

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ, ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ
И ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САМАРСКИЙ ордена ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ им. АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ И ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

Практические задания

Составители: К. Н. Власова, Г. И. Карянина, Н. В. Орлова

УДК 530.(075/8)

Геометрическая и волновая оптика: Практические задания / Самар. авиац. ин-т; Сост. К. Н. Власова, Г. И. Карянина, Н. В. Орлова. - Самара, 1992. 40 с.

Практические задания по геометрической и волновой оптике содержат структурно-логические схемы для воспроизведения теоретического материала, качественные задачи, примеры решения задач, задачи для самостоятельного решения. Материал практических заданий может быть использован для выполнения двух контрольных заданий в четырех вариантах согласно помещенной в приложении таблице.

Предназначены для слушателей подготовительных отделений и подготовительных курсов САИ, подготовлены на кафедре физики.

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Самарского ордена Трудового Красного Знамени авиационного института имени академика С. П. Королёва

Рецензенты: Ю. С. Найштур, Е. А. Изжуров

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Практические задания по оптике содержат три части: 1. Прямолинейное распространение света. Отражение и преломление. 2. Линзы. Глаз как оптическая система. 3. Волновая оптика.

Начинать работу по каждой части нужно с воспроизведения соответствующего теоретического материала. Для облегчения воспроизведения и запоминания основного материала в задания включены структурно-логические схемы (СЛС). СЛС — это краткий и хорошо запоминающийся символический конспект, позволяющий представить изучаемые вопросы, тему или часть темы в целом. Систематическое использование СЛС, самостоятельное их составление в удобном для Вас виде поможет Вам выработать навыки самостоятельной работы с учебником.

Затем необходимо решить качественные задачи. И только после этого рекомендуется браться за решение количественных задач своего варианта соответственно таблице вариантов заданий. Таблица помещена в конце методических указаний.

Задачи в каждой части расположены по возрастанию их сложности. Поэтому в случаях, когда Вы не можете сразу решить задачу, следует обратить внимание на решение предыдущих задач. Для ознакомления со способом решения и оформления задач данного типа в начале каждого раздела приведены примеры решения характерных задач средней трудности.

Желаем Вам успеха!

С помощью структурно-логической схемы № 2 расскажите о преломлении света.

ВЛСЛ2

ПРЕЛОМЛЕНИЕ СВЕТА

$$\hat{\alpha} = \hat{\gamma} \text{ --- Закон ОТРАЖЕНИЯ}$$



$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n \text{ --- Закон ПРЕЛОМЛЕНИЯ}$$

относительный показатель преломления /воздух-стекло/

$$n = \frac{n_2}{n_1} \text{ --- абсолютный показатель преломления /вакуум-среда/}$$

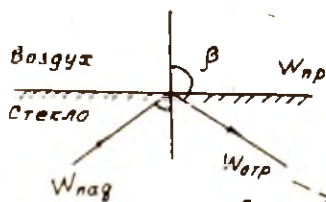
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{c_1}{c_2}$$

→ скорости света

→ рефракция

→ мираж

→ "игра света" камней



$$\sin \beta = f; \quad \sin \alpha_0 = \frac{f}{n}$$

Полное внутреннее отражение

Волоконная оптика — световоды

↳ в технике — ?
↳ в медицине — ?

Ответьте на следующие вопросы.

1. Почему окна домов кажутся днем темными, если на них смотреть с улицы?

2. Почему в свете фар автомобиля лужи на асфальте ночью кажутся водителю темным пятном?

3. Как изменится расстояние между предметом и его изображением в плоском зеркале, если зеркало переместилось в то место, где было изображение?

4. При проверке остроты зрения врач предлагает читать буквы на специальной таблице с расстояния 5 м. Как может поступить врач, если размеры врачебного кабинета меньше этого расстояния?

5. В алмазе или в воде скорость распространения света больше?

6. Какой минимальной высоты должно быть зеркало, чтобы можно было увидеть в нем себя во весь рост?

7. Почему ночная темнота не сразу наступает после захода Солнца?

8. Сколько изображений предмета дадут два зеркала, расположенных в параллельных плоскостях по обе стороны от предмета?

9. Человек смотрит в зеркало, подвешенное вертикально. Будет ли изменяться величина видимой в зеркале части тела человека по мере удаления его от зеркала?

10. Как, приставив концы пальца к стеклянному плоскому зеркалу, можно оценить толщину зеркального стекла?

11. При каком положении плоского зеркала шар, катящийся прямолинейно по горизонтальной поверхности стола, будет казаться в зеркале поднимающимся вертикально вверх?

12. Как надо поставить плоское зеркало, чтобы показать классу в вертикальной плоскости картину магнитного поля, полученную на горизонтально расположенном листе бумаги?

13. Почему изменяется направление луча света при его переходе из одной прозрачной среды в другую?

14. Почему, сидя у костра, мы видим предметы по другую сторону костра колеблющимися?

15. Почему пальцы, опущенные в воду, кажутся короткими?

16. Почему трудно попасть из ружья в рыбу, плавающую под водой?

17. В стакане находятся две прозрачные жидкости, между которыми имеется резкая горизонтальная граница. Как, пользуясь световым лучом, установить, в какой из этих жидкостей скорость распространения света меньше?

18. В каких случаях свет, переходя из одной среды в другую, не преломляется?

19. Как известно, стекло — прозрачный материал; однако толстое стекло непрозрачно и имеет белый цвет. Чем это объясняется?

20. Будет ли входящий луч параллелен выходящему, если под плоскопараллельной пластинкой и над ней находятся разные среды?

21. Почему глубина реки, определенная на глаз, оказывается значительно меньше истинной глубины?

22. Аквалангист, плавающий под водой, всегда может видеть рыбака, находящегося на берегу. Рыбак же лишь в редких случаях может увидеть аквалангиста. Почему?

23. Может ли произойти полное отражение при переходе луча из воды в стекло?

24. Резкий изгиб световода приводит к прекращению его действия. Почему?

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

1. Человек высотой $h = 1,5$ м, стоящий на берегу озера, видит Луну в небе по направлению, составляющему угол $\alpha = 60^\circ$ с горизонтом. На каком расстоянии l от себя человек видит отражение Луны в озере?

Дано:
 $h = 1,5$ м
 $\alpha = 60^\circ$

$l = ?$

Решение. Свет от Луны падает под углом α (рис. 1). Согласно закону отражения $\angle \beta = \angle \alpha$. Из прямоугольника ABC

$$l = h \cdot \operatorname{ctg} \alpha, \text{ т. е.}$$

$$l = 1,5 \cdot \operatorname{ctg} 60^\circ = 0,9 \text{ м.}$$

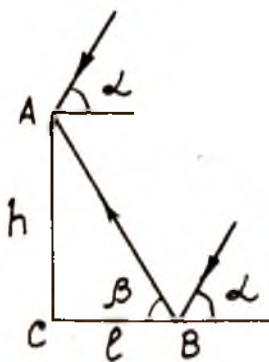


Рис. 1

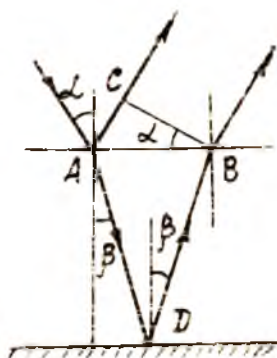


Рис. 2

2. Плоскопараллельная пластинка толщиной $d = 5$ см посеребрена с нижней стороны. Луч света падает на пластинку под углом $\alpha = 30^\circ$, частично отражается, а часть света проходит в пластинку и, отражаясь от нижней поверхности, выходит в воздух параллельно первому отраженному лучу. Определить показатель преломления n материала пластинки, если расстояние между двумя параллельными лучами $l = 2,5$ см.

Дано:

$$\begin{aligned} d &= 5 \text{ см} \\ \alpha &= 30^\circ \\ l &= 2,5 \text{ см} \end{aligned}$$

$n = ?$

Углы α и β связаны законом преломления

$$\sin \alpha / \sin \beta = n, \quad (3)$$

Из уравнений (1) и (2) следует

$$l \cos \alpha = 2d \cdot \operatorname{tg} \beta,$$

откуда

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{l}{2d \cos \alpha}. \quad (4)$$

Так как $\sin \beta = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \beta + 1}}$,

то уравнение (3) примет вид $\frac{\sin \alpha \cdot \sqrt{\operatorname{tg}^2 \beta + 1}}{\operatorname{tg} \beta} = n$

С учетом уравнения (4) и после преобразований получим

$$n = \sin \alpha \cdot \sqrt{1 + (2d/l \cdot \cos \alpha)^2} \approx 1,8.$$

3. На дно сосуда, наполненного водой до высоты 10 см, помещен точечный источник света. На поверхности воды плавает круглая непрозрачная пластинка таким образом, что ее центр находится над источником света. Какой наименьший радиус должна иметь эта пластинка, чтобы ни один луч не мог выйти через поверхность воды?

Дано:

$$\begin{aligned} h &= 10 \text{ см} \\ n &= 1,33 \end{aligned}$$

$r_{\min} = ?$

Решение. Из воды не выйдут лучи, которые падают на границу раздела вода—воздух под углами больше предельного угла полного внутреннего отражения или равными ему. Это возможно, когда радиус пластинки больше или равен r_{\min} .

Тогда $\sin \alpha_{\text{кр}} = 1/n$.

(1)

Из рис. 3 видно, что $\text{tg } \alpha_{\text{кр}} = r_{\text{мин}}/h$.

Следовательно, $r_{\text{мин}} = h \cdot \text{tg } \alpha_{\text{кр}}$.

Так как

$$\text{tg } \alpha_{\text{кр}} = \frac{\sin \alpha_{\text{кр}}}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha_{\text{кр}}}},$$

то, используя уравнение (1), получаем

$$r_{\text{мин}} = h/\sqrt{n^2 - 1} = 0,114 \text{ м.}$$

4. Луч света падает на призму, преломляющий угол которой 50° , а показатель преломления равен 1,74. Под каким углом луч выходит из призмы, если угол падения равен 60° . Найти угол отклонения луча.

