}$ ? Чему равен поток, падающий на фотоэлемент?

29. Найти силу света и световую отдачу лампы  $150 \text{ ваттной}$  лампы, если ее полный световой поток равен  $2640 \text{ лм}$ .

30. Световой поток, выходящий из конуса с телесным углом  $1,2 \text{ ср}$ , равен  $80 \text{ лм}$ . Электrolампа помещена в вершине конуса. Какова сила света лампы? Найти полный световой поток, испускаемый лампой.

31. Человек смотрится в зеркало, подвешенное вертикально. Будут ли изменяться размеры видимой в зеркале части тела человека по мере удаления его от зеркала? Ответ пояснить построением и проверить на опыте.

32. Водолазу, находящемуся под водой, солнечные лучи кажутся падающими под углом  $60^\circ$  к поверхности воды. Какова угловая высота Солнца над горизонтом?

33. Луч света падает на поверхность воды под углом  $40^\circ$ . Под каким углом должен упасть луч на поверхность стекла, чтобы угол преломления оказался таким же?

34. Луч света переходит из воды в стекло. Угол падения равен  $35^\circ$ . Найти угол преломления.

35. Под каким углом должен падать луч на поверхность стекла, чтобы угол преломления был в 2 раза меньше угла падения?

36. Под каким углом должен упасть луч на стекло, чтобы преломленный луч оказался перпендикулярным к отраженному?

37. Найти угол падения луча на поверхность воды, если известно, что он больше угла преломления на  $10^\circ$ .

38. Мальчик старается попасть палкой в предмет, находящийся на дне ручья глубиной  $40 \text{ см}$ . На каком расстоянии от предмета палка попадет в дно ручья, если мальчик, точно прицелившись, двигает палку под углом  $45^\circ$  к поверхности воды?

39. На дне пустого сосуда (рис. 4.4.1) лежит зеркало. Как будет изменяться ход отраженного луча по мере заполнения сосуда водой?

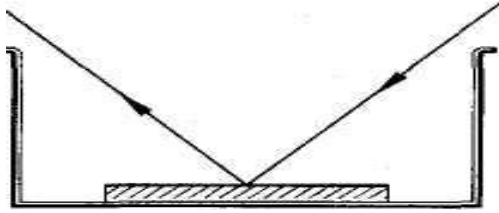


Рис. 4.4.1.

40. В дно водоема глубиной 2 м вбита свая, на 0,5 м выступающая из воды. Найти длину тени от сваи на дне водоема при угле падения лучей  $70^\circ$ .

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

42. Найти смещение  $a$  луча света, проходящего через прозрачную пластину с параллельными гранями, в воздухе, если угол падения луча равен  $\alpha$ , угол преломления  $\beta$ , 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?

43. В сосуде с водой находится полая (наполненная воздухом) призма, склеенная из стекла (рис. 4.4.2). Начертить дальнейший ход луча  $SA$  (указать лишь общий характер хода луча, не производя вычислений).

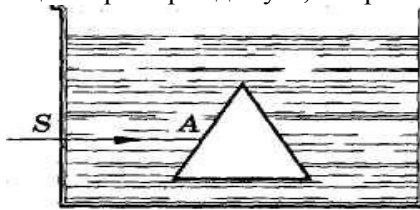


Рис. 4.4.2

44. Где за ширмой (рис. 4.4.3) находится плоское зеркало, а где — треугольная стеклянная призма? Сделать пояснительные чертежи, указав ход лучей за ширмой.

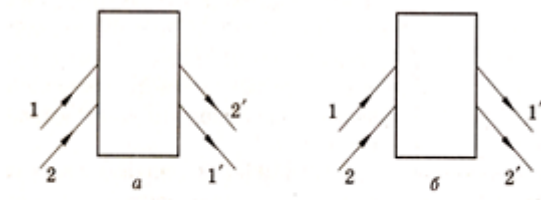


Рис. 4.4.3

45. Начертить дальнейший ход лучей, падающих в точки А и В от источника S, находящегося на дне сосуда, в который налита вода (рис. 4.4.4).

