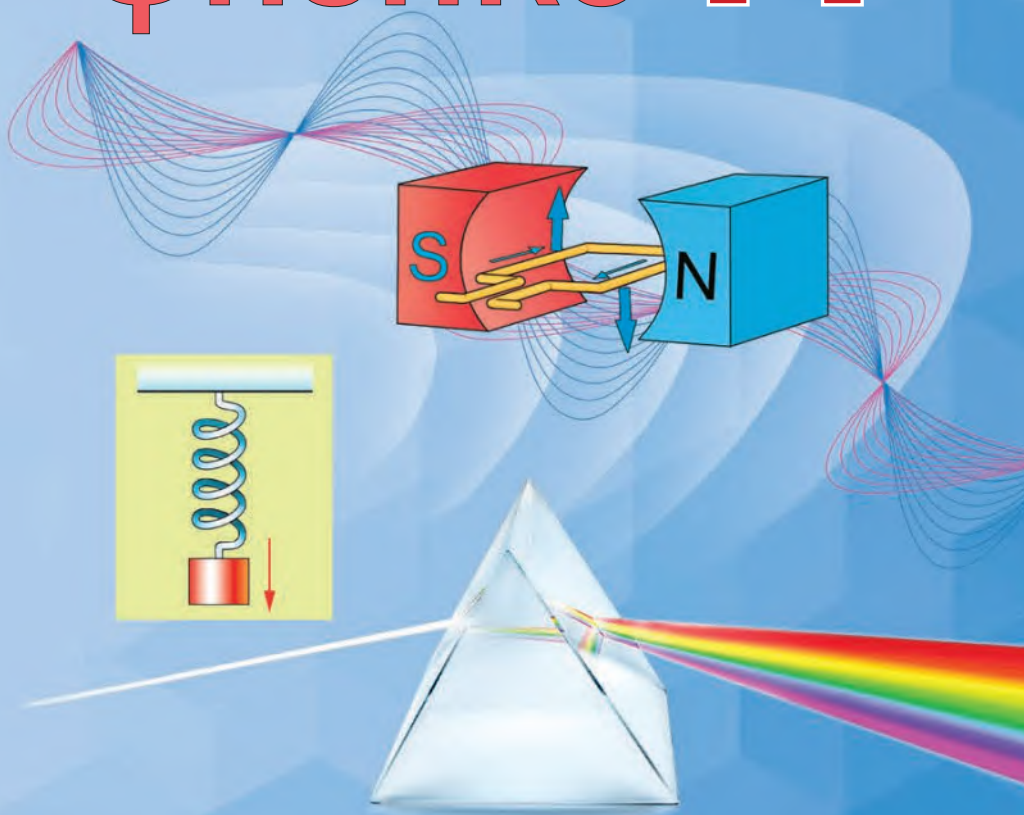


В. В. Дорофейчик, М. А. Силенков

СБОРНИК

задач по физике 11



В. В. Дорофейчик, М. А. Силенков

СБОРНИК задач по физике

Учебное пособие для **11** класса
учреждений образования,
реализующих образовательные программы
общего среднего образования
с русским языком обучения и воспитания
(базовый и повышенный уровни)

*Допущено
Министерством образования
Республики Беларусь*

Минск



Национальный институт образования
2023

Правообладатель Национальный институт образования

УДК 53(075.3=161.1)

ББК 22.3я721

Д69

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра физики учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (кандидат физико-математических наук, доцент *В. В. Тульев*);

учитель физики квалификационной категории «учитель-методист» государственного учреждения образования «Средняя школа № 21 г. Бобруйска» *С. В. Кричко*

Дорофейчик, В. В.

Д69 Сборник задач по физике : учеб. пособие для 11-го кл. учреждений образования, реализующих образоват. программы общ. сред. образования с рус. яз. обучения и воспитания (базовый и повыш. уровни) / В. В. Дорофейчик, М. А. Силенков. — Минск : Национальный институт образования, 2023. — 320 с.

ISBN 978-985-893-272-5.

Сборник содержит задачи различных видов и уровней сложности, ответы и справочные материалы. Задания расположены в порядке возрастания сложности. Адресуется учащимся 11-го класса учреждений образования, реализующих образовательные программы общего среднего образования, изучающим физику на базовом и повышенном уровнях.

УДК 53(075.3=161.1)

ББК 22.3я721

ISBN 978-985-893-272-5

© Дорофейчик В. В., Силенков М. А.,
2023

© Оформление. НМУ «Национальный
институт образования», 2023

От авторов

Овладеть знаниями школьного курса физики — это значит не только научиться понимать физические явления и закономерности, но и уметь применять их на практике. Любое использование общих положений физики для разрешения конкретного, частного вопроса есть решение физической задачи. Умение решать задачи делает знания действенными, практически применяемыми.

Данный сборник задач представляет одну из составляющих учебно-методического комплекса и соответствует учебным программам базового и повышенного уровней изучения физики для 11-го класса учреждений общего среднего образования. Сборник включает качественные, графические, тестовые, табличные и расчетные задачи различных уровней сложности. Задачи для изучения на повышенном уровне отмечены звездочкой (*). Общее количество задач, размещенных в сборнике, достаточно для того, чтобы использовать его не только для решения типовых задач на уроках, но и для организации дифференцированных домашних заданий и самообразования. В начале каждой главы приведена таблица, содержащая основные формулы и законы, необходимые при решении задач данной темы. В пределах каждой главы задачи расположены по принципу от простой к сложной и соответствуют

очередности изучения тем. Ответы к задачам и приложения представлены в конце сборника. В приложениях помещены таблицы, содержащие справочный материал, относящийся к задачам всех глав пособия: десятичные приставки к названиям единиц, основные физические постоянные, плотность веществ, абсолютный показатель преломления веществ, периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева, а также помещена таблица массы некоторых частиц и атомов. Другие справочные данные, необходимые для решения конкретных задач, для удобства помещены в текстах самих задач, например, удельная теплоемкость вещества, работа выхода электрона. Большинство задач рекомендуется решать в Международной системе единиц (СИ). Если в конечной формуле входящие физические величины однородные, то переводить их в единицы СИ необязательно.



КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

- I. Механические колебания и волны
- II. Электромагнитные колебания и волны





I. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Физическая величина или уравнение	Формула	Физические величины, входящие в формулу
Уравнение гармонических колебаний	$a_x(t) + \omega^2 x(t) = 0$	$a_x(t)$ — проекция ускорения тела в момент времени t ; ω — циклическая частота колебаний; $x(t)$ — координата колеблющегося тела в момент времени t
Кинематический закон гармонических колебаний	$x(t) = x_{\max} \sin(\omega t + \varphi_0)$ или $x(t) = x_{\max} \cos(\omega t + \varphi_0)$	$x(t)$ — координата колеблющегося тела в момент времени t ; $x_{\max}$ — амплитуда колебаний; φ_0 — начальная фаза колебаний
Фаза колебаний	$\varphi = \omega t + \varphi_0$	φ — фаза колебаний в момент времени t ; ω — циклическая частота колебаний; φ_0 — начальная фаза колебаний
Проекция скорости гармонических колебаний	$*v_x(t) =$ $= x_{\max} \omega \cos(\omega t + \varphi_0)$ или	$v_x(t)$ — проекция скорости на ось Ox в момент времени t ;

Физическая величина или уравнение	Формула	Физические величины, входящие в формулу
Скорости колебаний	$*v_x(t) = -x_{\max}\omega\sin(\omega t + \varphi_0),$ где $v_{\max} = x_{\max}\omega$	$x_{\max}$ — амплитуда колебаний; ω — циклическая частота колебаний; φ_0 — начальная фаза колебаний; $v_{\max}$ — амплитуда скорости
Проекция ускорения гармонических колебаний	$*a_x(t) = -x_{\max}\omega^2\sin(\omega t + \varphi_0)$ или $*a_x(t) = -x_{\max}\omega^2\cos(\omega t + \varphi_0),$ где $a_{\max} = x_{\max}\omega^2$	$a_x(t)$ — проекция ускорения на ось Ox в момент времени t ; $x_{\max}$ — амплитуда колебаний; ω — циклическая частота колебаний; φ_0 — начальная фаза колебаний; $a_{\max}$ — амплитуда ускорения
Период колебаний пружинного маятника	$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	T — период колебаний; m — масса груза маятника; k — жесткость пружины
Период колебаний математического маятника	$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$	T — период колебаний; l — длина нити маятника; g — модуль ускорения свободного падения
Длина волны	$\lambda = vT$	λ — длина волны; v — модуль скорости распространения волны; T — период волны

П р и м е ч а н и е. В данной главе считать: все твердые тела движутся поступательно, если это не оговорено в условии задачи; все нити невесомыми и нерастяжимыми, все пружины, ленты, жгуты и т. д. невесомыми.

1. Измерьте, сколько раз ваше сердце сокращается за одну минуту. а) С какой частотой сокращается ваше сердце? б) Чему равен период сердечных сокращений? в) На рисунке 1 представлен фрагмент кардиограммы здорового человека. Сколько сокращений за одну минуту совершает сердце этого человека?

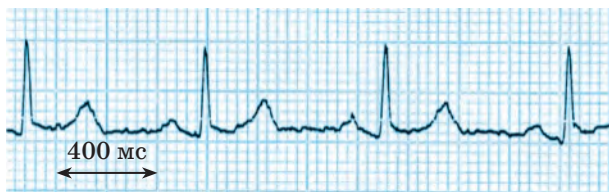


Рис. 1

2. Поплавок, частично погруженный в воду, за промежуток времени $\Delta t = 8$ с совершил $N = 16$ полных колебаний. Определите период и частоту колебаний поплавка.
3. Шарик, подвешенный к пружине, за промежуток времени $\Delta t = 16$ с совершил $N = 13$ полных колебаний. Определите циклическую частоту колебаний.
4. Циклическая частота колебаний качелей $\omega = 0,4\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$.
Определите частоту и число полных колебаний за промежуток времени $\Delta t = 25$ с.
5. Частота взмахов крыльями летящего комара $\nu_{\text{к}} = 500$ Гц, а период колебаний крыльев летящего шмеля $T_{\text{ш}} = 5,0$ мс. Сравните циклические частоты колебаний крыльев насекомых.
6. Груз, подвешенный к пружине, совершает гармонические колебания вдоль вертикальной оси Oy . Определите частоту колебаний, если груз из положения равновесия

до нижнего крайнего положения проходит за минимальный промежуток времени $\Delta t = 0,25$ с.

7. Будущий физик Андрей решил измерить частоту колебаний поплавок, качающегося на волнах в озере. Когда поплавок первый раз оказался в самой нижней точке, Андрей включил секундомер. Когда поплавок пятый раз оказался в этой точке, Андрей остановил секундомер, который показал время $t = 5$ с. Определите частоту колебаний поплавок.
8. Амплитуда гармонических колебаний некоторой точки струны $x_{\max} = 1,0$ мм. Определите путь, пройденный этой точкой струны за промежуток времени $\Delta t = 0,20$ с, если ее частота колебаний $\nu = 1,0$ кГц.
9. На гладкой горизонтальной плоскости находится груз, прикрепленный к свободному концу пружины, второй конец которой закреплен (рис. 2). Груз совершает гармонические колебания, при этом амплитуда колебаний скорости равна $v_{\max}$. На рисунке 3 представлен график зависимости координаты груза от времени. Груз, совершая колебания, последовательно проходит состояния, показанные на рисунке 2. Укажите, в какие моменты времени наблюдались эти состояния.

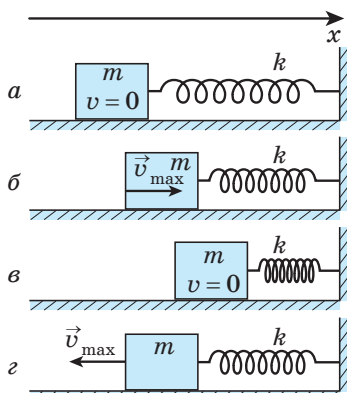


Рис. 2

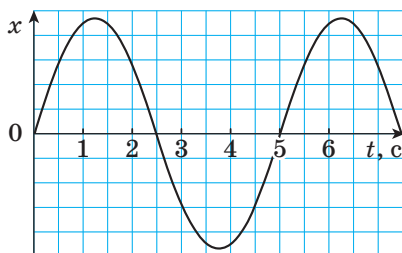


Рис. 3

10. Шарик, подвешенный на упругом жгуте, совершает гармонические колебания вдоль оси Oy по закону: $y(t) = A \sin(Bt + C)$, где $A = 10$ см, $B = 2,5\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ и $C = \frac{\pi}{4}$ рад. Определите: а) амплитуду колебаний; б) циклическую частоту; в) начальную фазу; г) период колебаний; д) путь, пройденный шариком за период колебаний.
11. Гиря, подвешенная к эластичной ленте, совершает гармонические колебания вдоль оси Oy по закону: $y(t) = A \cos(Bt)$, где $A = 0,04$ м, $B = \frac{2\pi}{3} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Определите: а) амплитуду колебаний; б) циклическую частоту; в) начальную фазу; г) начальную координату; д) координату гири в момент времени $t = 3$ с; е) число колебаний, совершенных гирей за промежуток времени $\Delta t = 15$ с.
12. Цилиндр, подвешенный к пружине, совершает гармонические колебания вдоль оси Oy по закону: $y(t) = A \sin(Bt + C)$, где $A = 12$ см, $B = \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ и $C = \frac{\pi}{6}$ рад. Определите: а) координаты цилиндра в моменты времени $t_1 = 0$ с и $t_2 = 1$ с; б) фазы колебаний цилиндра в моменты времени $t_1 = 0,5$ с и $t_2 = 5$ с; в) проекцию перемещения цилиндра на ось Oy за промежуток времени от $t_1 = \frac{1}{3}$ с до $t_2 = \frac{4}{3}$ с.
13. Координата маленького шарика, совершающего гармонические колебания вдоль оси Ox , изменяется по закону: $x(t) = A \cos(Bt)$, где $A = 50$ мм, $B = 2\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Определите, считая с момента начала отсчета времени: а) минимальный промежуток времени, когда координата шарика станет $x = 0$ м; б) проекцию перемещения шарика на ось Ox за время $t_1 = 0,75$ с; в) путь шарика за время $t_2 = 1,5$ с.

14. После удара струна гитары начала колебаться с амплитудой $x_{\max} = 2$ мм, издавая звук «соль» малой октавы ($\nu = 196$ Гц). Определите: а) *модуль максимальной скорости точек струны относительно неподвижного воздуха; б) *модуль максимального ускорения точек струны; в) путь, который относительно неподвижного воздуха прошла бы за одну секунду точка струны, амплитуда колебаний которой $x_{\max}$, если бы затухание колебаний струны не происходило.
15. *Координата кубика массой $m = 200$ г, совершающего гармонические колебания вдоль оси Ox , изменяется по закону: $x(t) = A \cos(Bt)$, где $A = 50$ см, $B = \frac{\pi}{3} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Определите: а) модуль максимальной скорости; б) модуль максимального ускорения; в) модуль максимальной равнодействующей сил, действующих на кубик; г) максимальную кинетическую энергию кубика; д) модуль максимального импульса кубика.
16. *Координата шарика массой $m = 80$ г, подвешенного на пружине и совершающего гармонические колебания вдоль оси Oy , изменяется по закону: $y(t) = A \sin(Bt + C)$, где $A = 14$ см, $B = \frac{\pi}{2} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ и $C = \frac{\pi}{3}$ рад. Определите: а) проекцию скорости в момент времени $t_1 = 1,0$ с; б) проекцию ускорения в момент времени $t_2 = 2,0$ с; в) проекцию импульса шарика в момент времени $t_3 = 3,0$ с; г) проекцию равнодействующей сил, действующих на шарик в момент времени $t_4 = 4,0$ с.
17. Брусок совершает гармонические колебания вдоль оси Ox с частотой $\nu = 0,50$ Гц и амплитудой $x_{\max} = 10$ см. В начальный момент времени брусок двигался в направлении оси Ox , а его координата была $x_0 = 0$ м. Напишите уравнение зависимости: а) координаты бруска

от времени; б) *проекции скорости на ось Ox колебаний бруска от времени; в) *проекции ускорения на ось Ox колебаний бруска от времени. Определите путь и модуль перемещения бруска за полпериода колебаний, считая от начала отсчета времени.

18. Кубик массой $m = 400$ г совершает гармонические колебания вдоль оси Ox с периодом $T = 1,0$ с и амплитудой $x_{\max} = 40$ мм. В начальный момент времени координата кубика $x_0 = x_{\max}$. Координата положения равновесия кубика $x = 0$ м. Напишите: а) кинематический закон гармонических колебаний кубика; б) *уравнение зависимости проекции импульса кубика на ось Ox от времени; в) *уравнение зависимости проекции равнодействующей сил, действующих на кубик, на ось Ox от времени. Определите путь и проекцию перемещения кубика за промежуток времени $\Delta t = 0,75$ с, считая от начала отсчета времени.

19. На рисунке 4 представлен график зависимости координаты груза, совершающего гармонические колебания вдоль оси Ox , от времени. Определите: а) амплитуду колебаний; б) период колебаний; в) частоту колебаний; г) циклическую частоту; д) *моменты времени, когда модуль скорости груза максимальный.

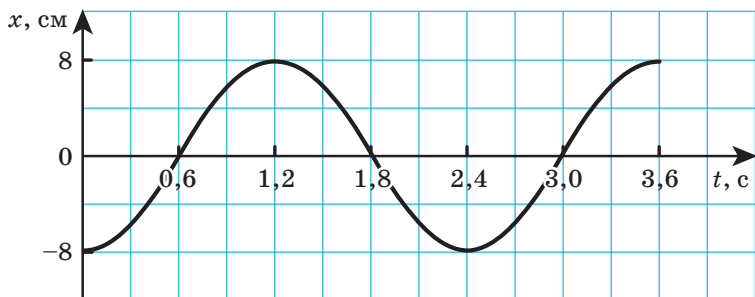


Рис. 4

20. Колебания пружинного маятника, описываемые уравнением $x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$, начались в момент времени $t_0 = 1,0$ с. На рисунке 5 показан график зависимости координаты маятника от времени. Определите начальную фазу колебаний.

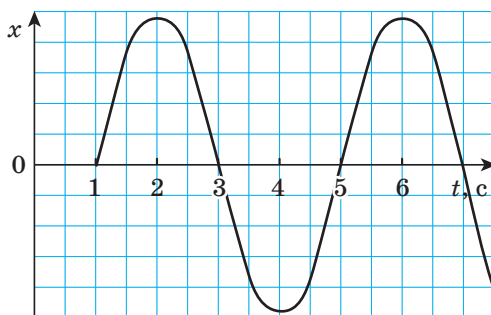


Рис. 5

21. На рисунке 6 представлены графики зависимости координаты грузов 1 и 2, подвешенных на пружинах и совершающих гармонические колебания с одинаковой частотой. Определите разность фаз колебаний грузов, если модуль этой разности $|\Delta\varphi| < \pi$. Найдите начальный и конечный моменты промежутка времени, в течение которого грузы одновременно двигались вверх в направлении оси Oy .

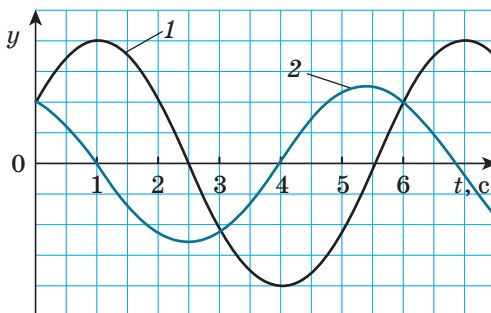


Рис. 6

22. *На рисунке 7 представлен график зависимости проекции скорости материальной точки на ось Ox от времени. Определите, какой график на рисунке 8 соответствует графику: а) зависимости координаты материальной точки от времени; б) зависимости проекции ускорения материальной точки на ось Ox от времени.

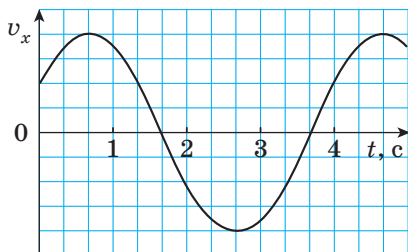


Рис. 7

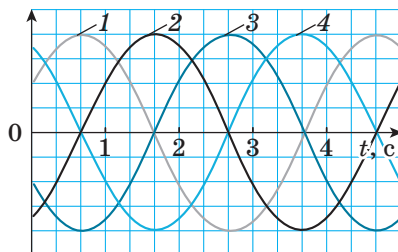


Рис. 8

23. На рисунке 9 представлен график гармонических колебаний бруска вдоль оси Ox . 1) *Определите модуль максимальной скорости и модуль максимального ускорения бруска. 2) Запишите кинематический закон колебаний бруска. 3) Найдите среднюю скорость пути бруска за период колебаний.

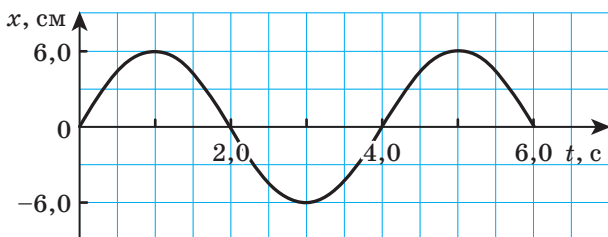


Рис. 9

24. На рисунке 10 представлен график гармонических колебаний маленькой муфты, прикрепленной к пружине и движущейся вдоль оси Ox . Запишите: а) кинематический закон гармонических колебаний муфты; б) *уравнение зависимости проекции скорости муфты на ось

Ox от времени; в) *уравнение зависимости проекции ускорения муфты на ось Ox от времени.

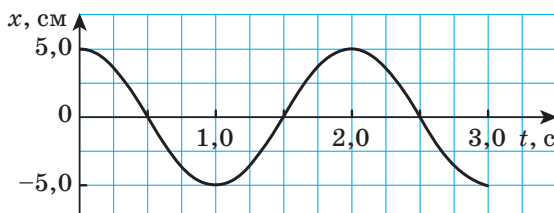


Рис. 10

25. На рисунке 11 представлен график гармонических колебаний груза на пружине. 1) *Постройте графики зависимости проекции скорости и проекции ускорения груза на ось Ox от времени. 2) Найдите смещение (координату) колеблющегося груза: а) в моменты времени $t_0 = 0,0$ с, $t_1 = 0,10$ с, $t_2 = 0,25$ с; б) при фазах $\varphi_1 = \frac{\pi}{6}$ рад, $\varphi_2 = \frac{\pi}{3}$ рад, $\varphi_3 = \frac{3\pi}{2}$ рад.

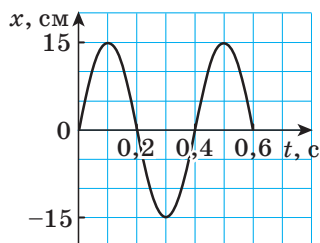


Рис. 11

26. *Два маленьких груза совершают гармонические колебания. Модуль максимальной скорости первого груза $v_{1\max} = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Определите модуль максимальной скорости второго груза, если период его колебаний в $n = 3$ раза, а амплитуда колебаний в $k = 6$ раз больше соответственно периода и амплитуды колебаний первого груза.

27. *Циклическая частота колебаний одного из шариков, совершающих гармонические колебания, $\omega_1 = 36 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$, другого — $\omega_2 = 9 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Определите, во сколько раз отличаются модули максимальных ускорений шариков, если амплитуды их колебаний одинаковы.
28. *Маленький груз, двигаясь вдоль оси Ox , совершает гармонические колебания с периодом $T = 1,2 \text{ с}$. В некоторый момент времени отклонение груза от положения равновесия $x = 70 \text{ мм}$. Определите модуль ускорения груза в этот момент времени.
29. *Маленький брусок, двигаясь вдоль оси Ox , совершает гармонические колебания с амплитудой $A = 5 \text{ см}$. Определите модуль максимальной скорости бруска, если его модуль максимального ускорения $a_{\text{max}} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.
30. *Два одинаковых шарика совершают гармонические колебания вдоль оси Ox . На рисунке 12 представлены графики зависимости координаты шариков от времени. Определите, во сколько раз отличаются: а) модули максимальных скоростей шариков; б) модули максимальных ускорений шариков; в) максимальные кинетические энергии шариков.

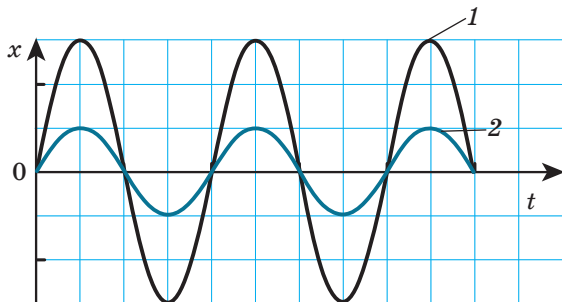


Рис. 12

31. * Два маленьких цилиндра равной массы совершают гармонические колебания вдоль оси Ox . На рисунке 13 представлены графики зависимости координаты цилиндров от времени. Определите, во сколько раз отличаются: а) модули максимальных импульсов цилиндров; б) модули максимальных равнодействующих сил, действующих на цилиндры.

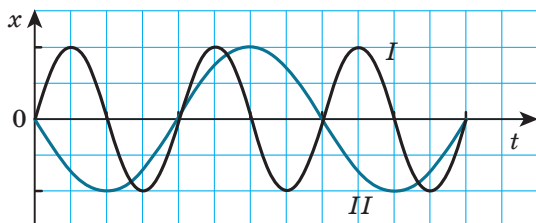


Рис. 13

32. Груз, подвешенный на нити, совершает гармонические колебания с амплитудой A . На рисунке 14 показаны положение и скорость груза в некоторый момент времени t_0 . Определите: а) момент времени t_0 и изменение фазы колебаний за одну секунду, если график на рисунке 15 характеризует зависимость координаты x груза от времени t ; б) * момент времени t_0 , если график на рисунке 15 характеризует зависимость проекции ускорения a_x груза на ось Ox от времени t ; в) * момент времени t_0 , если график на рисунке 15 характеризует зависимость проекции скорости v_x груза на ось Ox от времени t .

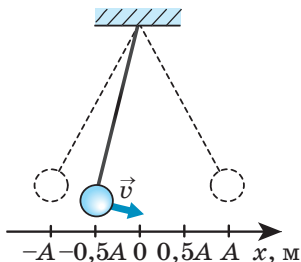


Рис. 14

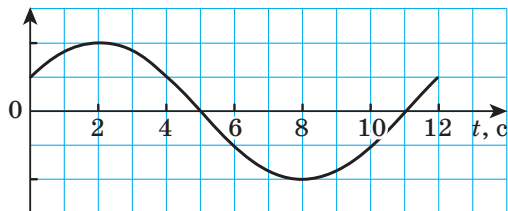


Рис. 15

33. Шарик, подвешенный на нити, совершает гармонические колебания. На рисунке 16 показаны положение шарика и направление скорости его движения в некоторый момент времени t_0 . В крайних положениях нить отклоняется от вертикали на угол $\alpha = \frac{\pi}{10}$ рад. (Этот угол считайте малым: $\sin \frac{\pi}{10} = \frac{\pi}{10}$.) Определите: а) фазу колебаний, когда шарик придет в точку 3, если в точке 2 фаза колебаний шарика равна нулю; б) *период колебаний шарика, если в точке 2 его угловая скорость $\omega = \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$.

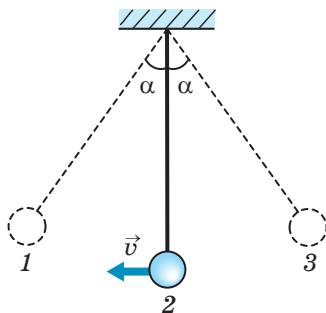


Рис. 16

34. *Груз, прикрепленный к легкой пружине, совершает гармонические колебания с амплитудой $x_{\text{max}} = 40$ мм. Определите модуль максимальной равнодействующей сил, приложенных к грузу, если масса груза $m = 200$ г, а циклическая частота колебаний $\omega = 10 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$.
35. *Груз массой $m = 450$ г, прикрепленный к легкой пружине, совершает гармонические колебания с циклической частотой $\omega = 8,0 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Определите амплитуду колебаний, если модуль максимального импульса груза $p_{\text{max}} = 0,18 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$.

36. *Груз массой $m = 60$ г совершает свободные гармонические колебания с амплитудой $x_{\max} = 16$ см и циклической частотой $\omega = 5\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Определите максимальную кинетическую энергию колебаний груза.
37. *Определите амплитуду гармонических колебаний шарика, если его максимальная кинетическая энергия $(W_{\text{к}})_{\max} = 0,1$ Дж, а модуль максимальной равнодействующей сил, действующих на шарик, $F_{\max} = 10$ Н.
38. *Зависимость координаты бруска массой $m = 500$ г, совершающего свободные колебания вдоль оси Ox , описывается уравнением $x(t) = A \sin(Bt)$, где $A = 40$ см, $B = 2\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Определите максимальную кинетическую энергию колебаний бруска.
39. *Маленький шарик массой $m = 10$ г совершает вертикальные гармонические колебания. Определите среднюю скорость движения шарика между крайними положениями, если максимальная кинетическая энергия колеблющегося шарика $(W_{\text{к}})_{\max} = 0,20$ Дж.
40. *Небольшой шарик, подвешенный на легкой пружине, совершает вертикальные гармонические колебания с амплитудой $x_{\max} = 2,0$ см. Максимальная кинетическая энергия колеблющегося шарика $(W_{\text{к}})_{\max} = 0,30$ мДж. При каком смещении (координате) от положения равновесия проекция равнодействующей сил, действующих на шарик, $F_x = -22,5$ мН, если координатная ось Ox направлена вертикально, а координата, соответствующая положению равновесия шарика, $x_0 = 0$ мм?
41. *Цилиндр совершает гармонические колебания под действием силы, модуль максимального значения которой $F_{\max} = 20$ Н. Определите циклическую частоту колебаний цилиндра, если его модуль максимального импульса $p_{\max} = 4,0 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$.

42. *Координата груза, совершающего гармонические колебания вдоль оси Ox , имеет вид: $x(t) = A \sin(Bt + C)$, где A, B, C — константы, причем $-\pi < C \leq \pi$. Максимальная кинетическая энергия груза $(W_k)_{\max} = 30$ мкДж, модуль максимальной равнодействующей сил, действующих на груз, $F_{\max} = 1,5$ мН. Запишите кинематический закон гармонических колебаний груза, если период колебаний $T = 2$ с, начальная фаза $\varphi_0 = \frac{\pi}{3}$ рад.
43. *Запишите кинематический закон гармонических колебаний груза, если модуль его максимального ускорения $a_{\max} = 50 \frac{\text{см}}{\text{с}^2}$, период колебаний $T = 2$ с, смещение груза от положения равновесия в начальный момент времени $x_0 = 2,5$ см. Колебания совершаются по закону: $x(t) = A \sin(Bt + C)$, где A, B, C — константы, причем $-\pi < C \leq \pi$.
44. Груз совершает гармонические колебания вдоль оси Ox . В начальный момент времени груз находился в положении равновесия и его координата была $x_0 = 0$, а в момент времени $t = 0,20$ с координата груза впервые стала $\frac{x_{\max}}{\sqrt{2}}$, где $x_{\max}$ — амплитуда колебаний. Определите период колебаний груза.
45. Период гармонических колебаний бруска, колеблющегося вдоль оси Ox , $T = 2,4$ с. Определите, через какой минимальный промежуток времени брусок сместится из положения равновесия на расстояние, равное половине амплитуды.
46. Небольшой груз совершает гармонические колебания вдоль оси Ox . Расстояние между точками максимального отклонения груза от положения равновесия разделено на четыре равных отрезка. Определите отношение

промежутка времени, за который груз проходит один из крайних отрезков, к промежутку времени, за который груз проходит один из средних отрезков.

47. *Брусок совершает гармонические колебания вдоль оси Ox с периодом $T = 6$ с. Определите, через какой минимальный промежуток времени после начала отсчета времени проекция скорости движения бруска будет равна половине проекции его максимальной скорости. В начальный момент времени брусок находился в положении равновесия.
48. Шарик, подвешенный на пружине, совершает гармонические колебания, описываемые уравнением $y(t) = y_{\max} \cos(\omega t)$, где $\omega = \frac{\pi}{2} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Считая, что шарик пришел в движение в момент начала отсчета времени, определите промежуток времени, за который шарик пройдет путь, равный: а) амплитуде колебаний; б) трем амплитудам колебаний; в) двум с половиной амплитудам колебаний.
49. Амплитуда гармонических колебаний маленького бруска, колеблющегося вдоль оси Ox , $x_{\max} = 4$ см. В начальный момент времени его проекция скорости положительна, а координата $x_0 = 2$ см. Определите, через какой минимальный промежуток времени координата бруска вновь станет $x = 2$ см, если период колебаний $T = 1,8$ с.
50. *Шарик совершает гармонические колебания вдоль оси Ox . При смещении от положения равновесия на $x_1 = 4$ см его проекция скорости $v_{1x} = 6 \frac{\text{см}}{\text{с}}$, а при смещении на $x_2 = 3$ см его проекция скорости $v_{2x} = 8 \frac{\text{см}}{\text{с}}$. Определите циклическую частоту, амплитуду колебаний, модуль максимальной скорости колебаний шарика.

51. *По скользкой дорожке навстречу хозяину, виляя хвостом с частотой $\nu = 4$ Гц, бежит собака. Масса хвоста составляет $\alpha = 2\%$ массы собаки. При какой минимальной амплитуде колебаний хвоста собака не сможет бежать ровно, если коэффициент трения между лапами собаки и дорожкой $\mu = 0,1$?

Примечание. Тело собаки и ее хвост считайте материальными точками.

52. На гладкой горизонтальной плоскости находится груз, прикрепленный к свободному концу пружины, второй конец которой закреплен (рис. 17). Груз совершает свободные гармонические колебания. На рисунке 18 показан график зависимости координаты груза от времени. Колебания груза начались в момент времени $t_0 = 0$ с.
- а) Какие действия провели непосредственно перед началом колебаний: 1) сжали пружину; 2) груз поместили в положение равновесия; 3) пружину растянули; 4) грузу сообщили скорость в направлении оси Ox ; 5) груз отпустили без начальной скорости; 6) грузу сообщили скорость против направления оси Ox ? б) Укажите точки, в которых возвращающая сила направлена против направления движения груза.

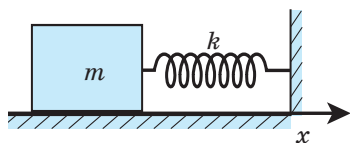


Рис. 17

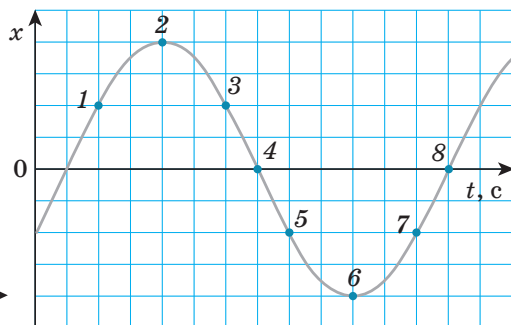


Рис. 18

53. Приведите в соответствие действие, проведенное с пружинным маятником, с его влиянием на частоту свободных колебаний маятника.

Действие	Частота колебаний маятника
А. Уменьшили массу груза. Б. Уменьшили жесткость пружины. В. Уменьшили амплитуду колебаний. Г. Перевезли маятник с Земли на Луну	1. Увеличилась. 2. Уменьшилась. 3. Не изменилась

54. На гладкой горизонтальной плоскости находится груз массой $m = 0,25$ кг, прикрепленный к свободному концу пружины, второй конец которой закреплен (рис. 17). Определите циклическую частоту свободных гармонических колебаний груза, если жесткость пружины $k = 100 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$.

55. Цилиндр массой $m = 320$ г совершает гармонические колебания на пружине жесткостью $k = 50 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$. Определите период колебаний цилиндра.

56. Груз, подвешенный на резиновом шнуре, совершает свободные гармонические колебания в вертикальной плоскости. Во сколько раз изменится период колебаний, если груз подвесить на том же шнуре, сложенном вдвое?

57. Однородную пружину разрезали на две части с отношением длин 1:2. К ее короткой части прикрепили груз массой m , а к длинной — груз массой $2m$. Во сколько раз различаются частоты колебаний полученных пружинных маятников?

58. Какой цифрой на рисунке 19 обозначен график зависимости частоты свободных гармонических колебаний пружинного маятника от массы?

