

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

Кафедра общей и технической физики

ТЕХНИЧЕСКАЯ ОПТИКА

*Методические указания к самостоятельной работе
для студентов бакалавриата направления 23.03.01*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2019

УДК 001:5:1М (073)

ТЕХНИЧЕСКАЯ ОПТИКА: Методические указания к самостоятельной работе / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *А.С. Иванов, Ю.И. Кузьмин*. СПб, 2019. 25 с.

Содержат материалы для самостоятельной подготовки студентов по теме «Техническая оптика».

Предназначены для студентов бакалавриата направления 23.03.01 «Технология транспортных процессов» профиля программы «Организация и безопасность движения».

Научный редактор проф. *А.Б. Федорцов*

Рецензент доц. *Д.Г. Летенко* (Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет)

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.

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.

Методические указания для 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].

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

Номера задач в соответствии с вариантом задания

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

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; φ_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

$$R_s = \frac{d\Phi_s}{dS_n},$$

где dS_n — элементарная площадь источника излучения.

в) Энергетическая освещенность

$$E_s = \frac{d\Phi_s}{dS_o},$$

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

г) Энергетическая сила света

$$I_s = \frac{d\Phi_s}{d\Omega},$$

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

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

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 $v(\lambda)$

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

где длины волн выражены в микронах.

г) Световая эффективность в лм/Вт

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

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-й 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 ε и μ — 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

$$\tau(\lambda) = \frac{d\Phi_s'}{d\Phi_s}$$

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 ρ — 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

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

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 $\nu = 12,67$ 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° на поверхность стекла? на поверхность алмаза?

Дано:

$$i_1 = 45^\circ$$

$$n_{\text{ст}} = 1,46$$

$$n_{\text{ал}} = 2,42$$

$$i_1 \text{ --- } i_2 = ?$$

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

$$\sin i_2 = \frac{\sin i_1}{n}; \quad i_2 = \arcsin \frac{\sin i_1}{n} \quad (1)$$

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° , а для алмаза 28° .

Пример 3

При каком наименьшем значении преломляющего угла A стеклянной призмы BAC (рис. 1) луч SM будет претерпевать полное отражение?

Дано:

$$n = 1,5$$

$$\angle A = ?$$

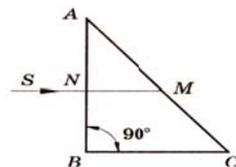


Рис. 1

Решение. Из геометрии (см. рис. 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 вбита свая, на 0,5 м выступающая из воды. Найдти длину тени от сваи на дне водоема при угле падения лучей 70° .

Дано:

$$i_1 = 70^\circ$$

$$n = 1,33$$

$$h = 2 \text{ м}$$

$$c = 0,5 \text{ м}$$

$$a + \vartheta = ?$$

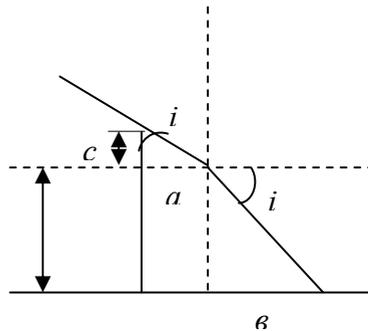


Рис. 2.

Решение. Из геометрии задачи (рис. 2) имеем $a = c \cdot \operatorname{tg} i_1 = 0,5 \operatorname{tg} 70^\circ = 1,38 \text{ м}$

$$\sin i_1 = \frac{\sin i_1}{n} = 0,707$$

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:

$$K_c = 20 \text{ лм/Вт}$$

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

$$P = 100 \text{ Вт}$$

$$I_c = ?$$

$$K = ?$$

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

$$K = \frac{\Phi_s}{\Phi_c} = \frac{\Phi_s}{K_c P}.$$

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

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

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 посылки. 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 $\nu = 12,67 \text{ с}^{-1}$. 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 $\nu = 914,3 \text{ с}^{-1}$?