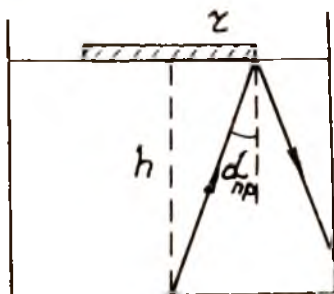


Рис. 3.

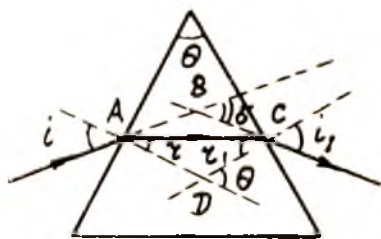


Рис. 4

Дано:

$$\Theta = 50^\circ$$

$$i = 60^\circ$$

$$n = 1,74$$

$$i_1 = ?$$

$$\delta = ?$$

Угол Θ , как внешний угол треугольника ACD , равен

$$\Theta = r + r_1, \quad (2)$$

где r — угол преломления в точке A , а r_1 — угол падения в точке C .

Решение. Покажем на рисунке ход луча в призме (рис. 4). Θ — преломляющий угол призмы, δ — угол отклонения луча от первоначального направления. Из четырехугольника $ABCD$ находим

$$(180^\circ - \delta) + (180^\circ - \Theta) + i + i_1 = 360^\circ.$$

Отсюда угол отклонения

$$\delta = i + i_1 - \Theta. \quad (1)$$

Из закона преломления: $\sin i = n \sin r$,

$$\sin i_1 = n \sin r_1. \quad (3)$$

Отсюда $r = \arcsin \left(\frac{\sin i}{n} \right) \approx 30^\circ$.

Из уравнения (2) $r_1 = \Theta - r \approx 20^\circ$.

Из уравнений (3) $\sin i_1 = n \sin (\Theta - r)$.

Угол, под которым луч выходит из призмы, $i_1 \approx 37^\circ$.

Из уравнения (1) угол отклонения $\delta \approx 47^\circ$.

ЗАДАЧИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ

1. Диаметр источника света 20 см, расстояние его до экрана 2 м. На каком наименьшем расстоянии от экрана нужно поместить мячик диаметром 8 см, чтобы он совершенно не отбрасывал тени на экран, давая только полутень? Прямая, проходящая через центры источника света и мячика, перпендикулярна плоскости экрана.

Ответ. 0,8 м.

2. Человек, находящийся на значительном расстоянии, виден под углом 2° . Оценить это расстояние, принимая для роста взрослого человека среднее значение 165 см.

Ответ. ≈ 50 м.

3. Оценить приблизительно размеры Луны, зная, что ее угловой диаметр равен $0,5^\circ$, а расстояние от Земли до Луны равно округленно $38 \cdot 10^4$ км.

Ответ. ≈ 3000 км.

4. Зная свой рост h и измерив длину тени l , определите угловую высоту α Солнца над горизонтом в данный момент.

Ответ. $\alpha = \operatorname{arctg} h/l$.

5. На какой высоте находится лампа над горизонтальной поверхностью стола, если тень от вертикально поставленного на стол карандаша длиной 15 см оказалась равной 10 см? Расстояние от основания карандаша до основания перпендикуляра, опущенного из центра лампы на поверхность стола, равно 90 см.

Ответ. 1,5 м.

6. На какой высоте висит уличный фонарь, если тень от вертикально поставленной палки высотой 0,9 м имеет длину 1,2 м, а при перемещении палки на 1 м от фонаря вдоль направления тени длина тени сделалась равной 1,5 м?

Ответ. 3,9 м.

7. Освещенное Солнцем дерево отбрасывает тень длиной 40 м, а человек ростом 1,6 м — длиной 4 м. Найти высоту дерева.

Ответ. 16 м.

8. Длина тени от Останкинской башни, освещенной Солнцем, в некоторый момент времени оказалась равной 600 м; длина тени от человека высотой 1,75 м в тот же момент времени была равна 2 м. Какова высота башни?

Ответ. 525 м.

9. Под каким углом должен падать луч на плоское зеркало, чтобы отраженный луч был перпендикулярен падающему? Чтобы угол между ними был равен 55° ?

Ответ. 45° ; $27,5^\circ$.

10. Луч света падает на плоское зеркало. На сколько градусов отклонится отраженный луч при повороте зеркала на 20° ?

Ответ. На 40° .

11. Угол падения светового луча на плоское зеркало уменьшился на 15° . На сколько уменьшится угол между падающим и отраженным лучами?

Ответ. На 30° .

12. Солнечные лучи составляют с горизонтом угол 48° . Как расположить плоское зеркало, чтобы направить лучи горизонтально? Почему задача имеет два решения?

Ответ. Под углом 24° или 66° относительно горизонта.

13. Человек стоит на расстоянии 5 м от вертикально расположенного плоского зеркала. На каком расстоянии от себя он видит свое изображение? Какое это изображение? Как изменится расстояние, если зеркало отодвинуть от человека на 2 м?

Ответ. 10 м; увеличится до 14 м.

14. Высота Солнца над горизонтом составляет 46° . Каким должен быть угол падения лучей на плоское зеркало, чтобы отраженные от него солнечные лучи пошли: а) вертикально вниз; б) вертикально вверх? Каким при этом будет угол между отраженным лучом и зеркалом?

Ответ. а) 68° ; 22° ; б) 22° ; 68° .

15. На стене вертикально висит зеркало так, что его верхний край находится на уровне верхней части головы человека. Длина зеркала 80 см. Выше какого роста человек не сможет увидеть себя во весь рост?

Ответ. Выше 160 см.

16. Два плоских зеркала расположены под углом 120° друг к другу. Расстояние между изображениями светящейся точки в них 20 см. Определить, на каком расстоянии от линии соприкосновения зеркал находится светящаяся точка, если она лежит на биссектрисе угла, образованного зеркалами?

Ответ. 11,5 см.

17. Источник света расположен между двумя плоскими зеркалами, поставленными под углом 30° друг к другу, на расстоянии 8 см от линии пересечения зеркал, ближе к одному из них. Каково рас-

стояние между первыми мнимыми изображениями петочника в зеркалах?

Ответ. 0,08 м.

18. На сколько увеличится угол между отраженным и падающим лучами, если плоское зеркало повернуть на угол φ вокруг оси, проходящей через точку, в которой происходит отражение луча, и перпендикулярной плоскости, в которой лучи расположены?

Ответ. На 2φ .

19. Человек, стоящий на берегу озера, видит в гладкой поверхности воды изображение Солнца. Как будет перемещаться это изображение при удалении человека от озера? Солнечные лучи считать параллельными.

Ответ. Приближаться к берегу.

20. Используя условия предыдущей задачи, найти, на сколько человек должен наклониться (повысить уровень глаз), чтобы изображение Солнца в воде приблизилось к берегу на 80 см, если высота Солнца над горизонтом 25° .

Ответ. На 37 см.

21. В комнате вертикально висит зеркало, верхний край которого расположен на уровне волос верхней части головы человека ростом 182 см. Какой наименьшей длины должно быть зеркало, чтобы этот человек видел себя в зеркале во весь рост?

Ответ. 91 см.

22. Какова угловая высота Солнца над горизонтом, если для освещения дна колодца солнечными лучами использовали плоское зеркало, наклонив его под углом 25° к вертикали?

Ответ. 40° .

23. Человек высотой 1,75 м находится от столба на расстоянии 6 м. На каком расстоянии от себя человек должен положить горизонтально на землю зеркало, чтобы видеть в него верхушку столба? Высота столба 7 м.

Ответ. 1,2 м.

24. Каков показатель преломления стекла из тяжелого флинта, если при угле падения на него светового луча, равном 63° , угол преломления получился 30° ?

Ответ. 1,8.

25. Луч света падает на поверхность воды под углом 50° . Каков угол преломления луча в воде?

Ответ. 35° .

26. Луч света падает на поверхность раздела двух прозрачных сред под углом 35° и преломляется под углом 25° . Чему будет равен угол преломления, если луч будет падать под углом 50° ?

Ответ. 34° .

27. Луч света падает из воздуха на поверхность жидкости под углом 40° и преломляется под углом 24° . При каком угле падения луча угол преломления будет 20° ?

Ответ. 33° .

28. Скорость распространения света в некоторой жидкости $240\,000$ км/с. На поверхность этой жидкости из воздуха падает световой луч под углом 25° . Определить угол преломления луча.

Ответ. 20° .

29. Во сколько раз скорость распространения света в алмазе меньше, чем в сахаре?

Ответ. В 1,55 раза.

30. При переходе светового луча из воздуха в жидкую прозрачную среду угол падения был 69° , а угол преломления 39° . Какова скорость распространения света в жидкой среде? Каков показатель преломления этой среды?

Ответ. $2 \cdot 10^8$ км/с; 1,5.

31. Луч света переходит из воды в стекло с показателем преломления 1,7. Определить угол падения луча, если угол преломления равен 28° .

Ответ. 37° .

32. Луч света переходит из глицерина в воду. Определить угол преломления луча, если угол падения равен 30° .

Ответ. $33,5^\circ$.

33. Определить угол падения луча в воздухе на поверхность воды, если угол между преломленным и отраженным лучами равен 90° .

Ответ. 53° .

34. Определить скорость света внутри льда, если при угле падения луча на лед, равном 61° , угол преломления был 42° .

Ответ. $2,3 \cdot 10^8$ км/с.

35. Водолаз определил угол преломления луча в воде. Он оказался равным 32° . Под каким углом к поверхности воды падают лучи света?

Ответ. 45° .