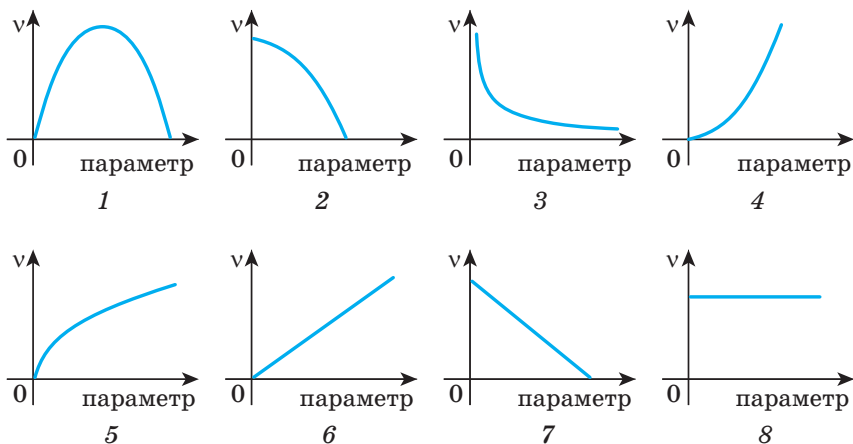


Рис. 19

59. Какой цифрой на рисунке 19 обозначен график зависимости частоты свободных гармонических колебаний пружинного маятника от жесткости пружины?
60. Однородный алюминиевый шарик, подвешенный к пружине, совершает гармонические колебания. Во сколько раз увеличится период колебаний, если к пружине подвесить вместо алюминиевого однородный медный шарик такого же объема?
61. Стекланный и деревянный однородные кубики, подвешенные на одинаковых пружинах, совершают гармонические колебания. Плотность стекла $\rho_c = 2,4 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$, плотность древесины $\rho_d = 0,6 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$. Определите отношение частот колебаний кубиков, если ребро стеклянного кубика в четыре раза меньше ребра деревянного.

62. Для взвешивания космонавтов на борту МКС используется измеритель массы, представляющий собой платформу, прикрепленную к пружине, второй конец которой закреплен на корпусе станции. Один из космонавтов, масса которого $m_1 = 75$ кг, прижавшись к платформе, совершает три свободных колебания за время $t_1 = 3,0$ с. Определите массу второго космонавта, совершающего три колебания за время $t_2 = 3,2$ с. Массами пружины и платформы пренебречь.
63. В настоящее время устройством, играющим роль маятника в часах-ходиках, является кварцевая пластина, частота собственных колебаний которой очень слабо зависит от температуры и других внешних факторов. Как и для пружинного маятника, период колебаний кварцевой пластины прямо пропорционален квадратному корню из массы пластины. Это свойство используется для изготовления сверхчувствительных весов. Пусть масса пластины $m_1 = 0,1$ г, частота собственных колебаний $\nu = 1\,000\,000$ Гц. На пластину поместили образец, и частота колебаний изменилась на $|\Delta\nu| = 10$ Гц. Определите массу образца.
64. К двум легким пружинам различной жесткости подвешены грузы равной массы. При этом отношение удлинений пружин $\frac{\Delta l_1}{\Delta l_2} = 2$. Определите отношение полных механических энергий пружинных маятников, если отношение их амплитуд колебаний $\frac{x_{2\max}}{x_{1\max}} = 2$.
65. *К жгуту и пружине подвешены одинаковые грузы, которые совершают свободные гармонические колебания в вертикальном направлении с одинаковой максимальной скоростью. Определите отношение амплитуд колебаний, если отношение жесткости жгута к жесткости пружины $\frac{k_{\text{ж}}}{k_{\text{п}}} = 4$.

66. Шарик, подвешенный на пружине жесткостью $k = 25 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$, совершает свободные гармонические колебания в вертикальном направлении. Определите массу шарика, если $N = 25$ колебаний шарик совершил за промежуток времени $\Delta t = 16$ с.
67. На пружине подвешен груз, находящийся в покое. При этом абсолютное удлинение пружины $\Delta l = 6,4$ см. Груз сместили вертикально вниз и отпустили. Определите период свободных гармонических колебаний груза.
68. *Ластик, привязанный к упругому жгуту жесткостью $k = 10 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$, совершает свободные гармонические колебания в вертикальном направлении с амплитудой $x_{\max} = 40$ мм. Определите массу ластика, если модуль его максимальной скорости $v_{\max} = 80 \frac{\text{см}}{\text{с}}$.
69. *На гладкой горизонтальной плоскости находится брусок массой $m = 100$ г, прикрепленный к свободному концу пружины, второй конец которой закреплен (рис. 17). Жесткость пружины $k = 40 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$. Брусок совершает свободные гармонические колебания. Определите амплитуду колебаний, если модуль максимального импульса бруска $p_{\max} = 0,050 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$.
70. *На гладкой горизонтальной плоскости находится груз массой $m = 160$ г, прикрепленный к свободному концу пружины, второй конец которой закреплен (рис. 17). Жесткость пружины $k = 80 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$. Груз совершает свободные гармонические колебания с амплитудой $x_{\max} = 40$ мм. Определите модуль максимального ускорения груза.

71. Шарик массой $m = 50$ г, подвешенный на пружине, совершает свободные гармонические колебания в вертикальном направлении с амплитудой $x_{\max} = 50$ мм. Определите модуль максимальной равнодействующей сил, действующих на шарик. Жесткость пружины $k = 3,2 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$. Сколько полных колебаний совершает маятник за промежуток времени $\Delta t = 6,28$ с?
72. Однородный чугунный груз, подвешенный к упругой пружине жесткостью $k = 20 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$, совершает свободные гармонические колебания вдоль вертикальной оси. Путь $s = 48$ мм от крайнего верхнего до крайнего нижнего положения груз проходит за промежуток времени $\Delta t = 0,28$ с. Определите: а) число колебаний за промежуток времени $\Delta t_1 = 42$ с; б) объем груза; в) *модули максимальной скорости и максимального ускорения груза.
73. *Неподвижный груз массой $m = 100$ г, подвешенный на пружине, растягивает ее на $\Delta l = 10$ см. Груз сместили вертикально вниз на $x_{\max} = 10$ см и отпустили. Определите максимальную кинетическую энергию и модуль максимального импульса груза во время свободных гармонических колебаний.
74. *Груз массой m , подвешенный на пружине, совершает свободные гармонические колебания в вертикальном направлении с амплитудой A и периодом T . Определите модуль силы, с которой пружина подействует на груз в тот момент времени, когда груз достигнет нижней точки траектории.
75. Ртуть массой $m = 40,8$ г, находящуюся в U-образном ртутном манометре, вывели из положения равновесия. Определите период собственных колебаний ртути в манометре, если диаметр трубки манометра $d = 4,0$ мм. Силами трения и поверхностного натяжения пренебречь.

76. К деревянному бруску массой $m = 810$ г прикрепле- на невесомая горизонтальная пружина жесткостью $k = 9,00 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$. Брусok скользит по гладкой горизонталь- ной плоскости (пружина находится впереди бруска) и сталкивается по нормали с вертикальной стеной. Определите промежуток времени, в течение которого пружина будет касаться стены.
77. *Шарик, подвешенный на пружине, сместили из поло- жения равновесия вертикально вниз на $\Delta l = 3$ см и со- общили ему направленную вертикально вниз скорость, модуль которой $v_0 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, после чего шарик стал совер- шать свободные гармонические колебания, циклическая частота которых $\omega = 25 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Определите амплитуду ко- лебаний.
78. *Брусok массой $m_1 = 246$ г, лежащий на гладком полу, соединен со стеной пружиной, ось которой горизонталь- на. В брусok попадает дробинка массой $m_2 = 4$ г, летя- щая вдоль оси пружины со скоростью, модуль которой $v_0 = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Брусok вместе с застрявшей в нем дробинкой начинает колебаться с амплитудой $x_{\text{max}} = 8$ см. Опреде- лите циклическую частоту свободных гармонических колебаний.
79. Цилиндрический поплавok массой m и площадью осно- вания S плавает, частично погрузившись в воду. После того как, увеличив глубину погружения поплавок, его отпустили, поплавок начал совершать вертикальные гармонические колебания. Определите частоту этих ко- лебаний. Плотность воды равна ρ . Силой сопротивления пренебречь.

80. *В воде плавает в вертикальном положении деревянный цилиндр. Цилиндр немного глубже погрузили в воду и отпустили. После этого он начал колебаться с амплитудой $x_{\max} = 1,0$ см. Определите площадь основания цилиндра, если его максимальная кинетическая энергия $(W_k)_{\max} = 2,4$ мДж. Сопротивлением воды пренебречь.
81. Цилиндр находится в вертикальном положении на границе раздела двух жидкостей и делится этой границей на две равные части. Длина цилиндра l . Плотность нижней жидкости ρ_1 , верхней — ρ_2 . Цилиндр немного сместили по вертикали вниз и отпустили. Не учитывая силу сопротивления жидкости, найдите период малых вертикальных колебаний цилиндра.
82. Приведите в соответствие действие, проведенное с математическим маятником, с его влиянием на период свободных гармонических колебаний маятника.

Действие	Период колебаний маятника
А. Уменьшили массу груза. Б. Уменьшили длину нити. В. Уменьшили амплитуду колебаний. Г. Перевезли маятник на Луну	1. Увеличился. 2. Уменьшился. 3. Не изменился

83. Математический маятник совершил $N_1 = 30$ полных колебаний, а пружинный маятник за такой же промежуток времени — $N_2 = 12$ полных колебаний. Во сколько раз период колебаний пружинного маятника больше периода колебаний математического маятника?
84. Один из математических маятников совершил $N_1 = 20$ полных колебаний, а другой за такой же промежуток времени — $N_2 = 40$ полных колебаний. Определите отношение длин этих маятников.

85. На рисунке 20 показаны три математических маятника. Определите период колебаний первого и второго маятников, если период колебаний третьего маятника $T_3 = 1,8$ с.

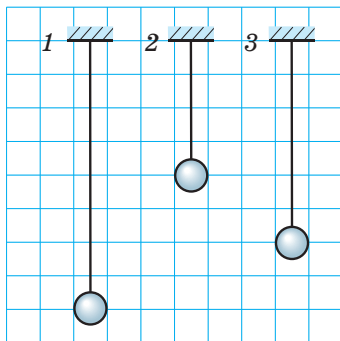


Рис. 20

86. В часовне мемориального комплекса на Буйничском поле в Могилевском районе установлен маятник Фуко (рис. 21), демонстрирующий суточное вращение Земли. Определите период колебаний маятника, если длина подвеса $l = 25$ м.



Рис. 21

87. Определите длину математического маятника, частота свободных колебаний которого $\nu = 0,65$ Гц.

88. Какой цифрой на рисунке 22 обозначен график зависимости частоты свободных гармонических колебаний математического маятника от длины маятника?
89. Какой цифрой на рисунке 22 обозначен график зависимости частоты свободных гармонических колебаний математического маятника от массы?

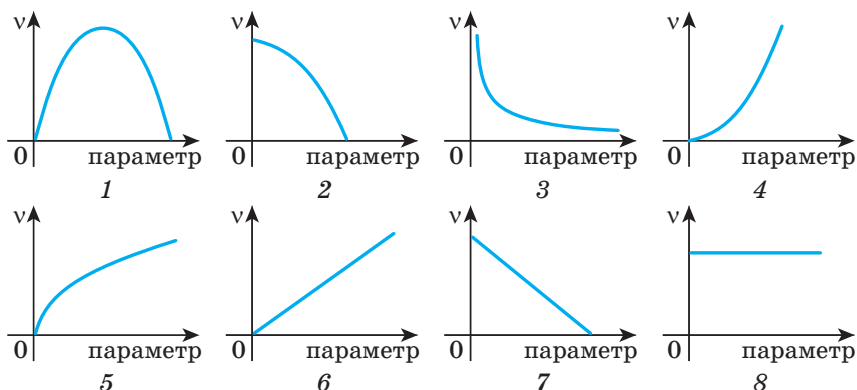


Рис. 22

90. Пружинный и математический маятники совершают свободные гармонические колебания с одинаковым периодом. Определите массу груза пружинного маятника, если жесткость пружины $k = 10 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$, а длина математического маятника $l = 50$ см.
91. Два математических маятника совершают свободные гармонические колебания: один — с периодом $T_1 = 1,2$ с, другой — с периодом $T_2 = 0,50$ с. Определите период свободных гармонических колебаний математического маятника, длина которого равна сумме длин данных маятников.
92. При уменьшении длины математического маятника на $\Delta l = 6,9$ см циклическая частота его колебаний увеличилась в $n = 1,3$ раза. Определите период колебаний маятника с первоначальной длиной.

93. Два математических маятника совершают свободные гармонические колебания. За одинаковое время один математический маятник совершил $N_1 = 50$ колебаний, а второй — $N_2 = 25$ колебаний. Найдите длины маятников, если один из них короче другого на $\Delta l = 33$ см.
94. Два математических маятника совершают гармонические колебания вдоль оси Ox с периодами $T_1 = 6,0$ с и $T_2 = 5,0$ с. В некоторый момент времени их координаты x были одинаковы и маятники двигались в одном направлении. Через какой минимальный промежуток времени координаты x маятников и их направления скоростей соответственно снова совпадут?
95. *Математический маятник совершает свободные гармонические колебания с амплитудой $x_{\max} = 45$ мм. Определите модуль максимального ускорения маятника, если длина маятника $l = 90$ см.



Рис. 23

96. *Амплитуда свободных гармонических колебаний маятника Фуко (рис. 23), установленного в Белорусском государственном педагогическом университете имени Максима Танка, $x_{\max} = 1,3$ м, а его длина $l = 7,5$ м. Определите модуль максимальной скорости движения маятника.

97. *Математический маятник массой $m = 500$ г и длиной $l = 1,5$ м совершает свободные гармонические колебания. Определите амплитуду колебаний, если модуль максимальной равнодействующей сил, приложенных к маятнику, $F_{\max} = 0,16$ Н.
98. *Математический маятник массой $m = 40$ г и длиной $l = 0,8$ м совершает свободные гармонические колебания с амплитудой $x_{\max} = 2$ см. Определите максимальную кинетическую энергию маятника.
99. *Шарик массой $m = 80$ г, подвешенный на невесомой нерастяжимой нити, совершает свободные гармонические колебания с амплитудой $x_{\max} = 12$ см. Определите длину нити, если модуль максимального импульса шарика $p_{\max} = 0,024 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$.
100. *После того как котенок (рис. 24) запрыгнул на неподвижную люстру, люстра с котенком начала колебаться с амплитудой $A = 20$ см и периодом $T = 1,5$ с. Определите проекцию скорости котенка на горизонтальную ось во время прыжка, если масса котенка в два раза меньше массы люстры. Котенка и люстру считайте материальными точками.

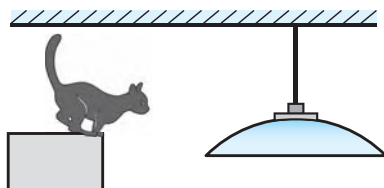


Рис. 24

101. *На тросе длиной $L = 10$ м, закрепленном на стреле подъемного крана, неподвижно висит груз. Стрела крана начала двигаться в горизонтальном направлении с постоянной скоростью $v = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Определите: а) амплитуду

колебаний груза относительно стрелы; б) модуль максимальной скорости груза относительно земли; в) через какое минимальное время после начала движения модуль скорости груза относительно земли станет равен нулю.

- 102.** Математический маятник длиной l совершает свободные гармонические колебания вдоль вертикальной стены. Под точкой подвеса маятника на расстоянии $0,36l$ от нее в стену вбит гвоздь, ограничивающий движение нити маятника. Определите период колебаний такого маятника.
- 103.** Определите отношение периодов гармонических колебаний математических маятников равной длины на некоторой планете и на Земле, если масса планеты в $n = 9,0$ раза больше массы Земли, а ее радиус в $k = 2,0$ раза больше радиуса Земли.
- 104.** Стальной шарик массой $m = 10$ г, подвешенный на невесомой нерастяжимой нити, совершает над полюсом магнита свободные гармонические колебания с периодом $T_1 = 0,5$ с. Если убрать магнит, то период колебаний шарика станет $T_2 = 1,0$ с. Определите модуль силы притяжения шарика к магниту.
- 105.** В неподвижном лифте находится маятник, период свободных гармонических колебаний которого $T_0 = 0,88$ с. Определите период свободных колебаний этого маятника, если: а) лифт будет двигаться с направленным вниз ускорением, модуль которого $a_1 = 3,6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$; б) лифт будет двигаться с направленным вверх ускорением, модуль которого $a_2 = 2,1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.
- 106.** Обязательным атрибутом кабины космического корабля является мягкая игрушка (рис. 25), которая не только играет роль талисмана, но и помогает космонавтам уловить момент наступления невесомости. При выводе

космического корабля на околоземную орбиту ускорение может достигать величины $3g$. Определите максимальное отношение частоты малых колебаний игрушки при выводе ракеты на околоземную орбиту к частоте колебаний игрушки на Земле до полета. Как игрушка помогает космонавтам установить момент наступления невесомости?



Рис. 25

- 107.** Шарик, имеющий массу m и положительный заряд q , подвешен на невесомой непроводящей нити длиной l в однородном электростатическом поле, линии напряженности которого направлены вертикально вверх. Определите период свободных малых колебаний шарика, если модуль напряженности электростатического поля равен E .
- 108.** Положительно заряженный шарик массой $m = 30$ г, подвешенный на нерастяжимой нити над положительно заряженной горизонтальной плоскостью, совершал свободные гармонические колебания с периодом $T_0 = 2,0$ с. Модуль силы, с которой электрическое поле действовало на шарик, $F = 0,10$ Н. Затем шарик перезарядили так, что его заряд стал отрицательным, но модуль заряда остался прежним. Определите период колебаний шарика после перезарядки.

109. Пружинный маятник, состоящий из невесомой пружины и прикрепленного к ней груза массой $m = 100$ г, совершает гармонические колебания в горизонтальной плоскости с частотой $\nu = 2,0$ Гц и амплитудой $x_{\max} = 2,0$ см (рис. 17). Определите потенциальную энергию пружины в момент времени, когда груз смещен от положения равновесия на расстояние, равное половине амплитуды.
110. Маятник, состоящий из небольшого предмета массой $m = 100$ г и легкого жгута, совершает свободные гармонические колебания в вертикальном направлении с частотой $\nu = 1,5$ Гц. Определите амплитуду колебаний предмета, если максимальная кинетическая энергия маятника $(W_{\text{к}})_{\max} = 16$ мДж.
111. Небольшой груз, подвешенный на пружине жесткостью $k = 3,2 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$, совершает свободные гармонические колебания в вертикальном направлении. Определите амплитуду колебаний, если при прохождении положения равновесия кинетическая энергия груза $W_{\text{к}} = 4,0$ мДж.
112. Маленький кубик массой $m = 10$ г, прикрепленный к пружине, совершает свободные гармонические колебания вдоль горизонтальной оси Ox . Определите среднюю скорость движения кубика между крайними положениями, если максимальная потенциальная энергия пружины $(W_{\text{п}})_{\max} = 0,20$ Дж.
113. Два пружинных маятника одинаковой массы вдоль горизонтальной оси совершают свободные гармонические колебания, амплитуды которых одинаковы. Частота колебаний одного из маятников на $\eta = 34$ % больше частоты колебаний другого. Во сколько раз различаются полные механические энергии маятников?

114. Груз массой $m = 0,95$ кг, прикрепленный к пружине и находящийся на гладкой горизонтальной плоскости, совершает свободные гармонические колебания (рис. 17). На рисунке 26 представлен график зависимости координаты груза от времени. Определите кинетическую энергию груза в момент времени $t_1 = 2$ с и потенциальную энергию пружины в момент времени $t_2 = 4$ с.

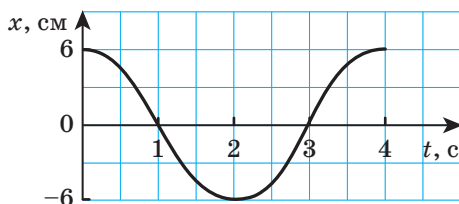


Рис. 26

115. *Уравнение колебаний пружинного маятника имеет вид: $x(t) = A \sin(Bt)$, где $A = 10$ см, $B = \frac{\pi}{2} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Постройте графики зависимости кинетической, потенциальной и полной энергии маятника от времени. Масса маятника $m = 10$ г.
116. На пружине жесткостью $k = 25 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ неподвижно висит пластмассовый шарик, склеенный из двух частей. В некоторый момент времени часть шарика массой $\Delta m = 60$ г отклеивается, а оставшаяся часть шарика начинает совершать на пружине вертикальные свободные гармонические колебания. Определите максимальную кинетическую энергию пружинного маятника.
117. К свободному концу горизонтальной пружины прикреплен брусок, находящийся на гладкой горизонтальной поверхности (рис. 17). После того как брусок вывели из положения равновесия и отпустили, он начал совершать свободные гармонические колебания с периодом

$T = 2,4$ с. Через какой минимальный промежуток времени: а) кинетическая энергия бруска будет равна потенциальной энергии пружины; б) кинетическая энергия бруска будет в 3 раза больше потенциальной энергии пружины?

- 118.** К свободному концу горизонтальной пружины прикреплен брусок, находящийся на гладкой горизонтальной поверхности (рис. 17). Брусок совершает свободные гармонические колебания вдоль оси Ox с периодом $T = 1,2$ с. Максимальная потенциальная энергия пружинного маятника $(W_{\text{п}})_{\text{max}} = 18$ мДж. В начальный момент времени проекция скорости и координата бруска положительны, а потенциальная энергия маятника $W_{\text{п1}} = 4,5$ мДж. Через какой минимальный промежуток времени потенциальная энергия маятника снова станет $W_{\text{п2}} = 4,5$ мДж?
- 119.** К свободному концу горизонтальной пружины прикреплен брусок, находящийся на гладкой горизонтальной поверхности (рис. 17). Брусок вывели из состояния равновесия и отпустили, в результате чего он стал совершать свободные гармонические колебания вдоль оси Ox . Определите отношение кинетической энергии бруска к потенциальной энергии пружины спустя время t после начала колебаний, если частота колебаний равна ν .
- 120.** К свободному концу горизонтальной пружины прикреплен брусок, находящийся на гладкой горизонтальной поверхности и совершающий гармонические колебания вдоль оси Ox (рис. 17). Зависимость координаты бруска от времени имеет вид: $x(t) = A \sin(Bt + C)$, где $A = 4,0$ см, $B = \frac{4\pi}{5} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$, $C = \frac{\pi}{3}$ рад. Определите кинетическую энергию бруска в момент времени $t = 2,5$ с, если полная энергия этого пружинного маятника $W = 40$ мДж.

- 121.** К свободному концу горизонтальной пружины прикреплен брусок, находящийся на гладкой горизонтальной поверхности (рис. 17). Зависимость координаты бруска, совершающего колебания вдоль оси Ox , от времени имеет вид: $x(t) = A \cos(Bt + C)$, где $A = 16$ см, $B = \frac{13\pi}{15} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$, $C = \frac{\pi}{30}$ рад. Модуль максимальной равнодействующей сил, приложенных к бруску, $F_{\text{max}} = 700$ мН. Определите потенциальную энергию этого маятника в момент времени $t = 1,5$ с.
- 122.** Кинематический закон гармонических колебаний груза имеет вид: $x(t) = A \cos(Bt + C)$, где $A = 16$ см, $B = \frac{11\pi}{15} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$, $C = \frac{13\pi}{10}$ рад. Определите модуль максимальной равнодействующей сил, действующих на груз, если в момент времени $t = 0,50$ с его кинетическая энергия $W_k = 21$ мДж.
- 123.** На рисунке 27 приведен график зависимости координаты материальной точки, совершающей гармонические колебания с периодом T вдоль оси Ox , от времени. Определите кинетическую энергию материальной точки в момент времени $t = \frac{T}{24}$, если в этот момент потенциальная энергия точки $W_{\text{п}} = 36$ мДж.

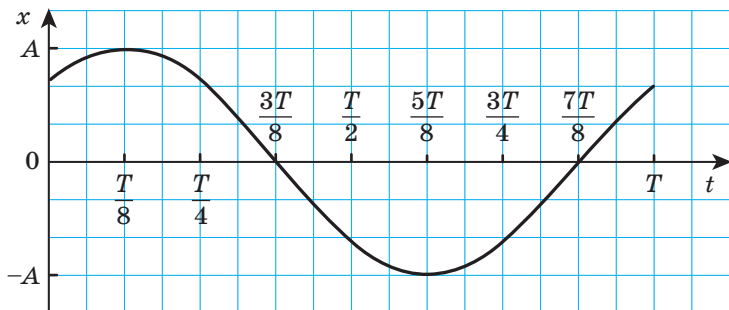


Рис. 27

124. Два небольших стальных диска массами m_1 и m_2 прикреплены к легкой пружине жесткостью k , ось которой вертикальна (рис. 28). При какой минимальной амплитуде колебаний верхнего диска нижний диск начнет подпрыгивать над столом, на котором он лежит?

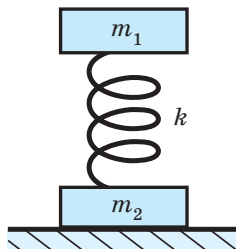


Рис. 28

125. К резиновому жгуту жесткостью k прикреплен груз массой m , который может совершать свободные вертикальные колебания. При какой минимальной амплитуде колебания груза не будут гармоническими?
126. *Велосипедное колесо массой M и радиусом R может вращаться без трения вокруг неподвижной горизонтальной оси, проходящей через центр колеса (рис. 29). К ободу колеса прикреплен груз массой m . Колесо, находившееся в положении равновесия, повернули вокруг оси на небольшой угол и отпустили. Определите период малых колебаний колеса.

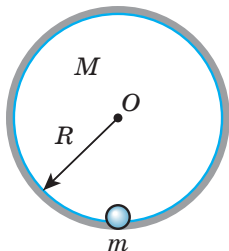


Рис. 29

127. *Вокруг горизонтальной оси O без трения может вращаться легкий рычаг (рис. 30). На концах рычага укреплены небольшие грузы, массы которых одинаковы: $m_1 = m_2$. Расстояние от оси вращения до груза m_1 и m_2 соответственно равно l_1 и l_2 . Рычаг, находившийся в положении устойчивого равновесия, отклонили на небольшой угол от вертикали и отпустили. Определите частоту колебаний рычага.

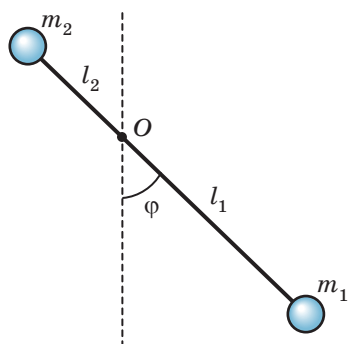


Рис. 30

128. Собственная частота колебаний математического маятника $\nu = 0,5$ Гц. Определите, какой должен быть период колебаний внешней силы, действующей на маятник, чтобы в системе возник резонанс.
129. К свободному концу легкой горизонтальной пружины прикреплен брусок массой $m = 0,50$ кг, находящийся на гладкой горизонтальной поверхности. На брусок вдоль оси пружины действует переменная сила, частота колебаний которой $\nu = 20$ Гц. Наблюдается ли резонанс в этой системе, если жесткость пружины $k = 200 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$?
130. В вагоне поезда ученик подвесил на упругом жгуте жесткостью $k = 5,0 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ небольшой брелок массой $m = 50$ г

и заметил, что при скорости движения поезда, модуль которой $v = 19 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, происходят колебания брелока с наибольшей амплитудой. По этим данным он определил расстояние между стыками рельсов. Какой результат получил ученик, проведя этот опыт?

131. Дачник идет со скоростью, модуль которой $v = 65 \frac{\text{см}}{\text{с}}$, и несет два ведра с водой. Дачник заметил, что при длине шага $l = 78 \text{ см}$ вода в ведрах наиболее сильно раскачивается. Определите период собственных колебаний воды в ведрах.
132. Сила, зависимость модуля которой от времени имеет вид: $F(t) = F_{\max} \cos(Bt)$, где $F_{\max} = 0,02 \text{ Н}$, $B = 2 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$, действует на груз математического маятника, вызывая резонанс. Определите длину нити маятника.
133. *На рисунке 31 показан график зависимости проекции на ось Ox внешней силы, действующей на груз математического маятника. Масса груза маятника $m = 200 \text{ г}$. Определите модуль максимального импульса груза, если под действием внешней силы в системе «математический маятник» наблюдается резонанс. При этом амплитуда колебаний $x_{\max} = 50 \text{ см}$.

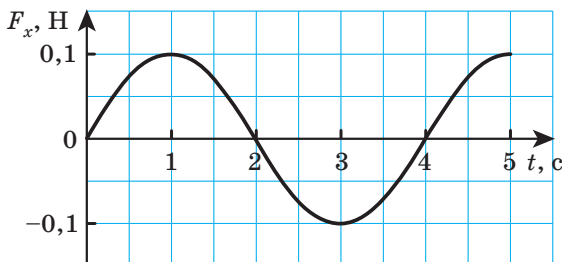


Рис. 31

134. Периодическая сила, модуль зависимости которой от времени имеет вид: $F(t) = F_{\max} \cos(Bt)$, где $F_{\max} = 0,05$ Н, $B = 2\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$, действует на пружинный маятник, вызывая резонанс. Определите жесткость пружины маятника, если масса груза маятника $m = 400$ г.
135. Под действием внешней силы пружинный маятник совершает гармонические колебания вдоль горизонтальной оси Ox . На рисунке 32 показан график зависимости проекции на ось Ox внешней силы от времени. Масса груза маятника $m = 200$ г. Определите максимальную потенциальную энергию маятника, если под действием внешней силы в колебательной системе наблюдается резонанс. При этом амплитуда колебаний $x_{\max} = 20$ см.

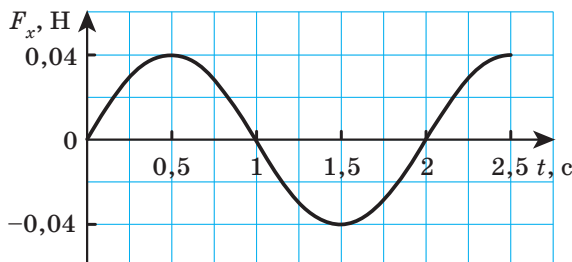


Рис. 32

136. Капли воды, отрывающиеся от капельницы через одинаковые промежутки времени, свободно падают и попадают на горизонтальную пластинку, закрепленную на вертикальной легкой пружине. Циклическая частота собственных колебаний пластинки $\omega_0 = 16 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Определите расстояние между каплями, отрывающейся от капельницы, и ближайшей к ней падающей каплей, если пластинка колеблется с резонансной частотой.

137. Максимальная потенциальная энергия пружинного маятника массой $m = 10$ г, совершающего вынужденные колебания, $(W_{\text{п}})_{\text{max}} = 100$ мкДж. Определите частоту внешней периодической силы, действующей на груз маятника, если он колеблется с резонансной частотой. Амплитуда колебаний $x_{\text{max}} = 4,5$ см.
138. В озере на волнах колеблется в вертикальном положении цилиндрический поплавочный колокольчик массой $m = 7,4$ г и площадью поперечного сечения $S = 0,20$ см². При каком периоде волн высота выступающей над водой части поплавка будет наибольшей?
139. Диапазон частот, издаваемых кларнетом, составляет 140—1980 Гц. Определите: а) максимальный период колебаний звука, издаваемого кларнетом; б) минимальную длину звуковой волны, если скорость звука $v = 330 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.
140. Дельфины способны издавать звуки частотой до $\nu = 200$ кГц. Определите минимальную длину звуковой волны, испускаемой дельфинами. Скорость звука в воде $v = 1,5 \frac{\text{км}}{\text{с}}$.
141. На рисунке 33 показаны морские волны, модуль скорости распространения которых $v = 80 \frac{\text{см}}{\text{с}}$. Определите частоту волны.



Рис. 33

- 142.** Вдоль струны распространяется гармоническая волна. На рисунке 34 под номером 1 представлен график зависимости координаты колеблющейся точки A струны от времени. Какой цифрой обозначен график колебаний точки B струны, если точка B находится на четверть длины волны дальше от источника волн, чем точка A ? Ответ обоснуйте.

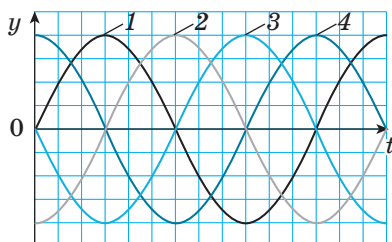


Рис. 34

- 143.** На рисунке 35, *а* изображен упругий жгут, по которому распространяется поперечная волна, а на рисунке 35, *б* — график колебаний одной из точек жгута. Определите скорость волны.

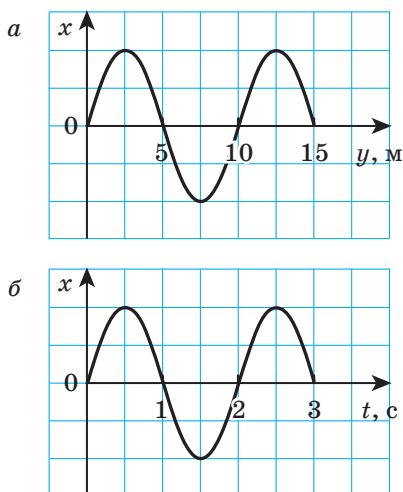


Рис. 35

144. На рисунке 36 представлены две поперечные волны, распространяющиеся по упругим жгутам. Частота волны $\nu_1 = \nu_2 = 1,25$ Гц. Определите: а) длины волн; б) *модули максимальных ускорений точек жгута; в) модули скорости распространения волн.

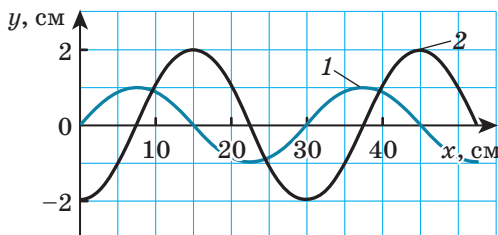


Рис. 36

145. На рисунке 37 представлены две поперечные волны, распространяющиеся по упругим жгутам. Периоды волн $T_1 = T_2 = 1,2$ с. Найдите: а) длину первой волны; б) модуль скорости распространения второй волны; в) *модули максимальных ускорений точек жгутов.

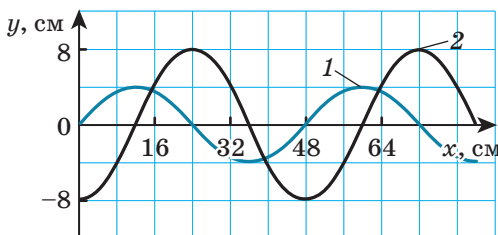


Рис. 37

146. На одном берегу реки стоит путешественник и издает звуковой сигнал, который отражается от скалы, расположенной на другом берегу реки. Определите ширину реки, если время распространения звукового сигнала от путешественника до скалы и обратно $\Delta t = 0,50$ с. Скорость звука в воздухе $\nu = 0,34 \frac{\text{км}}{\text{с}}$.

147. Эхо от выстрела дошло до стрелка через промежуток времени $\Delta t = 4,0$ с после выстрела. Определите скорость звука в воздухе, если расстояние от стрелка до препятствия, от которого произошло отражение звуковой волны, $l = 660$ м.
148. Лодка движется со скоростью $v_1 = 4 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ навстречу волнам, распространяющимся со скоростью $v_2 = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Определите частоту вертикальных колебаний лодки, если длина волны $\lambda = 2,5$ м.
149. Ультразвуковой эхолот работает на частоте $\nu = 40$ кГц. Скорость звука в воде $v = 1,4 \frac{\text{км}}{\text{с}}$. Определите длину ультразвуковой волны в воде. Найдите глубину моря, если звуковая волна, посланная вертикально вниз с поверхности моря, возвратилась обратно через промежуток времени $\Delta t = 4,0$ с.
150. Длина волны, распространяющейся по натянутой веревке, $\lambda = 88$ см. На каком минимальном расстоянии друг от друга находятся точки веревки: а) колеблющиеся в противофазе; б) разность фаз колебаний между которыми $\Delta\varphi = \frac{\pi}{4}$ рад?
151. Модуль скорости распространения волны вдоль резинового шнура $v = 3,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Частота волны $\nu = 2,0$ Гц. Определите разность фаз колебаний между точками, отстоящими друг от друга на расстоянии: а) $l_1 = 75$ см; б) $l_2 = 1,2$ м.
152. Определите скорость звука в воде, если источник звука, колеблющийся с периодом $T = 2,0$ мс, возбуждает в воде волны длиной $\lambda = 2,8$ м.