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 крайнем 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° .

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° ?

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

19. Угол падения луча света на поверхность подсолнечного масла 60° , а угол преломления 36° . Найти показатель преломления масла.

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

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

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

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

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

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

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

27. Полный световой поток 100-ваттной лампы равен 1884 лм. Найти силу света и световую отдачу лампы.

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

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

30. Световой поток, выходящий из конуса с телесным углом $1,2 \text{ ср}$, равен 80 лм. Электролампа 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° к поверхности воды. Какова угловая высота Солнца над горизонтом?

33. Луч света падает на поверхность воды под углом 40° . 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° . 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° .

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

39. На дне пустого сосуда (рис. 3) лежит зеркало. Как будет изменяться ход отраженного луча по мере заполнения сосуда водой?

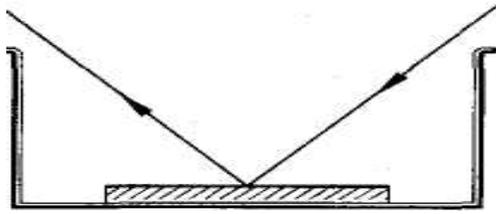


Рис. 3. Ход луча

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° .

41. Луч света падает под углом 60° 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 α , угол преломления β , 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). Начертить дальнейший ход луча SA (указать лишь общий характер хода луча, не производя вычислений).

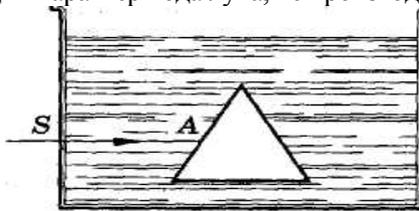


Рис. 4. Оптическая схема

44. Где за ширмой (рис. 5) находится плоское зеркало, а где — треугольная стеклянная призма? Сделать пояснительные чертежи, указав ход лучей за ширмой.

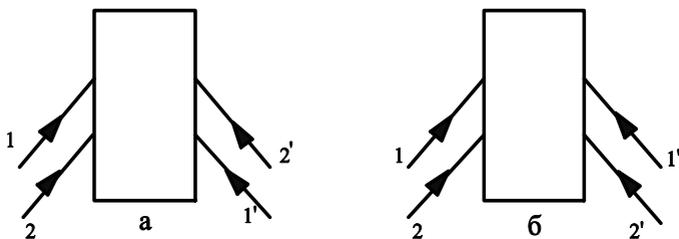


Рис. 5. Ход лучей за ширмой

45. Начертить дальнейший ход лучей, падающих в точки A и B от источника S , находящегося на дне сосуда, в который налита вода (рис. 6).

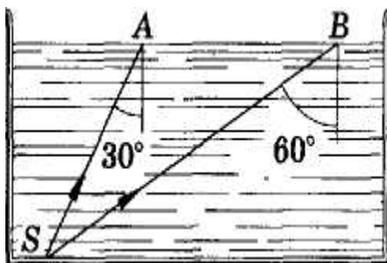


Рис. 6. Ход лучей в воде

46. При каком наименьшем значении преломляющего угла A стеклянной призмы BAC (рис. 7) луч SM будет претерпевать полное отражение?

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?

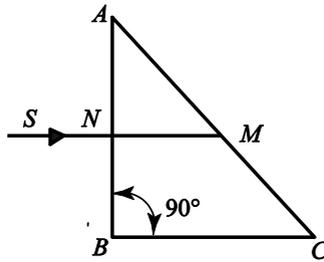


Рис. 7. Ход лучей в призме

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?

РЕКОМЕНДУЕМЫЙ БИблиОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основной:

1. *Заказнов Н. П.* Прикладная оптика: учеб. пособие для вузов / Н.П. Заказнов — СПб: Лань, 2007.