36. Находясь в воде, водолаз установил, что направление на Солнце составляет с вертикалью угол 28° . Когда он вышел из воды, то увидел, что Солнце стоит ниже над горизонтом. Определить, на какой угол изменилось направление на Солнце для водолаза.

Ответ. На 11° .

37. Определить, на какой угол отклоняется световой луч от своего первоначального направления при переходе из воздуха в воду при угле падения: 15° ; 75° .

Ответ. 4° ; $28,5^\circ$.

38. Вычислить предельные углы падения при переходе светового луча из воды, сахара, алмаза в воздух.

Ответ. 49° ; 40° ; 24° .

39. Выйдет ли световой луч из воды в воздух, если угол падения равен 45° ? 50° ?

Ответ. Да; нет.

40. Найдите предельный угол полного внутреннего отражения кедрового масла на границе с воздухом, если свет в кедровом масле распространяется со скоростью $2 \cdot 10^8$ м/с.

Ответ. 42° .

41. Определить показатель преломления бензола, если предельный угол падения лучей для него 42° .

Ответ. 1,5.

42. При каком угле падения светового луча на границу раздела между алмазом и водой наступит полное отражение света?

Ответ. $33,3^\circ$.

43. На какой глубине находится водолаз, если он видит отраженными от поверхности воды те части дна, которые расположены от него на расстоянии 35 м и больше?

Ответ. 15 м.

44. Столб вбит в дно реки и 1 м столба возвышается над водой. Найдите длину тени от столба на поверхности воды и на дне реки, если высота Солнца над горизонтом 30° , а глубина реки 2 м.

Ответ. 1,7 м; 3,5 м.

45. 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 40° к поверхности воды.

Ответ. 19,7 см.

46. В дно пруда вертикально вбит шест высотой 1,25 м. Определить длину тени от шеста на дне пруда, если солнечные лучи падают на поверхность воды под углом 38° , а шест целиком находится в воде.

Ответ. 65 см.

47. Какова истинная глубина бассейна, если при определении «на глаз» по вертикальному направлению глубина его кажется равной 2 м?

Ответ. 2,7 м.

48. На дно сосуда, наполненного водой до высоты 15 см, помещен точечный источник света. Какого наименьшего диаметра непрозрачную пластинку надо поместить на поверхности воды, чтобы свет не выходил из нее?

Ответ. 34 см.

49. На расстоянии 1,5 м от поверхности воды в воздухе находится точечный источник света. На каком расстоянии от поверхности воды получится изображение этого источника для наблюдателя, находящегося в воде?

Ответ. 2 м.

50. Точечный источник света расположен в воздухе над поверхностью воды. Для наблюдателя, находящегося в воде под источником света, расстояние от поверхности воды до источника кажется равным 2,5 м. Определить действительное расстояние от источника света до поверхности воды.

Ответ. 1,9 м.

51. Наблюдатель находится в воде на глубине 40 см и видит, что над ним висит лампа, расстояние до которой, по его наблюдениям, 2,4 м. Определить истинное расстояние от лампы до поверхности воды.

Ответ. 1,5 м.

52. Расстояние в воздухе от лампы до поверхности воды 1,2 м. На глубине 60 см в воде под лампой находится наблюдатель. На каком расстоянии от себя он будет видеть эту лампу?

Ответ. 2,2 м.

53. Луч света падает на стеклянную пластинку с плоскопараллельными гранями под углом 70° . Толщина пластинки 4,0 см. Показатель преломления стекла 1,5. Определить: а) смещение луча после выхода из пластинки; б) длину пути луча в пластинке.

Ответ. а) 2,65 см; б) 5 см.

54. Определить толщину плоскопараллельной пластинки с показателем преломления 1,7, если луч света, пройдя эту пластинку, смещается на 2,0 см. Угол падения луча на пластинку 50° .

Ответ. 4,5 см.

55. Определить, на сколько смещается луч света, проходя пластинку из легкого крона ($n = 1,5$) с плоскопараллельными гранями, если толщина ее 2,1 см, а угол падения лучей 30° .

Ответ. 0,4 см.

56. Луч света падает на плоскопараллельную стеклянную пластинку под углом 60° . Какова толщина пластинки, если при выходе из нее луч сместился на 40 мм? Показатель преломления стекла 1,5.

Ответ. 20 мм.

57. Пластинка с плоскопараллельными гранями из стекла с показателем преломления 1,8 лежит на плоском зеркале. Луч света падает на верхнюю грань пластинки под углом 60° . На каком расстоянии от места входа выйдет луч после отражения от зеркала, если толщина пластинки 6 см.

Ответ. 6,6 см.

58. Пучок параллельных лучей падает на толстую стеклянную пластинку под углом 60° и, преломляясь, переходит в стекло. Ширина пучка a в воздухе равна 10 см. Определить ширину b пучка в стекле.

Ответ. 16 см.

59. На призму с преломляющим углом 40° падает луч под уг-

лом 30° . Определить угол смещения луча после выхода из призмы, если показатель преломления ее вещества 1,5.

Ответ. 22° .

60. На призму с преломляющим углом 30° по перпендикулярно к боковой грани падает луч света. Определить угол смещения луча после прохождения через призму, если показатель преломления ее вещества 1,8.

Ответ. 34° .

61. Луч, падающий на боковую грань стеклянной призмы с преломляющим углом 30° , выходит из нее под углом 30° . Показатель преломления стекла 1,5. Определить угол падения луча на призму.

Ответ. 17° .

62. Луч света, падающий на боковую грань стеклянной призмы по перпендикулярно к боковой грани, выходит из призмы, отклоняясь на угол 25° от направления падающего луча. Показатель преломления стекла 1,5. Каков преломляющий угол призмы?

Ответ. $35,5^\circ$.

63. На призму с преломляющим углом 36° , сделанную из стекла с показателем преломления 1,6, падает луч под углом 15° . Определить, на сколько изменится угол смещения луча, если его угол падения увеличится до 30° .

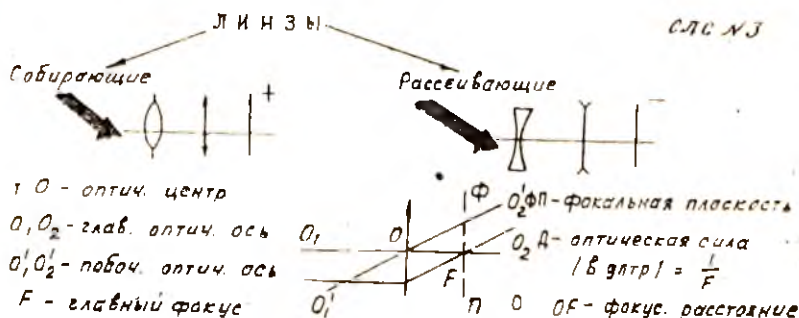
Ответ. На 1° .

64. Преломляющий угол призмы 60° . Луч после прохождения через призму отклоняется на угол 38° . Определить показатель преломления вещества призмы, если угол падения луча на боковую грань равен углу преломления при выходе его из призмы.

Ответ. 1,5.

ЛИНЗЫ. ГЛАЗ КАК ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Используя структурно-логическую схему № 3, расскажите о линзах.



Т Р И

"удобных" луча

1. $AO_A \parallel O_1O_2 \rightarrow O_A A'$ через F
2. AC_A через F
3. AO через $O \rightarrow OA'$

дают изображение
увеличивают угол зрения

"заметьные" величины

1. $OF = F$
2. $OB = d$ до предмета
3. $OB_1 = f$ до изображения

увеличивают силу света
диаметр \nearrow , то и $B \nearrow$

С помощью структурно-логической схемы № 4, расскажите о работе глаза, о близорукости и дальнозоркости.

ГЛАЗ КАК ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

СЛО № 4

1/увеличенный
2/?
3/?

настройка на резкость / $\sim 60 - 70$ дптр /

Условия ясного зрения

- R света достаточна
- разрешающая способность
- $A'B'$ всегда на сетчатке

φ_1 и φ_2 - углы зрения

Если $\varphi_1 > \varphi'$, то

- хорошая
- обеспечена

Расстояние наилучшего зрения = $1/4$ м

Но может быть

ДАЛЬНОЗОРКОСТЬ ОЧКИ БЛИЗОРКОСТЬ

(+) (-)

Ответьте на следующие вопросы.

1. Сколько линз можно получить, рассекая стеклянную сферу параллельными поверхностями?

2. Луна всегда сильно выпукла. Какие практические требования, предъявляемые к лупам, заставляют придавать им такую форму?

3. Как изменится фокусное расстояние линзы, если температура ее повысится?

4. В комнате, освещенной электрической лампочкой, надо определить, какая из двух собирающих линз имеет большую оптическую силу. Как это сделать?

5. Как изменится главное фокусное расстояние линзы в бензоле, имеющем такой же показатель преломления, что и стекло линзы?

6. Если куску льда придать форму выпуклой линзы, то посредством его можно в ясный зимний день зажечь спичку. Почему?

7. Из двух часовых стекол склеили выпуклую линзу. Как будет действовать эта линза на лучок лучей в воде?

8. Собирающая тонкая линза дает изображение предмета. Как изменится изображение, если половину линзы закрыть непрозрачным экраном?

9. Где надо поместить глаз, чтобы получить действительное изображение предмета, полученное с помощью линзы?

10. Может ли двояковыпуклая линза рассеивать падающие на нее параллельные лучи?

11. Как надо расположить две собирающие линзы, чтобы параллельные лучи, пройдя через линзы, остались параллельными?

12. Почему столбы, когда смотришь вдоль линии телеграфной передачи, по мере их удаления кажутся все меньше и меньше?

13. Почему хрусталик рыбьего глаза имеет почти сферическую форму?

14. Почему близорукий глаз может различать более мелкие детали, чем глаз с нормальным зрением?