153. Волна распространяется вдоль натянутого резинового шнура, длина которого $L = 2,56$ м. Разность фаз колебаний двух точек шнура, находящихся на расстоянии $l = 0,20$ м друг от друга, $\Delta\varphi = \frac{5\pi}{8}$ рад. Частота колебаний $\nu = 2,0$ Гц. Определите, за какой промежуток времени волна проходит от одного конца шнура к другому.
154. Определите длину звуковой волны в воде, если в воздухе ее длина $\lambda_1 = 1$ м. Скорость звука в воздухе $v_1 = 0,34 \frac{\text{км}}{\text{с}}$, в воде — $v_2 = 1,36 \frac{\text{км}}{\text{с}}$.
155. Рыболов заметил, что за промежуток времени $\Delta t = 10$ с поплавков совершил на волнах $n = 20$ колебаний, а расстояние между соседними гребнями волн $l = 1,2$ м. Определите модуль скорости распространения волн на поверхности волны.
156. Батискаф, всплывший на расстоянии $s = 200$ м от берега, вызвал волны на поверхности воды. Волны дошли до берега за время $\Delta t_0 = 40$ с, причем за следующий промежуток времени $\Delta t = 30$ с произошло $N = 60$ всплесков волн о берег. Определите расстояние между соседними гребнями волн.
157. Расстояние между гребнями морской волны $l = 15$ м. Определите, какой путь пройдет волна за промежуток времени $\Delta t = 55$ с, если частота волны $\nu = 0,080$ Гц.
158. *В некоторой среде распространяется поперечная гармоническая волна, модуль скорости которой $v = 40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Амплитуда колебаний точек среды $x_{\text{max}} = 2,0$ мм, а модуль их максимального ускорения $a_{\text{max}} = 0,32 \frac{\text{км}}{\text{с}^2}$. Определите длину волны.

- 159.** *Вдоль струны распространяется поперечная гармоническая волна длиной $\lambda = 63$ см со скоростью, модуль которой $v = 40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Определите амплитуду колебаний точек струны, если модуль максимального ускорения точек струны $a_{\text{max}} = 0,32 \frac{\text{км}}{\text{с}^2}$.
- 160.** Длина звуковой волны при переходе из воздуха в воду увеличивается на $\Delta\lambda = 0,53$ м. Скорость звуковой волны в воздухе $v_1 = 0,34 \frac{\text{км}}{\text{с}}$, а в воде — $v_2 = 1,4 \frac{\text{км}}{\text{с}}$. Определите частоту колебаний источника волны.
- 161.** Путевой обходчик, приложив ухо к рельсу, услышал звук начавшего движение поезда, а через промежуток времени $\Delta t = 2$ с до него донесся гудок локомотива при отправлении. На каком расстоянии от станции находился обходчик? Скорость звуковых волн в воздухе $v_1 = 0,33 \frac{\text{км}}{\text{с}}$, в железе — $v_2 = 5 \frac{\text{км}}{\text{с}}$.
- 162.** Из пункта A в пункт B дважды был послан звуковой сигнал, частота которого $\nu = 50$ Гц, причем в первый раз скорость звука была $v_1 = 330 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Во второй раз температура воздуха стала выше, поэтому скорость звука повысилась до $v_2 = 340 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Число волн, укладывающихся на расстоянии AB , во второй раз оказалось, как и в первый раз, целым, но уменьшилось на две волны. Определите расстояние между пунктами A и B .
- 163.** Ультразвуковой измеритель роста человека, установленный над головой на заданной высоте, излучил ультразвуковой импульс, который отразился от человека и был принят измерителем через промежуток времени t

после излучения. Скорость звука в воздухе $v = 330 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Определите погрешность измерения роста, если погрешность измерения времени $\Delta t = 15$ мкс.

164. На фотографии (рис. 38) изображена ракета Delta IV. Длина ракеты $L = 72$ м, ширина $h = 15$ м. В струе газа, выходящего из сопла реактивного двигателя со скоростью, модуль которой $v = 3,6 \frac{\text{км}}{\text{с}}$, происходят колебания, причем зоны сжатия и расширения неподвижны относительно ракеты. Выполнив необходимые измерения по фотографии, рассчитайте частоту колебаний реактивной струи.



Рис. 38



II. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Формула или закон	Формула	Физические величины, входящие в формулу
Формула Томсона	$T = 2\pi\sqrt{LC}$	T — период колебаний в колебательном контуре; L — индуктивность катушки; C — емкость конденсатора
Энергия электрического поля конденсатора	$W_C = \frac{CU^2}{2}$	W_C — энергия электрического поля конденсатора; C — емкость конденсатора; U — напряжение на обкладках конденсатора
Энергия магнитного поля катушки	$W_L = \frac{LI^2}{2}$	W_L — энергия магнитного поля катушки; L — индуктивность катушки; I — сила тока в катушке
Энергия в идеальном колебательном контуре	$W = W_C + W_L$; $W = (W_C)_{\max}$; $W = (W_L)_{\max}$	W — полная энергия в колебательном контуре; W_C — энергия электрического поля конденсатора; W_L — энергия магнитного поля катушки; $(W_C)_{\max}$ — максимальная энергия электрического поля конденсатора;

Формула или закон	Формула	Физические величины, входящие в формулу
		$(W_L)_{\max}$ — максимальная энергия магнитного поля катушки
Закон сохранения энергии в идеальном колебательном контуре	$W = \text{const};$ $\frac{CU_0^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2} =$ $= \frac{CU^2(t)}{2} +$ $+ \frac{LI^2(t)}{2} = \text{const}$	W — полная энергия в колебательном контуре; $\frac{CU_0^2}{2}$ — максимальная энергия конденсатора; $\frac{LI_0^2}{2}$ — максимальная энергия катушки; $\frac{CU^2(t)}{2} + \frac{LI^2(t)}{2}$ — полная энергия колебательного контура в момент времени t
Действующее значение силы тока в цепи переменного тока	$*I_d = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$	I_d — действующее значение силы тока в цепи переменного тока; I_0 — максимальное значение силы тока в цепи переменного тока
Действующее значение напряжения в цепи переменного тока	$*U_d = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$	U_d — действующее значение напряжения в цепи переменного тока; U_0 — максимальное значение напряжения в цепи переменного тока
Средняя мощность в цепи переменного тока	$*\langle P \rangle = I_d U_d$	$\langle P \rangle$ — средняя мощность переменного тока; I_d — действующее значение силы тока в цепи переменного тока; U_d — действующее значение напряжения в цепи переменного тока

Формула или закон	Формула	Физические величины, входящие в формулу
Коэффициент трансформации	При режиме холостого хода: $k = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2};$ при режиме нагрузки: $*k = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2 + Ir}$	k — коэффициент трансформации; N_1 и N_2 — число витков в первичной и вторичной обмотках; U_1 и U_2 — напряжение на первичной и вторичной обмотках трансформатора; I — сила тока во вторичной обмотке; r — активное сопротивление вторичной обмотки
Длина электромагнитной волны	$\lambda = cT$	λ — длина электромагнитной волны в вакууме; $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ — скорость распространения электромагнитной волны в вакууме; T — период колебаний

165. Почему в электрической цепи, состоящей из конденсатора и лампочки, не могут возникнуть электромагнитные колебания?

166. Укажите номера электрических цепей (рис. 39), в которых после замыкания ключа K могут происходить: а) свободные электромагнитные колебания; б) свободные незатухающие электромагнитные колебания.

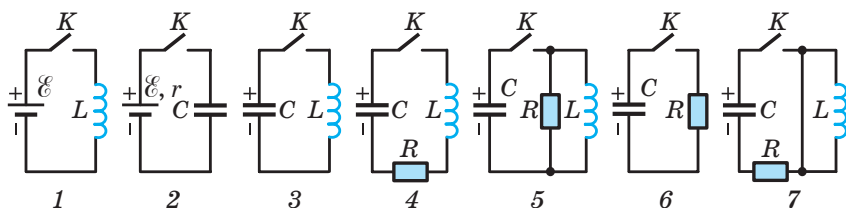


Рис. 39

- 167.** Колебания каких величин, перечисленных ниже, происходят в колебательном контуре во время свободных колебаний: а) период колебаний напряжения на конденсаторе; б) фаза колебаний силы тока в контуре; в) заряд конденсатора; г) энергия магнитного поля катушки; д) амплитуда колебаний напряжения на катушке; е) сила тока в катушке; ж) циклическая частота колебаний силы тока в контуре; з) фаза колебаний индукции магнитного поля в катушке; и) амплитуда колебаний напряженности электрического поля в конденсаторе; к) напряжение на обкладках конденсатора; л) полная энергия контура; м) начальная фаза колебаний заряда конденсатора?
- 168.** В электрической цепи, изображенной на рисунке 40, показаны знаки заряда пластин конденсатора C до замыкания ключа K . В момент времени $t_0 = 0$ с ключ замкнули. Положительное направление тока указано стрелкой. Какой цифрой на рисунке 41 обозначен: а) график зависимости силы тока в цепи от времени; б) график зависимости разности потенциалов ($\varphi_A - \varphi_B$) на конденсаторе от времени? Обоснуйте ответы.

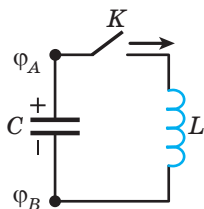


Рис. 40

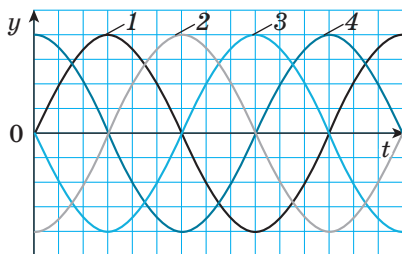


Рис. 41

- 169.** В электрической цепи, изображенной на рисунке 42, в начальный момент времени ключ K замкнут и через катушку протекает постоянный ток. В момент времени $t_0 = 0$ с ключ разомкнули. Положительное направление тока указано стрелкой. Какой цифрой на рисунке 43

обозначен: а) график зависимости силы тока в цепи от времени; б) график зависимости разности потенциалов ($\varphi_A - \varphi_B$) на конденсаторе от времени? Обоснуйте ответы.

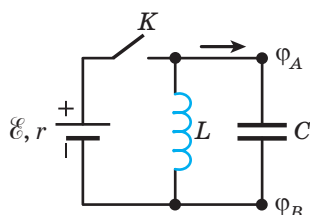


Рис. 42

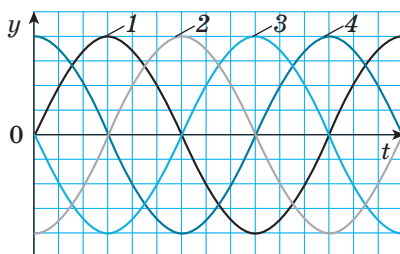


Рис. 43

- 170.** В идеальном колебательном контуре, изображенном на рисунке 44, происходят свободные электромагнитные колебания. Положительное направление тока показано стрелкой. На рисунке 45 представлен график зависимости силы тока в контуре от времени. Укажите номера точек на графике, соответствующие моментам времени, когда: а) происходит зарядка конденсатора; б) энергия катушки максимальна; в) разность потенциалов ($\varphi_A - \varphi_B$) на катушке максимальна.

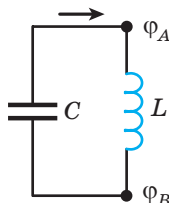


Рис. 44

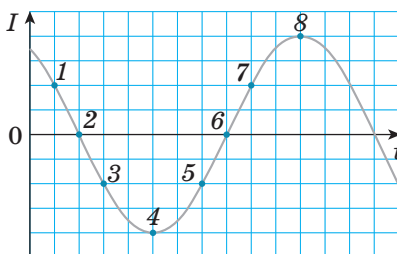


Рис. 45

- 171.** В идеальном колебательном контуре, изображенном на рисунке 46, происходят свободные электромагнитные колебания. На рисунке 47 представлен график зависимости разности потенциалов на конденсаторе от времени.

Укажите номера точек на графике, соответствующие моментам времени, когда: а) ток протекает в направлении, указанном стрелкой; б) сила тока в цепи равна нулю; в) энергия катушки максимальна.

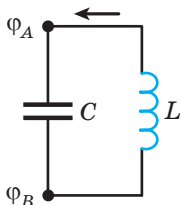


Рис. 46

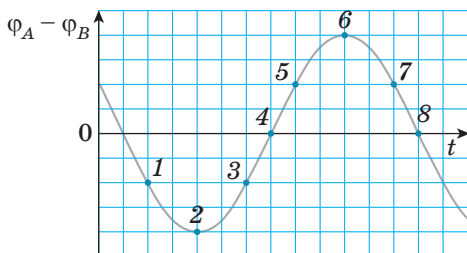


Рис. 47

- 172.** В колебательном контуре происходят гармонические колебания с периодом T . На рисунке 48 показаны заряды пластин конденсатора и направление тока в некоторый момент времени. В течение какого максимального промежутка времени указанная полярность пластин и направление тока будут оставаться постоянными? Обоснуйте ответ.

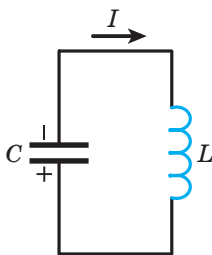


Рис. 48

- 173.** При исследовании свободных колебаний в колебательном контуре были построены графики, характеризующие зависимость от времени: а) силы тока; б) энергии конденсатора; в) полной энергии контура; г) фазы колебаний. К сожалению, оси ординат на графиках не

были подписаны. Кроме того, были добавлены другие графики, не относящиеся к этим исследованиям. Из графиков, представленных на рисунке 49, выберите графики зависимости всех исследованных параметров от времени.

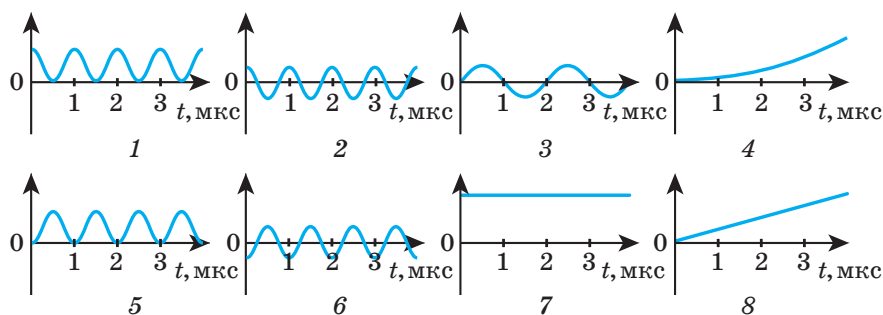


Рис. 49

- 174.** Определите период свободных электромагнитных колебаний в идеальном колебательном контуре, состоящем из конденсатора емкостью $C = 7,0$ мкФ и катушки индуктивностью $L = 2,8$ мГн.
- 175.** Определите электроемкость конденсатора, включенного в идеальный колебательный контур, если период свободных электромагнитных колебаний в нем $T = 1,88$ мс. Индуктивность катушки, подключенной к конденсатору, $L = 6,0$ мГн.
- 176.** Частота свободных электромагнитных колебаний в идеальном колебательном контуре $\nu = 10$ кГц. Определите индуктивность катушки, если емкость конденсатора, включенного в контур, $C = 50$ нФ.
- 177.** Циклическая частота свободных электромагнитных колебаний в идеальном колебательном контуре $\omega = 1,0 \cdot 10^5 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Определите электроемкость конденсатора контура, если индуктивность катушки $L = 5,0$ мГн.

178. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью $C = 20$ мкФ и катушки, индуктивность которой изменяется в пределах от $L_1 = 40$ мГн до $L_2 = 10$ мГн. Определите интервал изменения частоты свободных электромагнитных колебаний в этом контуре.
179. В радиоэлектронных устройствах для электронного управления частотой собственных колебаний в колебательном контуре в качестве конденсатора используется варикап — полупроводниковый прибор, емкость которого зависит от приложенного к нему постоянного напряжения. На сколько процентов увеличилась частота собственных колебаний колебательного контура, если электроемкость варикапа изменилась от $C_1 = 24$ пФ до $C_2 = 12$ пФ?
180. Два колебательных контура состоят из одинаковых конденсаторов и одинаковых катушек. В одну из катушек вставляют железный сердечник, увеличивающий ее индуктивность в $n = 4$ раза. Во сколько раз будут различаться частоты свободных колебаний в колебательных контурах?
181. Период свободных электромагнитных колебаний в идеальном колебательном контуре $T_1 = 5,0$ мкс. Определите, каким будет период колебаний, если расстояние между обкладками плоского воздушного конденсатора, включенного в контур, увеличить в $n = 4$ раза.
182. Определите период свободных электромагнитных колебаний в идеальном колебательном контуре, состоящем из катушки индуктивностью $L = 30$ мкГн и плоского конденсатора с площадью пластин $S = 4,5$ см², расположенных на расстоянии $d = 0,32$ мм друг от друга. Конденсатор заполнен веществом с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 4,0$.
183. Идеальный колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L = 1,0$ мГн и конденсатора, обклад-

ками которого являются две круглые пластины радиусом $r = 9,4$ мм каждая. Расстояние между пластинами $d = 2,0$ мм. Определите период свободных электромагнитных колебаний в контуре. Пространство между пластинами заполнено диэлектриком, диэлектрическая проницаемость которого $\varepsilon = 3,0$.

- 184.** После увеличения емкости конденсатора идеального колебательного контура на $\Delta C = 0,16$ мкФ частота собственных электромагнитных колебаний уменьшилась в $n = 3$ раза. Определите начальную емкость конденсатора, если индуктивность катушки осталась прежней.
- 185.** После увеличения индуктивности катушки идеального колебательного контура на $\Delta L = 30$ мГн период собственных электромагнитных колебаний в контуре увеличился в $n = 4,0$ раза. Определите конечную индуктивность катушки, если электроемкость конденсатора осталась прежней.
- 186.** Принцип работы одного из типов металлоискателей следующий. В колебательном контуре создают незатухающие колебания, происходящие на собственной частоте контура. Некоторые предметы, если их приблизить к катушке, изменяют ее индуктивность. При этом происходит изменение собственной частоты колебательного контура, которое регистрируется частотомером. а) Какие из предметов могут заметно изменить индуктивность катушки: 1) глиняный кувшин; 2) медная монета; 3) железная подкова? б) Рассчитайте, на сколько процентов изменилась индуктивность катушки, если после приближения к катушке золотого браслета частота собственных колебаний контура изменилась от 10 000 Гц до 10 010 Гц.
- 187.** Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора емкостью $C = 8,0$ пФ и катушки индуктивностью

$L = 0,2$ мГн. Определите максимальное напряжение на обкладках конденсатора, если при свободных электромагнитных колебаниях максимальная сила тока в контуре $I_0 = 40$ мА.

- 188.** В идеальный колебательный контур включен конденсатор емкостью $C = 2,0$ мкФ. При свободных электромагнитных колебаниях амплитуда напряжения на его обкладках $U_0 = 5,0$ В. Определите энергию магнитного поля катушки в момент времени, когда мгновенное напряжение на конденсаторе $U = 3,0$ В.
- 189.** В идеальном колебательном контуре, состоящем из катушки индуктивностью $L = 10$ мГн и конденсатора емкостью $C = 1,0$ мкФ, происходят свободные электромагнитные колебания. Определите амплитуду силы тока в контуре, если в некоторый момент времени напряжение на конденсаторе $U = 30$ В, а сила тока в контуре в этот момент времени $I = 0,40$ А.
- 190.** В идеальном колебательном контуре, состоящем из катушки и плоского воздушного конденсатора, происходят свободные незатухающие колебания с периодом $T_1 = 5,0$ мкс. Амплитуда колебаний напряжения $U_{01} = 1$ В. В момент времени, когда сила тока в контуре равна нулю, расстояние между обкладками конденсатора мгновенно увеличили в $n = 4$ раза. Определите период электромагнитных колебаний в контуре после этих изменений и амплитуду колебаний напряжения.
- 191.** В идеальном колебательном контуре, состоящем из катушки индуктивностью $L = 0,40$ Гн и конденсатора емкостью $C = 20$ мкФ, происходят свободные электромагнитные колебания. Амплитуда силы тока в контуре $I_0 = 0,10$ А. Определите напряжение на конденсаторе в момент времени, когда энергия электрического поля конденсатора равна энергии магнитного поля катушки.

- 192.** В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. Индуктивность катушки $L = 0,20$ Гн, а амплитуда колебаний силы тока $I_0 = 30$ мА. Определите энергию электрического поля конденсатора в момент времени, когда мгновенное значение силы тока станет в $n = 3,0$ раза меньше амплитудного значения.
- 193.** В идеальном колебательном контуре, состоящем из катушки индуктивностью $L = 44$ мГн и конденсатора емкостью $C = 30$ мкФ, происходят свободные электромагнитные колебания. В некоторый момент времени сила тока в катушке $I_1 = 2,0$ А, напряжение на конденсаторе $U_1 = 100$ В. Определите заряд конденсатора в момент времени, когда сила тока в катушке $I_2 = 1,0$ А.
- 194.** В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. Максимальный заряд конденсатора $q_0 = 20$ мкКл. Амплитуда силы тока в контуре $I_0 = 0,80$ А. Определите период электромагнитных колебаний в контуре.
- 195.** В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. На рисунке 50 представлен график зависимости напряжения на конденсаторе в идеальном колебательном контуре от времени. Определите максимальную силу тока в катушке, если емкость конденсатора $C = 600$ нФ.

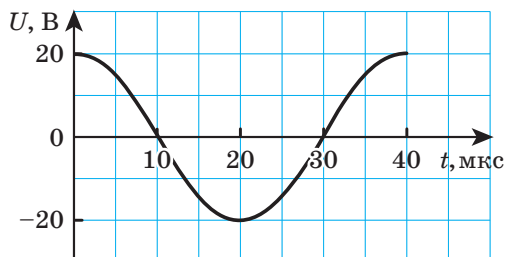


Рис. 50

196. В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. В некоторый момент времени заряд конденсатора $q_1 = 80$ мкКл, сила тока в катушке $I_1 = 0,60$ А. Определите циклическую частоту электромагнитных колебаний в контуре, если амплитудное значение силы тока в контуре $I_0 = 1,0$ А.
197. В колебательном контуре происходят свободные незатухающие электромагнитные колебания. На рисунке 51 представлен график зависимости заряда конденсатора от времени. Индуктивность контура $L = 10$ мГн. Определите полную энергию контура.

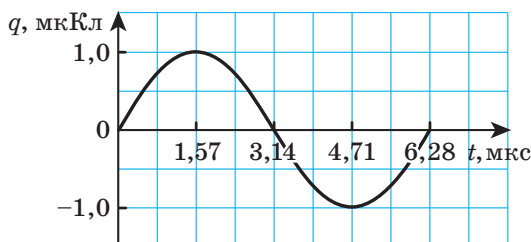


Рис. 51

198. В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. Катушка индуктивностью $L = 0,15$ Гн присоединена к плоскому конденсатору с площадью пластин $S = 20$ см² и расстоянием между ними $d = 1,77$ мм. Максимальная сила тока в катушке $I_0 = 0,20$ мА, а максимальное напряжение на обкладках конденсатора $U_0 = 10$ В. Определите диэлектрическую проницаемость вещества, заполняющего пространство между пластинами конденсатора.
199. При равномерном изменении силы тока на $\Delta I = -0,32$ А за время $\Delta t = 20$ мс в катушке возникает ЭДС самоиндукции $\mathcal{E}_c = 4,0$ В. Подключив эту катушку к конденсатору электроемкостью $C = 40$ нФ, создали идеальный

колебательный контур. Определите максимальный заряд конденсатора, если при свободных гармонических электромагнитных колебаниях максимальная сила тока в катушке $I_0 = 2,0$ А.

- 200.** Заряженный конденсатор емкостью $C = 2,0$ мкФ подключили к катушке индуктивностью $L = 80,0$ мГн. Через какой минимальный промежуток времени после подключения: а) энергия электрического поля конденсатора станет равной энергии магнитного поля катушки; б) энергия магнитного поля катушки станет в три раза больше энергии электрического поля конденсатора?
- 201.** Определите отношение энергии магнитного поля катушки к энергии электрического поля конденсатора в идеальном колебательном контуре: а) спустя время $t = \frac{T}{6}$ после начала колебаний, где T — период колебаний; б) в момент времени, когда мгновенное напряжение на конденсаторе будет в четыре раза меньше амплитудного. В начальный момент времени заряд конденсатора был максимальным.
- 202.** В идеальном колебательном контуре, индуктивность катушки которого $L = 0,08$ Гн, происходят свободные электромагнитные колебания. Сила тока изменяется по закону: $I(t) = B \cos(Ct + D)$, где $B = 10$ мА, $C = 1 \cdot 10^5 \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$, $D = \frac{\pi}{3}$ рад. Определите: а) частоту электромагнитных колебаний; б) энергию магнитного поля катушки в начальный момент времени и в момент времени, равный трети периода электромагнитных колебаний.
- 203.** В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. Зависимость напряжения на обкладках конденсатора, электроемкость которого $C = 260$ нФ, имеет вид: $U(t) = A \cos(Bt)$,

где $A = 100$ В, $B = 2,0 \cdot 10^3 \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Определите: а) период электромагнитных колебаний; б) максимальную энергию магнитного поля катушки; в) максимальную силу тока в катушке.

- 204.** В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. Напряжение на конденсаторе изменяется по закону: $U(t) = A \cos(Bt)$, где $A = 50$ В, $B = 1,0 \cdot 10^5 \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Определите индуктивность катушки, если максимальный заряд конденсатора $q_0 = 5,0$ мкКл.
- 205.** В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. Напряжение на обкладках конденсатора и сила тока в катушке изменяются по закону: $U(t) = A \cos(Bt)$ и $I(t) = C \sin(Dt)$ соответственно, где $A = 3,0$ В, $B = 6,0 \cdot 10^3 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$, $C = -2,0$ А, $D = 6,0 \cdot 10^3 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Определите максимальный магнитный поток в катушке и максимальную энергию контура.
- 206.** В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. Напряжение на обкладках конденсатора изменяется с течением времени по закону: $U(t) = A \sin(Bt)$, где $A = 20$ В, $B = 100\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Емкость конденсатора $C = 5$ мкФ. Постройте графики зависимости: а) заряда конденсатора и силы тока в катушке от времени; б) энергии электрического поля конденсатора и энергии магнитного поля катушки от времени.
- 207.** В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. Заряд на обкладках плоского воздушного конденсатора емкостью $C = 2$ нФ в колебательном контуре изменяется с тече-

нием времени по закону: $q(t) = A \cos(Bt)$, где $A = 10 \text{ нКл}$, $B = 1 \cdot 10^4 \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Постройте графики зависимости: а) напряжения на конденсаторе и силы тока в катушке от времени; б) модуля напряженности электрического поля в конденсаторе от времени, если расстояние между обкладками конденсатора $d = 2,0 \text{ мм}$; в) магнитного потока в катушке от времени.

- 208.** Прямоугольная проволочная рамка равномерно вращается по часовой стрелке в магнитном поле между полюсами магнита (рис. 52, а). Линии магнитной индукции горизонтальны и параллельны оси Ox . На скользящих контактах 1 и 2, подключенных к рамке, измеряют разность потенциалов φ_1 и φ_2 . В начальный момент времени угол между вертикальной осью Oy и нормалью к рамке $\alpha = 0^\circ$. Укажите: а) номер графика на рисунке 52, б, характеризующего зависимость магнитного потока через поверхность, ограниченную рамкой, от времени; б) номер графика, характеризующего зависимость разности потенциалов $\varphi_1 - \varphi_2$ от времени. Обоснуйте ответы.

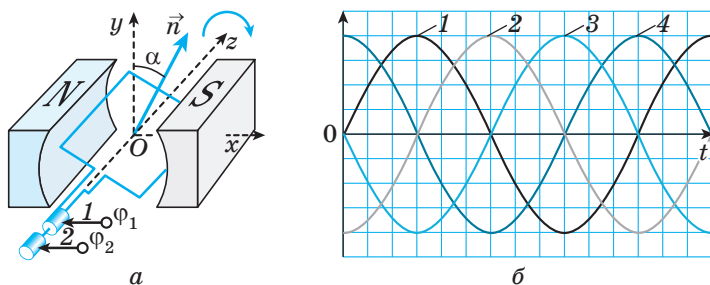


Рис. 52

- 209.** Проволочная рамка, состоящая из $N = 100$ витков тонкого провода, равномерно вращается в однородном магнитном поле вокруг оси, лежащей в плоскости рамки и перпендикулярной вектору индукции магнитного поля. Площадь плоской поверхности, охваченной

рамкой, $S = 400 \text{ см}^2$. Циклическая частота вращения рамки $\omega = 100 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Модуль индукции магнитного поля $B = 10 \text{ мТл}$. В начальный момент времени магнитный поток через плоскость рамки был максимальным. Определите: а) зависимость магнитного потока, пронизывающего плоскость каждого витка рамки, от времени; б) максимальный поток магнитной индукции, пронизывающий плоскость каждого витка рамки; в) зависимость ЭДС индукции, возникающей в рамке, от времени; г) максимальное значение ЭДС индукции, возникающей в рамке; д) ЭДС индукции, возникающей в рамке, в момент времени $t = 3,14 \text{ с}$.

- 210.** Проволочное кольцо равномерно вращается в однородном магнитном поле вокруг оси, проходящей через его диаметр и перпендикулярной вектору магнитной индукции. Площадь плоской поверхности, ограниченной кольцом, $S = 0,2 \text{ м}^2$. Модуль индукции магнитного поля $B = 0,01 \text{ Тл}$. Угловая скорость вращения кольца $\omega = 50 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Определите максимальную силу тока, протекающего в кольце, если кольцо изготовлено из куска провода, сопротивление которого $R = 50 \text{ мОм}$.
- 211.** Проволочную рамку, состоящую из $N = 100$ витков тонкого провода, равномерно вращают в однородном магнитном поле с индукцией, модуль которой $B = 10 \text{ мТл}$. Площадь плоской поверхности, охваченной рамкой, $S = 400 \text{ см}^2$. Линии магнитной индукции перпендикулярны оси вращения. Определите максимальное значение ЭДС индукции, возникающей в рамке, если частота вращения рамки $\nu = 1,6 \text{ с}^{-1}$.
- 212.** Квадратная рамка, изготовленная из нескольких витков тонкой проволоки, равномерно вращается вокруг оси, совпадающей с одной из сторон рамки, с угловой

скоростью $\omega = 50 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Рамка находится в однородном магнитном поле, модуль индукции которого $B = 20$ мТл, а линии индукции перпендикулярны оси вращения. Определите число витков проволоки, если длина всей проволоки $l = 24$ м, а максимальная ЭДС индукции, возникающая в рамке, $\mathcal{E}_0 = 1,2$ В.

- 213.** Проволочная рамка, состоящая из $N = 240$ витков тонкого провода, равномерно вращается в однородном магнитном поле вокруг оси, перпендикулярной вектору магнитной индукции. На рисунке 53 представлен график зависимости магнитного потока, пронизывающего каждый виток рамки, от времени. Определите максимальную ЭДС индукции, возникающей в рамке.

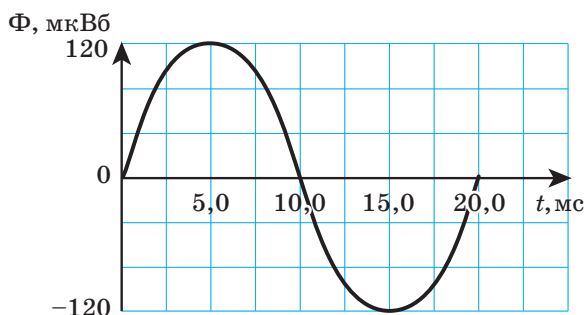


Рис. 53

- 214.** Напряжение на резисторе, по которому протекает переменный электрический ток, изменяется по закону: $U(t) = U_0 \sin(At + B)$, где $A = 100\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$, $B = \frac{\pi}{6}$ рад. В момент времени $t = 2,0$ с мгновенное напряжение $U = 9,0$ В. Определите частоту колебаний силы тока, амплитудное и действующее значения напряжения, амплитудное и действующее значения силы тока в резисторе, если сопротивление резистора $R = 9,0$ Ом.

- 215.** Проволочная квадратная рамка со стороной $a = 25$ см равномерно вращается в однородном магнитном поле вокруг стороны AB с периодом $T = 20$ мс (рис. 54). В начальный момент времени линии индукции магнитного поля перпендикулярны плоскости рамки. Модуль максимальной силы Ампера, действующей на сторону AB , $(F_A)_{\max} = 1,0$ мН. Запишите уравнение зависимости силы тока, возникающего в рамке, от времени и постройте график этой зависимости. Сопротивление проволоки $R = 0,314$ Ом.

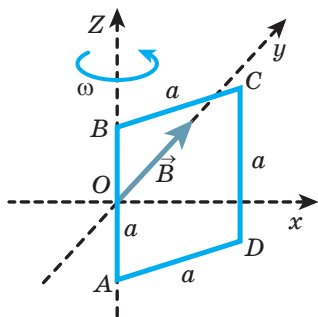


Рис. 54

- 216.** *Сила тока, протекающего в нагревательном элементе утюга, изменяется по закону: $I(t) = B \sin(Ct)$, где $B = 5,0$ А, $C = 314 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Определите: а) действующее значение силы тока, протекающего в нагревательном элементе; б) амплитудное и действующее значения напряжения на нагревательном элементе, если его сопротивление $R = 44$ Ом.
- 217.** *На рисунке 55 представлен график зависимости напряжения на резисторе от времени. Определите действующее значение напряжения на резисторе и число полных колебаний напряжения за промежуток времени $\Delta t = 1,0$ мин.

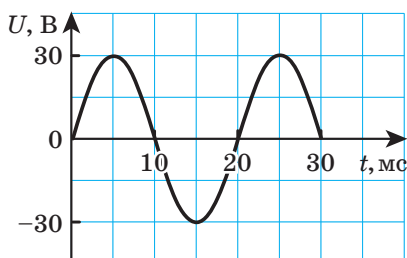


Рис. 55

- 218. *** На рисунке 56 представлен график зависимости силы тока, протекающего в цепи, от времени. Определите действующее значение силы тока и циклическую частоту колебаний силы тока. Запишите уравнение зависимости силы тока от времени.

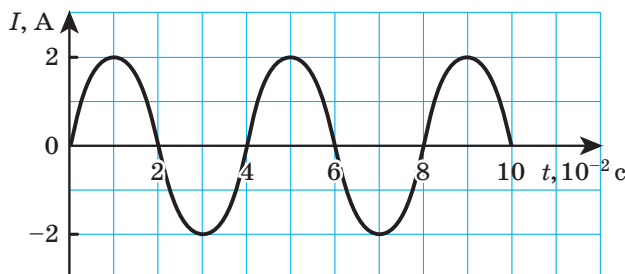


Рис. 56

- 219. *** Амперметр, включенный в цепь переменного тока, показывает силу тока $I = 2,2$ А. Определите максимальную силу тока в цепи.
- 220.** Напряжение в сети переменного тока, измеренное вольтметром, $U = 200$ В. Поясните, можно ли в эту сеть включить конденсатор, пробивное напряжение которого $U_{\text{проб}} = 250$ В.
- 221.** Почему незаметны мерцания лампочек накаливания, включенных в осветительную сеть переменного тока?

222. Электроплитку можно подключать к источникам постоянного и переменного тока. Будут ли различаться накалы спирали электроплитки, если напряжения, измеренные вольтметрами, в обоих случаях одинаковые?
223. В резисторе, включенном в цепь переменного тока, сила тока изменяется по закону: $I = I_0 \sin \varphi$, где $I_0 = 0,80$ А. Определите сопротивление резистора, если в некоторый момент времени, когда фаза колебаний силы тока $\varphi = \frac{\pi}{6}$ рад, напряжение на резисторе $U = 16$ В.

224. Резистор сопротивлением $R = 20$ Ом включен в цепь переменного тока. На рисунке 57 представлен график зависимости напряжения на резисторе от времени. Определите количество теплоты, выделяемое в резисторе за время, равное четырем периодам колебаний переменного тока.