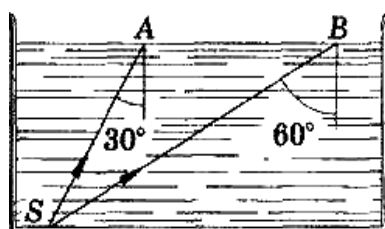


Рис. 4.4.4.

46. При каком наименьшем значении преломляющего угла A стеклянной призмы BAC (рис.4.4.5) луч SM будет претерпевать полное отражение?

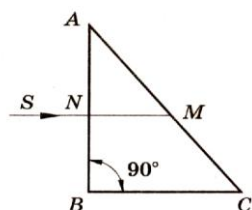


Рис. 4.4.5.

47. 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?

48. Каковы радиусы кривизны поверхностей выпукло-вогнутой собирающей линзы с оптической силой 5 дптр, если один из них больше другого в 2 раза?

49. На всю поверхность собирающей линзы, имеющей диаметр  $D$  и фокусное расстояние  $F$ , направлен пучок лучей, параллельных главной оптической оси. На каком расстоянии  $L$  от линзы надо поставить экран, чтобы на нем получился светлый круг диаметром  $d$ ?

50. Свеча находится на расстоянии 12,5 см от собирающей линзы, оптическая сила которой равна 10 дптр. На каком расстоянии от линзы получится изображение, и каким оно будет?

#### 4.5. Некоторые сведения, необходимые для решения задач

Таблица 6

Физическая величина	Обозначение	Значение
Скорость света в вакууме	$c$	$3 \cdot 10^8$ м/с
Расстояние от Земли до Солнца	$r$	$1,49 \cdot 10^{11}$ м
Постоянная Планка	$h$	$6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
Показатель преломления	$n$	
стекло		1,5
кварц		1,54
вода		1,33
алмаз		2,42
сероуглерод		1,63
этиловый спирт		1,36

#### 4.6. Текущий контроль (тестовые задания)

##### 4.6.1. Тренировочный тест № 1 (к разделу 1)

1. Свет представляет собой:

- 1) электромагнитные волны;
- 2) поток электронов;
- 3) поток фотонов.

Ответ: а) 1 и 2; б) только 1; в) только 3; г) 1 и 3.



2. Электромагнитные волны переносят:

- 1) вещество;
- 2) энергию;
- 3) ни вещество, ни энергию.

Ответ: а) только 1; б) только 2; в) 1 и 2; г) только 3.

3. Энергетическая светимость тела площадью  $2 \text{ см}^2$ , излучающего поток, равный  $8 \text{ мВт}$ , составляет:

Ответ: а)  $4 \text{ Вт/м}^2$ ; б)  $16 \text{ Вт/м}^2$ ; в)  $40 \text{ Вт/м}^2$ ; г)  $160 \text{ Вт/м}^2$ .

4. Интенсивность световой волны зависит от:

- 1) частоты колебаний светового вектора;
- 2) длины волны;
- 3) амплитуды колебаний светового вектора;
- 4) фазы волны.

Ответ: а) 1 и 2; б) только 3; в) только 4; г) 3 и 4.

5. Цветность световой волны определяется:

- 1) частотой колебаний светового вектора;
- 2) длиной волны;
- 3) амплитудой колебаний светового вектора;
- 4) фазой волны.

Ответ: а) 3; б) 1 и 2; в) 4; г) 2 и 3.

6. Количество энергии, испускаемое черным телом за 20 минут, излучающим поток  $100 \text{ мВт}$ , равно:

Ответ: а)  $200 \text{ мДж}$ ; б)  $50 \text{ Дж}$ ; в)  $12 \text{ Дж}$ ; г)  $120 \text{ мДж}$ .