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

1. Высота пламени свечи 5 см. Линза дает на экране изображение этого пламени высотой 15 см. Не трогая линзы, свечу отодвинули на $l = 1,5$ см дальше от линзы и, передвинув экран, вновь получили резкое изображение пламени высотой 10 см. Определить главное фокусное расстояние линзы.

Дано:

$$h = 5 \text{ см}$$

$$H_1 = 15 \text{ см}$$

$$l = 1,5 \text{ см}$$

$$H_2 = 10 \text{ см}$$

$F = ?$

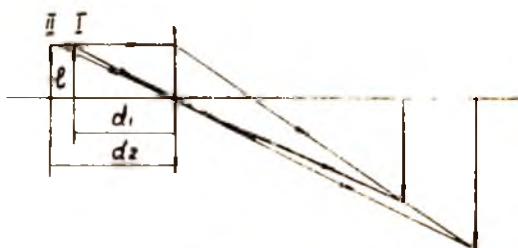


Рис. 5

Решение. Из рис. 5 согласно формуле тонкой линзы запишем для первого положения свечи

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1}$$

и для второго

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2}$$

По условию задачи $d_2 = d_1 + l$.

Увеличение в первом случае $\Gamma_1 = H_1/h = f_1/d_1$,

во втором случае $\Gamma_2 = H_2/h = f_2/d_2$.

Решив совместно эти уравнения, получим

$$F = H_1 H_2 l / h (H_1 - H_2) = 9 \text{ см.}$$

2. Расстояние от освещенного предмета до экрана $L = 100$ см. Линза, помещенная между ними, дает четкое изображение предмета на экране при двух положениях, расстояние между которыми 20 см. Найти фокусное расстояние линзы.

Дано:

$$L = 100 \text{ см}$$

$$l = 20 \text{ см}$$

$F = ?$

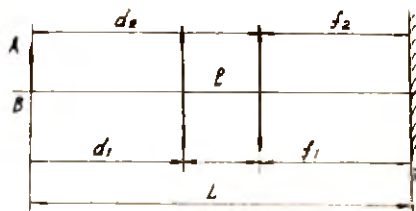


Рис. 6

Решение. При положении линзы 1 (рис. 6) на экране получится четкое увеличенное изображение предмета, а при положении 2 — четкое уменьшенное. Из принципа обратимости световых лучей $d_1 = f_2$, $f_1 = d_2$.

Из рисунка видно:

$$d_1 = \frac{l}{2} - \frac{l}{2}, \quad (1)$$

$$f_1 = \frac{l}{2} + \frac{l}{2}. \quad (2)$$

Запишем формулу тонкой линзы:

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F}. \quad (3)$$

Подставив (1) и (2) в формулу (3), получим

$$F = \frac{l^2 - l^2}{4l} = 24 \text{ см.}$$

3. Линзы с оптическими силами 4 дптр и 5 дптр находятся на расстоянии 0,3 м друг от друга. Где находится изображение предмета, расположенного на расстоянии 0,5 м перед первой линзой? Главные оптические оси линз совпадают.

Дано:

$$D_1 = 4 \text{ дптр}$$

$$D_2 = 5 \text{ дптр}$$

$$l = 0,3 \text{ м}$$

$$d_1 = 0,5 \text{ м}$$

$$f_2 = ?$$

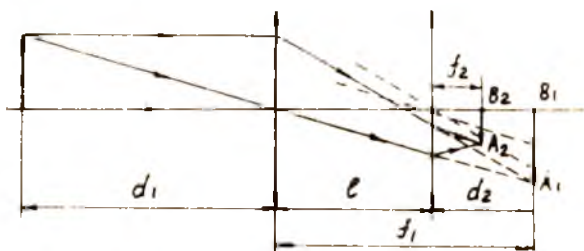


Рис. 7

Решение. Построим ход лучей через данную систему линз (рис. 7). Для построения хода лучей после второй линзы проведем вспомогательные лучи, параллельные прошедшим первую линзу и проходящие через оптический центр второй линзы. (Параллельные лучи, проходя сквозь линзу, пересекаются в фокальной плоскости).

A_2B_2 — искомое изображение предмета AB . Изображение A_1B_1 , даваемое первой линзой, является как бы мнимым предметом для второй линзы. По формуле тонкой линзы находим

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = D_1,$$

$$f_1 = d_1 / (D_1 d_1 + 1) = 0,5 \text{ м.}$$

Расстояние от мнимого предмета AB до второй линзы

$$d_2 = f_1 - l = 0,2 \text{ м.}$$

Для второй линзы формула тонкой линзы запишется так:

$$\frac{1}{d_2} + \frac{1}{l_2} = D_2.$$

Отсюда

$$f_2 = d_2 / (D_2 d_2 + 1) = 0,1 \text{ м.}$$

4. Определить фокусное расстояние линзы, дающей для нормального глаза 12-кратное увеличение, если глаз accommodated на бесконечность. Каким станет увеличение линзы, если глаз accommodated на расстояние наилучшего зрения?

Дано:

$$\Gamma = 12$$

$$F = ?$$

$$\Gamma_1 = ?$$

Решение. Увеличение предмета $\Gamma = \varphi / \varphi_0$, где φ — угол, под которым глаз видит изображение предмета в приборе (рис. 8), φ_0 — угол, под которым глаз видит предмет без прибора (рис. 9).

Так как φ и φ_0 малы, то увеличение

$$\Gamma = \text{tg } \varphi / \text{tg } \varphi_0.$$

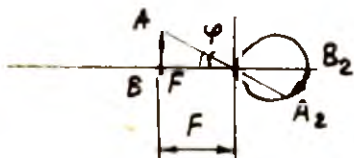


Рис. 8

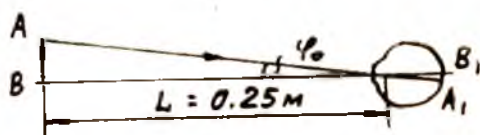


Рис. 9

На рис. 9 изображение A_1B_1 предмета AB , если предмет расположен на расстоянии наилучшего зрения, видно под углом φ_0 . Если поместить предмет в фокальной плоскости линзы, то после линзы в глаз будет попадать пучок параллельных лучей. Оптическая система глаза соберет их на сетчатке, где получится изображение A_2B_2 (рис. 8). При этом глаз accommodated на бесконечность. Отсюда увеличение $\Gamma = \text{tg } \varphi / \text{tg } \varphi_0 = AB/F : AB/L = L/F$.

Так как для людей с нормальным зрением расстояние наилучшего зрения $L = 0,25 \text{ м}$, увеличение линзы $\Gamma = 0,25/F$.

Отсюда находим фокусное расстояние линзы:

$$F = 0,25/\Gamma = 0,021 \text{ м.}$$

Если предмет AB находится не в фокальной плоскости, а ближе к линзе, то можно получить его мнимое изображение $A'B'$ на расстоянии наилучшего зрения (рис. 10). При этом глаз accommodated на расстояние наилучшего зрения. Тогда $\text{tg } \varphi = AB/d$ и увеличение $\Gamma_1 = \text{tg } \varphi / \text{tg } \varphi_0 = AB/d : AB/L = L/d$.

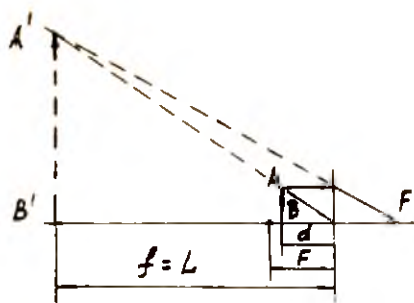


Рис. 10

лучшего зрения увеличение луны на единицу больше, чем при аккомодации на бесконечность. Но при аккомодации на бесконечность глаз меньше устает.

ЗАДАЧИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ

65. На рис. 11 дан луч, падающий на линзу с фокусным расстоянием F . Построить ход луча после преломления в линзе.

66. На рис. 12 дан луч, проходящий сквозь линзу с фокусным расстоянием F . Построить ход луча до линзы.



Рис. 11

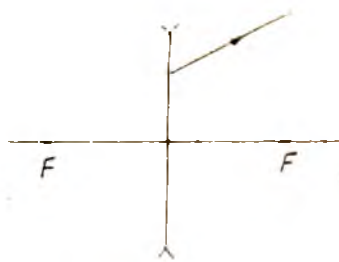


Рис. 12

67. На рис. 13 дан ход луча в линзе. Найти построенным положением главных фокусов линзы.

68. На рис. 14 дан ход луча 1 в линзе. Найти построенным ход луча 2.

69. На рис. 15 даны положения главной оптической оси линзы MN , светящаяся точка A и ее изображение A_1 в этой линзе. Действительное или мнимое получилось изображение? Собирающая или рассеивающая эта линза? Найти построенным положение центра линзы и ее фокусов.

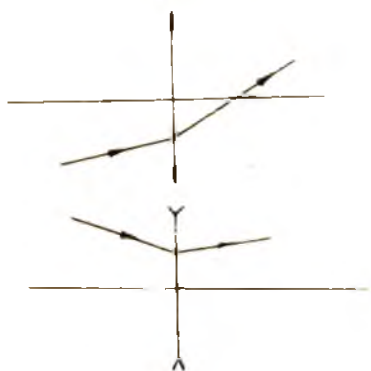


Рис. 13

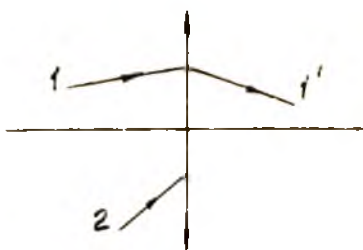


Рис. 14

70. Изображение предмета, помещенного перед собирающей линзой на расстоянии 40 см, получается по другую сторону линзы на расстоянии 1,2 м от нее. Построить изображение. Каково фокусное расстояние линзы?

Ответ. 0,3 м.

71. 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?

Ответ. 0,5 м; увеличенное в 4 раза.