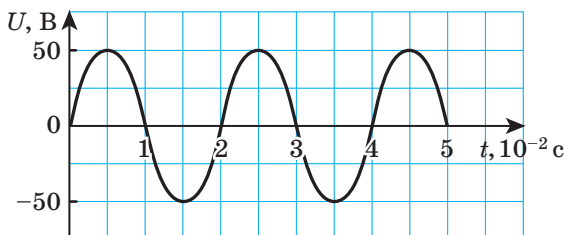


Рис. 57

225. *В сеть переменного тока включен электрочайник, сопротивление нагревательного элемента которого $R = 40$ Ом. Определите количество теплоты, выделяемое в нагревательном элементе за время $t = 2,5$ мин, если амплитудное значение напряжения переменного тока $U_0 = 311$ В.
226. *К генератору переменного тока подключили электропечь, сопротивление нагревательной спирали которой $R = 220$ Ом. Определите количество теплоты, выделяемое печью за промежуток времени $\Delta t = 10$ мин, если амплитудное значение силы тока $I_0 = 10$ А.

227. *Нихромовая проволока длиной $l = 8,0$ м и площадью поперечного сечения $S = 0,80$ мм² включена в сеть переменного тока. Определите количество теплоты, которое выделяется в проволоке за промежуток времени $\Delta t = 3,5$ мин, если максимальное напряжение в сети $U_0 = 310$ В. Удельное сопротивление нихрома $\rho = 1,1 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$.
228. *К источнику переменного тока, напряжение на клеммах которого изменяется по гармоническому закону, подключен резистор, потребляющий мощность $P = 350$ Вт. Определите амплитудное значение напряжения на резисторе, если действующее значение силы тока в цепи $I_d = 9,0$ А.
229. *На рисунке 58 представлены графики зависимости силы тока в резисторах, соединенных параллельно и подключенных к источнику переменного тока, от времени. Определите количество теплоты, выделяющееся в каждом резисторе за время $t = 10T$ (T — период колебаний силы тока), если действующее значение напряжения на резисторах $U_d = 80$ В. Определите действующее значение силы тока в цепи.

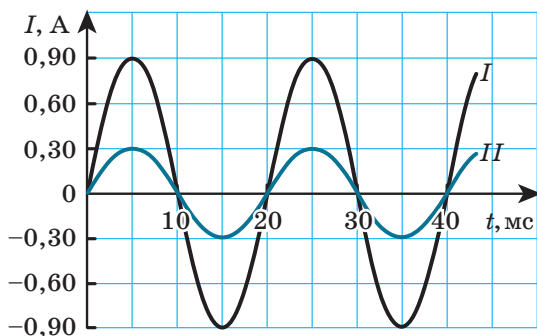


Рис. 58

- 230. *** К источнику переменного напряжения подключены два резистора сопротивлениями $R_1 = 12 \text{ Ом}$ и $R_2 = 36 \text{ Ом}$, соединенные последовательно. На рисунке 59 представлены графики зависимости напряжения на резисторах от времени. Определите среднюю тепловую мощность, выделяющуюся на каждом резисторе.

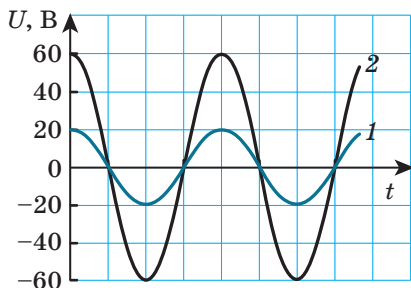


Рис. 59

- 231. *** В электрическую цепь переменного тока включены три резистора (рис. 60), сопротивления которых $R_1 = 30 \text{ Ом}$, $R_2 = 20 \text{ Ом}$ и $R_3 = 38 \text{ Ом}$. Напряжение на концах цепи изменяется по закону: $U(t) = A \sin(Bt)$, где $A = 40 \text{ В}$, $B = 100\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Определите количество теплоты, выделяющееся в цепи за период колебаний напряжения.

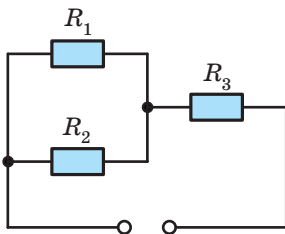


Рис. 60

- 232. *** К источнику переменного тока подключили электрическую цепь, состоящую из четырех резисторов (рис. 61), сопротивления которых $R_1 = 50 \text{ Ом}$, $R_2 = 20 \text{ Ом}$,

$R_3 = 70 \text{ Ом}$ и $R_4 = 25 \text{ Ом}$. Определите количество теплоты, выделяющееся в этой цепи за время $t = 40 \text{ с}$, если амплитудное значение силы тока в цепи $I_0 = 2,5 \text{ А}$.

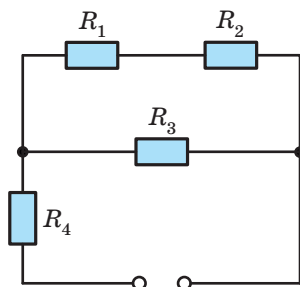


Рис. 61

- 233. *** Кипятильник работает от сети переменного тока с действующим значением напряжения $U_d = 220 \text{ В}$. При температуре $t_1 = 20^\circ \text{С}$ сопротивление вольфрамовой спирали кипятильника $R_1 = 48 \text{ Ом}$. Определите массу воды, превратившейся в пар при температуре кипения $t_2 = 100^\circ \text{С}$ за время $\tau = 1,0 \text{ мин}$. Температурный коэффициент сопротивления металла спирали $\alpha = 4,6 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$. Удельная теплота парообразования воды $L = 2,26 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$.

П р и м е ч а н и е. Зависимость сопротивления металлов от температуры имеет вид: $R = R_0(1 + \alpha t)$, где R_0 — сопротивление металла при температуре 0°С , α — температурный коэффициент сопротивления металла.

- 234. *** Водонагреватель работает от сети переменного тока, в которой сила тока изменяется по закону: $I(t) = B \sin(Ct)$, где $B = 5,0 \text{ А}$, $C = 100\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. При температуре $t_0 = 0^\circ \text{С}$ сопротивление спирали водонагревателя $R_0 = 50 \text{ Ом}$. Температурный коэффициент сопротивления материала спирали $\alpha = 6,0 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$. Определите объем воды, превратившейся при ее кипении в пар за время $\tau = 1,0 \cdot 10^4 T$, где T — период колебаний силы тока.

Температура кипения воды $t_{\text{к}} = 100^\circ\text{C}$. Потери теплоты составляют $\eta = 20\%$. Удельная теплота парообразования воды $L = 2,26 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$.

- 235. *** Сила тока на участке цепи с активным сопротивлением $R = 50$ Ом изменяется по гармоническому закону (рис. 62). В момент времени $t_A = 15$ мс сила тока на участке цепи равна I_A , а в момент времени $t_B = 35$ мс она равна I_B . Разность сил токов $I_A - I_B = 6,0$ А. Определите количество теплоты, которое выделяется в цепи за период колебаний силы тока.

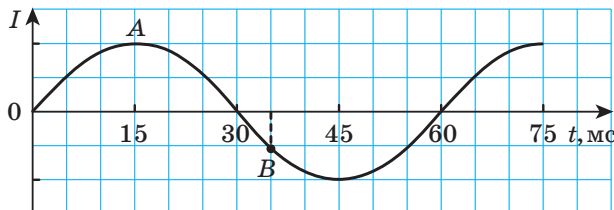


Рис. 62

- 236. *** Неоновая лампа включена в осветительную сеть, в которой частота колебаний переменного тока $\nu = 50$ Гц. Определите время, в течение которого горит неоновая лампа за каждый период, если: а) лампа зажигается и гаснет при напряжении на ее электродах в два раза меньше амплитудного значения напряжения в сети; б) лампа зажигается и гаснет при напряжении, равном действующему значению напряжения переменного тока.
- 237. *** К источнику переменного напряжения подключили электрическую цепь (рис. 63), состоящую из двух идеальных диодов и трех резисторов, сопротивления которых $R_1 = 60$ Ом, $R_2 = 120$ Ом, $R_3 = 120$ Ом. Определите среднюю тепловую мощность, выделяющуюся в цепи, если максимальное значение напряжения на клеммах источника $U_0 = 60$ В.

- 238. *** К источнику переменного напряжения подключили электрическую цепь (рис. 64), состоящую из двух идеальных диодов и пяти одинаковых резисторов сопротивлением $R = 40$ Ом каждый. Определите количество теплоты, выделяющееся в цепи за время, равное десяти периодам колебаний силы тока, если напряжение на клеммах источника изменяется по закону: $U(t) = A \sin(Bt)$, где $A = 80$ В, $B = 100\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$.

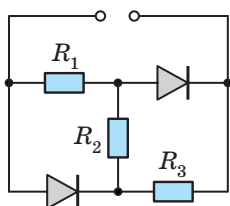


Рис. 63

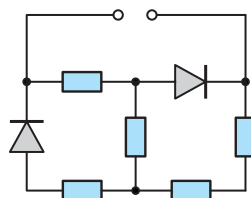


Рис. 64

- 239. *** На рисунке 65 представлена зависимость напряжения на электроплитке, имеющей нагревательный элемент сопротивлением $R = 60$ Ом, от времени. В момент времени $t_A = \frac{25}{3}$ мс напряжение на электроплитке равно U_A , а в момент времени $t_B = 15$ мс равно U_B . Разность напряжений $U_A - U_B = 450$ В. На электроплитке нагревается вода массой $m = 2,0$ кг. Определите изменение температуры воды за время $t = 7,0$ мин, если КПД электроплитки $\eta = 80\%$.

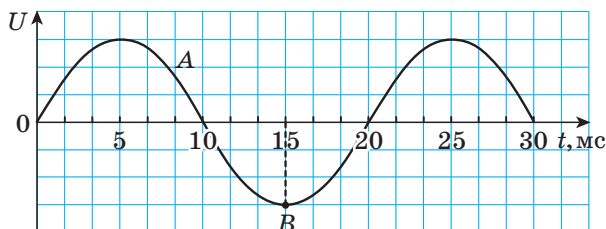


Рис. 65

- 240.** На рисунке 66 изображены идеальные трансформаторы. Через первичную обмотку каждого трансформатора протекает ток в направлении, указанном стрелкой, сила тока увеличивается. К клеммам 1 и 2 подключили резистор. Укажите номера рисунков, на которых:
- а) линии индукции магнитного поля, созданного током в первичной обмотке, внутри этой обмотки направлены вверх;
 - б) линии индукции магнитного поля, созданного током в первичной обмотке, внутри вторичной обмотки направлены вверх;
 - в) линии индукции магнитного поля, созданного индукционным током во вторичной обмотке, внутри этой обмотки направлены вверх;
 - г) во вторичной обмотке индукционный ток протекает от клеммы 1 к клемме 2;
 - д) потенциал клеммы 1 больше потенциала клеммы 2.

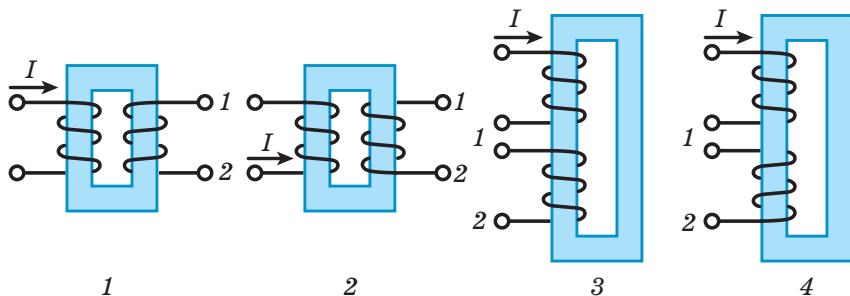


Рис. 66

- 241.** Трансформатор, содержащий в первичной обмотке $N_1 = 480$ витков, понижает напряжение от $U_1 = 880$ В до $U_2 = 220$ В. Определите коэффициент трансформации и число витков вторичной обмотки, если трансформатор работает в режиме холостого хода.

Примечание. В задачах 241—252 даны действующие значения напряжения или силы тока.

- 242.** Определите напряжение на первичной обмотке трансформатора, имеющей $N_1 = 1000$ витков, если на вторич-

ной обмотке, состоящей из $N_2 = 3500$ витков, напряжение $U_2 = 105$ В. Трансформатор работает в режиме холостого хода.

- 243.** Напряжение на первичной обмотке трансформатора увеличилось на $\Delta U = 10$ В, при этом напряжение на вторичной обмотке изменилось от $U_1 = 10$ В до $U_2 = 12$ В. Определите начальное напряжение на первичной обмотке. Трансформатор работает в режиме холостого хода.
- 244.** При включении первичной обмотки трансформатора в сеть переменного тока во вторичной обмотке возникает напряжение $U_2 = 120$ В. При включении в эту же сеть вторичной обмотки на клеммах первичной обмотки возникает напряжение $U_1 = 30$ В. Во сколько раз число витков первичной обмотки трансформатора меньше числа витков вторичной обмотки? Трансформатор работает в режиме холостого хода.
- 245.** Трансформатор понижает напряжение от $U_1 = 210$ В до $U_2 = 42$ В. Дополнительная обмотка, состоящая из одного витка, замкнута на вольтметр, который показывает напряжение $U = 0,50$ В. Определите число витков в первичной и вторичной обмотках. Трансформатор работает в режиме холостого хода.
- 246.** Солнечная батарея вырабатывает постоянное напряжение $U_0 = 24$ В, которое с помощью транзисторного преобразователя превращается в переменное напряжение с амплитудным значением $U_0 = 24$ В. Определите коэффициент трансформации трансформатора, который надо применить, чтобы энергию, выработанную батареей, можно было использовать для питания электроприборов, рассчитанных на подключение к бытовой сети переменного напряжения $U = 220$ В. Трансформатор работает в режиме холостого хода.

247. На рисунке 67 изображены витки обмоток трансформатора и схема их соединения. На клеммы 1 и 2 подано переменное напряжение $U_{12} = 20$ В. Определите напряжение на клеммах 3 и 4.

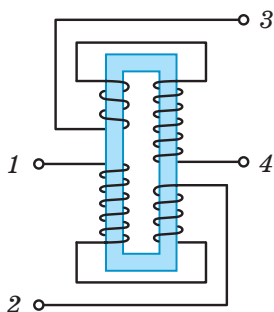


Рис. 67

248. На клеммы 1 и 2 первичной обмотки трансформатора, изображенного на рисунке 68, подано переменное напряжение $U = 12$ В. Какое напряжение покажут вольтметры V_1 и V_2 ?

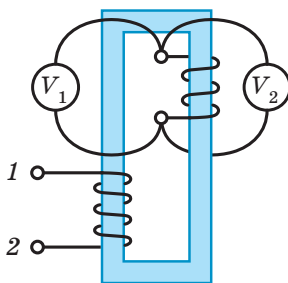


Рис. 68

249. *Первичная обмотка понижающего трансформатора, содержащая $N_1 = 1200$ витков, включена в сеть переменного тока с напряжением $U_1 = 220$ В. Напряжение на клеммах вторичной обмотки $U_2 = 20$ В, ее сопротивление $r = 1,0$ Ом. Сила тока во вторичной обмотке $I_2 = 2,0$ А. Определите коэффициент трансформации, число витков во вторичной обмотке и КПД трансформатора.

- 250.** *Сила тока в первичной обмотке трансформатора $I_1 = 0,5$ А, напряжение на ее концах $U_1 = 220$ В. Сила тока во вторичной обмотке $I_2 = 11$ А, напряжение на ее концах $U_2 = 9,5$ В. Определите КПД трансформатора.
- 251.** *Понижающий трансформатор с коэффициентом трансформации $k = 8$ включен в сеть с напряжением $U_1 = 220$ В. Определите напряжение на вторичной обмотке трансформатора, если ее сопротивление $r = 0,20$ Ом, а сопротивление полезной нагрузки, подключенной к вторичной обмотке, $R = 2,0$ Ом.
- 252.** *Первичная обмотка понижающего трансформатора с коэффициентом трансформации $k = 10$ включена в сеть переменного тока с напряжением $U_1 = 120$ В. Сопротивление вторичной обмотки $r = 1,2$ Ом, сила тока в ней $I_2 = 5,0$ А. Определите сопротивление нагрузки, подключенной к трансформатору.
- 253.** *Первичная обмотка понижающего трансформатора состоит из $N_1 = 1200$ витков, вторичная — из $N_2 = 60$ витков. Трансформатор включен в сеть переменного тока с действующим значением напряжения $U_1 = 220$ В. Активное сопротивление первичной обмотки трансформатора пренебрежимо мало. На вторичной обмотке, сопротивление которой $r = 0,80$ Ом, за промежуток времени $\Delta t = 4,0$ с выделяется количество теплоты $Q_2 = 5,0$ Дж. Определите среднюю мощность, потребляемую лампочкой, подключенной к вторичной обмотке трансформатора.
- 254.** *Первичная обмотка трансформатора, включенная в сеть с действующим значением напряжения $U_1 = 380$ В, имеет $N_1 = 2400$ витков. Действующее значение напряжения на клеммах вторичной обмотки $U_2 = 11$ В, а ее сопротивление $r = 0,20$ Ом. Определите число витков во вторичной обмотке, если мощность, потребляемая нагрузкой, подключенной к трансформатору, $P = 22$ Вт.

255. *Электроэнергию необходимо передавать от генератора переменного тока к потребителю по линии электропередачи (ЛЭП). При этом мощность, получаемая потребителем, должна быть $P = 20$ кВт, а мощность потерь в ЛЭП не должна превышать $k = 0,10$ мощности, получаемой потребителем. Определите допустимое сопротивление линии электропередачи, если действующее значение напряжения на клеммах генератора $U_d = 1,1$ кВ.
256. *Электроэнергия передается от электростанции к потребителю по линии электропередачи. При этом действующее значение напряжения на потребителе $U_d = 600$ В, а мощность, получаемая потребителем, $P = 8,0$ кВт. Определите сопротивление ЛЭП, если потери мощности в ней составляют $\alpha = 5,0$ % передаваемой мощности.
257. *От генератора электроэнергия передается потребителю по проводам сопротивлением $R_0 = 39$ Ом. Определите сопротивление потребителя, если КПД линии электропередачи $\eta = 0,95$.
258. *На какое максимальное расстояние можно передавать электроэнергию от генератора переменного напряжения, действующее значение на клеммах которого $U_d = 5$ кВ, чтобы нагрузка с сопротивлением $R = 1,6$ кОм потребляла мощность не менее $P = 10$ кВт? Удельное сопротивление соединительных проводов $\rho = 2,8 \cdot 10^{-8}$ Ом $\cdot$ м, их поперечное сечение $S = 4,2$ мм². Внутренним сопротивлением генератора пренебречь.
259. *Потребитель электрической энергии состоит из двух параллельно соединенных ламп мощностью $P = 30$ Вт каждая. В цепи должен протекать ток, действующее значение которого $I_d = 2,0$ А, а потери мощности в подводящих проводах при этом не должны превышать $\alpha = 10$ % полезной мощности. Определите максимальное действующее значение напряжения на клеммах источника переменного тока.

- 260.** *От генератора с действующим значением ЭДС $\mathcal{E}_d$ и имеющим на выходе мощность P энергия передается потребителю по линии электропередачи сопротивлением R . Определите КПД линии электропередачи. Внутренним сопротивлением генератора пренебречь.
- 261.** *Электрическая энергия от генератора переменного напряжения с внутренним сопротивлением r и максимальным значением ЭДС $\mathcal{E}_0$ передается потребителю на расстояние l по двухпроводной линии электропередачи. Удельное сопротивление материала проводов линии ρ , их диаметр d . Определите, какое количество теплоты выделяется в потребителе за время t , если сопротивление потребителя $R_{\text{п}}$.
- 262.** *От генератора электростанции мощностью $P = 5,0$ МВт по линии электропередачи сопротивлением $R = 36$ Ом было передано потребителю $\eta = 95\%$ энергии. Определите действующее значение напряжения на клеммах генератора.
- 263.** *Как известно, при изменении магнитного поля возникает вихревое электрическое поле, а при изменении электрического поля — магнитное поле. Какой цифрой на рисунке 69 обозначено: а) правильное изображение линий напряженности $\vec{Y}$ электрического поля, если модуль индукции $\vec{X}$ однородного магнитного поля увеличивается; б) правильное изображение линий индукции $\vec{Y}$ магнитного поля, если модуль напряженности $\vec{X}$ однородного электрического поля уменьшается?

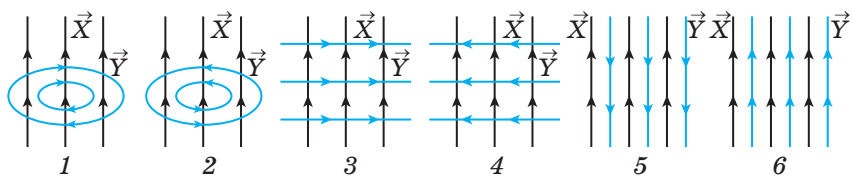


Рис. 69

264. *Требуется передать мощность $P = 2,5$ кВт на расстояние $l = 2,0$ км по двухпроводной ЛЭП, причем потери на нагревание проводов не должны превышать $\alpha = 3,0$ % передаваемой энергии. Какова масса проводов, если действующее значение напряжения на клеммах генератора переменного тока $U_d = 2,0$ кВ, плотность материала проводов $\rho = 2,7 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$, их удельное сопротивление $\rho_0 = 2,8 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$?
265. На рисунке 70 изображены направления векторов напряженности электрического поля и магнитной индукции в электромагнитной волне в некоторый момент времени. В каком направлении распространяется электромагнитная волна?

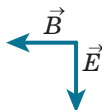


Рис. 70

266. На рисунке 71 показано направление распространения электромагнитной волны. Укажите все допустимые направления вектора магнитной индукции в этой волне: 1) влево; 2) вправо; 3) вверх; 4) вниз; 5) влево и вниз; 6) вправо и вверх; 7) от нас; 8) к нам.



Рис. 71

267. Определите длину волны электромагнитного излучения внутри микроволновой печи, если его частота $\nu = 2450$ МГц.
268. Определите длину электромагнитной волны в вакууме и бензоле, если частота волны $\nu = 7,5 \cdot 10^{11}$ Гц. Диэлектрическая проницаемость бензола $\epsilon = 2,3$.

- 269.** На рисунке 72 изображены зависимости проекций напряженности электрического поля и индукции магнитного поля на координатные оси Ox и Oy от координаты z в некоторый момент времени. Укажите номер рисунка, на котором изображена электромагнитная волна, распространяющаяся против направления оси Oz .

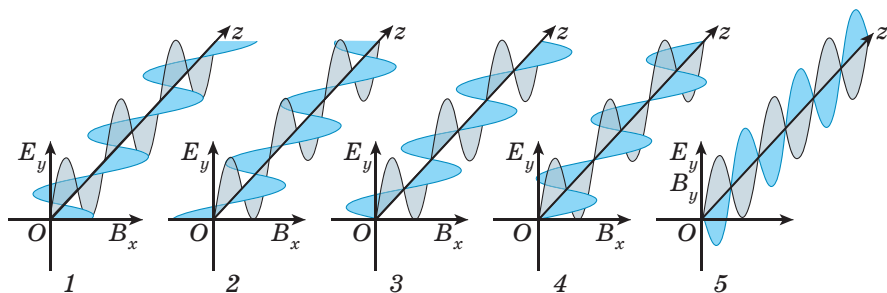


Рис. 72

- 270.** Наземная передающая станция отправила данные через спутник, находящийся на геостационарной орбите. Радиус этой орбиты $R = 4,22 \cdot 10^4$ км, радиус Земли $R_3 = 6,4 \cdot 10^3$ км. Определите минимальное время, через которое наземная приемная станция может начать получать данные.
- 271.** Спутниковая система навигации работает по следующему принципу. Из сообщений, постоянно передаваемых навигационными спутниками, можно получить информацию о координатах спутника и точном времени отправки сообщения. В приемнике нет точных часов, но разность времени распространения сигнала от разных спутников до приемника можно узнать с большой точностью. По этим данным легко рассчитать координаты приемника. Пусть приемник и два спутника находятся на оси Ox . Координаты спутников $x_1 = -100,000$ км, $x_2 = 50,000$ км. Сигнал от первого спутника до приемника распространялся на $\Delta t = 100$ мкс дольше, чем сигнал от второго спутника. Определите координату приемника.

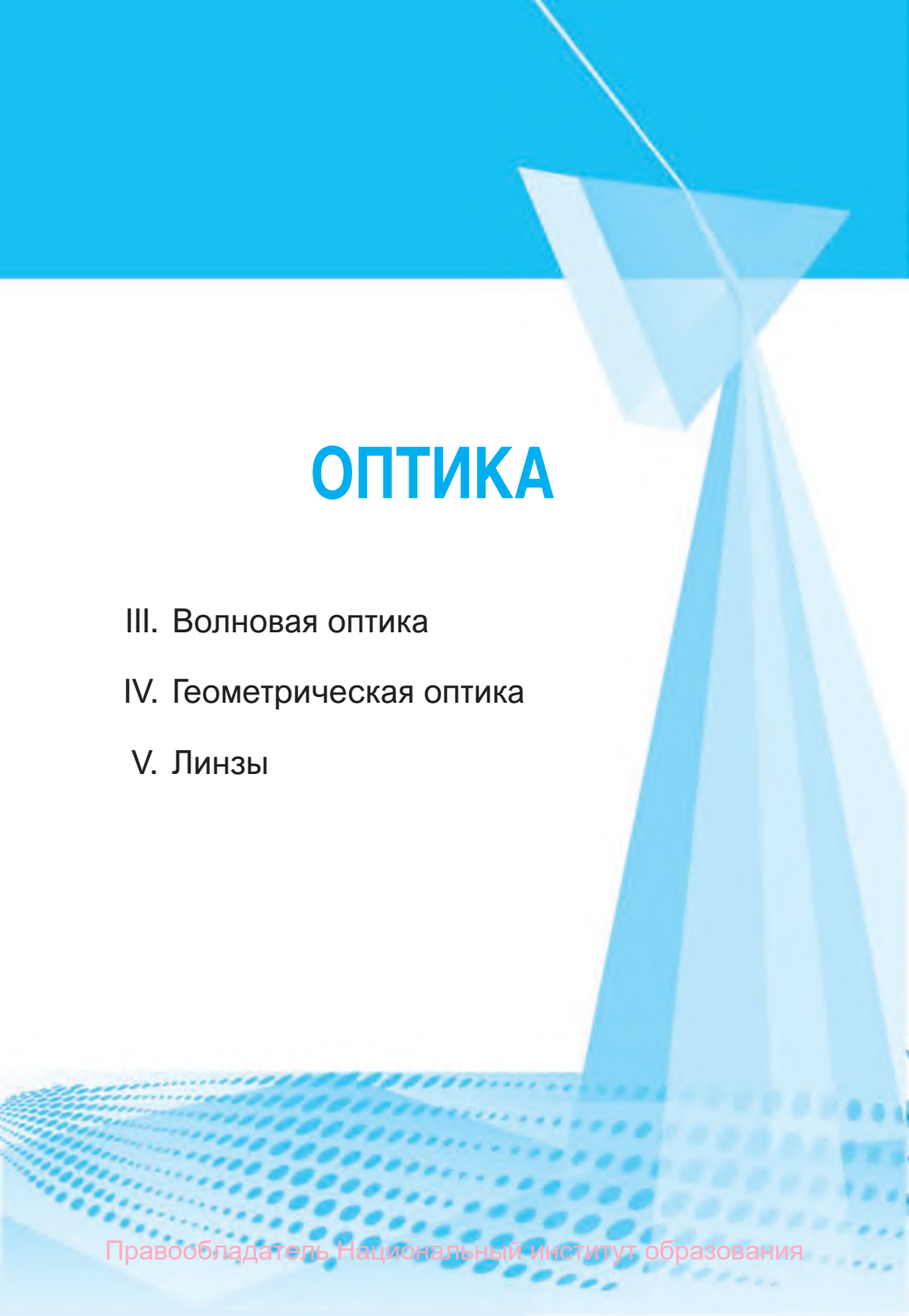
272. Между двумя компьютерами, расположенными на расстоянии $L = 300$ м друг от друга, происходит передача данных со скоростью $1 \frac{\text{Гбит}}{\text{с}}$ с помощью радиоволн (по технологии *Wi-Fi*) и с такой же скоростью по оптическому волокну. Скорость света в оптоволокне $v = 200\,000 \frac{\text{км}}{\text{с}}$. Определите: а) на сколько бит запаздывают данные, получаемые по оптоволокну по сравнению с данными, получаемыми по *Wi-Fi*; б) чему равна длина участка электромагнитной волны, на которой переносится один бит информации; в) сколько бит информации одновременно находится в пути от источника излучения до приемника при передаче информации по оптоволокну; г) какое количество информации передается за время $t = 10$ с по радиоканалу и по оптоволокну.
273. Определите длину электромагнитной волны, частота которой равна частоте звука, характерной для человеческой речи, если длина звуковой волны $\lambda_3 = 100$ см, а скорость звука $v = 330 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.
274. На каком расстоянии от радара находится самолет, если электромагнитная волна, отправленная радаром и отраженная самолетом, возвратилась обратно через промежуток времени $\Delta t = 24$ мкс после излучения?
275. Радар излучил электромагнитный импульс в сторону корабля, находящегося на расстоянии $l = 0,90$ км. Определите промежуток времени между моментами излучения и приема импульса, отраженного кораблем.
276. Радар излучил в сторону приближающегося к нему автомобиля два коротких электромагнитных импульса, следующих друг за другом через промежуток времени $\Delta t_1 = 0,20$ с. Импульсы, отразившись от автомобиля, были приняты радаром. При этом разница между време-

нем распространения первого и второго импульса составила $\Delta t = 44$ нс. Определите модуль скорости движения автомобиля.

- 277.** Ширина одного из диапазонов длин радиоволн, используемых для сети 5G, $\Delta\lambda = 0,7$ см, при этом ширина диапазона частот $\Delta\nu = 1,0$ ГГц. Определите максимальную длину волны этого диапазона.
- 278.** Приемный колебательный контур радиоприемника состоит из катушки индуктивностью $L = 2,0$ мкГн и конденсатора емкостью $C = 1,8$ нФ. На какую длину волны настроен радиоприемник?
- 279.** Определите длину волны радиоизлучения передатчика, если в колебательном контуре, задающем частоту передатчика, максимальный заряд конденсатора $q_0 = 20$ нКл, максимальная сила тока в катушке $I_0 = 1,0$ А.
- 280.** Сила тока в открытом колебательном контуре изменяется по закону: $I(t) = I_0 \sin(\omega t)$, где $\omega = 6 \cdot 10^5 \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. Определите длину излучаемой волны.
- 281.** Какой интервал частот может перекрыть один из диапазонов радиоприемника, в котором приемный колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L = 1,0$ мкГн и конденсатора, емкость которого изменяется от $C_1 = 40$ пФ до $C_2 = 100$ пФ?
- 282.** Определите, во сколько раз нужно увеличить емкость конденсатора в приемном колебательном контуре радиоуправляемой игрушки, настроенном на частоту $\nu = 6,0 \cdot 10^6$ Гц, чтобы игрушкой можно было управлять с помощью сигналов радиопередатчика, работающего на длине волны $\lambda = 100$ м.
- 283.** Радиоприемник, в котором приемный колебательный контур состоит из катушки и плоского воздушного конденсатора, настроен на длину волны $\lambda_1 = 300$ м. При этом

расстояние между пластинами конденсатора $d_1 = 6,4$ мм. Определите, на сколько надо изменить расстояние между пластинами конденсатора, чтобы настроить приемник на длину волны $\lambda_2 = 240$ м.

- 284.** При равномерном убывании силы тока со скоростью $\frac{\Delta I}{\Delta t} = -0,5 \frac{\text{А}}{\text{с}}$ в катушке индуцируется ЭДС самоиндукции $\mathcal{E}_c = 2,0$ мкВ. Определите емкость конденсатора, с которым следует соединить данную катушку, чтобы эту цепь можно было использовать как приемный колебательный контур в радиоприемнике, настроенном на длину волны $\lambda = 300$ м.
- 285.** Принцип работы одного из простейших радиомикрофонов следующий. В колебательном контуре, который задает частоту электромагнитных колебаний в радиопередатчике, используется катушка индуктивности и конденсаторный микрофон, который состоит из расположенных на небольшом расстоянии друг от друга электропроводной мембраны и металлической пластины, образующих конденсатор. Под действием звукового давления мембрана изгибается, изменяется расстояние между мембраной и пластиной, что приводит к изменению емкости конденсатора и, следовательно, частоты радиоволн, излучаемых передатчиком. При отсутствии звука частота колебаний в передатчике $\nu_0 = 433\,000$ кГц, а расстояние между мембраной и пластиной $h_0 = 0,10$ мм, определите: а) изменение длины волны радиоизлучения при увеличении частоты колебаний в передатчике под действием звукового давления на $\Delta \nu = 10$ кГц; б) изменение расстояния между мембраной и пластиной при этом изменении частоты на $\Delta \nu = 10$ кГц.



ОПТИКА

III. Волновая оптика

IV. Геометрическая оптика

V. Линзы

III. ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

Формула или условие	Формула	Физические величины, входящие в формулу
Длина волны света	$\lambda = cT$ или $\lambda = \frac{c}{\nu}$, где $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ — скорость света в вакууме	λ — длина волны в вакууме; T — период колебаний волны; ν — частота волны
Абсолютный показатель преломления вещества	$n = \frac{c}{v}$	n — абсолютный показатель преломления вещества; c — скорость света в вакууме; v — скорость света в веществе
Длина волны света в веществе	$\lambda_n = \frac{\lambda}{n}$	λ_n — длина волны в веществе; λ — длина волны в вакууме; n — абсолютный показатель преломления вещества
Оптическая разность хода волн	$\delta = d_2 n_2 - d_1 n_1$	d_1 и d_2 — геометрические длины путей, пройденных волнами; n_1 и n_2 — абсолютный показатель преломления вещества, в котором

Формула или условие	Формула	Физические величины, входящие в формулу
		распространяется первая и вторая волна соответственно
Разность фаз колебаний в точке наблюдения интерференции	$\Delta\varphi = \frac{2\pi\Delta d}{\lambda_n}$	Δd — геометрическая разность хода волн; λ_n — длина волны в веществе
Условие интер- ференционного максимума	$\delta = 2m \frac{\lambda}{2}, \text{ где}$ $m = 0; \pm 1; \pm 2; \dots$	δ — оптическая разность хода волн; λ — длина волны в вакууме
Условие интер- ференционного минимума	$\delta = (2m + 1) \frac{\lambda}{2},$ где $m = 0; \pm 1; \pm 2; \dots$	δ — оптическая разность хода волн; λ — длина волны в вакууме
Формула дифрак- ционной решетки	При нормаль- ном падении света на диф- ракционную решетку: $d \sin \theta = m \lambda$, где $m = 0; \pm 1;$ $\pm 2; \dots$	d — период решетки; θ — угол дифракции; m — порядок спектра (максимума); λ — длина волны

286. Сколько суток распространяется свет от Сириуса до Земли, если расстояние между ними $l = 8,1 \cdot 10^{13}$ км?

287. 21 июля 1969 года астронавты программы «Аполлон-11» установили на Луне первый уголкового отражатель. Определите время, через которое лазерный импульс, испущенный с Земли, достигает отражателя и возвращается обратно. Расстояние от Земли до Луны $l = 3,84 \cdot 10^8$ м.

288. Монохроматическое излучение с длиной волны $\lambda = 616$ нм, распространяющееся в вакууме, падает на кварцевую пластинку. Определите длину световой волны в кварце, абсолютный показатель преломления которого $n = 1,54$.
289. На рисунке 73 изображена плоская световая волна, проходящая через границу вакуум — прозрачное вещество. Найдите абсолютный показатель преломления прозрачного вещества.

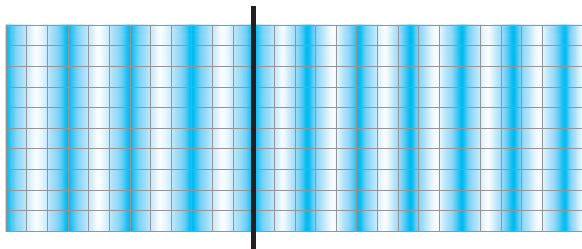


Рис. 73

290. В стекле распространяется свет с длиной волны $\lambda_n = 0,50$ мкм. Определите абсолютный показатель преломления стекла, если частота световой волны $\nu = 0,40 \cdot 10^{15}$ Гц.
291. Длина волны монохроматического света, распространяющегося в кедровом масле, $\lambda_n = 450$ нм. Определите период колебаний волны, если абсолютный показатель преломления кедрового масла $n = 1,52$.
292. Зеленый свет с длиной волны $\lambda_1 = 540$ нм, распространяющийся в воздухе, падает на стеклянную пластинку. Определите длину волны и частоту этого света в пластинке, если скорость света в стекле $v = 2,0 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.
293. Монохроматическая волна света распространяется в вакууме. Причем на отрезке AB укладывается $N_1 = 70$ длин волн. Сколько длин волн будет укладываться на отрезке AB , если волна будет распространяться в прозрачной среде, показатель преломления которой $n = 1,4$?