2. *Трофимова Т. И.* Курс физики / Т. И. Трофимова. — М.: Высшая школа, 2003 [и др. г. изд.].

3. *Иванов А. С.* Техническая оптика: учеб. пособие / А. С. Иванов, Ю. И. Кузьмин, Н. А. Тупицкая, А. Б. Федорцов. — СПб.: Изд-во СЗТУ, 2011.

Дополнительный:

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

5. *Трофимова Т. И.* Сборник задач по курсу физики с решениями / Т. И. Трофимова, З. Г. Павлова. — М.: Высшая школа, 2000 [и др. г. изд.].

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

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>

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ПОСТОЯННЫЕ (ОКРУГЛЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ)

Физическая постоянная	Обозначение	Значение
Постоянная Авогадро	N_A	$6,02 \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹
Универсальная газовая постоянная	R	8,31 Дж/моль · К
Постоянная Больцмана	k	$1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
Элементарный заряд	e	$1,6 \cdot 10^{19}$ Кл
Скорость света в вакууме	c	$3,0 \cdot 10^8$ м/с
Электрическая постоянная	ϵ_0	$8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м
Магнитная постоянная	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м
Постоянная Планка	$\left\{ \begin{array}{l} h \\ \hbar \end{array} \right.$	$6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж
		$1,05 \cdot 10^{-34}$ Дж · с
Масса электрона	m	$9,1 \cdot 10^{-31}$ кг
Показатель преломления:	n	
стекло		1,5
кварц		1,54
вода		1,33
алмаз		2,42
сероуглерод		1,63
этиловый спирт		1,36

ПРИЛОЖЕНИЕ 2**МНОЖИТЕЛИ И ПРИСТАВКИ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ
ДЕСЯТИЧНЫХ КРАТНЫХ И ДОЛЬНЫХ ЕДИНИЦ
И ИХ НАИМЕНОВАНИЙ**

Приставка		
Наименование	Обозначение	Множитель
экса	Э	10^{18}
пэта	П	10^{15}
тера	Т	10^{12}
гига	Г	10^9
мега	М	10^6
кило	к	10^3
гекто	г	10^2
Дека	да	10^1
Деци	д	10^{-1}
Санتي	с	10^{-2}
Милли	м	10^{-3}
Микро	мк	10^{-6}
Нано	н	10^{-9}
Пико	п	10^{-12}
Фемто	ф	10^{-15}
Атто	а	10^{-18}

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ГРЕЧЕСКИЙ АЛФАВИТ

Обозначения букв	Названия букв
A, α	альфа
B, β	бета
Г, γ	гамма
Δ , δ	дельта
E, ϵ	эпсилон
Z, ζ	дзета
H, η	Эта
Θ , θ	тхэта
I, ι	йота
K, κ	каппа
Λ , λ	лямбда
M, μ	мю
N, ν	ню
Ξ , ξ	кси
O, \omicron	омикрон
P, π	пи
P, ρ	ро
Σ , σ	сигма
T, τ	тау
Y, υ	ипсилон
F, ϕ	фи
X, χ	хи
Ψ , ψ	пси
Ω , ω	омега

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Методические указания к проведению практических занятий.....	3
Методические указания для выполнения домашних заданий	3
Основные формулы, примеры решения задач.....	6
Примеры решения задач	11
Домашнее задание по технической оптике.....	15
Рекомендуемый библиографический список	21
Приложение 1	22
Приложение 2	23
Приложение 3	24

ТЕХНИЧЕСКАЯ ОПТИКА

***Методические указания к самостоятельной работе
для студентов бакалавриата направления 23.03.01***

Сост.: А.С. Иванов, Ю.И. Кузьмин

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
общей и технической физики

Ответственный за выпуск *А.С. Иванов*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 24.04.2019. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 1,45. Усл.кр.-отт. 1,45. Уч.-изд.л. 1,2. Тираж 40 экз. Заказ 398. С 150.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2