72. На каком расстоянии от двояковыпуклой линзы, фокусное расстояние которой 40 см, надо поместить предмет, чтобы его действительное изображение получилось: а) в натуральную величину; б) увеличенное в два раза; г) уменьшенное в два раза?

Ответ. 80 см; 60 см; 120 см.

73. Перед собирающей линзой с фокусным расстоянием 12 см помещен предмет на расстоянии 8 см от линзы. Где получится изображение? Каково соотношение между величиной изображения и предмета?

Ответ. 24 см; 3 : 1.

74. Рассматривая мелкий шрифт через собирающую линзу и располагая книгу на расстоянии 4 см от нее, получают мнимое, в 5 раз увеличенное изображение букв. Какова оптическая сила линзы?

Ответ. 20 дптр.

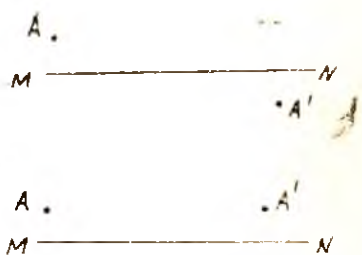


Рис. 15

75. Перед линзой с оптической силой — 5 дптр на расстоянии 10 см от нее поставлен предмет высотой 4 см. На каком расстоянии от линзы получится изображение и какова будет его высота?

Ответ. 6,7 см; 2,7 см.

76. На каком расстоянии перед линзой с оптической силой — 2 дптр надо поставить предмет, чтобы его мнимое изображение получилось на середине между линзой и ее мнимым фокусом?

Ответ. 0,5 м.

77. Предмет находится перед рассеивающей линзой на расстоянии 1,5*F*, оптическая сила линзы — 3 дптр. На каком расстоянии от линзы получится мнимое изображение и во сколько раз оно будет меньше самого предмета?

Ответ. 0,2 м; в 2,5 раза.

78. Линза дает в три раза увеличенное изображение в двух случаях. В случае действительного изображения расстояние между предметом и изображением 28 см. В случае мнимого изображения — 7 см. Определить фокусное расстояние линзы.

Ответ. 5,25 см.

79. Светящаяся точка находится на главной оптической оси собирающей линзы на расстоянии $\frac{3}{4}$ фокусного расстояния от оптического центра линзы. Построить изображение точки. Где оно будет находиться?

Ответ. На тройном фокусном расстоянии от оптического центра линзы.

80. Главное фокусное расстояние собирающей линзы 10 см. Где расположена светящаяся точка, если ее изображение получается на расстоянии 30 см от линзы и 5 см от главной оптической оси?

Ответ. 0,15 м; $2,5 \cdot 10^{-2}$ м.

81. Расстояние между лампой и экраном 3,2 м, фокусное расстояние линзы 0,6 м. Определить: а) на каком расстоянии от лампы надо установить линзу, чтобы получить четкое действительное изображение лампы, увеличенное в три раза; б) оптическую силу линзы.

Ответ. 0,8 м; 1,67 дптр.

82. Расстояние между экраном и предметом 1,2 м. Какова должна быть оптическая сила линзы, чтобы получить на экране изображение предмета, увеличенное в 5 раз?

Ответ. 6 дптр.

83. Определите оптическую силу линзы, если расстояние между предметом и его изображением, увеличенным в два раза, равно 60 см. Рассмотрите случаи действительного и мнимого изображений предмета.

Ответ. 7,5 дптр; 0,83 дптр.

84. Изображение предмета, удаленного от тонкой собирающей линзы на расстояние 0,4 м, больше предмета в пять раз. Опреде-

лите два возможных значения оптической силы линзы, если предмет плоский и установлен перпендикулярно к главной оптической оси.

Ответ. 15 дптр; 10 дптр.

85. Высота пламени свечи 5 см. Линза дает на экране его изображение высотой 15 см. Не изменяя положения линзы, свечу отодвинули на 15 см от нее и, передвинув экран, вновь получили резкое изображение пламени высотой 10 см. Определите главное фокусное расстояние линзы.

Ответ. $9 \cdot 10^{-3}$ м.

86. Собирающая линза дает на экране изображение лампы, увеличенное в два раза. Если линзу подвинуть на 36 см ближе к экрану, то она дает изображение, вдвое уменьшенное. Найдите фокусное расстояние линзы.

Ответ. 0,24 м.

87. На экране, отстоящем на 4 м от объектива оптической силы 5 дптр, получено четкое изображение диапозитива. Экран отодвигают на 20 см. Насколько надо перенести диапозитив, чтобы восстановить четкость изображения при неизменном положении объектива?

Ответ. 0,0026 м.

88. Расстояние от предмета до экрана 2 м. Определите фокусное расстояние линзы, помещенной между предметом и экраном, если резкое изображение предмета получается при двух положениях линзы, расстояние между которыми равно 1,2 м.

Ответ. 0,4 м.

89. На расстоянии 125 см от линзы с оптической силой 2,0 дптр помещен предмет высотой 15 см перпендикулярно к оптической оси. Как изменится высота изображения, если предмет подвинуть к линзе на 50 см?

Ответ. Увеличится на 20 см.

90. Предмет высотой 16 см находится на расстоянии 80 см от линзы с оптической силой —2,5 дптр. Как изменится высота изображения, если предмет подвинуть к линзе на 40 см?

Ответ. Увеличится в 1,5 раза.

91. От предмета высотой 20 см при помощи линзы получили действительное изображение высотой 80 см. Когда предмет передвинули на 5,0 см, то получили действительное изображение высотой 40 см. Найдите фокусное расстояние и оптическую силу линзы.

Ответ. 20 см; 5,0 дптр.

92. От предмета высотой 3,0 см получили с помощью линзы действительное изображение высотой 18 см. Когда предмет передвинули на 6,0 см, то получили мнимое изображение высотой 9,0 см. Определите фокусное расстояние и оптическую силу линзы.

Ответ. 12 см; 8,33 дптр.

93. Если предмет расположить перед передним фокусом собирающей линзы на расстоянии 10 см от него, то изображение получится на расстоянии 2,5 м за задним фокусом. Найти оптическую силу линзы.

Ответ. 2 дптр.

94. Линза, помещенная между свечой и экраном, дает действительное, в три раза увеличенное изображение свечи на экране. Когда, не трогая свечи, отодвинули от нее линзу на 0,8 м, на экране получилось действительное, но в три раза уменьшенное изображение. Определить фокусное расстояние линзы.

Ответ. 0,3 м.

95. Собирающая линза дает в три раза увеличенное действительное изображение предмета. Чтобы получить в три раза увеличенное, но минное изображение, линзу передвинули в сторону предмета на 10 см. Каковы фокусное расстояние и оптическая сила линзы?

Ответ. 0,15 м; 7 дптр.

96. С какого расстояния нужно сфотографировать здание длиной 100 м, если фокусное расстояние объектива 50 мм, а длина кадра на пленке 36 мм?

Ответ. 140 м.

97. Каким должно быть расстояние между проекционным аппаратом с объективом $F = 30$ см и экраном, чтобы действительное изображение диапозитива точно уложилось на экране, если диапозитив и экран по форме являются подобными прямоугольниками, у которых сходственные стороны относятся как 1 : 20?

Ответ. 6,3 м.

98. Изображение предмета на матовом стекле фотоаппарата при съемке с расстояния 8,5 м получилось высотой 13,5 мм, а с расстояния 20 м — высотой 60 мм. Найти фокусное расстояние объектива.

Ответ. 11,5 см.

99. Две собирающие линзы с фокусными расстояниями 8 и 4 см расположены на расстоянии 10 см одна от другой так, что их главные оптические оси совпадают. На первую линзу падают лучи, параллельные главной оптической оси. Где получится изображение?

Ответ. На расстоянии 4 см от второй линзы перед ней.

100. Оптическая система состоит из двух собирающих линз с фокусными расстояниями 10 и 5 см, находящихся на расстоянии 35 см одна от другой. Предмет располагается на расстоянии 25 см от правой линзы. Определите местоположение, характер, ориентацию и относительные размеры изображения, полученного с помощью такой системы.

Ответ. На расстоянии 0,069 м от второй линзы, действительное прямое, уменьшенное в 4 раза.

101. Две одинаковые тонкие собирающие линзы сложили вплотную так, что их оптические оси совпали, и поместили на расстоянии 12,5 см от предмета. Какова оптическая сила системы и одной линзы, если действительное изображение, даваемое системой линз, было в 4 раза больше предмета?

О т в е т. 10 дптр; 5 дптр.

102. Линзы с оптическими силами 5,0 и 2,5 дптр находятся на расстоянии 0,90 м друг от друга. Какое изображение даст эта система, если предмет расположить на расстоянии 30 см перед первой линзой?

О т в е т. Мнимое, восьмикратное увеличение.

Указание. Изображение, даваемое первой линзой, является источником для второй линзы.

103. На расстоянии 0,50 м перед линзой с фокусным расстоянием 30 см помещен предмет высотой 1,5 см. Вторая линза с фокусным расстоянием 20 см расположена на расстоянии 45 см от первой. Где находится изображение предмета? Какова высота этого изображения?

О т в е т. В 12 см от второй линзы; 0,9 см.

104. Диаметр циферблата часов равен 12 см. Они находятся на расстоянии 1,7 м от глаза, главное фокусное расстояние которого составляет 1,7 см. Определить диаметр изображения циферблата на сетчатке глаза.

О т в е т. 1,2 мм.

105. Какое увеличение дает лупа с фокусным расстоянием 7,5 см, если глаз аккомодирован на бесконечность?

О т в е т. 3,3.

106. Лупа дает восьмикратное увеличение при аккомодации глаза на расстояние наилучшего зрения. Найти фокусное расстояние лупы и ее оптическую силу.

О т в е т. 3,6 см; 28 дптр.

107. Линзу с оптической силой 50 диоптрий используют в качестве лупы. Какое линейное увеличение она может дать, если глаз аккомодирован на расстояние наилучшего зрения?