294. Красный свет с длиной волны $\lambda = 720$ нм, распространяющийся в вакууме, падает на тонкую прозрачную пленку. Толщина пленки $h = 3,8 \cdot 10^{-5}$ м, абсолютный показатель преломления вещества пленки $n = 1,8$. Определите, во сколько раз толщина пленки больше длины волны света, распространяющегося в пленке.
295. Определите длину отрезка, на котором укладывается столько же длин волн монохроматического света в вакууме, сколько их укладывается на отрезке длиной $l_1 = 60$ мм в глицерине. Абсолютный показатель преломления глицерина $n = 1,45$.
296. Определите отношение толщины стеклянной пластинки к толщине алмазной пластинки, если время распространения синего света в стеклянной пластинке в три раза больше, чем в алмазной. Абсолютный показатель преломления стекла $n_{\text{ст}} = 1,8$. Скорость света в алмазе $v_{\text{ал}} = 1,25 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.
297. На рисунке 74 изображен световой луч, преломленный на границе воздух — фианит. Определите время, за которое в фианите свет приходит из точки B в точку C , если в воздухе из точки A в точку B свет приходит за время $t_1 = 3$ нс, а абсолютный показатель преломления фианита $n = 2,24$.

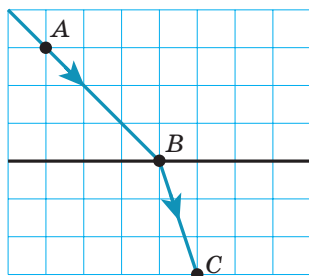


Рис. 74

- 298.** Принцип работы лазерного дальномера основан на том, что измеряется время, за которое свет, испущенный дальномером и отраженный от исследуемого объекта, возвращается обратно. Так как скорость света в воздухе известна, то по этим данным можно узнать расстояние до объекта. С помощью лазерного дальномера, расположенного вблизи поверхности водоема, пытаются измерить его глубину, направив лазерный луч на дно. Какие показания будут у дальномера, если истинная глубина водоема $h = 1,0$ м, абсолютный показатель преломления воды $n = 1,33$?
- 299.** Две когерентные волны, испущенные одним источником, распространяясь в вакууме, приходят в точку наблюдения с разностью хода $\Delta d = 0,25\lambda$, где λ — длина волны. Определите разность фаз этих волн в точке наблюдения.
- 300.** Две когерентные волны от одного источника, распространяясь в вакууме, приходят в точку наблюдения с разностью хода $\Delta d = 0,24$ мкм. Определите длину волны, если разность фаз волн в этой точке $\Delta\varphi = \pi$ рад.
- 301.** На пути одного из двух световых лучей, приходящих в одну точку, поместили плоскопараллельную стеклянную пластинку, толщина которой $h = 1,2$ мм. Определите оптическую разность хода, которую внесла пластинка, если абсолютный показатель преломления стекла $n = 1,5$. Пластинка расположена перпендикулярно лучу света.
- 302.** Вдоль оси цилиндрической трубки, заполненной прозрачной жидкостью, распространяется монохроматическая волна. Длина трубки $l_1 = 10$ см. Другая монохроматическая волна распространяется вдоль оси стеклянного стержня длиной $l_2 = 12$ см. Оптическая разность хода второй и первой волны $\delta = 5,0$ см. Определите абсолютный показатель преломления жидкости, если абсолютный показатель преломления стекла $n_2 = 1,5$. Длины этих волн в вакууме одинаковы.

- 303.** Определите, сколько длин укладывается в оптическую разность хода двух когерентных волн с длиной волны $\lambda = 600$ нм, распространяющихся в вакууме, если одна из них достигает экрана позже другой на $\Delta t = 1,2 \cdot 10^{-14}$ с.
- 304.** Две когерентные волны, испущенные одним источником света, приходят в некоторую точку пространства с оптической разностью хода $\delta = 6,0$ мкм. Определите, что будет наблюдаться в этой точке (интерференционный максимум, минимум или ни то, ни другое), если длина волны света, испускаемого источником: а) $\lambda = 400$ нм; б) $\lambda = 480$ нм; в) $\lambda = 500$ нм.
- 305.** В точку A приходят две когерентные волны от источников S_1 и S_2 (рис. 75). Определите: а) что будет наблюдаться в точке A (интерференционный максимум, минимум или ни то, ни другое); б) разность хода волн в точке A . Объясните полученные результаты.

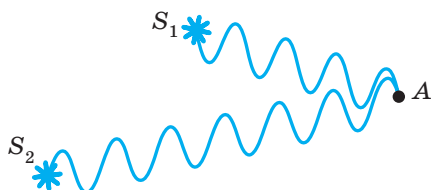


Рис. 75

- 306.** В некоторую точку приходят две когерентные электромагнитные волны. Амплитуда колебаний напряженности электрического поля, создаваемого первой волной, $E_1 = 1 \frac{\text{В}}{\text{м}}$, второй волной — $E_2 = 3 \frac{\text{В}}{\text{м}}$. Укажите возможные амплитуды колебаний напряженности электрического поля в рассматриваемой точке: а) $0 \frac{\text{В}}{\text{м}}$; б) $1 \frac{\text{В}}{\text{м}}$; в) $2 \frac{\text{В}}{\text{м}}$; г) $3 \frac{\text{В}}{\text{м}}$; д) $4 \frac{\text{В}}{\text{м}}$; е) $5 \frac{\text{В}}{\text{м}}$. Объясните полученный результат.

307. Две когерентные волны, испущенные одним источником света с длиной волны $\lambda = 600$ нм, распространяясь в воздухе, приходят в точку наблюдения с разностью хода δ . Интерференционный максимум или минимум наблюдается в этой точке, если: а) $\delta_1 = 1,8$ мкм; б) $\delta_2 = 1,5$ мкм; в) $\delta_3 = 2,1$ мкм?
308. Две когерентные световые волны, испущенные одним источником, распространяясь в воздухе, приходят в центр экрана с разностью хода $\Delta d = 0,90$ мкм. Определите длину волны света, испускаемого источником, если в центре экрана наблюдается интерференционный максимум второго порядка.
309. В установке Юнга при освещении двух щелей монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 0,65$ мкм на экране получена интерференционная картина, черно-белая фотография которой показана на рисунке 76. Оптическая разность хода волн, приходящих в точку 1, равна нулю. Определите оптическую разность хода волн в точке 2.

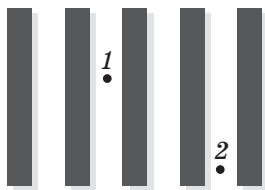


Рис. 76

310. В некоторую точку экрана приходит свет от источника излучения с частотой $\nu = 5,0 \cdot 10^{14}$ Гц. Ослабление или усиление света будет наблюдаться после того, как в эту точку начнет приходить свет от второго источника, излучающего волны в одной фазе с первым источником? Амплитуда волн от обоих источников в точке наблюдения одинакова, оптическая разность хода волн $\delta = 9,0 \cdot 10^{-7}$ м.

- 311.** Два источника S_1 и S_2 синфазно (в одной фазе) излучают в вакууме световые волны с частотой $\nu = 6,0 \cdot 10^{14}$ Гц. Интерференционный максимум или минимум наблюдается в точке, лежащей на отрезке S_1S_2 и расположенной на удалении $\Delta l = 0,25$ мкм от середины этого отрезка?
- 312.** Мыльную пленку освещают видимым светом, спектр которого содержит длины волн от $\lambda_{\min} = 0,38$ мкм до $\lambda_{\max} = 0,76$ мкм. Между световыми волнами, отраженными от поверхностей пленки, возникает оптическая разность хода $\delta = 1,8$ мкм. Определите длины волн света, отраженного от мыльной пленки, который: а) максимально усилен; б) максимально ослаблен.
- 313.** Два точечных когерентных источника света S_1 и S_2 , излучающих в вакууме монохроматические световые волны в одной фазе, находятся на одинаковом расстоянии $H = 50$ см от экрана (рис. 77). При расстоянии между источниками $h = 2$ мм в точке A наблюдается интерференционный максимум. Чему равна длина волны света, излучаемого источниками, если для наблюдения в точке A интерференционного минимума источник света S_2 надо сместить вправо на минимальное расстояние $\Delta = 50$ мкм?

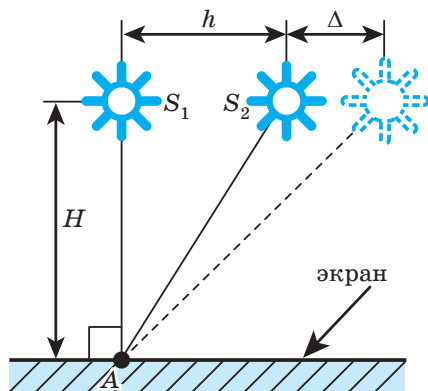


Рис. 77

- 314.** В опыте Юнга расстояние между щелями S_1 и S_2 (рис. 78) $d = 0,75$ мм. Расстояние от щелей до экрана $L = 9,6$ м. Щели освещаются монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 500$ нм, распространяющимся в воздухе. Определите: а) оптическую разность хода волн, приходящих в точку C экрана, расположенную на расстоянии $l = 32$ мм от центрального максимума; б) что наблюдается в точке C экрана — усиление или ослабление света; в) ширину интерференционной полосы — расстояние на экране между двумя соседними интерференционными максимумами; г) на сколько нужно увеличить длину волны, чтобы расстояние между соседними интерференционными максимумами на экране осталось неизменным, если пространство между щелями и экраном заполнить прозрачной жидкостью, абсолютный показатель преломления которой $n = 1,3$.

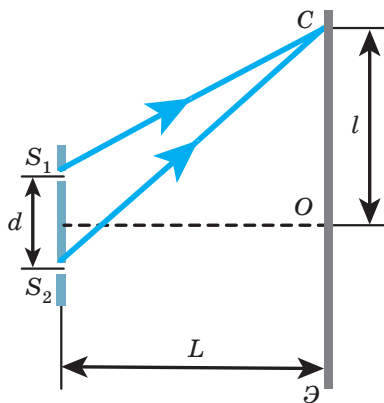


Рис. 78

- 315. *** Два мнимых когерентных источника, полученные с помощью бипризмы Френеля, излучают свет с длинами волн $\lambda = 560$ нм. Эти источники находятся в воздухе на расстоянии $L = 3,2$ м от экрана. Определите расстояние между источниками света, если на расстоянии $x = 28$ мм от центра экрана наблюдается третья темная полоса.

Во сколько раз изменится расстояние между интерференционными максимумами на экране, если расстояние между источниками увеличить в два раза?

- 316. *** На расстоянии $L = 4,0$ м от экрана находятся два мнимых когерентных источника света, полученные с помощью бизеркал Френеля. Источники излучают волны, период которых $T = 2,0 \cdot 10^{-15}$ с. Определите расстояние между интерференционными максимумами нулевого и второго порядков на экране, если расстояние между источниками света $d = 0,10$ мм. Волны распространяются в воздухе.

П р и м е ч а н и е. Бизеркало Френеля состоит из двух плоских зеркал, соединенных между собой и расположенных под углом, близким к развернутому.

- 317. *** Опыт Ллойда заключается в получении на экране Э интерференционной картины от точечного монохроматического источника света S и его мнимого изображения S' , полученного в зеркале З (рис. 79). Определите расстояние от источника света до зеркала, если ширина интерференционной полосы на экране $l = 1,4$ мм. Длина волны света $\lambda = 0,7$ мкм. Расстояние от источника света до экрана $L = 4$ м.

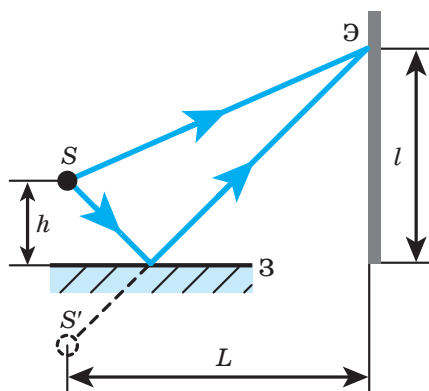


Рис. 79

- 318.** *Расстояние между мнимыми когерентными источниками света, полученными с помощью бипризмы Френеля, $d = 1$ мм. Расстояние от каждого источника света до экрана $l = 3$ м. На бипризму падает белый свет, минимальная длина волны которого $\lambda_1 = 380$ нм, максимальная — $\lambda_2 = 780$ нм. Определите ширину первого спектра на экране.
- 319.** *На мыльную пленку с показателем преломления $n = 1,3$, находящуюся в воздухе, падает нормально монокроматический свет с длиной волны $\lambda = 0,52$ мкм. При какой наименьшей толщине пленки отраженный свет в результате интерференции окажется максимально усиленным?
- Пр и м е ч а н и е. При отражении света от оптически более плотной среды теряется половина волны.
- 320.** *Белый свет падает нормально на стеклянную пленку, толщина которой $h = 0,40$ мкм. Показатель преломления стекла $n = 1,5$. Определите все длины волн, лежащие в пределах видимого спектра (интервал длин волн 380—750 нм), которые в отраженном свете: а) максимально усилены; б) максимально ослаблены. Пластика находится в воздухе.
- 321.** *При нормальном падении на мыльную пленку света с длиной волны $\lambda_1 = 495$ нм свет почти не отражается. При увеличении длины волны интенсивность отраженного света увеличивается и при длине волны $\lambda_2 = 660$ нм достигает максимума. Определите толщину пленки. Абсолютный показатель преломления мыльного раствора $n = 1,32$.
- 322.** *Линза объектива кинокамеры покрыта прозрачной пленкой толщиной $h = 0,30$ мкм. Обеспечит ли эта пленка просветление объектива для света с длиной волны $\lambda = 552$ нм, если абсолютный показатель преломления пленки $n_{\text{п}} = 1,38$?

П р и м е ч а н и е. Просветление оптики — это технология обработки поверхности оптических приборов для снижения интенсивности отраженного света от их оптических поверхностей, граничащих с воздухом. На поверхность оптической детали наносят тонкую пленку, показатель преломления которой меньше показателя преломления стекла $n_{\text{п}} < n_{\text{с}}$. Луч, отраженный от поверхности пленки, и луч, отраженный от границы пленки и стекла, когерентны. Подобрав толщину пленки такой, чтобы при интерференции они погасили бы друг друга, можно усилить проходящий свет, т. е. просветлять оптику.

- 323. *** Абсолютный показатель преломления пленки, нанесенной на объектив фотоаппарата, $n_{\text{п}} = 1,25$. Определите толщину пленки, если она обеспечивает просветление объектива при длине волны света $\lambda = 0,55$ мкм и порядке интерференции $m = 3$.
- 324. *** Зимой на стеклах общественного транспорта образуются тонкие пленки наледи, окрашивающие все видимое сквозь них в цветные полосы. Объясните происхождение этих полос.
- 325. *** При освещении стеклянного клина с очень малым углом $\gamma = 20''$ монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 628$ нм, падающим перпендикулярно к его поверхности, на клине наблюдаются интерференционные полосы. Определите расстояние между двумя соседними светлыми полосами, если абсолютный показатель преломления стекла $n = 1,50$.
- 326. *** Между краями двух одинаковых отшлифованных плоских стеклянных пластинок помещена тонкая проволока диаметром $d = 0,06$ мм. Противоположные концы пластинок плотно прижаты друг к другу, образуя воздушный клин. Перпендикулярно поверхности пластинок, длина которой $l = 12$ см, падает монохроматический свет, в результате чего на пластинке наблюдаются интерференционные светлые полосы, расстояние между которыми $r = 0,6$ мм. Определите длину волны света, падающего на пластинку.

327. На дифракционную решетку с периодом $d = 4,2$ мкм нормально падает монохроматический свет. Определите длину волны света, если угол между направлением на дифракционный максимум третьего порядка и нормалью $\theta = 30^\circ$.
328. На дифракционную решетку с периодом $d = 3,0$ мкм, находящуюся в воздухе, нормально падает монохроматический свет. Определите период колебаний световой волны, если угол между направлениями на дифракционные максимумы второго порядка $\varphi = 60^\circ$.
329. На дифракционную решетку нормально падает монохроматический свет с длиной волны λ . Угол между направлением на первый дифракционный максимум и нормалью равен φ (рис. 80). Укажите отрезок, длина которого равна λ .

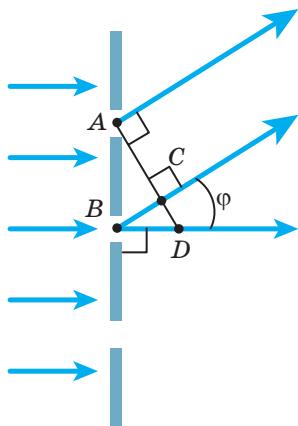


Рис. 80

330. На дифракционную решетку нормально падает монохроматический свет. Определите длину световой волны, если оптическая разность хода волн, распространяющихся от соседних щелей решетки в направлении

главного дифракционного максимума второго порядка, равна $\delta = 1,22$ мкм.

- 331.** На дифракционную решетку нормально падает монохроматический свет с длиной волны λ . Угол между направлением на главный дифракционный максимум третьего порядка и нормалью равен φ (рис. 81). Определите: а) период решетки; б) разность хода волн, распространяющихся из точек A и B в направлении максимума третьего порядка.

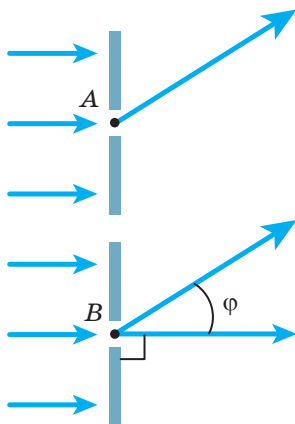


Рис. 81

- 332.** На дифракционную решетку, имеющую $N = 300 \frac{\text{штр}}{\text{мм}}$, нормально падает свет с длиной волны $\lambda = 400$ нм. Определите угол между направлением на дифракционный максимум второго порядка и нормалью.
- 333.** На дифракционную решетку, имеющую $N = 80$ штрихов на $l = 1$ мм, нормально падает монохроматический свет. Определите длину волны света, если угол между направлениями на соседние дифракционные максимумы второго и третьего порядков $\varphi_{23} = 2^\circ 30'$. Углы дифракции считать малыми.

- 334.** На дифракционную решетку нормально падает свет с длиной волны $\lambda = 550$ нм. Непосредственно за решеткой находится тонкая линза с фокусным расстоянием $F = 2,0$ м, в фокальной плоскости которой установлен экран. Определите период дифракционной решетки, если на экране расстояние между дифракционным максимумом нулевого и первого порядков $l = 11$ см.
- 335.** На дифракционную решетку, на каждом миллиметре которой нанесено $N = 75$ штрихов, падает нормально лазерный луч света с длиной волны $\lambda = 500$ нм. На экране, удаленном от решетки на $L = 3,2$ м, видны светлые точки на равных расстояниях друг от друга. Определите: а) на каком расстоянии друг от друга расположены эти точки; б) каким станет расстояние между ними, если расстояние от дифракционной решетки до экрана увеличить на $\eta = 25$ %.
- 336.** На дифракционную решетку, имеющую $N = 100$ штрихов на длине $l = 1,0$ мм, нормально падает белый свет (интервал длин волн $\lambda_{\min} = 380$ нм — $\lambda_{\max} = 780$ нм). Непосредственно за решеткой расположена тонкая линза с фокусным расстоянием $F = 2$ м, в фокальной плоскости которой находится экран. Определите ширину дифракционного спектра первого порядка на экране.
- 337.** На дифракционную решетку нормально падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 520$ нм. Определите, какой максимальный порядок дифракционного спектра можно наблюдать на экране с помощью этой решетки, если ее период $d = 2,5$ мкм.
- 338.** На дифракционную решетку, находящуюся в воздухе и содержащую $N = 500$ штрихов на длине $l = 1,0$ мм, нормально падает монохроматический свет с частотой $\nu = 5 \cdot 10^{14}$ Гц. Определите число дифракционных максимумов на экране.

- 339.** На дифракционную решетку с периодом $d = 3,0$ мкм, находящуюся в воздухе, нормально падает монохроматический свет с частотой $\nu = 4,0 \cdot 10^{14}$ Гц. Определите наибольший порядок дифракционного максимума, наблюдаемого на экране, и угол между направлением на него и нормалью к решетке.
- 340.** На дифракционную решетку, находящуюся в воздухе и имеющую $N = 5000$ штрихов на отрезке длиной $l = 1$ см, падает нормально параллельный пучок монохроматического света с периодом колебаний $T = 1,55 \cdot 10^{-15}$ с. Определите число дифракционных максимумов, направления на которые находятся в пределах угла $\beta = 60^\circ$. Биссектриса угла перпендикулярна плоскости решетки. Экран, на котором наблюдаются дифракционные максимумы, расположен перпендикулярно решетке.
- 341.** На дифракционную решетку, период которой $d_1 = 1,2$ мкм, падает нормально лазерный луч с длиной волны $\lambda = 500$ нм. Непосредственно за решеткой установлена тонкая линза, в фокальной плоскости которой находится экран. На сколько увеличится на экране число дифракционных максимумов, если эту дифракционную решетку заменить другой решеткой, период которой $d_2 = 2,2$ мкм? Изменится ли расстояние между максимумами?
- 342.** На дифракционную решетку, ширина непрозрачного участка которой $a = 1,2$ мкм, а прозрачного — $b = 0,8$ мкм, по нормали падает лазерный луч с длиной волны $\lambda = 700$ нм. На плоском экране, расположенном перпендикулярно плоскости решетки, наблюдается ряд светлых точек. Определите расстояние между крайними точками, если расстояние от центра дифракционной решетки до одной из крайних точек $L = 3,0$ м.

- 343. *** На дифракционную решетку нормально падает параллельный световой пучок, длины волн которого заключены в пределах $\lambda_{\min} = 400$ нм — $\lambda_{\max} = 500$ нм. Перекрываются ли дифракционные спектры различных порядков, если период дифракционной решетки: а) $d_1 = 2$ мкм; б) $d_2 = 3$ мкм?
- 344.** На дифракционную решетку нормально падает монохроматический свет. Спектры четвертого и пятого порядков частично перекрываются. Определите, какая длина волны спектра пятого порядка накладывается на длину волны $\lambda_1 = 520$ нм спектра четвертого порядка.
- 345. *** На рисунке 82 изображена оптическая схема спектрометра. Щель спектрометра находится в фокальной плоскости линзы 1, а экран — в фокальной плоскости линзы 2. Период дифракционной решетки $d = 900$ нм. Исследуемым объектом является пламя газовой горелки, в которое поместили кристаллик поваренной соли. Пламя окрашено в желтый цвет, обусловленный тем, что атомы натрия излучают свет с длинами волн $\lambda_1 = 589,0$ нм, $\lambda_2 = 589,6$ нм. Определите расстояние между спектральными линиями на экране.

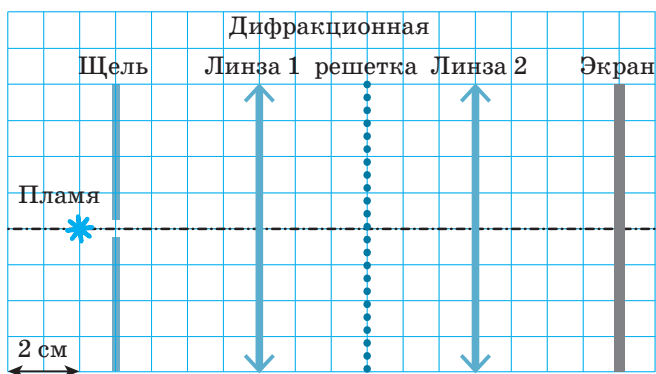
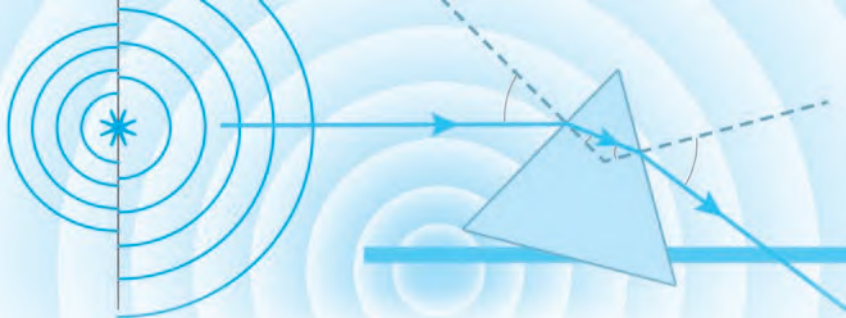


Рис. 82



IV. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА

Физическая величина или закон	Формула	Величины, входящие в формулу
Закон отражения света	$\alpha = \beta$	α — угол падения; β — угол отражения
Формула сферического зеркала с большим радиусом кривизны	$* \pm \frac{1}{F} = \pm \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f}$ или $* \pm \frac{2}{R} = \pm \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f}$	F — фокусное расстояние зеркала; d — расстояние от предмета до зеркала; f — расстояние от зеркала до изображения; R — радиус зеркала
Линейное (поперечное) увеличение в сферическом зеркале	$* \Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$	Γ — линейное (поперечное) увеличение в сферическом зеркале; H — высота изображения; h — высота предмета; f — расстояние от зеркала до изображения; d — расстояние от предмета до зеркала
Оптическая сила сферического зеркала	$* D = \pm \frac{1}{F}$	D — оптическая сила зеркала; F — фокусное расстояние зеркала
Абсолютный показатель	$n = \frac{c}{v}$	n — абсолютный показатель преломления света;

Физическая величина или закон	Формула	Величины, входящие в формулу
преломления света		$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ — скорость распространения света в вакууме; v — скорость распространения света в среде
Относительный показатель преломления двух сред	$n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$	n_{21} — относительный показатель преломления второй среды относительно первой; n_1 и n_2 — абсолютные показатели преломления первой и второй среды
Закон преломления света	$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_{21}$	α — угол падения; γ — угол преломления; n_{21} — относительный показатель преломления второй среды относительно первой
Предельный угол полного отражения света	$\sin \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}$	α_0 — предельный угол полного отражения света; n_1 и n_2 — абсолютные показатели преломления первой и второй среды ($n_2 < n_1$)
Формула тонкой линзы	$\pm \frac{1}{F} = \pm \frac{1}{d} \pm \frac{1}{f}$	F — фокусное расстояние линзы; d — расстояние от предмета до линзы; f — расстояние от линзы до изображения

Физическая величина или закон	Формула	Величины, входящие в формулу
Линейное (поперечное) увеличение тонкой линзы	$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$	Γ — линейное (поперечное) увеличение в линзе; H — высота изображения; h — высота предмета; f — расстояние от линзы до изображения; d — расстояние от предмета до линзы
Оптическая сила тонкой линзы	$D = \pm \frac{1}{F}$	D — оптическая сила линзы; F — фокусное расстояние линзы
Увеличение лупы	$\Gamma = 1 + \frac{d_0}{F}$ или $\Gamma = \frac{d_0}{F}$	Γ — увеличение лупы; $d_0 = 0,25$ м — расстояние наилучшего зрения; F — фокусное расстояние линзы

346. Угол между солнечными лучами и горизонтальной поверхностью земли $\varphi = 60^\circ$. Определите длину тени, отбрасываемой Национальной библиотекой Беларуси (рис. 83), высота которой $h = 73,7$ м.



Рис. 83

347. Точечный источник света находится на расстоянии $L = 4,0$ м от плоского экрана. На пути световых лучей параллельно экрану расположен тонкий непрозрачный диск радиусом $r = 15$ см. Определите расстояние между диском и экраном, если радиус тени на экране $R = 60$ см. Источник света находится на оси диска.
348. Футбольное поле освещается прожектором, укрепленным на мачте высотой $H = 18,3$ м. Расстояние от мачты до штанги футбольных ворот $L = 19,5$ м. Определите длину тени, отбрасываемой штангой, если ее высота $h = 2,44$ м.
349. Мальчик ростом $h = 160$ см идет с постоянной скоростью, модуль которой $v = 3,6 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$, к столбу, на вершине которого висит фонарь. В некоторый момент времени длина тени, отбрасываемой мальчиком, $l_1 = 2,0$ м. Определите, через какой промежуток времени после этого длина тени от мальчика станет $l_2 = 1,5$ м, если высота столба $H = 8$ м.

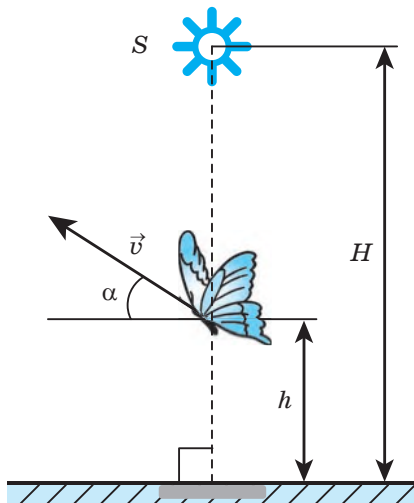


Рис. 84

- 350.** Мотылек пролетает под фонарем со скоростью $\vec{v}$ ($v = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$), направленной под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту (рис. 84). Фонарь S находится на высоте $H = 4$ м. Определите модуль скорости, с которой движется тень мотылька по земле в момент, когда мотылек находится точно под фонарем на высоте $h = 1,5$ м?
- 351. ***Простейшим устройством, позволяющим получить оптическое изображение предмета, является камера-обскура, представляющая собой светонепроницаемый ящик с небольшим отверстием в одной из стенок и белым экраном на противоположной стенке. Световые лучи от объекта, проходя через отверстие, создают перевернутое изображение на экране. На рисунке 85 представлена фотография Национальной библиотеки, полученная с помощью фотоаппарата, в котором вместо объектива установлена пластина с отверстием диаметром $d = 0,3$ мм. Ширина фотоматрицы $l = 23,5$ мм, расстояние между фотоматрицей и отверстием $h = 50$ мм. Определите: а) выполнив необходимые измерения по фотографии, на каком расстоянии от библиотеки находился фотоаппарат, если ширина здания $L = 85$ м; б) при каком наибольшем расстоянии между двумя лампочками на здании библиотеки их изображения на фотоматрице еще будут сливаться.

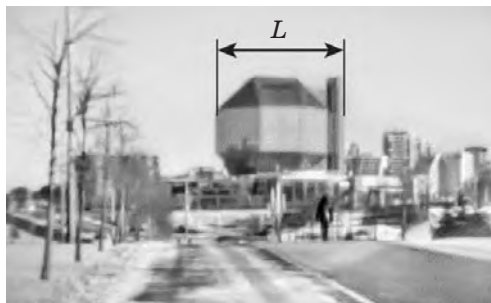


Рис. 85

352. *На расстоянии $L_1 = 1,0$ м от точечного источника, излучающего свет во всех направлениях одинаково, находится солнечная батарея площадью $S = 10$ см², плоскость которой перпендикулярна падающим на нее световым лучам. Максимальная электрическая мощность, вырабатываемая батареей, $P_1 = 1,2$ мВт. Определите: а) какую максимальную мощность сможет вырабатывать солнечная батарея, если ее поместить на расстоянии $L_2 = 2,0$ м от источника; б) какую максимальную электрическую мощность можно получить, если весь свет от источника направить на солнечную батарею; в) как сделать так, чтобы весь свет от источника падал на батарею.
353. В Несвиже находится один из лучших в Европе дворцово-замковых комплексов, включенных во Всемирное наследие ЮНЕСКО. Сам замок окружает ров с водой (рис. 86). Расстояние от поверхности воды до вершины башни $h = 45$ м. Определите расстояние от вершины башни до ее изображения в воде.



Рис. 86

354. На рисунке 87 показан предмет AB и зеркало $З$. Расстояние от точки A до зеркала $l_A = 50$ мм. Постройте изображение предмета в зеркале и определите длину изображения.

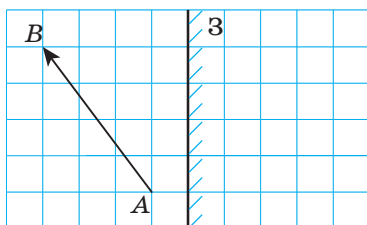


Рис. 87

- 355.** На горизонтальной поверхности земли стоит человек, возле ног которого лежит маленькое плоское зеркало. Глаза человека находятся на уровне $H = 1,73$ м от поверхности земли. Угол падения солнечных лучей на зеркало $\alpha = 30^\circ$. На какое расстояние человек должен отойти от зеркала, чтобы увидеть отражение Солнца в зеркале?

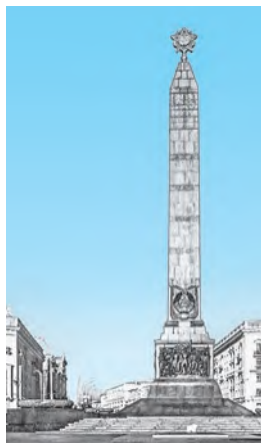


Рис. 88

- 356.** Человек стоит на расстоянии $L = 63$ м от монумента-обелиска Победы (рис. 88) и видит изображение его верхушки в гладкой горизонтальной плитке. Определите высоту монумента, если глаза человека находятся на уровне $h = 1,9$ м от поверхности плитки, а расстояние от человека до плитки $l = 3,0$ м.

- 357.** В каких случаях удобно определять время по необычным настенным часам с обратным циферблатом (рис. 89)? Приведите примеры, кто пользуется такими часами.



Рис. 89

- 358.** Таблица Сивцева (рис. 90) предназначена для проверки остроты зрения. Размеры таблицы требуют проводить обследование зрения с расстояния 5 м. Иногда, например, на морском корабле, врачи проводят обследование в малых по площади помещениях. Поясните, как практически можно провести проверку зрения, не нарушая медицинских инструкций. Какой оптический прибор для этого понадобится?



Рис. 90

- 359.** Угол между лучом света, падающим на плоское зеркало, и плоскостью зеркала $\varphi = 43^\circ$. Определите: а) угол падения; б) угол отражения; в) угол между продолжением падающего луча и отраженным лучом.
- 360.** На потолке комнаты закреплен точечный источник света. Под ним на полу лежит зеркало в виде диска радиусом $r = 15$ см. Определите радиус светового «зайчика», полученного на потолке комнаты, если центр зеркала, точечный источник света и центр «зайчика» расположены на одной вертикальной прямой.
- 361.** На рисунке 91 изображены точечный источник света S , плоское зеркало AB и дорога, по которой из точки C в точку D идет человек. Укажите начальную и конечную координаты участка пути, на котором человек будет видеть два источника света.

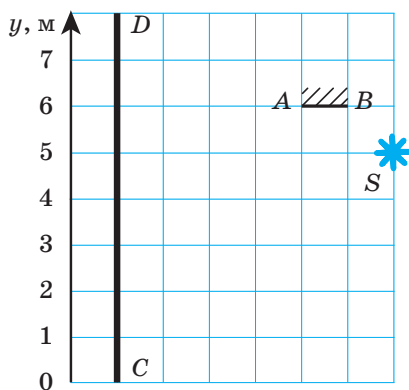


Рис. 91

- 362.** Два плоских зеркала образуют двугранный угол $\varphi = 90^\circ$. Луч света падает на одно из зеркал под углом $\alpha = 55^\circ$, отражается от него, попадает на второе зеркало и, в свою очередь, отражается от него. Определите угол отражения луча от второго зеркала. Лучи расположены в плоскости, перпендикулярной ребру двугранного угла.

363. Луч света падает на систему из двух зеркал, угол между плоскостями которых 90° (рис. 92). Угол $\alpha = 45^\circ$. На какой угол отклонится отраженный луч от первоначального направления после поворота системы зеркал на угол $\beta = 10^\circ$?

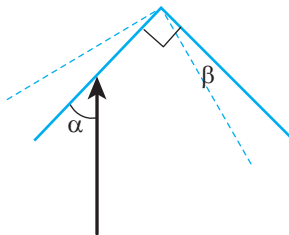


Рис. 92

364. На плоское горизонтальное зеркало падал луч света под углом $\alpha = 30^\circ$. Зеркало повернули на угол $\Delta\varphi = 10^\circ$ вокруг оси, лежащей в плоскости зеркала и перпендикулярной плоскости, в которой находятся падающий и отраженный лучи. При этом направление падающего луча не изменилось. Определите: а) на сколько увеличился угол отражения луча; б) каким стал угол между падающим и отраженным лучами; в) на какой угол повернулся отраженный луч.