7. В системе СИ единицей измерения освещенности является:

Ответ: а) люмен; б) Ватт; в) люкс; г) кандела.

8. Скорость распространения света в среде с показателем преломления  $1,5$  равна: (Скорость света в вакууме равна  $3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ ).

Ответ: а)  $3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ ; б)  $1,5 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ ; в)  $2 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ ; г)  $2,8 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ .

9. Угол между световым лучом и плоскостью поверхности, на которую падает луч, составляет  $30^\circ$ . Угол отражения равен:

Ответ: а)  $30^\circ$ ; б)  $60^\circ$ ; в)  $120^\circ$ ; г)  $90^\circ$ .

10. Оптическая сила линзы с фокусным расстоянием 4 м равна:

Ответ: а) 4 дптр; б) 0,4 дптр; в) 0,8 дптр; г) 0,25 дптр.

#### 4.6.2. Тренировочный тест № 2 (к разделу 2)

1. Лампы накаливания характеризуются:

- 1) температурой тела накала;
- 2) яркостью;
- 3) световым потоком;
- 4) световой отдачей;
- 5) потребляемой мощностью;
- 6) рабочим напряжением.

Ответ: а) 1, 2, 3; б) только 1; в) 4, 5, 6; г) 1, 2, 3, 4, 5, 6.

2. Длина волны излучения светодиода  $\lambda_m$  определяется:

- 1) шириной запрещенной зоны;
- 2) размерами светодиода;
- 3) мощностью излучения.

Ответ: а) 1 и 2; б) только 3; в) только 1; г) только 2.

3. Для получения вынужденного (лазерного) излучения необходимо иметь:

- 1) активную среду;
- 2) систему накачки;
- 3) оптический резонатор;
- 4) дифракционную решетку.

Ответ: а) 2 и 4; б) только 1; в) 1, 2, 3; г) только 2.

4. Лазерное излучение обладает свойствами:

- 1) монохроматичности;
- 2) когерентности;
- 3) поляризации.

Ответ: а) 1 и 2; б) только 2; в) только 3; г) 1, 2, 3.



5. Среда, в которой населенность нижних энергетических уровней больше, чем верхних, называется \_\_\_\_\_

6. Излучение светодиода происходит при:

- а) прямом смещении р-п-перехода;
- б) обратном смещении р-п-перехода.

7. Гелий-неоновый лазер относится к:

- а) твердотельным; б) полупроводниковым;
- в) газовым; г) жидкостным лазерам.

8. Максимальная длина волны светодиода, изготовленного на основе кремния, имеющего собственную проводимость (ширина запрещенной зоны кремния равна 1,1 эВ), составляет:

- а) 1,1 мкм; б) 0,7 мкм; в) 0,5 мкм.

Результат округлять до десятых долей.

9. Длина волны лазерного излучения с энергией фотонов 2 эВ равна:

- а) 0,8 мкм; б) 0,6 мкм; в) 1 мкм.

Результат округлять до десятых долей.

10. Светофоры снабжены:

- 1) лампами накаливания; 2) лазерами; 3) светодиодными панелями.

Ответ: а) 1 и 2; б) только 2; в) 1 и 3; г) только 1.

#### 4.6.3. Тренировочный тест № 3 (к разделу 3)

1. Показатель преломления сердцевины оптического волокна

- а) больше показателя преломления оболочки;
- б) меньше показателя преломления оболочки;
- в) равен показателю преломления оболочки.