О т в е т. 13,5 — кратное.

108. Как изменится оптическая сила хрусталика глаза при переводе взгляда со звезды на книгу (книга находится на расстоянии наилучшего зрения)?

О т в е т. Увеличится на 4 дптр.

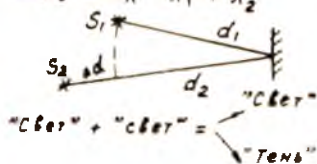
ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

С помощью структурно-логической схемы № 5 расскажите об интерференции света.

ИНТЕРФЕРЕНЦИЯ СВЕТА

Принцип суперпозиции → при $A \rightarrow 0$ → X $x_1 + x_2$

Условия \rightarrow $\max \rightarrow \Delta d = 2k \frac{\lambda}{2}$
 \rightarrow $\min \rightarrow \Delta d = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$



$A = \text{const}$ для любого t

когерентности $\gamma_1 = \gamma_2$

$\varphi_1 = \varphi_2$, т.е. $\Delta\varphi = \text{const}$

при ней \rightarrow перераспределение W
 \rightarrow обязательно - волна

ее использование

ИНТЕРФЕРОМЕТРЫ

цвета побежалости

— /зеркала изделий/

- золотисто-желтый - 245°C
- пурпурный - 250°C
- фиолетовый - 265°C
- голубой - 300°C
- синий - 315°C

— проверка качества обработки поверхности /технологические процессы/

— "просветление" оптики /коэффициент отражения/



$$\Delta d = \frac{\lambda}{2}$$

$$2h = \frac{\lambda n}{2} \rightarrow \frac{\lambda}{2n}$$

$$h = \frac{2\lambda}{4n}$$

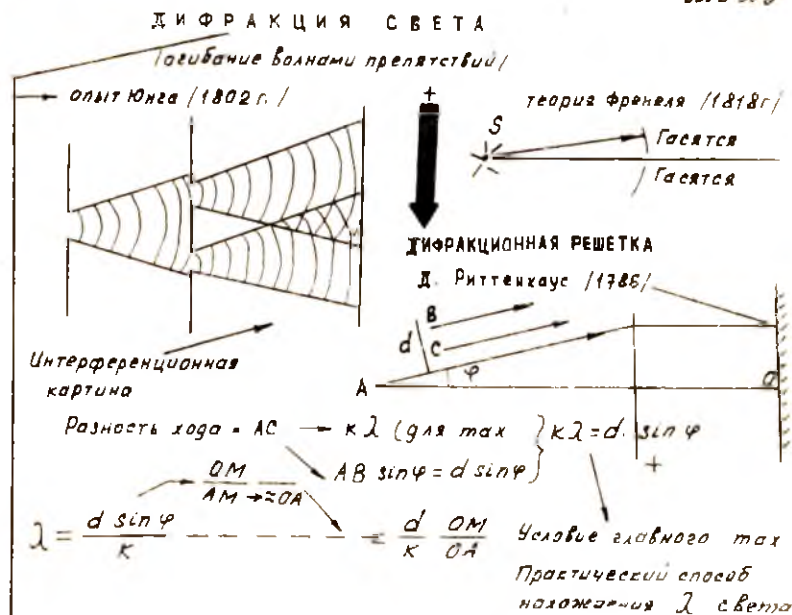
Академик И.В. Гребенщиков (1934г.) — сиреневая пленка

затемнение оптики /коэффициент отражения/ — ЛАЗЕРЫ

оптические методы определения физических величин
 /длины, толщины, показателя преломления и т.п./

Пользуясь структурно-логической схемой № 6, расскажите о дифракции света.

СЛБ № 6



учет ее

при использовании законов геометрической оптики
/размеры преломлений должны быть $\gg \lambda$ /

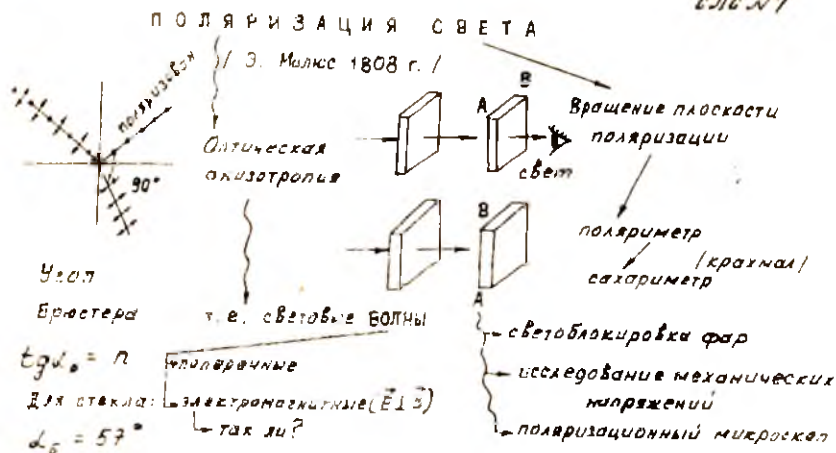
при работе с микроскопами и телескопами
/ разрешающая способность /

объектива = $f (d_{об} > \frac{1}{\lambda})$

человеческого глаза $\approx 1'$

Расскажите о поляризации света, используя структурно-логическую схему № 7.

СЛС № 7



Доказательства

- Теоретически - Д. Максвелл /1865 г. /
- Экспериментально:
 - опыт Фаридея /1848/ - \vec{B} вращает плоскость поляризации
 - явление Керра /1875/ - \vec{E} изменяет поляризацию света
 - эффект Зеемана /1896/ - \vec{B} расщепляет спектральные линии

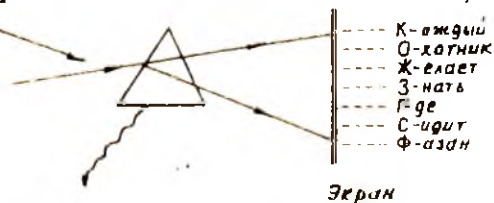
Расскажите о дисперсии света с помощью структурно-логической схемы № 8.

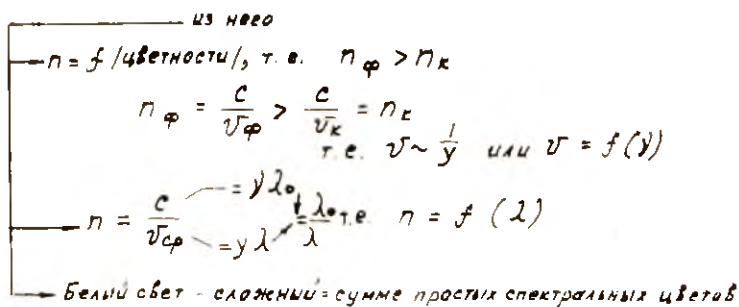
СЛС № 8

ДИСПЕРСИЯ СВЕТА

Опыт И. Ньютона

Его результат





Ответьте на следующие вопросы.

1. При помощи зеркала Френеля получены на экране интерференционные полосы. Что будет видно на экране, если одно из зеркал закрыть плотной бумагой? Если источник света прикрыть красным стеклом?

2. Как изменится интерференционная картина при замене источника, излучающего красный свет, источником фиолетового света?

3. Объясните происхождение радужной окраски пленки мыльного пузыря или тонкой пленки керосина на мокром асфальте.

4. Если две волны интерферируют друг с другом, то изменяет ли одна волна распространение другой?

5. Имеет ли место изменение энергии при интерференции волн?

6. Почему интерференция наблюдается только в тонких пленках и пластинках?

7. Объясните, почему при изменении угла падения белого света на тонкую прозрачную пластинку, изменяется ее цвет?

8. При освещении тонкой пленки из прозрачного материала монохроматическим светом, падающим перпендикулярно к поверхности пленки, на ней видны параллельные чередующиеся темные и светлые полосы на равных расстояниях друг от друга. Одинакова ли толщина отдельных участков пленки?

9. Для просветления оптики на каждую поверхность линзы наносит тонкую пленку вещества с показателем преломления, меньшим, чем у стекла линзы. Объясните действие такой пленки.

10. Как изменится картина Ньютоновых колец, если пространство между линзой и плоским стеклом заполнить жидкостью, показатель преломления которой будет больше показателя преломления материала линзы, но меньше показателя преломления пластинки?

11. Объясните, почему в центре колец Ньютона в отраженном свете всегда наблюдается темное пятно?

12. На плоской пластинке лежит плосковыпуклый отрезок стеклянного цилиндра. На этот отрезок сверху падает параллельный пучок света. Какую форму имеют интерференционные полосы?

13. Почему радуга наблюдается только после дождя в солнечную погоду?

14. Зимой иногда наблюдаются своеобразные «вещи» вокруг Солнца и Луны. Почему это происходит?

15. Почему при прохождении света через дифракционную решетку образуется спектр?

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

1. Два когерентных источника (рис. 16) испускают монохроматический свет с длиной волны $0,6 \text{ мкм}$. Определить, на каком расстоянии от точки, расположенной на экране на равном расстоянии от источников, будет первый максимум освещенности. Экран удален от источников на 3 м , расстояние между источниками $0,5 \text{ мм}$.

Дано:

$$\lambda = 0,6 \text{ мкм}$$

$$l = 3 \text{ м}$$

$$d = 0,5 \text{ мм}$$

$$x = ?$$

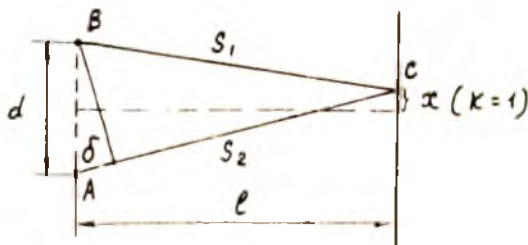


Рис. 16

Решение. Согласно условию максимума интерференции от двух когерентных источников оптическая разность хода $\delta = k\lambda$, где $k = 0, 1, 2, 3, \dots$

Для первого максимума $k = 1$, следовательно $\delta = \lambda$.