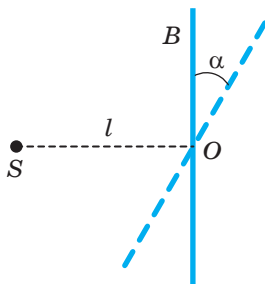


Рис. 93

365. Маленькая светодиодная лампочка S находится на расстоянии $l = 20$ см от зеркальной плоской витрины B (рис. 93). Витрину повернули на угол $\alpha = 30^\circ$ вокруг

оси, перпендикулярной плоскости рисунка и проходящей через точку O . Определите модуль перемещения изображения светодиодной лампочки.

- 366.** Солнечный луч составляет с поверхностью земли угол $\varphi = 40^\circ$. Определите, под каким углом к горизонту следует расположить плоское зеркало, чтобы луч после отражения был направлен: а) вертикально вниз; б) вертикально вверх; в) горизонтально в сторону Солнца; г) горизонтально от Солнца.
- 367.** На рисунке 94 изображены два плоских зеркала и точечный источник света S . Укажите координаты точек, в которых будут расположены все изображения источника.

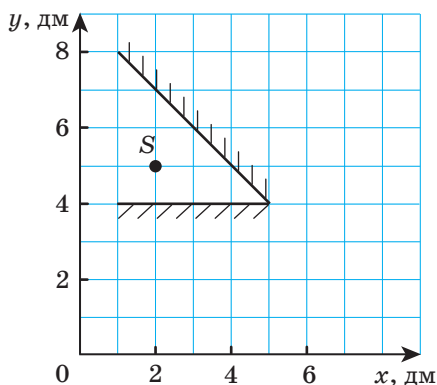


Рис. 94

- 368.** Два плоских зеркала образуют двугранный угол $\varphi = 90^\circ$. Между ними помещен точечный источник света. Изображение источника в одном зеркале находится на расстоянии $l_1 = 6,0$ см, а в другом — на расстоянии $l_2 = 8,0$ см от источника. Определите расстояние между этими изображениями.
- 369.** На горизонтальном столе расположено плоское зеркало. По столу катится шарик. Определите угол между зеркалом и столом, если модуль скорости удаления шарика

от основания зеркала равен модулю скорости удаления шарика от его изображения в зеркале.

- 370.** Плоское зеркало перемещают по направлению нормали со скоростью, модуль которой $v = 1 \frac{\text{см}}{\text{с}}$. Определите модуль скорости, с которой должен двигаться вдоль нормали к зеркалу точечный источник света, чтобы его изображение в плоском зеркале: а) было неподвижным относительно земли; б) двигалось от зеркала относительно земли со скоростью, модуль которой $v_1 = 1 \frac{\text{см}}{\text{с}}$.

- 371.** Точечный источник света движется вертикально вверх параллельно плоскости зеркала с постоянной скоростью, модуль которой $v_1 = 3 \frac{\text{см}}{\text{с}}$. Зеркало перемещают горизонтально со скоростью, модуль которой $v_2 = 2 \frac{\text{см}}{\text{с}}$. Определите модуль скорости движения изображения источника света относительно земли.

- 372.** На рисунке 95 изображено тонкое двухстороннее сферическое зеркало с радиусом кривизны R . Главная оптическая ось зеркала совпадает с горизонтальной осью Ox . Полус O зеркала находится в начале координат. На главной оптической оси находится вертикальная стрелка AB . Приведите в соответствие координату x стрелки, координату x' ее изображения, ориентацию изображения и знак отношения между высотой изображения и высотой стрелки. Обоснуйте ответ.

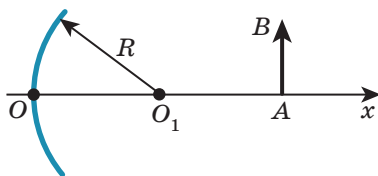


Рис. 95

Координата стрелки	Координата изображения	Ориентация изображения	Знак отношения между высотой изображения и высотой стрелки
А) $x < 0$ Б) $0 < x < \frac{R}{2}$ В) $\frac{R}{2} < x < R$ Г) $x = R$ Д) $x > R$	а) $x' < 0$ б) $0 < x' < \frac{R}{2}$ в) $\frac{R}{2} < x' < R$ г) $x' = R$ д) $x' > R$	1) Прямое. 2) Перевернутое	I) $<$ II) $=$ III) $>$

373. Постройте изображение предмета AB в сферическом зеркале (рис. 96, $a-z$).

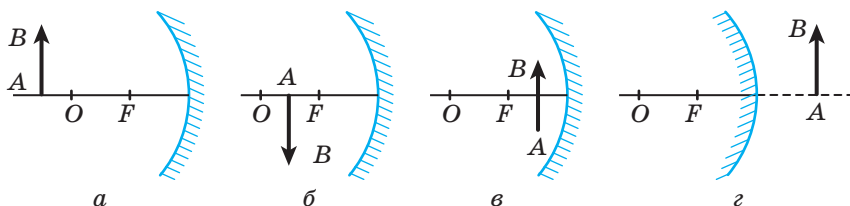


Рис. 96

374. Постройте изображение предмета AB (рис. 97, $a-z$) в сферическом зеркале.

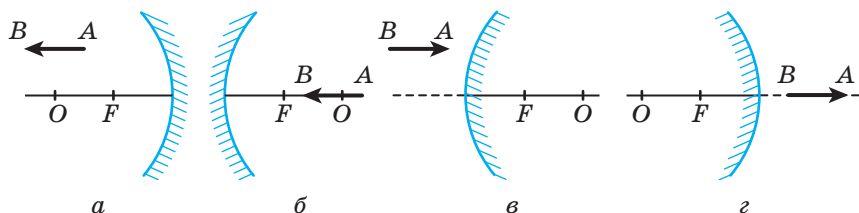


Рис. 97

375. С помощью сферического зеркала получено изображение A_1B_1 предмета AB (рис. 98). Определите построением положение зеркала и его фокуса.

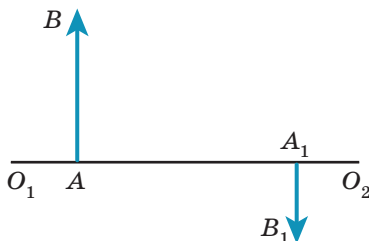


Рис. 98

376. С помощью сферического зеркала получено изображение A_1B_1 (рис. 99) предмета AB . Определите построением положение зеркала и его фокуса.

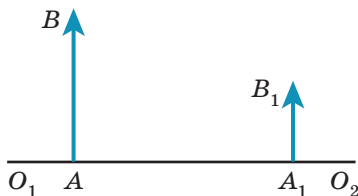


Рис. 99

377. На рисунках 100 и 101 показаны главная оптическая ось сферического зеркала, предмет Π и изображение И предмета, полученное с помощью этого зеркала. Приведите в соответствие номер рисунка, тип зеркала и местоположение зеркала. Обоснуйте свой ответ.

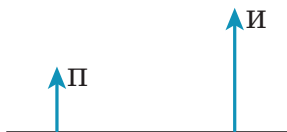


Рис. 100

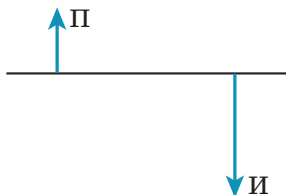


Рис. 101

Номер рисунка	Тип зеркала	Местоположение зеркала
А) Рис. 100. Б) Рис. 101	а) Выпуклое. б) Вогнутое	1) Левее предмета. 2) Правее изображения. 3) Между предметом и изображением, ближе к предмету. 4) Между предметом и изображением, ближе к изображению. 5) Посередине между предметом и изображением

- 378. ***Наилучшее место для размещения приемника находится на расстоянии $L = 40$ см от центра спутниковой антенны. Определите радиус кривизны поверхности антенны.
- 379. ***Предмет находится на расстоянии $d = 12$ см от вогнутого сферического зеркала с фокусным расстоянием $F = 10$ см. Определите расстояние от зеркала до изображения предмета.
- 380. ***Действительное изображение предмета находится на расстоянии $f = 35$ см от вогнутого сферического зеркала с фокусным расстоянием $F = 10$ см. Определите расстояние от предмета до зеркала.
- 381. ***Определите увеличение, создаваемое вогнутым сферическим зеркалом, которое стоматолог использует при лечении зуба пациента, если радиус кривизны зеркала $R = 32$ мм, а расстояние от зуба до зеркала $d = 20$ мм.
- 382. ***С помощью вогнутого сферического зеркала получили действительное изображение предмета, находящегося на расстоянии $d = 39$ см от зеркала с увеличением $\Gamma = 12$. Определите время, за которое свет проходит от полюса зеркала до главного фокуса.

- 383. *** В торговом зале установлено обзорное выпуклое сферическое зеркало радиусом $R = 6,0$ м (рис. 102). Покупатель ростом $h = 1,8$ м находится в торговом зале на расстоянии $d = 7,0$ м от зеркала. Определите высоту изображения покупателя в зеркале.



Рис. 102

- 384. *** Выпуклое сферическое зеркало дает изображение, уменьшенное в $k = 4$ раза. Определите радиус кривизны зеркала, если предмет расположен на расстоянии $d = 30$ см от него.
- 385. *** Перед выпуклым сферическим зеркалом расположен предмет высотой $h = 12$ см. Высота изображения этого предмета в зеркале $H = 30$ мм. Определите радиус кривизны зеркала, если предмет располагается на расстоянии $d = 45$ см от него.
- 386. *** С помощью вогнутого сферического зеркала получили действительное изображение, которое в $\Gamma = 3,0$ раза больше предмета. Определите фокусное расстояние зеркала, если расстояние между предметом и его изображением $l = 20$ см.
- 387. *** Светящаяся точка находится на главной оптической оси вогнутого сферического зеркала на расстоянии $d = 30$ см от его полюса. Определите расстояние между светящейся точкой и ее изображением в зеркале, если фокусное расстояние зеркала $F = 20$ см.

- 388. *** Пламя свечи находится на расстоянии $d = 1,5$ м от выпуклого сферического зеркала с фокусным расстоянием $F = -0,5$ м. Определите отношение высоты изображения пламени к высоте самого пламени.
- 389. *** Луч, падающий на вогнутое сферическое зеркало с радиусом кривизны $R = 50$ см, пересекает его главную оптическую ось в точке A , расположенной на расстоянии $l = 20$ см от зеркала. После отражения от зеркала продолжение луча пересекает ось в точке B . Определите расстояние AB .
- 390. *** Светящаяся точка расположена на расстоянии $d = 1$ м от выпуклого зеркала, а положение ее изображения делит пополам отрезок главной оптической оси между полюсом зеркала и его фокусом. Определите радиус кривизны зеркала.
- 391. *** На горе Олимп в Греции от сферического зеркала зажигают огонь олимпийского факела (рис. 103). Определите: а) фокусное расстояние вогнутого сферического зеркала, если факел и его действительное изображение отстоят от главного фокуса зеркала на расстояниях $l_1 = 8,0$ см и $l_2 = 72,0$ см соответственно; б) диаметр изображения Солнца, полученного с помощью этого зеркала, если диаметр Солнца $D = 1,4 \cdot 10^6$ км, расстояние от Земли до Солнца $L = 1,5 \cdot 10^8$ км.



Рис. 103

- 392.** *С помощью вогнутого сферического зеркала с радиусом кривизны $R = 120$ см получили прямое изображение предмета с увеличением $\Gamma = 4$. Определите, на каком расстоянии от зеркала находится предмет.
- 393.** *Фокус вогнутого сферического зеркала расположен на расстоянии $a = 24$ см от предмета и на расстоянии $b = 54$ см от его действительного изображения. Определите увеличение зеркала.
- 394.** *Маленькая лампочка расположена перед зеркальным шаром диаметром $D = 60$ см. Расстояние от лампочки до центра шара $l = 55$ см. Определите расстояние от лампочки до ее изображения в шаре.
- 395.** *Расстояние между предметом и его изображением в выпуклом сферическом зеркале $l = 20$ см. Определите оптическую силу зеркала, если увеличение, сформированное зеркалом, $\Gamma = 0,5$.
- 396.** *Фокусное расстояние вогнутого зеркала $F = 30$ см. Светящаяся точка находится на расстоянии $s = 6,0$ см от фокуса. Определите расстояние от зеркала до изображения предмета в нем.
- 397.** *Вогнутое сферическое зеркало дает действительное изображение, которое в $k_1 = 4$ раза меньше предмета. Если предмет передвинуть на расстояние $l = 10$ см ближе к зеркалу, то изображение останется действительным, но меньше предмета в $k_2 = 2$ раза. Определите фокусное расстояние зеркала.
- 398.** *Узкий сходящийся пучок световых лучей падает на вогнутое сферическое зеркало с радиусом кривизны $R = 80$ см. Определите расстояние от зеркала до точки, в которой пересекаются все лучи пучка, отраженные от зеркала. Известно, что продолжения падающих на зеркало лучей пересекаются на главной оптической оси на расстоянии $d = 60$ см от полюса зеркала.

- 399.** *Узкий сходящийся пучок световых лучей падает на выпуклое сферическое зеркало с фокусным расстоянием $F = -45$ см. Определите расстояние от зеркала до точки, в которой пересекаются все лучи пучка, отраженные от зеркала. Известно, что продолжения падающих на зеркало лучей пересекаются на главной оптической оси на расстоянии $d = 30$ см от полюса зеркала.
- 400.** *Конический пучок световых лучей, ось которого параллельна оси Ox , сходится в точке A (рис. 104, а, б). Перед точкой схождения лучей поместили: а) вогнутое сферическое зеркало (рис. 104, а); б) выпуклое сферическое зеркало (рис. 104, б). Главный фокус зеркала находится в точке F . Укажите координаты точки, в которой будут сходиться лучи или их продолжения после отражения от зеркала.

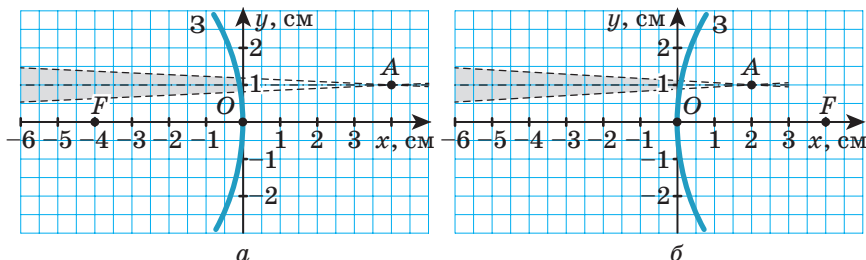


Рис. 104

- 401.** Перед водителем на расстоянии $L = 70$ см от него находится небольшое плоское зеркало. Определите радиус кривизны выпуклого зеркала, которым следует заменить плоское зеркало, чтобы увеличить угол обзора в два раза при неизменных размерах зеркала.
- 402.** На расстоянии $d = 12$ см от полюса вогнутого сферического зеркала, радиус которого $R = 16$ см, поместили точечный источник света S . Зеркало разрезали на две равные части по линии, проходящей через его главную

оптическую ось. Каждую часть зеркала сместили на расстояние $r = 10$ мм симметрично относительно оптической оси (рис. 105). Определите расстояние между изображениями источника света.

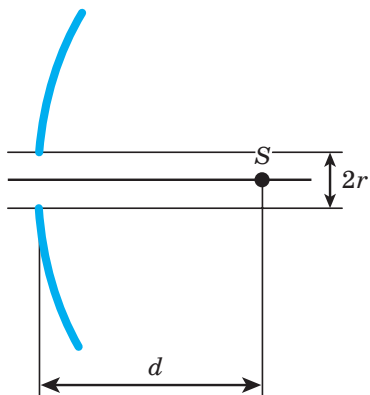


Рис. 105

- 403.** *Изготовление большого зеркала для оптического телескопа — очень сложная и дорогостоящая работа. В качестве альтернативы обычным телескопам в Канаде был построен Большой зенитный телескоп с жидким зеркалом, в котором чаша с ртутью диаметром $D = 6$ м вращалась вокруг вертикальной оси, при этом поверхность ртути принимала параболическую форму. Уровень ртути в центре сосуда был на $\Delta h = 25$ см ниже, чем на краях. Определите: а) фокусное расстояние этого зеркала, считая его сферическим; б) наибольшую скорость движения ртути относительно земли.
- 404.** *На рисунке 106 изображен ход световых лучей в самом совершенном исследовательском космическом телескопе James Webb (США). Определите расстояние между первым и вторым зеркалом, если диаметр первого зеркала $D = 6,6$ м, второго зеркала — $d = 0,74$ м, радиус кривизны первого зеркала $R = 15,9$ м.

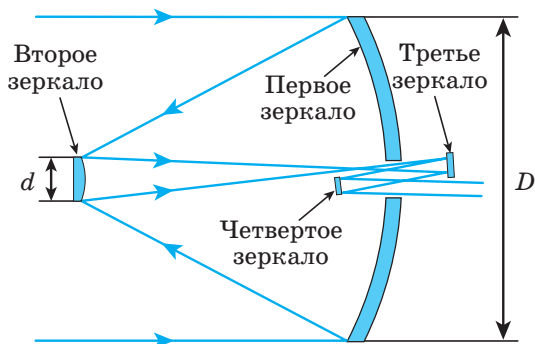


Рис. 106

405. *На главной оптической оси вогнутого зеркала помещали предмет и измеряли расстояние l от зеркала до действительного изображения предмета, а также высоту h этого изображения. График зависимости h от l представлен на рисунке 107. Определите: а) радиус кривизны зеркала; б) высоту предмета.

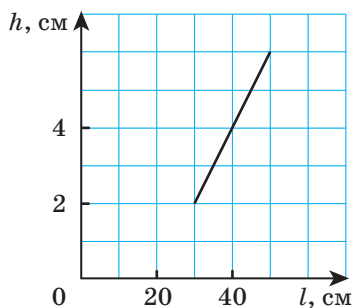


Рис. 107

406. На главной оптической оси вогнутого сферического зеркала с фокусным расстоянием F на расстоянии $1,5F$ от зеркала находится светящийся диск диаметром D . Плоскость диска перпендикулярна главной оптической оси, центр диска лежит на этой оси. При каком минимальном диаметре зеркала можно получить изображение диска?

407. Под действием плоского волнового фронта света, прошедшего из среды с показателем преломления n_1 в среду с показателем преломления n_2 , на границе раздела сред возникли источники A , B и C вторичных волн. Фронты вторичных волн, излученных источниками, показаны на рисунке 108, *а*. Какой цифрой на рисунке 108, *б* обозначен: 1) фронт падающей волны; 2) фронт преломленной волны; 3) фронт отраженной волны?

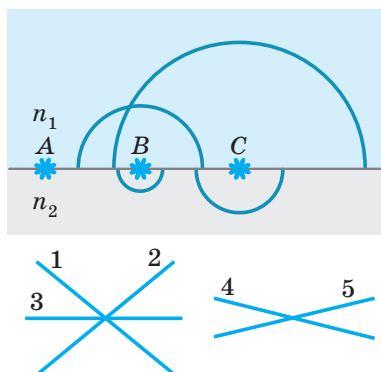


Рис. 108

408. Точечный источник монохроматических волн находится на границе двух однородных сред (рис. 109, *а—д*). На каком рисунке правильно изображены волновые фронты? Для этого рисунка приведите в соответствие величины в средах 1 и 2 и знак отношения между ними.

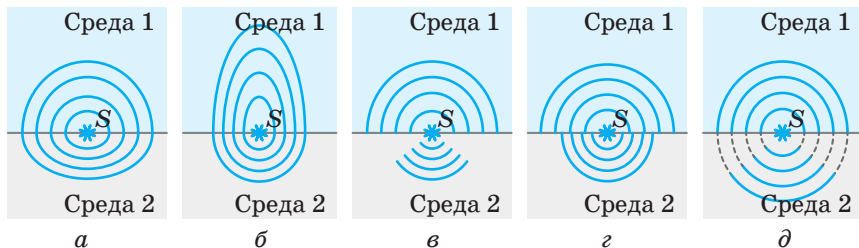


Рис. 109

Величины	Знак отношения
а) Длины волн λ_1 и λ_2 .	1) >
б) Частоты волн ν_1 и ν_2 .	2) <
в) Скорости волн v_1 и v_2 .	3) =
г) Абсолютные показатели преломления n_1 и n_2	

409. На рисунке (рис. 110, *a—d*) изображен параллельный пучок световых волн, падающий из верхней среды на границу раздела сред с различающимися абсолютными показателями преломления. Отраженная волна на рисунке не показана. Укажите номера рисунков, на которых правильно изображены падающая и преломленная волны.

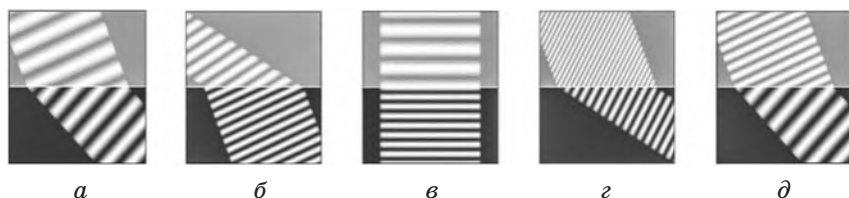


Рис. 110

410. На рисунках 111 и 112 изображен параллельный световой пучок, преломленный на границе раздела сред с абсолютными показателями преломления n_1 и n_2 . Приведите в соответствие участки, знак отношения между длинами участков и знак отношения между временем распространения света вдоль этих участков.

Участки	Знак отношения между длинами участков	Знак отношения между временем распространения света вдоль участков
А) MQ и NP .	1) <	1) <
Б) AF и BC .	2) >	2) >
В) FE и CD .	3) =	3) =
Г) AFE и BCD		

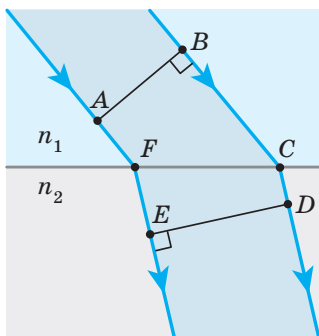


Рис. 111

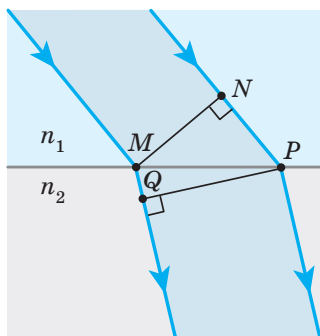


Рис. 112

411. На рисунке 113 изображен световой луч, падающий на границу раздела сред с абсолютными показателями преломления n_1 и n_2 , а также преломленный и отраженный лучи. Какой цифрой на рисунке обозначен: а) угол падения; б) угол преломления; в) угол отражения?

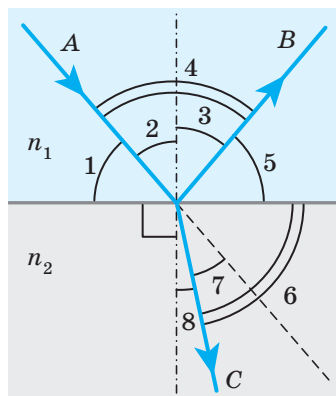


Рис. 113

412. Световой луч падает на границу раздела сред с различными показателями преломления: $n_1 < n_2$. Укажите номера (рис. 114), на которых правильно изображен возможный ход лучей.

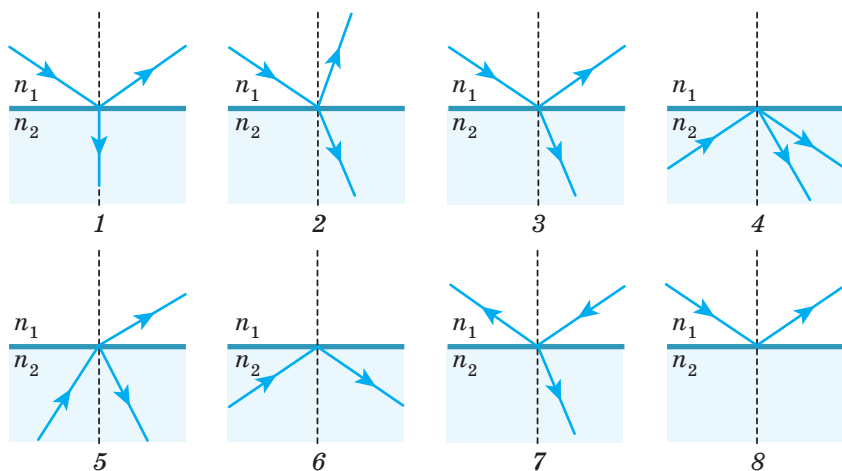


Рис. 114

413. Из воздуха на поверхность стекла падает световой луч и преломляется на ней. На каком графике правильно изображена зависимость угла преломления β от угла падения α (рис. 115, 1–6)?

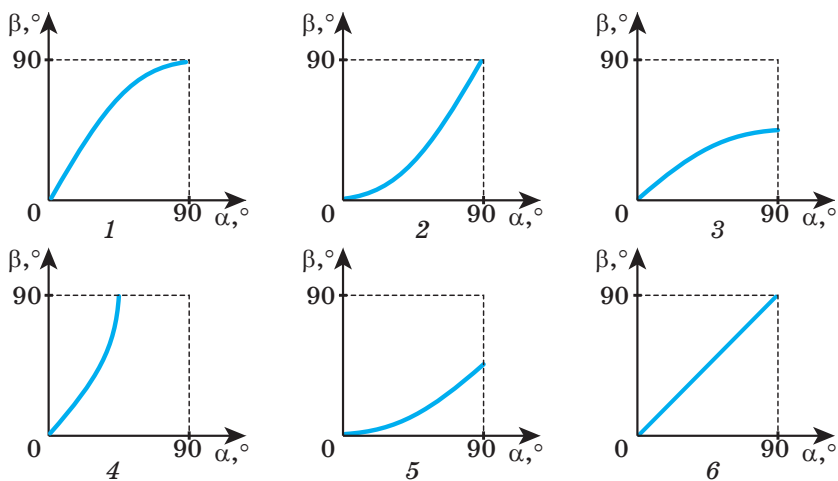


Рис. 115

414. На стеклянную призму, находящуюся в воздухе, падает световой луч (рис. 116). После преломления в призме луч проходит через точку А. Какой цифрой обозначена точка, через которую также проходит луч после преломления в призме?

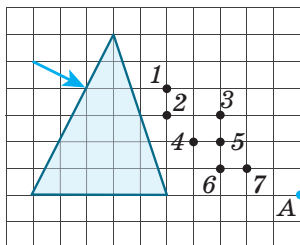


Рис. 116

415. Через призму, по обе стороны которой находятся среды с разными абсолютными показателями преломления n_1 и n_2 , проходит световой луч (рис. 117). Определите соотношение (больше, меньше, равно) между показателями преломления сред и призмы: а) n_1 и n_3 ; б) n_3 и n_2 ; в) n_1 и n_2 .

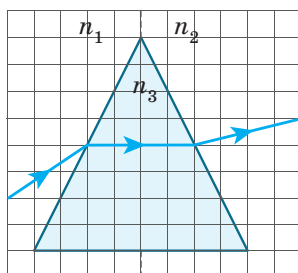


Рис. 117

416. На находящуюся в воздухе прозрачную плоскопараллельную пластинку, изготовленную из однородного материала, падает световой луч (рис. 118). После преломления в пластинке луч проходит через точку А. Какой цифрой обозначена точка, через которую световой луч проходит внутри пластинки?

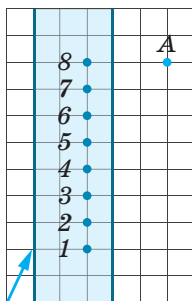


Рис. 118

- 417.** Угол падения луча света на поверхность стекла $\alpha = 60^\circ$, угол преломления $\gamma = 33^\circ$. Определите абсолютный показатель преломления стекла.

Примечание. В этой и последующих задачах, если не указана одна из сред, то считать ее воздухом, абсолютный показатель преломления которого $n = 1,0$.

- 418.** Определите угол преломления светового луча, если угол падения луча на поверхность подсолнечного масла $\alpha = 60^\circ$.
- 419.** Луч света выходит из воды в воздух. Определите угол падения луча света на границу вода — воздух, если угол преломления $\gamma = 70^\circ$.
- 420.** Новополюцкий завод «Полимир» выпускает полимерную пленку. На рисунке 119 представлен ход луча, падающего из воздуха на полимерную пленку (файл). Определите: а) абсолютный показатель преломления полимерной пленки; б) скорость света в пленке.

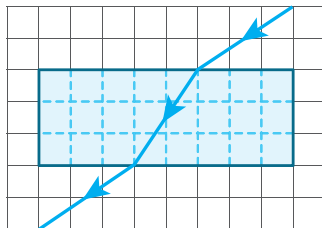


Рис. 119

421. Ход светового луча, который распространяется из воздуха в плексиглас, показан на рисунке 120. Определите длину волны света в плексигласе, если в воздухе длина волны $\lambda_{\text{в}} = 560$ нм.

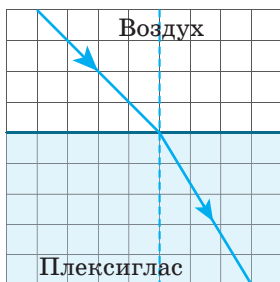


Рис. 120

422. Луч света падает на поверхность алмаза под углом $\alpha = 45^\circ$ и отклоняется от первоначального направления. Определите угол отклонения луча.
423. Определите угол, под которым должен падать луч света на поверхность стекла, чтобы угол преломления был в два раза меньше угла падения. Абсолютный показатель преломления стекла $n = 1,6$.
424. Взаимно перпендикулярные лучи света 1 и 2 (рис. 121) распространяются в воздухе и попадают в жидкость. Угол преломления первого луча $\gamma_1 = 30^\circ$, второго $\gamma_2 = 26^\circ$. Определите абсолютный показатель преломления жидкости.

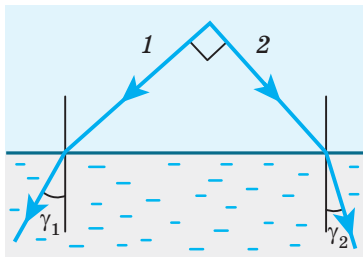


Рис. 121

425. Луч света падает на поверхность воды, абсолютный показатель преломления которой $n_1 = 1,33$, под углом $\alpha_1 = 45^\circ$. Определите угол, под которым должен падать луч света на поверхность глицерина, абсолютный показатель преломления которого $n_2 = 1,47$, чтобы угол преломления оказался таким же.
426. Луч света падает на прозрачную плоскопараллельную пластинку под углом $\alpha_1 = 50^\circ$. Определите, под каким углом луч выходит из пластинки.
427. Луч света падает из воздуха на горизонтально расположенную плоскопараллельную стеклянную пластинку и преломляется в ней под углом γ_1 . На пластинку наливают слой оптически прозрачного масла, показатель преломления которого меньше, чем стекла. Определите новое значение угла преломления в стекле, если направление падающего луча в воздухе не изменилось.
428. Луч света, падающий под углом $\alpha = 60^\circ$ на границу раздела двух прозрачных сред, частично отражается, частично преломляется. Определите: а) угол между отраженным и преломленным лучами, если угол преломления $\gamma = 40^\circ$; б) относительный показатель преломления данных сред.
429. Луч света, падающий из воздуха на поверхность стекла, частично отражается, частично преломляется. Определите угол падения, если отраженный луч перпендикулярен преломленному. Абсолютный показатель преломления стекла $n = 1,6$.
430. Точечный источник света расположен на дне водоема глубиной $h = 0,6$ м. В некоторой точке поверхности воды вышедший в воздух преломленный луч оказался перпендикулярным лучу, отраженному обратно в воду. Определите расстояние от источника света до точки дна, которой достигнет луч света, отраженный от поверхности воды.

431. Определите, во сколько раз ширина параллельного пучка света, распространяющегося в стеклянной пластинке, больше ширины этого пучка, вышедшего из пластинки в воздух под углом $\gamma = 45^\circ$. Абсолютный показатель преломления стекла $n = 1,8$.
432. Пучок параллельных лучей света падает из воздуха под углом $\alpha = 60^\circ$ на стеклянную пластинку и преломляется в ней. Определите абсолютный показатель преломления стекла, если ширина пучка в воздухе в $k = 1,7$ раза меньше его ширины в стекле.
433. На плоскопараллельную стеклянную пластинку, находящуюся в воздухе, под углом $\alpha = 60^\circ$ падают два параллельных луча света, расстояние между которыми $d_0 = 3,0$ см. Абсолютный показатель преломления стекла $n = 1,5$. Определите расстояние между точками, в которых эти лучи выходят из пластинки.
434. На верхнюю поверхность стеклянной плоскопараллельной пластинки падает луч света под углом α . Луч частично проходит внутрь пластинки, затем отражается от нижней поверхности и выходит через верхнюю. Определите геометрический путь луча внутри пластинки. Толщина пластинки равна h . Абсолютный показатель преломления стекла равен n .
435. Луч света падает на плоскопараллельную стеклянную пластинку и проходит в нее. При отражении от второй посеребренной поверхности пластинки свет изменяет направление распространения на угол $\varphi = 120^\circ$. Определите угол падения луча на пластинку, если абсолютный показатель преломления стекла $n = 1,7$.
436. На горизонтальном дне водоема глубиной $h = 2,4$ м лежит плоское тонкое зеркало. Определите, на каком расстоянии от места вхождения луча в воду он снова выйдет

на поверхность воды после отражения от зеркала. Угол падения луча на поверхность воды $\alpha = 30^\circ$.

- 437.** На поверхность воды в бассейне падает луч света, который после преломления попадает на плоское зеркало, лежащее на горизонтальном дне бассейна. Абсолютный показатель преломления воды $n = \frac{4}{3}$. Луч падает под углом α , причем $\sin \alpha = 0,80$. Определите глубину бассейна, если расстояние между точками входа луча в воду и выхода его из воды $d = 2,7$ м.
- 438.** На дне водоема установлен вертикальный столб высотой H , полностью погруженный в воду. Определите длину тени от столба на горизонтальном дне, если угловая высота Солнца над горизонтом равна φ . Абсолютный показатель преломления воды равен n .
- 439.** В дно реки глубиной $H = 1,6$ м вертикально вбита свая, выступающая из воды на высоту $h = 80$ см. Свая освещается солнечным светом, падающим на поверхность воды под углом $\alpha = 30^\circ$. Определите длину тени от сваи на дне реки.
- 440.** Свая высотой H , установленная перпендикулярно к плоскости горизонтального дна водоема, наполовину выступает над водой. Определите длину тени от сваи на дне водоема при освещении ее солнечным светом, если известно, что световые лучи, отраженные от поверхности воды, перпендикулярны преломленным. Абсолютный показатель преломления воды равен n .
- 441.** На поверхности озера глубиной $H = 2,0$ м плавает круглый непрозрачный плот радиусом $R = 3,0$ м. Определите радиус тени от плота на дне озера при освещении воды рассеянным светом, падающим под различными углами.

442. Широкий непрозрачный сосуд доверху наполнен жидкостью с показателем преломления $n = 1,25$. Поверхность жидкости закрыта тонкой непрозрачной пластиной, в центре которой имеется отверстие радиусом $R = 10$ см. Сосуд освещается рассеянным светом, падающим под различными углами на поверхность жидкости. Определите диаметр светлого пятна на дне сосуда, если толщина слоя жидкости $h = 12$ см.
443. Человек стоит на невысоком мосту и смотрит вертикально вниз на дно речки, глубина которой $H = 1,2$ м. Определите кажущуюся глубину речки. Абсолютный показатель преломления воды $n = \frac{4}{3}$.
444. Для получения пресной воды в некоторых районах Крайнего Севера заготавливают лед, вырезая его на замерзших реках. Заготовитель, смотрящий сверху на ледяной брусок, определил, что расстояние между истинной и кажущейся толщиной льда $\Delta h = 12$ см. Определите толщину бруска льда.
445. На предметном столике микроскопа находится плоскопараллельная стеклянная пластина толщиной $d = 10$ мм. Микроскоп сначала навели на резкость, рассматривая царапину на верхней поверхности пластины, затем на нижней. При наведении микроскопа на нижнюю поверхность пластины тубус микроскопа переместили вниз на $\Delta h = 5,9$ мм. Определите абсолютный показатель преломления стекла.
446. Над аквалангистом, погружившимся на небольшую глубину, пролетает чайка на высоте $h = 3,0$ м от поверхности воды. Определите кажущуюся аквалангисту высоту полета птицы. Абсолютный показатель преломления воды $n = \frac{4}{3}$.