2. Моды это:

- а) углы падения световых пучков;
- б) отдельные волокна, по которым распространяется свет;



- в) различные типы волн, распространяющиеся в волноводе.
3. Показатель преломления среды показывает:
- а) во сколько раз скорость света в вакууме больше скорости света в среде;
  - б) во сколько раз скорость света в вакууме меньше скорости света в среде;
  - в) во сколько раз угол падения больше угла преломления.
4. В жидкокристаллических мониторах используется явление:
- а) интерференция; б) дифракция; в) поляризация света.
5. Зависимость скорости распространения света в среде от его длины волны называется \_\_\_\_\_ света.
6. Способ получения объемного изображения называется:
- 1) фотографией;
  - 2) голографией;
  - 3) дифракционной решеткой.
- а) только 1; б) 1 и 2; в) только 2; г) 1 и 3.
7. Модуль подсветки в ЖК-панелях предполагает использование...
- 1) галогенных ламп;
  - 2) твердотельных или газовых лазеров;
  - 3) флуоресцентных ламп;
  - 4) светодиодов.
- а) только 1; б) 3 и 4; в) только 2; г) 1 и 3.
8. Световоды используются для:
- а) передачи изображения;
  - б) преобразования энергии;
  - в) передачи потоков излучения.
9. Явления электрического разряда в газе и возбуждаемого им свечения люминофора используют в своей работе:



Таблица 9

№ теста	Тест № 3									
№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вариант ответа	б	в	а	в	дисперсией	в	б	в	б	в

#### 4.7. Итоговый контроль по дисциплине

Изучение дисциплины заканчивается сдачей зачета для студентов всех форм обучения. Вопросы для подготовки к зачету по дисциплине приведены ниже.

1. Какова природа светового излучения.
2. Запишите уравнение плоской монохроматической электромагнитной волны.
3. Дайте определение основных характеристик электромагнитной волны: длина волны, частота, амплитуда, интенсивность.
4. Перечислите и охарактеризуйте энергетические единицы, используемые в фотометрии.
5. Назовите световые единицы, используемые в фотометрии.
6. Основные законы геометрической оптики.
7. Линзы. Фокусное расстояние.
8. Построение изображения в двояковыпуклой линзе.
9. Призмы и их применение.
10. Применение рефлекторов и светофильтров.
11. Тепловые источники и их виды и применение.
12. Перечислите свойства светодиодов.
13. Принцип работы лазера.
14. Типы лазеров.
15. Применение источников света на автомобильном транспорте.
16. Применение источников света в сфере организации дорожного движения.

17. Строение и типы оптического волокна.
18. Применение оптических волокон.
19. Физические принципы голографии.
20. Принцип работы жидкокристаллического монитора.
21. Принцип работы плазменной панели.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ИНФОРМАЦИЯ О ДИСЦИПЛИНЕ.....	3
1.1. Предисловие.....	3
1.2. Содержание дисциплины и виды учебной работы.....	5
2. РАБОЧИЕ УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ.....	7
2.1. Рабочая программа.....	6
2.2. Тематический план дисциплины.....	7
2.3. Структурно-логическая схема дисциплины.....	8
2.4. Практические занятия.....	8
2.5. Лабораторные работы.....	8
2.6. Балльно-рейтинговая система оценки знаний.....	8
3. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ ДИСЦИПЛИНЫ.....	9
3.1. Библиографический список.....	10
3.2. ОПОРНЫЙ КОНСПЕКТ.....	10
Раздел 1. Элементы физической и геометрической оптики....	12
Раздел 2. Источники света.....	17
Раздел 3. Современные технические средства передачи изображений.....	20
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	25

3.3. ГЛОССАРИЙ.....	26
3.4. Методические указания к проведению практических занятий.....	28
4. БЛОК КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	29
4.1. Задание на контрольную работу и её методические указания.....	29
4.2. Основные формулы.....	32
4.3. Примеры решения задач.....	37
4.4. Домашнее задание по технической оптике.....	41
4.5. Некоторые сведения, необходимые для решения задач.....	47
4.6. Текущий контроль (тестовые задания).....	47
4.6.1. Тренировочный тест № 1 (к разделу 1).....	47
4.6.2. Тренировочный тест № 2 (к разделу 2).....	49
4.6.3. Тренировочный тест № 3 (к разделу 3).....	50
4.6.4. Ответы на задания тренировочных тестов.....	51
4.7. Итоговый контроль по дисциплине.....	53