Из рисунка видно, что оптическая разность хода когерентных лучей $\delta = S_2 - S_1$.

$$\text{Так как } S_2^2 = l^2 + (d/2 + x)^2$$

$$\text{и } S_1^2 = l^2 + (d/2 - x)^2,$$

$$\text{то } S_2^2 - S_1^2 = 2xd$$

$$\text{С другой стороны, } S_2^2 - S_1^2 = (S_2 - S_1)(S_2 + S_1),$$

$$\text{откуда } S_2 - S_1 = (S_2^2 - S_1^2) / (S_2 + S_1).$$

Так как $l \ll d$, то можно положить $S_2 + S_1 = 2l$.

$$\text{Тогда } S_2 - S_1 = xd/l.$$

Согласно условию (1) $x d/l = \lambda$,
отсюда $x = \lambda \cdot l/d = 3,6$ мм.

2. Определить диаметр третьего цветного кольца Ньютона, если на плосковыпуклую линзу, имеющую радиус кривизны 120 см и положенную на плоскую пластинку, направлен пучок параллельных зеленых лучей с длиной волны 0,527 мкм.

Д а н о:

$$R = 120 \text{ см}$$

$$\lambda = 0,527 \text{ мкм}$$

$$r_3 = ?$$

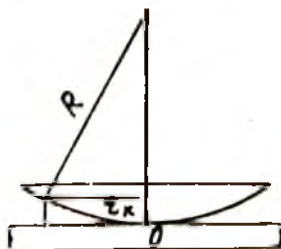


Рис. 17

Решение. Из рис. 17 видно, что условие цветного кольца, т. е. условие максимума интерференции в отраженном свете

$$\delta = 2h \cdot n - \lambda/2 = 2k \lambda/2, \quad (1)$$

где $n = 1$ — показатель преломления воздуха между линзой и пластинкой, $\lambda/2$ — добавочная разность хода, которая возникает при отражении от пластинки, как от оптически более плотной среды. Так как $R^2 = r_k^2 + (R - h)^2$,

$$\text{то} \quad r_k^2 - 2Rh + h^2 = 0.$$

Пренебрегая малой по сравнению с другими слагаемыми величиной h^2 , получаем

$$r_k = \sqrt{2Rh}.$$

$$\text{Из уравнения (1)} \quad 2h = (2k + 1) \lambda/2.$$

Тогда радиус k -го цветного кольца Ньютона

$$r_k = \sqrt{(2k + 1) \lambda \cdot R/2}.$$

Для третьего цветного кольца $k = 3$, и радиус третьего кольца Ньютона

$$r_3 = \sqrt{7 \lambda \cdot R/2} = 2,5 \text{ мм.}$$

3. Белый свет, падающий нормально на мыльную пленку ($n = 1,33$) и отраженный от нее, дает в видимом свете интерференционный максимум на волне длиной $\lambda_1 = 0,63$ мкм и ближайший к нему минимум на волне $\lambda_2 = 0,45$ мкм. Какова толщина пленки d , если считать ее постоянной?

Дано: Решение. Отраженный от верхней и нижней поверхностей пленки свет интерферирует. Условие максимума

$$n = 1,33$$

$$\lambda_1 = 0,63 \text{ мкм}$$

$$\lambda = 0,45 \text{ мкм}$$

$$d = ?$$

$$2dn - \lambda_1/2 = 2k\lambda_1/2. \quad (1)$$

Аналогично условие минимума

$$2dn - \lambda_2/2 = (2k + 1)\lambda_2/2. \quad (2)$$

Выразив из второго уравнения k и подставив его в первое, получим

$$2dn(\lambda_1 - \lambda_2)/\lambda_1 = \lambda_2/2,$$

откуда

$$d = \lambda_1\lambda_2/4n(\lambda_1 - \lambda_2) = 0,3 \text{ мкм}.$$

4. Дифракционная решетка содержит 400 штрихов на 1 мм. На решетку падает монохроматический красный свет с длиной волны 650 нм. Под каким углом виден первый максимум? Сколько всего максимумов дает эта решетка?

Дано: Решение. Условие главных максимумов дифракционной решетки

$$N = 400$$

$$l = 1 \text{ мм}$$

$$\lambda = 650 \text{ нм}$$

$$\varphi_1 = ?$$

$$m_{\text{max}} = ?$$

$$d \sin \varphi = \pm m\lambda, \quad (1)$$

где $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ — порядок главных максимумов.

Так как постоянная решетки $d = l/N$, то из уравнения (1)

$$\sin \varphi = m\lambda N/l.$$

Тогда угол, под которым будет виден главный максимум первого порядка,

$$\varphi_1 = \arcsin \lambda N/l = 15^\circ.$$

Спектр максимального порядка будет виден под углом дифракции φ , стремящимся к 90° . Тогда уравнение (1) примет вид

$$d = m_{\text{max}}\lambda,$$

откуда

$$m_{\text{max}} = d/\lambda = 3.$$

Значит, всего будет видно 7 главных максимумов: центральный ($m = 0$), три слева и три справа от него.

ЗАДАЧИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ

109. Чему равна скорость света, если луч лазера, отразившись от Луны, пришел обратно на Землю через 2,56 с? Расстояние от Земли до Луны принять равным $3,84 \cdot 10^5$ км.

Ответ. $3 \cdot 10^8$ м/с.

110. За какое время луч лазера пройдет расстояние от Земли до Марса, если расстояние от Марса до Земли при великом противостоянии $5,5 \cdot 10^7$ км?

Ответ. 183 с.

111. В историческом опыте Физо по определению скорости света расстояние между колесом, имеющим $N = 720$ зубцов, и зеркалом было 8633 м. Свет исчез первый раз при частоте вращения зубчатого колеса $\gamma = 12,67$ с⁻¹. Какое значение скорости света получил Физо?

Ответ. $3,15 \cdot 10^8$ км/с.

112. Определить радиус Земного шара, если свет проходит в вакууме расстояние, равное длине экватора Земли, за 0,139 с.

Ответ. 6640 км.

113. Определить длины волн для крайних красных и крайних фиолетовых лучей видимой части спектра, если им соответствуют частоты $3,95 \cdot 10^{14}$ и $7,5 \cdot 10^{14}$ Гц.

Ответ. 759 нм; 400 нм.

114. Какова скорость света в алмазе, если при частоте $2,73 \cdot 10^{14}$ Гц длина волны в нем 450 нм?

Ответ. $1,23 \cdot 10^8$ м/с.

115. Вода освещена зеленым светом, для которого длина волны в воздухе 0,50 мкм. Какой будет длина волны в воде? Какой цвет видит человек, открывший глаза под водой?

Ответ. 0,38 мкм. Зеленый.

116. Сколько длин волн монохроматического излучения с частотой $6 \cdot 10^{14}$ Гц укладывается на отрезке 1 м?

Ответ. $2 \cdot 10^6$.

117. Показатель преломления воды для света с длиной волны в вакууме 0,76 мкм равен 1,329, а для света с длиной волны 0,40 мкм — 1,344. Для каких лучей скорость света в воде больше?

Ответ. Для лучей с длиной волны 0,76 мкм (красные).

118. Длина волны голубых лучей в вакууме 500 нм. Определить частоту их колебаний и длину волны в воде.

Ответ. $6 \cdot 10^{14}$ Гц; 380 нм.

119. Длина волны некоторых лучей в воде 0,45 мкм. Какова длина волны их в воздухе?

Ответ. 0,6 мкм.

120. Определить скорости света в прозрачной среде для крайних красных (800 нм) и фиолетовых (400 нм) лучей, если показатели преломления в этой среде для данных волн соответственно 1,62 и 1,67. Каковы частоты и длины волн этого света в прозрачной среде?

Ответ. $1,85 \cdot 10^8$ м/с; $1,80 \cdot 10^8$ м/с; $3,75 \cdot 10^{14}$ и $7,5 \cdot 10^{14}$ Гц; 494 и 240 нм.

121. На сколько изменится длина волны желтых лучей с частотой $5,3 \cdot 10^{14}$ Гц при переходе из стекла в вакуум, если скорость их распространения в стекле $1,98 \cdot 10^8$ м/с?

О т в е т. Увеличится на 19 нм.

122. При переходе лучей из воды в вакуум длина волны их увеличилась на 0,120 мкм. Определить длины волн этих лучей в вакууме и воде.

О т в е т. 605 и 485 нм.

123. При переходе световых волн из вакуума в некоторую прозрачную среду длина волны уменьшилась в 1,31 раз. Какая это среда?

О т в е т. Лед.

124. Показатель преломления для красного света в стекле (тяжелый флинт) равен 1,6444, а для фиолетового — 1,6852. Найти: скорость распространения этих лучей в стекле; разницу углов преломления в стекле данного сорта, если угол падения равен 80° .

О т в е т. $1,82 \cdot 10^8$ м/с; $1,78 \cdot 10^8$ м/с; 1° .

125. В некоторую точку пространства приходят лучи от когерентных источников, длина волны которых 0,5 мкм, с разностью хода 0,5 мкм. Что будет наблюдаться в этой точке — усиление или ослабление света?

О т в е т. Усиление.

126. От двух когерентных источников на экран падает красный свет с длиной волны 760 нм, в результате чего образуется интерференционная картина из чередующихся красных и темных полос. Определить разность хода лучей, если в ней укладывается четыре подволны. Какая при этой разности хода лучей образуется полоса — красная или темная?

О т в е т. $1,52 \cdot 10^{-6}$ м; красная.

127. Две когерентные световые волны достигают некоторой точки с разностью хода 2,0 мкм. Что произойдет в этой точке: усиление или ослабление волн? Рассмотреть случаи, когда свет: 1) красного цвета ($\lambda_1 = 760$ нм); 2) желтого цвета ($\lambda_2 = 600$ нм); 3) фиолетового цвета ($\lambda_3 = 400$ нм).