447. На дне бассейна глубиной $h_1 = 1,8$ м лежит плоское зеркало. Человек, глаза которого находятся над поверхностью воды на высоте $h_2 = 1,7$ м, смотрит вертикально вниз. Определите, на каком расстоянии от глаз человек видит отражение своего лица в зеркале.
448. На дне аквариума с водой лежит плоское зеркало. Толщина слоя воды в аквариуме $h = 64$ см. Над водой на расстоянии $h_0 = 20$ см от поверхности воды установлена светодиодная лампочка. Определите расстояние от зеркала до изображения лампочки в зеркале. Абсолютный показатель преломления воды $n = \frac{4}{3}$.
449. Луч света падает на плоскопараллельную пластинку под углом $\alpha = 60^\circ$ и преломляется под углом $\gamma = 30^\circ$. Определите толщину пластинки, если выходящий из пластинки луч относительно падающего луча сместился на расстояние $d = 5,8$ мм.
450. *Луч света падает из воздуха на плоскую поверхность льдины и преломляется под углом γ . Абсолютный показатель преломления льда равен n . Определите толщину льдины, если смещение луча при его прохождении сквозь льдину равно d .
451. *Лазерный луч падает из воздуха на прозрачную пластинку толщиной $h = 2,0$ см под углом, синус которого равен $0,80$ ($\sin \alpha = 0,80$). Определите расстояние, на которое сместилась ось лазерного луча после прохождения пластинки. Абсолютный показатель преломления вещества пластинки $n = \frac{4}{3}$.
452. *Луч света падает под углом $\alpha = 30^\circ$ на плоскопараллельную стеклянную пластинку толщиной $h = 4,1$ см и, пройдя ее, смещается на расстояние $d = 1,0$ см. Определите абсолютный показатель преломления стеклянной пластинки.

453. *Луч света падает на плоское зеркало под углом, синус которого равен 0,8 ($\sin \alpha = 0,8$). Определите, на какое расстояние сместится точка, в которой луч отражается от зеркала, если на зеркало положить прозрачную плоскопараллельную пластину толщиной $h = 4,8$ мм. Абсолютный показатель преломления материала пластины $n = \frac{4}{3}$.

454. *Луч света падает из воздуха на плоскопараллельную пластинку толщиной H из стекла с абсолютным показателем преломления n . Из-за многократных отражений от граней пластинки на экране Э (рис. 122) образуется ряд светлых пятен. Определите расстояние между пятнами, если угол падения лучей на пластинку равен α , а падающие на экран лучи перпендикулярны ему.

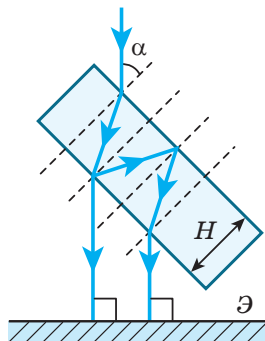


Рис. 122

455. *Луч света падает перпендикулярно на боковую грань прямой стеклянной треугольной призмы, преломляющий угол которой $\varphi = 15^\circ$. После отражения от второй посеребренной грани луч снова попадает на первую грань призмы и выходит из нее в воздух под углом $\gamma = 60^\circ$ к перпендикуляру, проведенному в точку выхода луча из призмы. Определите абсолютный показатель преломления стекла.

- 456. *** Луч света падает на одну из боковых граней прямой стеклянной треугольной призмы перпендикулярно ее плоскости и выходит из другой преломляющей грани, отклонившись от первоначального направления на угол $\theta = 30^\circ$. Определите преломляющий угол призмы, если абсолютный показатель преломления стекла $n = 1,6$.
- 457. *** Луч света падает на одну из боковых граней прямой стеклянной треугольной призмы перпендикулярно ее плоскости и выходит из другой преломляющей грани под углом, в два раза превышающим угол падения на вторую грань. Определите преломляющий угол призмы, если абсолютный показатель преломления стекла $n = 1,6$.
- 458. *** Луч света, падающий из воздуха под углом $\alpha = 55^\circ$ на одну из боковых граней прямой стеклянной треугольной призмы, выходит из призмы перпендикулярно ко второй преломляющей грани. Определите преломляющий угол призмы, если модуль скорости распространения света внутри призмы $v = 2,0 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.
- 459. *** Луч света падает из воздуха перпендикулярно на одну из боковых граней прямой треугольной стеклянной призмы. Отраженный от второй грани и преломленный на ней лучи оказались взаимно перпендикулярными. Определите преломляющий угол призмы, если абсолютный показатель преломления стекла равен n .
- 460. *** Определите, под каким углом луч света должен падать на прямую правильную треугольную стеклянную призму, чтобы внутри призмы он распространялся параллельно одной из ее граней. Абсолютный показатель преломления стекла $n = 1,6$.

461. *Стеклянная призма с преломляющим углом $\varphi = 30^\circ$ находится в воздухе и лежит на плоском зеркале. Определите угол падения луча на верхнюю грань призмы (рис. 123), если при отражении от зеркала направление распространения луча изменяется на противоположное. Абсолютный показатель преломления стекла $n = 1,7$.

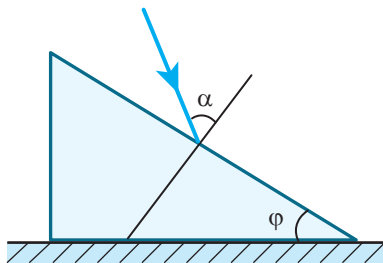


Рис. 123

462. *На стеклянную треугольную призму падает луч света под углом $\alpha_1 = 45^\circ$ и преломляется на ее боковых гранях. Определите преломляющий угол призмы, если угол падения луча на вторую преломляющую грань $\alpha_2 = 40^\circ$. Абсолютный показатель преломления вещества призмы $n = \sqrt{2}$.
463. *На одну из боковых граней стеклянной треугольной призмы, преломляющий угол которой $\varphi = 75^\circ$, падает луч света и преломляется под углом, в два раза меньшим угла падения. Определите угол, под которым луч света падает на другую преломляющую грань, если абсолютный показатель преломления стекла $n = \sqrt{3}$.
464. *Преломляющий угол оптически прозрачной призмы $\varphi = 60^\circ$. Под каким углом лучи должны падать на одну из боковых граней призмы, чтобы выходить из нее, скользя вдоль поверхности другой преломляющей грани? Абсолютный показатель преломления вещества призмы $n = 1,4$.

- 465.** *Угол падения луча света на прямую трехгранную призму и угол преломления этого луча при выходе из призмы одинаковы. Угол отклонения луча призмой от первоначального направления $\theta = 30^\circ$. Преломляющий угол призмы $\varphi = 60^\circ$. Определите: а) угол падения луча на призму; б) абсолютный показатель преломления материала призмы.
- 466.** *В стекле с абсолютным показателем преломления $n = \sqrt{3}$ сделана воздушная полость в форме треугольной призмы. Луч света падает на боковую грань воздушной призмы перпендикулярно ее плоскости. Вторая грань призмы посеребрена. Определите угол между падающим и вышедшим из призмы лучами. Преломляющий угол призмы $\varphi = 30^\circ$. Падающий луч и луч, вышедший из призмы, пересекают одну и ту же боковую грань.
- 467.** *На боковую грань стеклянной треугольной призмы, находящейся в воздухе, падает луч света под углом $\alpha_1 = 35^\circ$ и преломляется на ней, попадает на вторую боковую грань и, преломившись, выходит в воздух. Определите преломляющий угол призмы и угол отклонения луча от первоначального направления при прохождении его через призму, если угол падения луча на вторую боковую грань $\alpha_2 = 30^\circ$. Абсолютный показатель преломления стекла $n = \sqrt{2}$.
- 468.** *Луч света падает под углом $\alpha = 40^\circ$ на одну из боковых граней правильной треугольной призмы. Полностью отражается от второй посеребренной грани и выходит через третью грань в воздух. На какой угол от первоначального направления отклоняется луч света после прохождения через призму, если этот угол больше 90° ?
- 469.** *Дифракционную решетку, состоящую из параллельных проволок, расположенных с периодом d , поместили в аквариум с водой (рис. 124). Плоскость решетки параллельна двум стенкам аквариума и перпендикулярна

оптической оси системы. На стенку аквариума из воздуха падает параллельный пучок монохроматического света с длиной волны λ , распространяющийся вдоль оптической оси. Чему равен: а) угол между направлением на первый дифракционный максимум и оптической осью для световых волн, выходящих из решетки; б) угол между направлением на первый дифракционный максимум и оптической осью для световых волн, выходящих из аквариума?

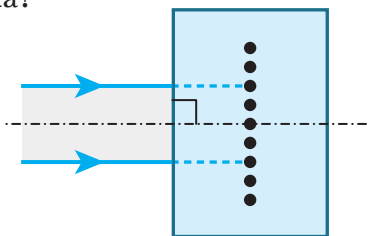


Рис. 124

470. На поверхность жидкости, находящейся в тонкостенном вертикальном цилиндрическом сосуде, падает лазерный луч (рис. 125). Точка, в которой луч входит в сосуд, находится на высоте $h_1 = 29$ мм от уровня жидкости. Точки выхода из сосуда отраженного и преломленного лучей находятся на расстояниях $h_2 = 17$ мм и $h_3 = 39$ мм соответственно. Определите показатель преломления жидкости, если диаметр сосуда $D = 80$ мм.

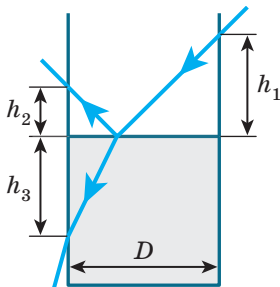


Рис. 125

471. На рисунке 126 изображены параллельные границы раздела сред с абсолютными показателями преломления n_1 , n_2 , n_3 , n_4 , n_5 и показан ход светового луча. Приведите в соответствие показатели преломления и знак отношения между ними.

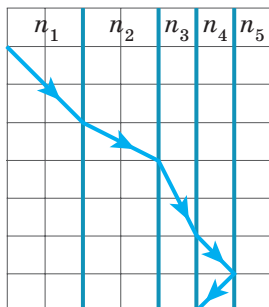


Рис. 126

Показатели преломления	Знак отношения
А) n_1 и n_2 ;	1) $>$
Б) n_2 и n_3 ;	2) $<$
В) n_3 и n_4 ;	3) $=$
Г) n_4 и n_5 ;	
Д) n_1 и n_4 ;	
Е) n_1 и n_5	

472. На рисунке 127 показан ход лучей в призме, по обе стороны которой находятся среды с разными абсолютными показателями преломления n_1 и n_2 . Приведите в соответствие показатели преломления сред и призмы и знак отношения между ними.

Показатели преломления	Знак отношения
А) n_1 и n_3 ;	1) $>$
Б) n_1 и n_2	2) $<$
	3) $=$

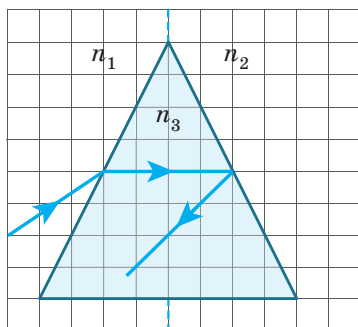


Рис. 127

473. Одна из граней равнобедренной стеклянной треугольной призмы является зеркальной. На другую грань этой призмы вдоль перпендикуляра падает луч света. Определите преломляющий угол призмы, если после двух отражений от граней луч выходит из призмы перпендикулярно ее основанию (рис. 128).

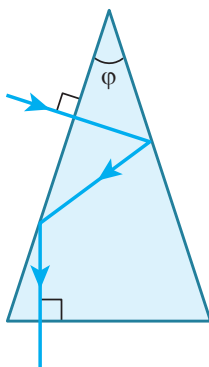


Рис. 128

474. Определите абсолютный показатель преломления рубина, если предельный угол полного отражения для границы рубин — воздух $\alpha_0 = 34^\circ$.
475. Определите предельный угол полного отражения для границы спирт — воздух, если абсолютный показатель преломления спирта $n = 1,36$.

476. Предельный угол полного отражения для границы плексиглас — воздух $\alpha_0 = 42^\circ$. Определите скорость света в плексигласе.
477. Предельный угол полного отражения на границе глицерин — воздух $\alpha_0 = 43^\circ$. Пройдет ли луч света через границу этих сред, если он падает под углом: а) $\alpha_1 = 50^\circ$ из глицерина; б) $\alpha_2 = 60^\circ$ из воздуха; в) $\alpha_3 = 30^\circ$ из глицерина?
478. Луч света падает в сероуглероде на границу с воздухом под углом $\alpha = 39^\circ$. Выйдет ли луч в воздух, если абсолютный показатель преломления сероуглерода $n = 1,63$?
479. С повышением температуры показатель преломления воды уменьшается. Как при этом изменяется предельный угол полного отражения для границы вода — воздух?
480. Покажите дальнейший ход лучей света, падающих на границу вода — воздух в точках A и B (рис. 129). Источник света S находится на дне сосуда с водой. Угол $\alpha = 30^\circ$, угол $\gamma = 55^\circ$.

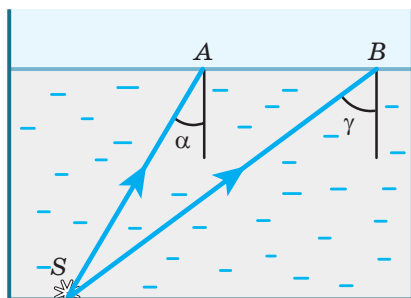


Рис. 129

481. Предельный угол полного отражения света на границе бензин — воздух $\alpha_1 = 45^\circ$, а на границе стекло — воздух $\alpha_2 = 41^\circ$. Определите предельный угол полного отражения на границе стекло — бензин.

482. Луч света, излучаемый точечным источником света, расположенным на дне сосуда с водой, выходит в воздух под углом $\gamma_1 = 60^\circ$. Будет ли этот луч света выходить в воздух, если воду в сосуде заменить оптически прозрачным маслом? Абсолютный показатель преломления воды $n_{\text{в}} = 1,33$, масла $n_{\text{м}} = 1,52$.
483. На горизонтальном дне бассейна лежит жетон радиусом $r = 1,0$ см. На каком максимальном расстоянии над жетоном надо поместить в воде плоский непрозрачный круглый экран радиусом $R = 4,0$ см, чтобы жетон нельзя было обнаружить, наблюдая из воздуха?
484. На дне водоема глубиной h находится точечный источник света. Абсолютный показатель преломления воды равен n . Определите минимальный диаметр тонкого непрозрачного диска, который следует поместить на поверхность воды над источником света так, чтобы лучи не выходили из воды в воздух.
485. На дно сосуда, заполненного водой до высоты $H = 15$ см, помещен точечный источник света. Определите наименьший диаметр непрозрачной пластинки, которую необходимо поместить на поверхность воды, чтобы свет не выходил из воды.
486. Угол падения лазерного луча из воздуха на слой воды толщиной $h = 40$ см равен предельному углу полного отражения на границе вода — воздух. Определите смещение оси луча после прохождения слоя воды. Абсолютный показатель преломления воды $n = \frac{4}{3}$.
487. На поверхности воды плавает тонкий квадратный плот, сторона которого $l = 2,0$ м. Из центра плота начинают опускать вертикально вниз маленькую лампочку. Определите, на какое максимальное расстояние можно вниз опустить лампочку, чтобы лучи не выходили из воды в воздух.

488. На поверхности прозрачной жидкости плавает тонкий непрозрачный диск радиусом $R = 20$ см. Точечный источник света, находящийся в жидкости, равномерно движется вертикально вверх вдоль прямой, проходящей через центр диска, со скоростью, модуль которой $v = 1,0 \frac{\text{см}}{\text{с}}$. В момент начала отсчета времени источник света находился на глубине $H = 60$ см. Определите промежуток времени, в течение которого свет будет выходить в воздух. Абсолютный показатель преломления жидкости $n = \sqrt{2}$.
489. На какой глубине в воде расположен точечный источник света, если лучи из воды в воздух выходят в пределах круга радиусом $R = 50$ см?
490. Угол падения луча света из воздуха на плоскопараллельную стеклянную пластинку равен углу полного отражения света для этих сред (стекло — воздух). Определите толщину пластинки, если свет проходит пластинку за время t . Абсолютный показатель преломления стекла равен n .
491. В цилиндрический сосуд налита оптически прозрачная жидкость до высоты $h = 40$ см. На поверхности жидкости по центру сосуда плавает тонкий непрозрачный диск радиусом $R = 6,0$ см. Со дна сосуда вдоль осевой линии начинает всплывать точечный источник света. Определите модуль минимального перемещения источника света, после которого лучи света перестанут выходить в воздух через поверхность жидкости. Абсолютный показатель преломления жидкости $n = \frac{5}{3}$.
492. В бассейне на поверхности воды плавает непрозрачный тонкий круг радиусом $R = 1,2$ м. В центре под кругом находится точечный источник света, который в некоторый момент отрывается и падает вертикально вниз

с ускорением, модуль которого $a = 10,0 \frac{\text{см}}{\text{с}^2}$. Определите, через какой минимальный промежуток времени лучи света начнут выходить из воды в воздух.

493. Точечный источник света находится на дне сосуда с жидкостью, абсолютный показатель преломления которой $n = 1,5$. Во сколько раз максимальное время, затрачиваемое светом на прохождение слоя жидкости с последующим выходом в воздух, больше минимального времени?
494. На дне озера стоит водолаз и видит отраженными от поверхности воды те части горизонтального дна, которые расположены от него на расстоянии $l = 15,0$ м и больше. Определите глубину озера, если расстояние от дна до глаз водолаза $h = 1,8$ м.
495. Водолаз ростом h стоит на горизонтальном дне водоема, глубина которого $3h$. На каком минимальном расстоянии от водолаза находятся те части дна, которые он может увидеть отраженными от поверхности воды? Абсолютный показатель преломления воды равен n .
496. *Луч света SM (рис. 130) падает в воздухе на прямую треугольную оптически прозрачную призму перпендикулярно к ее грани AB . Абсолютный показатель преломления вещества призмы $n = 2,0$. Определите преломляющий угол призмы, если луч, пройдя призму, скользит вдоль ее грани AC .

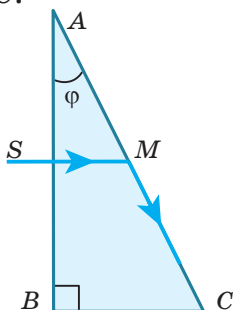


Рис. 130

497. При переходе луча света из первой среды во вторую угол преломления $\beta_1 = 45^\circ$, а при переходе из первой среды в третью угол преломления $\beta_2 = 30^\circ$ при том же угле падения. Определите предельный угол полного отражения света на границе третьей и второй среды.
498. *В воду опущен прямоугольный плексигласовый клин (рис. 131). На грань AB нормально падает монохроматический луч света. Определите максимальный угол α , при котором на грани BC происходит полное отражение света. Абсолютный показатель преломления плексигласа $n_{\text{п}} = 1,55$, воды $n_{\text{в}} = 1,33$.

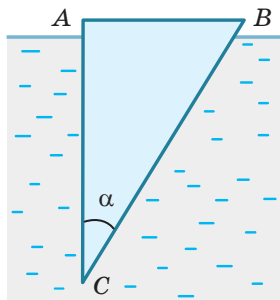


Рис. 131

499. *Пучок света падает из воздуха на стеклянную прямоугольную призму (рис. 132). Покажите дальнейший ход пучка. Абсолютный показатель преломления стекла $n = 1,5$. Угол $\delta = 45^\circ$. Ответ поясните.

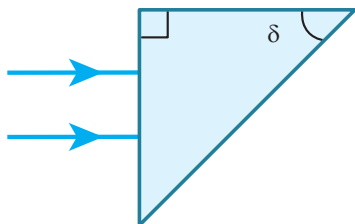


Рис. 132

500. *В воду опущена прямоугольная стеклянная призма. Луч света падает из воздуха перпендикулярно на верхнюю горизонтальную грань призмы (рис. 133). При каком максимальном угле $\varphi_{\max}$ луч испытает полное отражение на границе стекло — вода? Абсолютный показатель преломления стекла $n_1 = 1,64$, воды $n_2 = 1,33$.

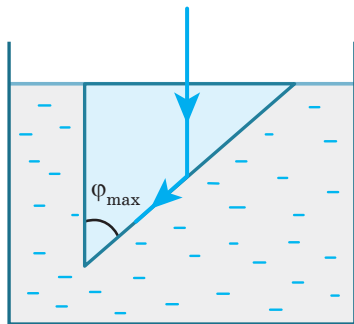


Рис. 133

501. *Луч света падает на прямую треугольную стеклянную призму, преломляющий угол которой $\varphi = 90^\circ$, параллельно ее грани AC (рис. 134). Сечение призмы представляет собой прямоугольный равнобедренный треугольник. Определите угол преломления луча, вышедшего из призмы, если абсолютный показатель преломления вещества призмы $n = 1,5$.

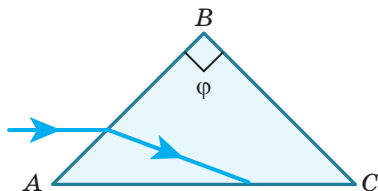


Рис. 134

502. Прямая треугольная стеклянная призма с преломляющим углом $\varphi = 30^\circ$ расположена в воздухе. Луч света, падающий нормально на одну из граней призмы, выхо-

дит через вторую преломляющую грань, отклоняясь от первоначального направления распространения на угол $\theta = 30^\circ$. Определите предельный угол полного отражения для границы стекло — воздух.

503. Луч света, пройдя сквозь правильную стеклянную треугольную призму, отклоняется от первоначального направления распространения на угол $\theta = 40^\circ$. Определите предельный угол полного отражения на границе стекло — воздух, если угол падения луча на ее первую преломляющую грань равен углу преломления на второй преломляющей грани.

504. Луч света падает на прямоугольную плоскопараллельную стеклянную пластину под углом $\alpha = 60^\circ$ и, преломившись, попадает на ее торцевую поверхность. Определите, под каким углом луч выходит из пластинки, если абсолютный показатель преломления стекла $n = 1,5$.

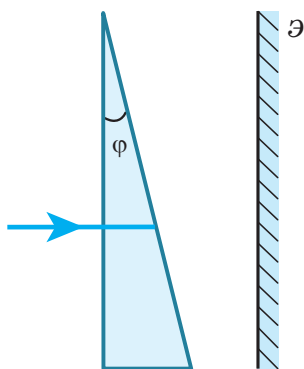


Рис. 135

505. На стеклянный клин (рис. 135), находящийся в воздухе, перпендикулярно его грани падает тонкий луч света. Абсолютный показатель преломления стекла $n = 1,41$. Угол при вершине клина $\varphi = 10^\circ$. Сколько светлых пятен будет видно на экране, поставленном за клином?

506. Луч света падает нормально на боковую поверхность стеклянного клина, который находится в воздухе. Каким должен быть минимальный преломляющий угол клина, чтобы луч, отразившись от второй, посеребренной поверхности клина, снова упал на его первую поверхность и испытал на ней полное отражение? Абсолютный показатель преломления стекла равен n .
507. На плоскую поверхность стеклянного полушара, находящегося в воздухе, по нормали падает пучок лучей света. Определите максимальный угол отклонения от первоначального направления лучей, прошедших через сферическую поверхность полушара, если абсолютный показатель преломления стекла $n = 1,5$.
508. *На рисунке 136 изображен световой луч AOB , преломленный на границе раздела сред с показателями преломления n_1 и n_2 . Укажите точки, через которые пройдут световые лучи, возникшие при падении на границу раздела сред: а) луча CO ; б) луча DO .

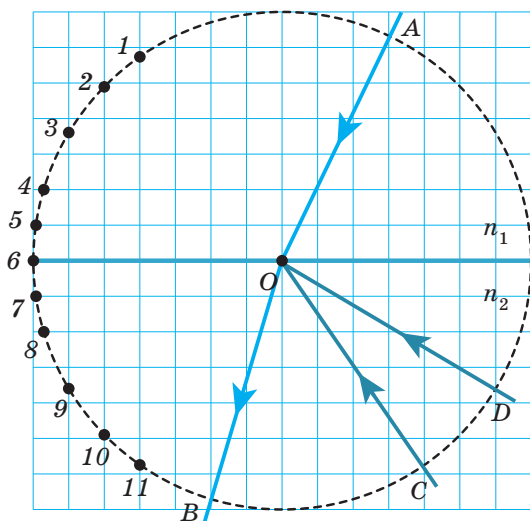


Рис. 136

- 509. *** На плоскую поверхность стеклянного полушара, находящегося в воздухе, по нормали падает плоская световая волна. Лучи, прошедшие через полушар, преломляются на его сферической поверхности, радиус которой $R = 18,0$ мм. Абсолютный показатель преломления стекла $n = 1,5$. Определите расстояние от центра плоской поверхности полушара до точки пересечения крайних лучей, преломленных на сферической поверхности.
- 510. *** На стеклянный шар параллельно одному из диаметров на расстоянии $l = 26$ мм от этого диаметра падает луч света. Определите радиус шара, если точка выхода луча из шара находится на этом диаметре. Абсолютный показатель преломления стекла $n = 1,8$. Шар находится в воздухе.

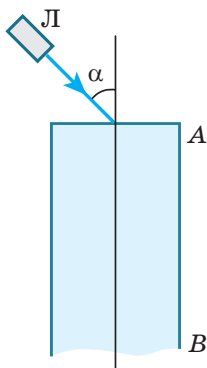


Рис. 137

- 511. *** Лазерный луч света направили из воздуха в центр O основания цилиндрического длинного стеклянного стержня (рис. 137). Смещая лазер Л в плоскости, перпендикулярной основанию, изменяли угол падения α луча света на основание стержня от 0° до 90° . Определите длину отрезка на образующей AB , в пределах которого лазерный луч выходил из стержня наружу через его боковую поверхность. Радиус цилиндрического стержня $R = 5$ мм, абсолютный показатель преломления вещества стержня $n = 1,4$.

- 512. ***Непрозрачный шар радиусом $R = 21$ см плавает, наполовину погрузившись в воду. Абсолютный показатель преломления воды $n = \frac{4}{3}$. На вертикали, проходящей через центр шара, в воде находится точечный источник света. Определите расстояние между источником света и центром шара, если известно, что источник света удален от шара на такое максимальное расстояние, чтобы ни один луч света не вышел из воды в воздух.
- 513.** На границе соприкосновения двух стеклянных пластин луч света испытывает полное отражение. При заполнении водой пространства между пластинами наблюдается изменение направления распространения отраженного луча. Объясните наблюдаемое явление.
- 514. ***К плоскопараллельной стеклянной пластине приложили лист мокрой тонкой бумаги, а к листу бумаги — фольгу с небольшим отверстием (рис. 138, а). Когда к отверстию поднесли источник света, на бумаге стали видны кольца, значительно отличающиеся по освещенности (рис. 138, б). Определите толщину стеклянной пластины, если абсолютный показатель преломления стекла $n = 1,5$.

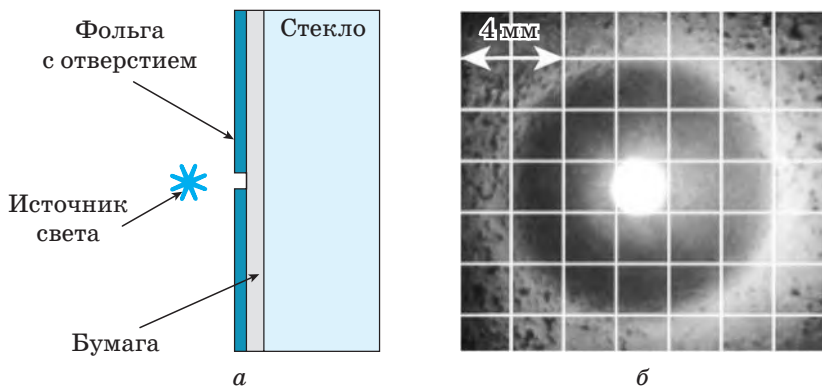


Рис. 138

- 515. *** В стекле с показателем преломления $n_1 = 1,5$ имеется сферическая полость радиусом $R = 9$ см, заполненная водой с показателем преломления $n_2 = \frac{4}{3}$. На полость падают параллельные лучи света вдоль одного из диаметров сферы. Определите радиус светового пучка, который проникает в полость.
- 516.** Прозрачную трубку, свернутую кольцом, заполнили водой. Затем направили луч света внутрь трубки. Объясните, почему луч света оказывается замкнутым в кольце и освещает почти всю трубку.
- 517.** Луч света падает из воздуха на стеклянный полуцилиндр (рис. 139). Абсолютный показатель преломления стекла $n = 1,8$. Покажите на рисунке дальнейший ход луча.

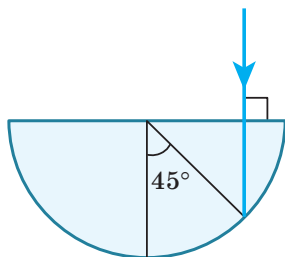


Рис. 139

- 518. *** В центр основания цилиндрического стеклянного стержня диаметром $d = 7,0$ мм падает из воздуха луч монохроматического света под углом, синус которого равен $0,56$ ($\sin \alpha = 0,56$). После преломления и трехкратного отражения от зеркальной боковой внутренней поверхности луч выходит из стержня через центр его другого основания. Абсолютный показатель преломления стекла $n = 2,0$. Определите длину стержня.
- 519. *** Луч света падает из воздуха на стеклянный шар под углом $\alpha_1 = 30^\circ$ (рис. 140). Определите: а) под каким углом γ_1 луч света выходит из шара; б) на какой угол

от первоначального направления распространения отклоняется луч при прохождении через шар. Абсолютный показатель преломления стекла $n = 1,46$.

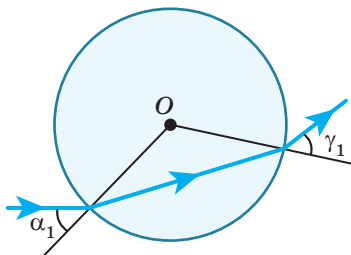


Рис. 140

520. Из плексигласа с абсолютным показателем преломления $n = 1,5$ изготовлен полушар (рис. 141). Определите максимальный диаметр падающего из воздуха на полушар пучка света, для которого ни один луч не испытывал бы полное отражение на сферической поверхности полушара, если ее радиус $R = 4,5$ см.

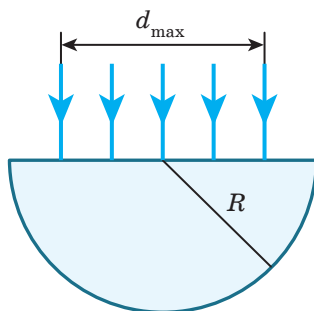


Рис. 141

521. *Стеклянный шар диаметром $d = 25$ см находится в воздухе. На шар падают два симметричных относительно его центра параллельных луча (рис. 142). Расстояние между лучами $l = 20$ см. Определите абсолютный показатель преломления стекла, если лучи пересекаются в точке А.

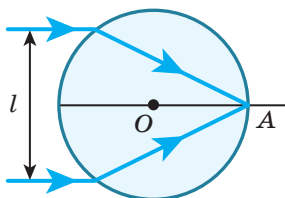


Рис. 142

- 522. *** Луч света падает перпендикулярно на плоскую поверхность оптически прозрачного полушара (рис. 143). Радиус шара R . Расстояние от луча до оси OA , проходящей через центр полусферической поверхности, $a = 0,6R$. Абсолютный показатель преломления материала шара $n = \frac{4}{3}$. Определите расстояние от точки O до точки A пересечения луча, преломленного на сферической поверхности, с осью OA .

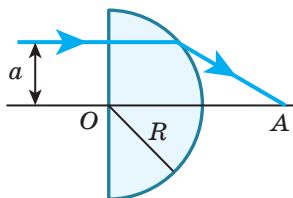


Рис. 143

- 523.** Оптически прозрачный шар радиусом $R = 40$ мм помещен в параллельный пучок лучей света. Минимальное расстояние, пройденное одним из преломленных лучей внутри шара (до первого пересечения с поверхностью), оказалось $l = 60$ мм. Определите абсолютный показатель преломления материала шара, если он находится в воздухе.
- 524.** Кварц освещается желтым светом, длина волны которого в вакууме $\lambda_0 = 590$ нм. Определите длину волны этого света в кварце, если абсолютный показатель преломления кварца для желтого света $n_{\text{ж}} = 1,5438$.

525. Длина волны красного света в вакууме $\lambda_{\text{к}} = 760$ нм, зеленого — $\lambda_{\text{з}} = 570$ нм. Определите абсолютный показатель преломления прозрачной среды, в которой распространяется красный свет, если его длина волны равна длине волны зеленого света, распространяющегося в вакууме.
526. В конический пучок света, сходящийся под малым углом, поместили плоскопараллельную стеклянную пластину так, что ее плоскость перпендикулярна оси пучка. В пучке содержатся красные и фиолетовые лучи. Показатель преломления стекла для фиолетовых лучей немного больше, чем для красных. Выберите справедливое утверждение: а) точка схождения красных лучей будет находиться немного дальше от пластины, чем фиолетовых; б) точка схождения фиолетовых лучей будет находиться немного дальше от пластины, чем красных; в) точки схождения красных и фиолетовых лучей совпадают. Обоснуйте ответ.
527. Световой луч падает на границу раздела сред с различающимися показателями преломления: $n_1 < n_2$ (рис. 144, 1—8). Для верхней среды (воздух) показатель преломления для фиолетовых (ф) и красных (к) лучей одинаков. Для нижней среды показатель преломления для фиолетовых лучей немного больше, чем для красных. Какими цифрами обозначены рисунки, на которых правильно изображен возможный ход лучей?
528. Световой луч падает на границу раздела сред с разными показателями преломления: $n_1 < n_2$ (рис. 144, 1—8). Для нижней среды (воздух) показатель преломления для фиолетовых (ф) и красных (к) лучей одинаков. Для верхней среды показатель преломления для фиолетовых лучей немного больше, чем для красных. Какими цифрами обозначены рисунки, на которых правильно изображен возможный ход лучей?

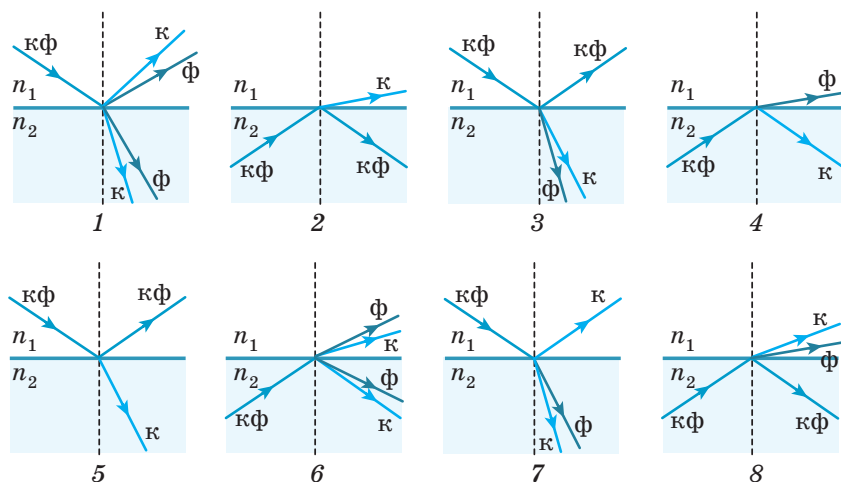


Рис. 144

529. Конический пучок белого света, расходящийся под малым углом, падает на экран. На экране наблюдается белый круг. Перед экраном поместили плоскопараллельную стеклянную пластину так, что ее плоскость перпендикулярна оси пучка. Показатель преломления стекла слегка зависит от длины волны света: чем больше длина волны, тем меньше показатель преломления. Выберите справедливое утверждение: а) граница круга на экране останется белой; б) граница круга на экране окрасится в красный цвет; в) граница круга на экране окрасится в зеленый цвет; г) граница круга на экране окрасится в фиолетовый цвет. Обоснуйте ответ.

530. На листе белой бумаги, лежащей на столе, находится стеклянная призма (рис. 145). На боковую грань призмы падает узкий параллельный пучок белого света, который содержит голубые (г), желтые (ж), зеленые (з), красные (к), оранжевые (о), синие (с) и фиолетовые (ф) лучи. После преломления в призме лучи попадают на поверхность бумаги и каждый из лучей создает точку

своего цвета. Определите последовательность цветов точек по мере их удаления от призмы, если показатель преломления стекла тем больше, чем меньше длина волны света.