О т в е т. 1) Ослабление; 2) ослабление; 3) усиление.

128. Два когерентных источника света S_1 и S_2 (рис. 18) испускают монохроматический свет с длиной волны 600 нм. Определить, на каком расстоянии от точки 0 на экране будет первый максимум освещенности, если $OC = 4$ м, $S_1S_2 = 1$ мм.

О т в е т. 2,4 мм.

129. Два когерентных источника S_1 и S_2 с длиной волны 0,5 мкм находятся на расстоянии 2 мм (рис. 19). Экран расположен на расстоянии 2 м от S_1 . Что будет наблюдаться в точке А экрана: усиление или ослабление света?

О т в е т. Усиление.

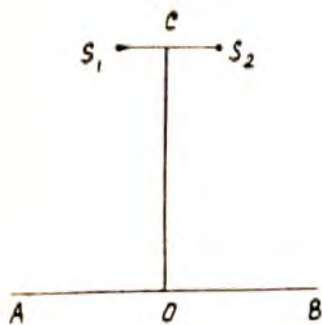


Рис. 18

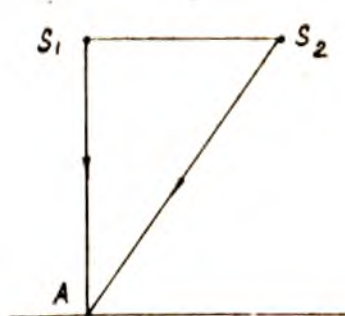


Рис. 19

130. Расстояние на экране AB (см. рис. 18) между двумя соседними максимумами освещенности равно $1,2$ мм. Определить длину волны света, испускаемого когерентными источниками S_1 и S_2 , если $OC = 2$ м, $S_1S_2 = 1$ мм.

Ответ. 600 нм.

131. Расстояние d между двумя когерентными источниками света ($\lambda = 0,5$ мкм) равно $0,1$ мм. Расстояние b между интерференционными полосами на экране средней части интерференционной картины равно 1 см. Определить расстояние l от источников до экрана.

Ответ. 2 м.

132. Расстояние d между двумя щелями в опыте Юнга равно 1 мм, расстояние l от щелей до экрана равно 3 м. Определить длину волны, испускаемой источником монохроматического света, если ширина b полос интерференции на экране равна $1,5$ мм.

Ответ. 500 нм.

133. Расстояние между двумя точечными когерентными монохроматическими источниками света $1,5$ см. Источники расположены на расстоянии 36 м от экрана так, что линия, их соединяющая, параллельна плоскости экрана. Определить длину световой волны, если расстояние между соседними интерференционными полосами $1,8$ мм.

Ответ. 750 нм.

134. В опыте Юнга расстояние d между щелями равно $0,8$ мм. На каком расстоянии l от щелей следует расположить экран, чтобы ширина b интерференционной полосы оказалась равной 2 мм? Освещение производится монохроматическим излучением с длиной волны $0,64$ мкм.

Ответ. $2,5$ м.

135. Плосковыпуклая линза, радиус кривизны которой 12 м, положена выпуклой стороной на плоскопараллельную пластинку. На

плоскую грань линзы нормально падает монохроматический свет и в отраженном свете образуются темные и светлые кольца (кольца Ньютона). Определить длину волны монохроматического света, если радиус шестого темного кольца равен $7,2 \cdot 10^{-3}$ м.

О т в е т. 720 нм.

136. Определить радиус второго темного кольца Ньютона в отраженном свете, если прибор, состоящий из плосковыпуклой линзы с радиусом кривизны 8 м и плоской пластинки, освещается монохроматическим светом с длиной волны 640 нм.

О т в е т. 3,2 мм.

137. Определить радиус кривизны линзы, лежащей на плоской пластинке, если радиус четвертого светлого кольца Ньютона, наблюдаемого в отраженном свете, оказался равным 4,5 мм. Освещение производилось светом с длиной волны 520 нм, падающим параллельно главной оптической оси линзы.

О т в е т. 11 м.

138. Плосковыпуклая линза лежит выпуклой стороной на стеклянной пластинке. Определить толщину h слоя воздуха там, где в отраженном свете ($\lambda = 0,6$ мкм) видно первое световое кольцо Ньютона.

О т в е т. 0,15 мкм.

139. Стеклянная плосковыпуклая линза с радиусом кривизны 160 см положена на плоскую стеклянную пластинку. Определить радиусы пяти светлых колец Ньютона в отраженном свете при перпендикулярном падении желтых лучей с длиной волны 589 нм.

О т в е т. 0,69 мм.

140. Какую наименьшую толщину должна иметь пластинка, сделанная из материала с показателем преломления 1,54, чтобы при ее освещении лучами с $\lambda = 750$ нм, перпендикулярными к поверхности пластинки, она в отраженном свете казалась красной? Черной?

О т в е т. 0,12 мкм; 0,24 мкм.

141. Тонкая пленка толщиной 0,50 мкм освещается светом с длиной волны 590 нм. Какой будет казаться эта пленка в проходящем свете, если показатель преломления вещества пленки 1,48, а лучи направлены перпендикулярно к поверхности пленки? Что будет происходить с окраской пленки, если ее наклонять относительно лучей?

О т в е т. Черной; пленка будет казаться то желтой, то черной.

142. Определить постоянную дифракционной решетки, имеющей 500 штрихов на одном сантиметре.

О т в е т. 0,02 мм.

143. Дифракционная решетка, постоянная которой 0,004 мм, освещается светом с длиной волны 687 нм. Под каким углом к ре-

щетки нужно производить наблюдение, чтобы видеть изображение спектра второго порядка?

Ответ. 20° .

144. Определить постоянную дифракционной решетки, если при ее освещении светом с длиной волны 656 нм второй спектр виден под углом 15° .

Ответ. $0,005 \text{ мм}$.

145. Определить длину волны монохроматического света, падающего нормально на дифракционную решетку с периодом $2,2 \text{ мкм}$, если угол между направлениями на первый и второй максимумы равен 15° .

Ответ. 534 нм .

146. Дифракционная решетка содержит 400 штрихов на 1 мм . На решетку падает монохроматический красный свет с длиной волны 650 нм . Под каким углом виден первый максимум?

Ответ. 15° .

147. В лабораторной работе по определению длины световой волны с помощью дифракционной решетки получают первый дифракционный максимум на экране на расстоянии 30 см от средней линии. Период решетки $2 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$, а расстояние от экрана до решетки $1,5 \text{ м}$. Определить по этим данным длину световой волны.

Ответ. $0,4 \text{ мкм}$.

148. Период дифракционной решетки $0,01 \text{ мм}$. Расстояние от решетки до экрана 2 м . Определить длину световой волны, если для нее первый дифракционный максимум находится на расстоянии $11,8 \text{ см}$ от центрального изображения.

Ответ. $0,590 \text{ мкм}$.

149. Дифракционная решетка, освещенная нормально падающим монохроматическим светом, отклоняет спектр первого порядка на 1° . На какой угол она отклонит спектр третьего порядка?

Ответ. 3° .

150. Определить период дифракционной решетки, которая дает в спектре первого порядка на экране, отстоящем от нее на 5 м , две линии натрия ($\lambda_1 = 589,0$ и $\lambda_2 = 589,5 \text{ нм}$) на расстоянии $0,5 \text{ мм}$ друг от друга.

Ответ. $6 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$.

151. Монохроматический свет от ртутной лампы с длиной волны 579 нм падает на дифракционную решетку с периодом $2 \cdot 10^{-6} \text{ м}$, при этом на экране образуется дифракционный спектр. Расстояние от решетки до экрана $1,5 \text{ м}$. На каком расстоянии от центральной полосы будет находиться цветная линия в спектре первого порядка?

Ответ. $4,34 \text{ см}$.

152. Для определения периода решетки на нее направили световой пучок через красный светофильтр, пропускающий лучи с дли-

ной волны 0,76 мкм. Каков период решетки, если на экране, отстоящем от решетки на 1 м, расстояние между спектрами первого порядка равно 15,2 см?

Ответ. 10 мкм.

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

Ответ. 11 см.

Таблица распределения задач по заданиям

Задание № 1					Задание № 2			
Варианты								
№ п/п	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	2	3	4	65	66	67	68
2	5	6	7	8	70	71	72	73
3	9	10	11	12	74	75	76	77
	13	14	15	18	78	79	80	81
5	21	22	19	23	82	84	85	86
6	24	25	26	27	91	92	93	94
7	28	29	30	34	95	96	97	98
8	31	32	33	35	105	106	107	108
9	36	37	38	39	109	110	111	112
10	40	41	42	43	113	114	115	116
11	44	45	46	47	125	126	127	128
12	48	49	50	51	129	130	131	132
13	53	54	55	56	135	136	137	138
14	59	60	61	62	143	144	145	146

СОДЕРЖАНИЕ

Общие указания	3
Отражение и преломление света	4
Линзы. Глаз как оптическая система	16
Волновая оптика	27
Таблица распределения задач по заданиям	40

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ И ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

Составители: **Власова Кира Николаевна,**
Карханина Галина Ивандовна,
Орлова Наталья Викторовна

Редактор Т. К. Кретьянина
Техн. редактор Г. А. Усачева
Корректор Н. Д. Чайникова

Сдано в набор 25.02.92 г. Подписано в печать 13.04.92 г.
Формат 60 × 84 1/16. Бумага оберточная белая.
Гарнитура литературная. Печать высокая.
Мел. печ. л. 2,3. Усл.кр.-отр. 2,4. Уч.-изд. л. 2,25.
Тираж 700 экз. Заказ 170. Бесплатно.

Самарский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С. П. Королева
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Тип. ЭОЗ Самарского авиационного института.
443001 Самара, ул. Ульяновская, 18.