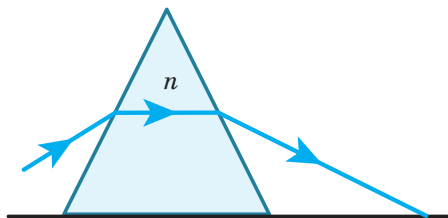


Рис. 145

- 531.** На плоскопараллельную стеклянную пластинку из вакуума падают под некоторым острым углом желтый и синий лучи, параллельные друг другу. Покажите на рисунке примерное направление распространения этих лучей внутри пластинки.
- 532.** Определите диапазон длин волн света в стекле с абсолютным показателем преломления $n = 1,9$, если в воздухе диапазон длин этих волн составляет $380\text{—}760\text{ нм}$.
- 533.** Абсолютный показатель преломления воды для красного и фиолетового света $n_{\text{к}} = 1,331$ и $n_{\text{ф}} = 1,343$ соответственно. Определите модуль скорости распространения этих световых волн в воде.
- 534.** На сколько изменится длина волны фиолетовых лучей с частотой колебаний $\nu = 7,50 \cdot 10^{14}\text{ Гц}$ при переходе из воды в вакуум, если модуль скорости распространения этих лучей в воде $v = 2,23 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$?
- 535.** Монохроматический луч света проходит через кусок киновари (минерал — сернистая ртуть) и пластинку органического стекла за одно и то же время. Определите отношение толщины куска киновари и пластинки

стекла. Абсолютный показатель преломления киновари $n_{\text{к}} = 3,02$ и стекла $n_{\text{с}} = 1,51$.

536. Определите время, на которое вследствие дисперсии запаздывает синий свет по сравнению с красным, проходя оптоволокно длиной $l = 15$ км. Разность показателей преломления оптоволокна для синего и красного света $n_{\text{с}} - n_{\text{к}} = 0,028$.

537. В воде один водолаз передает белый световой сигнал другому водолазу. Абсолютный показатель преломления воды для красных лучей $n_{\text{к}} = 1,329$, для фиолетовых — $n_{\text{ф}} = 1,344$. Определите, на каком расстоянии друг от друга находятся водолазы, если фиолетовые лучи достигают глаз водолаза позже красных лучей на промежуток времени $\Delta t = 1$ нс. Какой цвет света видит водолаз?

538. На плоскопараллельную пластину толщиной $h = 22$ мм падает луч белого света под углом $\alpha = 45^\circ$. Определите расстояние между точками выхода из пластины фиолетового и красного лучей, если абсолютный показатель преломления стекла для фиолетового света $n_{\text{ф}} = 1,52$, для красного света $n_{\text{к}} = 1,50$.

539. Луч белого света падает из воздуха на прозрачную пластинку толщиной $h = 2,0$ см под углом $\alpha = 60^\circ$. Определите смещение $\Delta l_{\text{к}}$ и $\Delta l_{\text{ф}}$ красного и фиолетового лучей при прохождении этой пластинки. Абсолютный показатель преломления вещества пластинки для красного света $n_{\text{к}} = 1,60$, фиолетового — $n_{\text{ф}} = 1,64$.

540. Узкий пучок белого света падает из воздуха нормально на боковую грань прямой трехгранной стеклянной призмы с преломляющим углом $\varphi = 30^\circ$. Определите угол между крайними лучами света при выходе его из призмы, если абсолютные показатели преломления стекла для них равны $n_1 = 1,62$ и $n_2 = 1,67$.

V. линзы

541. На рисунке 146 изображены тонкие линзы, изготовленные из одной и той же марки стекла и находящиеся в воздухе. Укажите: а) рассеивающие линзы; б) собирающую линзу с наибольшим фокусным расстоянием; в) линзу с наибольшей оптической силой; г) какие линзы будут рассеивающими, если их поместить в анисовое масло, показатель преломления которого больше, чем стекла.

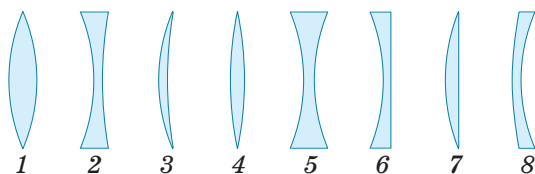


Рис. 146

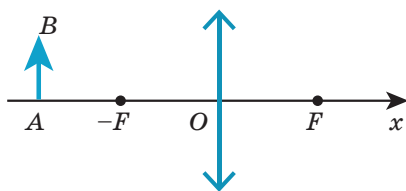


Рис. 147

542. На рисунке 147 изображена тонкая собирающая линза, главная оптическая ось которой совпадает с горизонтальной осью Ox . Оптический центр O линзы находится в начале координат, фокусное расстояние линзы равно F . На главной оптической оси находится вертикальная стрелка AB . Приведите в соответствие координату

x стрелки, координату x' ее изображения, ориентацию изображения и знак отношения между высотой изображения и высотой стрелки. Обоснуйте свой ответ.

Координата стрелки	Координата изображения	Ориентация изображения	Знак отношения между высотой изображения и высотой стрелки
А) $-F < x < 0$; Б) $-2F < x < -F$; В) $x = -2F$; Г) $x < -2F$	а) $x' < 0$; б) $x' < -2F$; в) $x' = -2F$; г) $F < x' < 2F$; д) $-2F < x' < -F$; е) $x' = 2F$; ж) $x' > 2F$; з) $x' > 0$	1) Прямое. 2) Перевернутое	I) $<$ II) $=$ III) $>$

543. На рисунке 148 изображена тонкая рассеивающая линза, главная оптическая ось которой совпадает с горизонтальной осью Ox . Оптический центр O линзы находится в начале координат, фокусное расстояние линзы равно $-F$. На главной оптической оси находится вертикальная стрелка AB . Приведите в соответствие свойства изображения стрелки, координату x стрелки и координату x' ее изображения. Обоснуйте свой ответ.

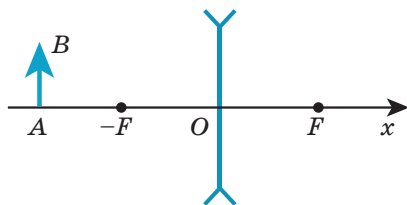


Рис. 148

Свойства изображения	Координата стрелки	Координата изображения
1) Прямое 2) Перевернутое 3) Увеличенное 4) Уменьшенное	А) $x < 0$ Б) $x < -2F$ В) $-2F < x < -F$ Г) $-F < x < 0$ Д) $0 < x < F$ Е) $F < x < 2F$ Ж) Нельзя получить изображение	а) $x' < 0$ б) $x' < -2F$ в) $-2F < x' < -F$ г) $-F < x' < 0$ д) $0 < x' < F$ е) $F < x' < 2F$ ж) $x' > 2F$ з) $x' > 0$ и) Нельзя получить изображение

544. На тонкую линзу с главными фокусами F падает луч света (рис. 149, 1—8). Укажите номера рисунков, на которых правильно изображен ход лучей.

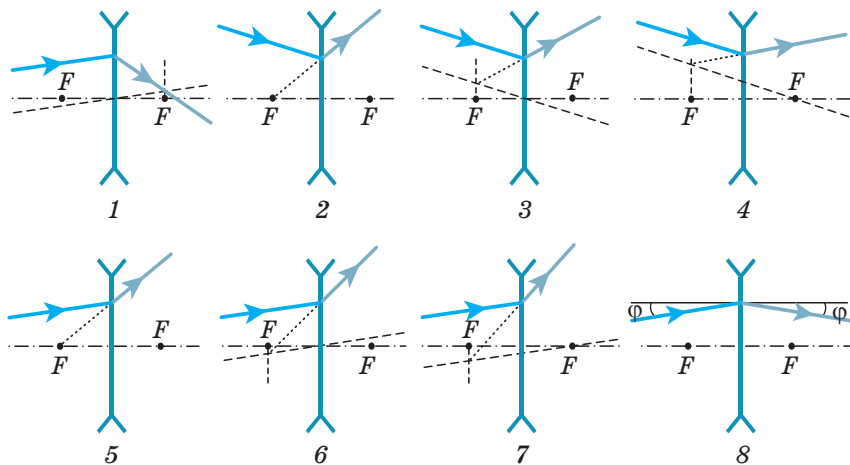


Рис. 149

545. Точечный источник света A находится на главной оптической оси тонкой линзы с главными фокусами F (рис. 150, 1—8). Укажите номера рисунков, на которых правильно построено изображение A^* этого источника.

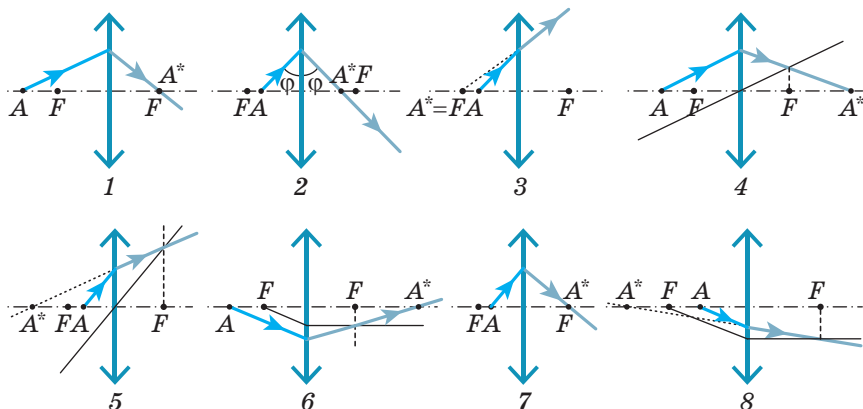


Рис. 150

546. На тонкую линзу с главным фокусом F падает пучок света (рис. 151, 1—8). Укажите номера рисунков, на которых правильно изображен ход лучей.

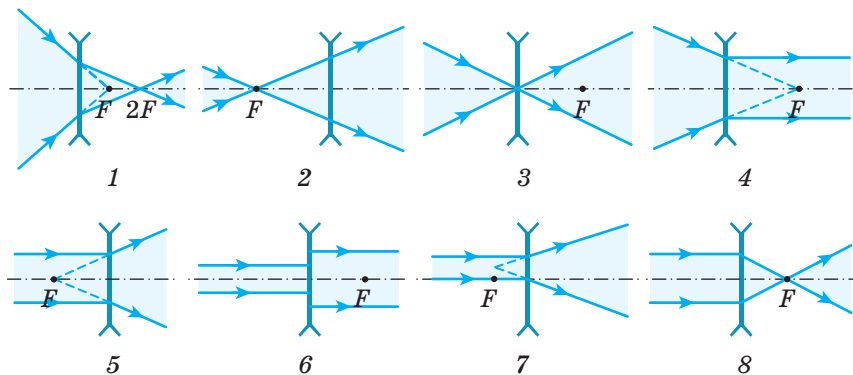


Рис. 151

547. На тонкую линзу с главным фокусом F падает пучок света (рис. 152, 1—8). Укажите номера рисунков, на которых правильно изображен ход лучей.

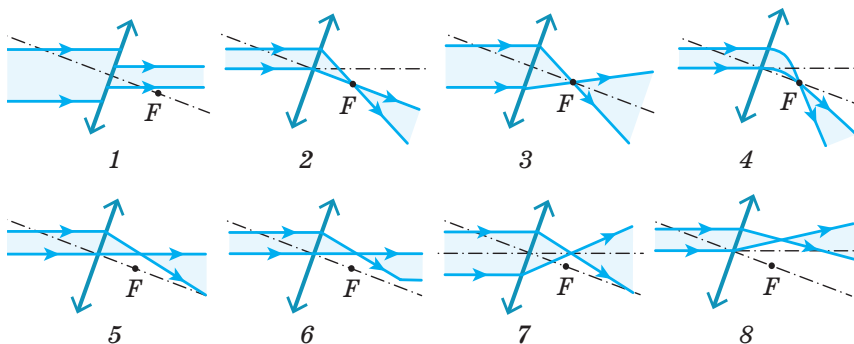


Рис. 152

548. На тонкую собирающую линзу Л падают световые лучи a , b , c (рис. 153). Точки F — главные фокусы линзы. Укажите номера точек, через которые пройдут лучи после преломления в линзе.

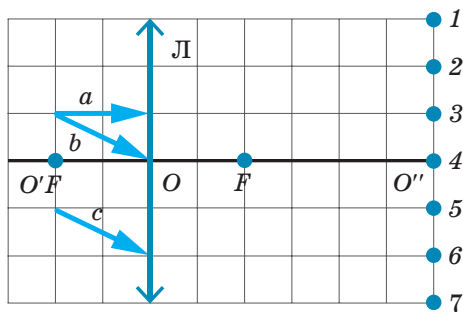


Рис. 153

549. На тонкую рассеивающую линзу Л падают световые лучи a , b , c (рис. 154). Точки F — главные фокусы линзы. Укажите номера точек, через которые пройдут лучи после преломления в линзе.

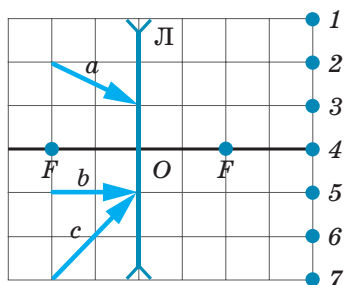


Рис. 154

- 550.** На рисунке 155 изображена главная оптическая ось $O'O''$ тонкой линзы. Световой луч a после преломления в линзе проходит через точку 5. Укажите номер точки, через которую пройдет луч b после преломления в линзе.

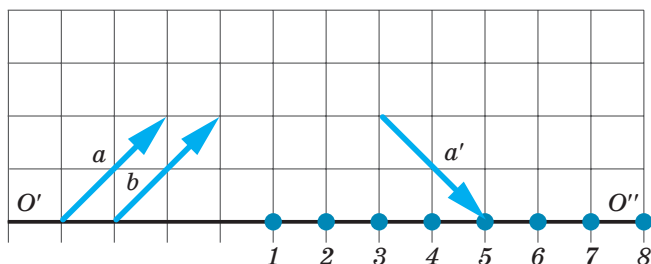


Рис. 155

- 551.** Постройте изображение точечного источника света S в тонкой линзе (рис. 156, $a-z$).

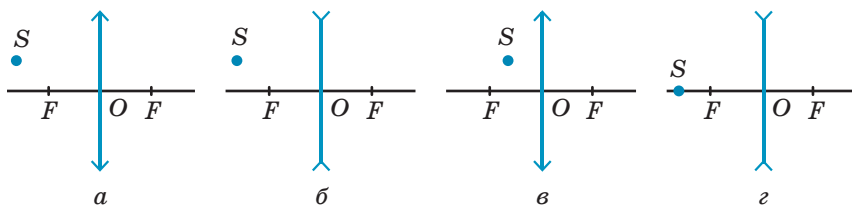


Рис. 156

552. Постройте изображение предмета AB в тонких линзах (рис. 157, $a-e$).

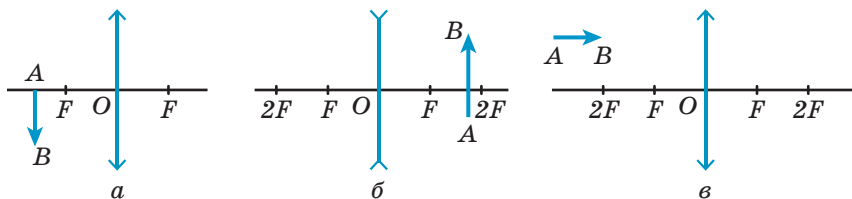


Рис. 157

553. На рисунке 158, $a-e$ показаны: O_1O_2 — главная оптическая ось тонкой линзы, S — точечный источник света, S_1 — изображение источника света. Найдите построением положение линзы и ее главных фокусов. Постройте изображение предмета AB в каждой линзе.

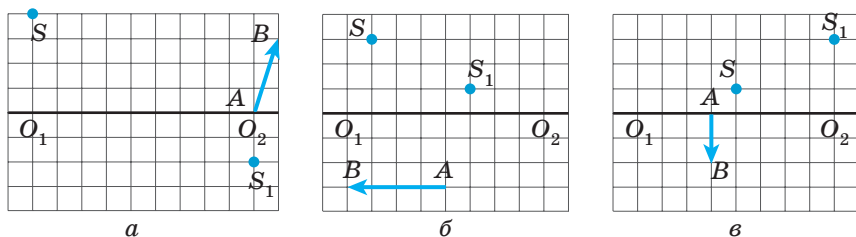


Рис. 158

554. Постройте дальнейший ход световых лучей 1 и 2, падающих на тонкую линзу (рис. 159, $a-z$).

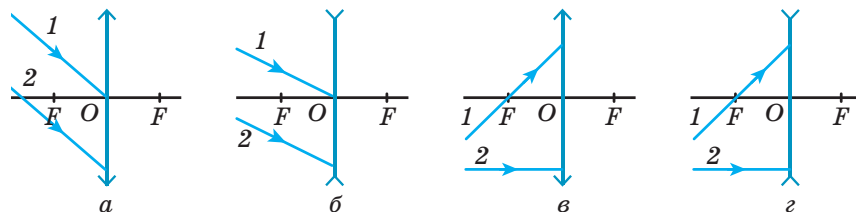


Рис. 159

- 555.** На рисунке 160, a — $г$ показан ход светового луча 1 , падающего на тонкую линзу, и ход этого луча после преломления в линзе. Найдите построением положение главных фокусов линзы и ход луча 2 до преломления в линзе во всех случаях.

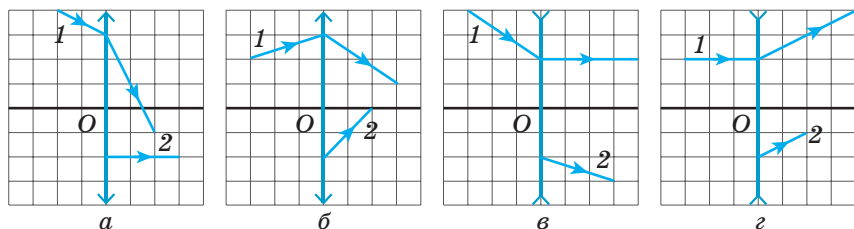


Рис. 160

- 556.** На рисунке 161 a , $б$ показаны тонкие линзы, их оптические оси O_1O_2 , главные фокусы F и оптические центры O . Найдите построением положение точечного источника света, если известен ход испущенных из источника световых лучей 1 и 2 после их преломления в линзах.

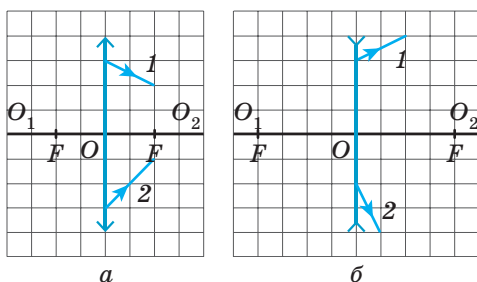


Рис. 161

- 557.** На рисунках 162 и 163 показаны главная оптическая ось тонкой линзы, предмет и изображение предмета, полученное с помощью этой линзы. Приведите в соответствие номер рисунка, тип линзы и местонахождение линзы. Обоснуйте свой ответ.

Номер рисунка	Тип линзы	Местонахождение линзы
А) Рис. 162. Б) Рис. 163	а) Собирающая. б) Рассеивающая	1) Левее предмета. 2) Правее изображения. 3) Между предметом и изображением, ближе к предмету. 4) Между предметом и изображением, ближе к изображению. 5) Посередине между предметом и изображением



Рис. 162

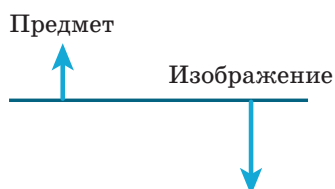


Рис. 163

558. На рисунках 164, а—в показаны точечный источник света и его изображение, полученное с помощью тонкой линзы. Источник и его изображение расположены на главной оптической оси линзы. На каждом рисунке показаны расстояния от линзы до источника и от линзы до изображения источника. Приведите в соответствие рисунок с оптической схемой и формулу для расчета фокусного расстояния линзы.

Рисунок	Формула
А) Рис. 164, а. Б) Рис. 164, б. В) Рис. 164, в	1) $-\frac{1}{15} - \frac{1}{30} = \frac{1}{F}$. 2) $-\frac{1}{15} + \frac{1}{30} = \frac{1}{F}$. 3) $\frac{1}{15} - \frac{1}{30} = \frac{1}{F}$. 4) $\frac{1}{15} + \frac{1}{30} = \frac{1}{F}$



Рис. 164

559. На рисунке 165 изображена тонкая собирающая линза Л, главная оптическая ось которой совпадает с координатной осью Ox . Точки F — главные фокусы линзы. Укажите координаты изображений точечных источников света S_1 и S_2 .

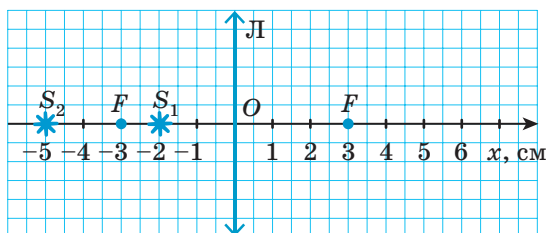


Рис. 165

560. Тонкая линза Л (рис. 166) с главными фокусами F формирует изображение квадрата $ABCD$. Укажите координаты точек, в которых находятся изображения вершин этого квадрата.

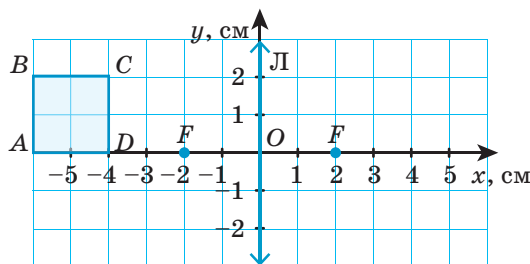


Рис. 166

- 561.** Действительное изображение предмета, помещенного на расстоянии $d = 15$ см от тонкой собирающей линзы, получено на расстоянии $f = 30$ см от нее. Определите фокусное расстояние, оптическую силу и линейное увеличение линзы.

П р и м е ч а н и е. В этой и последующих задачах данной главы следует считать, если нет специальных указаний, что предметом является стрелка, расположенная перпендикулярно главной оптической оси.

- 562.** Мнимое изображение предмета, расположенного на расстоянии $d = 15$ см от тонкой собирающей линзы, находится на расстоянии $f = 37,5$ см от нее. Определите фокусное расстояние, оптическую силу и линейное увеличение линзы.
- 563.** Изображение предмета, расположенного на расстоянии $d = 60$ см от тонкой рассеивающей линзы, находится на расстоянии $f = 15$ см от нее. Определите фокусное расстояние, оптическую силу и линейное увеличение линзы.
- 564.** Предмет находится на расстоянии $d = 40$ см от тонкой линзы. Определите расстояние от линзы до его изображения, если оптическая сила линзы $D = 7,5$ дптр.
- 565.** Источник света находится на расстоянии $d = 20$ см от тонкой линзы. Определите расстояние от линзы до его изображения, если оптическая сила линзы $D = 2,5$ дптр.
- 566.** Изображение светящейся светодиодной лампочки находится на расстоянии $f = 30$ см от тонкой линзы. Определите расстояние от лампочки до линзы, если оптическая сила линзы $D = -2,5$ дптр.
- 567.** Мнимое изображение лампочки находится в фокальной плоскости тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 12$ см. Определите расстояние от лампочки до линзы.

568. Предмет находится на расстоянии $d = 50$ см от тонкой линзы, а его прямое изображение — на расстоянии $f = 25$ см. Определите оптическую силу линзы.
569. Определите, на каком расстоянии от тонкой линзы с фокусным расстоянием $F = 12$ см надо расположить предмет, чтобы его действительное изображение было втрое больше самого предмета.
570. Свеча высотой $h = 12$ см поставлена на расстоянии $d = 50$ см от рассеивающей линзы. Определите оптическую силу линзы, если высота изображения свечи $H = 3$ см.
571. Тонкая линза с фокусным расстоянием $F = 10$ см формирует мнимое изображение предмета на расстоянии $f = 15$ см от нее. Определите расстояние между предметом и его изображением.
572. Изображение светящейся точки, созданное тонкой рассеивающей линзой, находится на главной оптической оси линзы в два раза ближе к линзе, чем сама точка. Определите расстояние между светящейся точкой и ее изображением, если оптическая сила линзы $D = -5,0$ дптр.
573. Расстояние между предметом и его увеличенным в $\Gamma = 5$ раз мнимым изображением, сформированным тонкой линзой, $l = 80$ см. Определите расстояние от предмета до линзы и фокусное расстояние линзы.
574. Тонкая линза с фокусным расстоянием $F = 40$ мм дает действительное увеличенное в два раза изображение предмета. Определите расстояние от предмета до изображения.
575. Расстояние между пламенем свечи и его прямым изображением в тонкой линзе $l = 90$ мм. Высота пламени свечи в $n = 2,5$ раза больше высоты его изображения. Определите оптическую силу линзы.

576. Расстояние между пламенем свечи и его прямым изображением в тонкой линзе $l = 32$ мм. Высота пламени свечи в $\Gamma = 1,8$ раза больше высоты его изображения в линзе. Определите расстояние от линзы до изображения свечи и фокусное расстояние линзы.
577. Предмет расположен перпендикулярно главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии $L = 3,0$ м от экрана. Определите оптическую силу линзы, если на экране получено изображение предмета, увеличенное в $\Gamma = 5,0$ раза.
578. Тонкая собирающая линза создает перевернутое изображение предмета. Определите линейное увеличение линзы, если расстояние между фокусом линзы и предметом $l = 25$ см, а фокусное расстояние линзы $F = 30$ см.
579. Изображение предмета, находящееся на расстоянии $f = 10$ см от тонкой линзы, меньше самого предмета в $n = 2$ раза. Определите возможные значения оптической силы линзы.
580. С помощью тонкой линзы получили увеличенное в $\Gamma = 3$ раза изображение предмета, находящегося на расстоянии $d = 20$ см от линзы. Определите возможные значения фокусного расстояния линзы.
581. Фокусное расстояние тонкой линзы $F = 40$ см. Определите, на каком расстоянии от линзы нужно поместить предмет, чтобы получить его изображение, увеличенное в $\Gamma = 4$ раза.
582. Модуль фокусного расстояния тонкой линзы $F = 10$ см. Определите, на каком расстоянии от линзы нужно поместить предмет, чтобы получить его изображение, уменьшенное в $n = 5$ раз.
583. Два одинаковых стержня расположены перпендикулярно главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстояниях $d_1 = 15$ см и $d_2 = 75$ см от линзы. Фокус-

ное расстояние линзы $F = 40$ см. Определите высоту изображения первого стержня, если высота изображения второго стержня $H_2 = 15$ см.

584. Луч света, падающий на тонкую собирающую линзу, пересекает ее главную оптическую ось под углом α на расстоянии $d = 18$ см от оптического центра линзы. Преломленный луч пересекает эту же ось под углом β . Определите фокусное расстояние линзы, если отношение $\frac{\operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} \alpha} = 2$.

585. На рисунке 167 показан график зависимости высоты изображения, полученного с помощью тонкой рассеивающей линзы, от расстояния между линзой и предметом. Определите оптическую силу линзы.

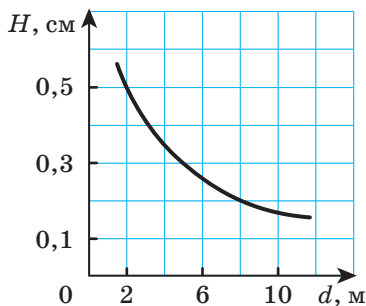


Рис. 167

586. Во сколько раз нужно уменьшить расстояние между предметом и тонкой линзой, чтобы линейное увеличение получаемых действительных изображений изменилось от $\Gamma_1 = 2$ до $\Gamma_2 = 4$?
587. С помощью тонкой собирающей линзы получено действительное изображение предмета с линейным увеличением $\Gamma_1 = 6,5$. Каким станет увеличение, если расстояние между линзой и предметом увеличить в $\alpha = 1,2$ раза?

- 588.** Определите отношение оптических сил двух тонких линз, если известно, что при расположении свечи на расстоянии d_1 от одной из них на экране получается изображение с линейным увеличением $\Gamma_1 = 4$, а при расположении свечи на расстоянии $d_2 = 2d_1$ от другой линзы размер изображения уменьшается вдвое.
- 589.** Две тонкие линзы расположены на одинаковом расстоянии от экрана. При расположении карандаша перед первой линзой на экране получается изображение с линейным увеличением $\Gamma_1 = 5$, а при расположении карандаша перед второй линзой, оптическая сила которой $D_2 = 4$ дптр, линейное увеличение равно $\Gamma_2 = 7$. Определите оптическую силу первой линзы.
- 590.** Два точечных источника света находятся на расстоянии $l = 24$ см друг от друга. Между ними на расстоянии $d_1 = 6$ см от одного из них помещена тонкая собирающая линза. При этом изображения обоих источников получились в одной и той же точке. Определите фокусное расстояние линзы.
- 591.** Тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием $F = 45$ мм расположена между двумя точечными источниками света так, что их изображения совпадают. Определите расстояние между источниками света, если расстояния от источников света до линзы различаются в три раза.
- 592.** Действительное изображение предмета, полученное с помощью тонкой собирающей линзы, находится от нее на расстоянии $f_1 = 8,0$ см. Собирающую линзу заменяют рассеивающей с таким же по модулю фокусным расстоянием. Определите модуль фокусного расстояния линз, если мнимое изображение предмета находится на расстоянии $f_2 = 2,0$ см от рассеивающей линзы.

- 593.** Тонкая линза с фокусным расстоянием $F_1 = 12$ см создала уменьшенное в три раза действительное изображение предмета. Если вторую линзу поместить на место первой, то она создаст увеличенное в три раза действительное изображение этого же предмета. Определите фокусное расстояние второй линзы.
- 594.** Предмет находится на расстоянии $d = 10$ см от тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 20$ см. Во сколько раз уменьшится высота изображения предмета, если на место собирающей линзы поставить рассеивающую линзу с таким же по модулю фокусным расстоянием?
- 595.** Расстояние от предмета до тонкой линзы и от линзы до изображения предмета одинаковы: $d = f = 0,50$ м. Предмет сместили вдоль главной оптической оси, увеличив расстояние до линзы на $\Delta d = 30$ см. Во сколько раз уменьшилось линейное увеличение линзы?
- 596.** С помощью тонкой собирающей линзы на экране получили увеличенное изображение предмета. После того как линзу сместили на расстояние $\Delta l = 5$ см, на экране получили уменьшенное изображение предмета. Определите фокусное расстояние линзы, если расстояние между предметом и экраном оставалось постоянным и равным $L = 25$ см.
- 597.** Высота изображения предмета, помещенного перед тонкой собирающей линзой на расстоянии $d = 60$ см, равна высоте предмета. Во сколько раз увеличится высота изображения, если предмет передвинуть в сторону линзы на $\Delta d = 20$ см?
- 598.** Предмет расположен на расстоянии $d = 50$ см от тонкой линзы с оптической силой $D = 2,5$ дптр. Во сколько раз увеличится изображение предмета, если предмет приблизить к линзе на расстояние $\Delta d = 5,0$ см?

599. Тонкая собирающая линза дает на экране изображение предмета, увеличенное в $\Gamma = 2,0$ раза. Расстояние между предметом и экраном на $\Delta l = 15$ см больше двойного фокусного расстояния линзы. Определите расстояние от линзы до экрана.
600. С помощью тонкой линзы на экране получено увеличенное изображение предмета, расположенного перпендикулярно главной оптической оси линзы. Расстояние между предметом и экраном в $n = 4,5$ раза больше фокусного расстояния линзы. Определите линейное увеличение линзы.
601. При помощи тонкой собирающей линзы на экране создали четкое изображение предмета высотой $H_1 = 25$ см. Если перемещать линзу к экрану, то можно получить второе четкое изображение предмета высотой $H_2 = 16$ см. Определите высоту предмета.
602. Предмет расположен перпендикулярно главной оптической оси тонкой собирающей линзы и находится от нее на расстоянии $d = 2F$, где F — фокусное расстояние линзы. Во сколько раз изменится линейное увеличение предмета, если расстояние от предмета до линзы увеличить в $k = 2$ раза?
603. С помощью тонкой линзы получают увеличенное в $\Gamma = 2$ раза действительное изображение предмета. Затем линзу передвигают на $l = 8$ см и получают мнимое изображение такого же размера. Определите фокусное расстояние линзы.
604. Предмет расположен перпендикулярно главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии $L = 90$ см от экрана. Между предметом и экраном перемещают линзу. При одном положении линзы на экране получается увеличенное изображение предмета, а при другом — уменьшенное. Определите фокусное расстояние линзы, если линейное увеличение первого изо-

бражения в четыре раза больше линейного увеличения второго изображения.

- 605.** Фокусное расстояние тонкой собирающей линзы $F = 20$ см. Определите расстояние от предмета до переднего фокуса линзы, если экран, на котором получается четкое изображение предмета, расположен на расстоянии $b = 40$ см от заднего фокуса линзы.
- 606.** Предмет находится на расстояниях $l_1 = 30$ см и $l_2 = 120$ см от главных фокусов тонкой собирающей линзы, которая формирует его действительное изображение. Определите линейное увеличение предмета.
- 607.** Во сколько раз высота предмета больше высоты изображения, полученного с помощью тонкой рассеивающей линзы, если расстояние от изображения до одного из фокусов в четыре раза больше, чем до другого?
- 608.** Стержень расположен вдоль главной оптической оси тонкой собирающей линзы. Определите продольное увеличение стержня, если линза создает изображение предмета, расположенного у одного конца стержня, с увеличением $\Gamma_1 = 4$, а у другого конца — с увеличением $\Gamma_2 = 2,75$. Оба конца стержня располагаются от линзы на расстоянии больше фокусного.
- 609.** Тонкая собирающая линза создает мнимое изображение предмета с некоторым увеличением. Оказалось, что для получения изображения с двукратным увеличением предмет нужно либо придвинуть к линзе на $l_1 = 3$ см, либо отодвинуть от нее на $l_2 = 6$ см. Определите первоначальное увеличение предмета.
- 610.** На тонкую собирающую линзу падает цилиндрический пучок лучей диаметром $d_0 = 60$ мм, параллельных главной оптической оси. Ось симметрии пучка совпадает с главной оптической осью линзы. За линзой установили экран сначала на расстоянии $l_1 = 80$ мм, а затем —

на расстоянии $l_2 = 120$ мм от линзы. Определите диаметр светлого пятна на экране, если его диаметр в обоих случаях был одинаков.

- 611.** Точечный источник света находится в главном фокусе тонкой рассеивающей линзы. При этом на экране, установленном за линзой в ее фокальной плоскости, образуется светлое пятно диаметром $D = 6$ см. Определите диаметр круглого отверстия диафрагмы, которая расположена вплотную к линзе и ограничивает падающий на нее световой пучок.
- 612.** В круглое отверстие в непрозрачном экране вставлена тонкая рассеивающая линза с фокусным расстоянием $|F_1| = 10$ см, на которую падает широкий пучок световых лучей, параллельных ее главной оптической оси. На расстоянии $l = 30$ см от линзы параллельно ей расположен экран. Определите, какое фокусное расстояние должна иметь собирающая линза, чтобы при замене рассеивающей линзы на собирающую радиус светлого круга на экране не изменился.
- 613.** На главной оптической оси на расстоянии $d = 50$ см от тонкой собирающей линзы расположен точечный источник света. Линзу переместили на расстояние $r = 60$ мм в направлении, перпендикулярном главной оптической оси. Определите, на какое расстояние переместилось изображение источника света, если фокусное расстояние линзы $F = 20$ см.
- 614.** На главной оптической оси тонкой собирающей линзы диаметром $D = 20$ см с фокусным расстоянием $F = 10$ см на расстоянии $d = 20$ см от линзы находится точечный источник света. Определите: а) время распространения света от источника до изображения по самому длинному пути, если толщина линзы на периферии равна нулю; б) время распространения света от источника до изображения по самому короткому пути.

- 615. *** Мотылек летит к тонкой собирающей линзе Л вдоль линии АВ (рис. 168) со скоростью, модуль которой $v = 1,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Постройте графики зависимости координаты y движения изображения мотылька, созданное линзой, от времени t .

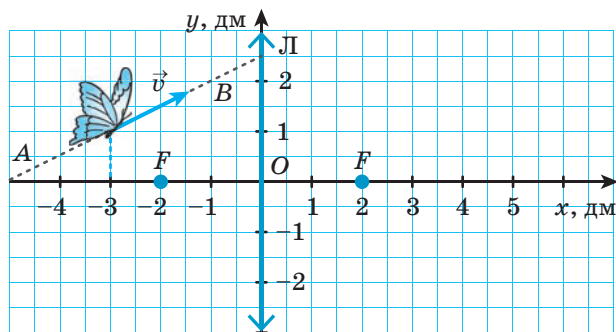


Рис. 168

- 616. *** Точечный источник света находится на расстоянии $d = 60$ см от тонкой собирающей линзы на ее главной оптической оси. Линзу с фокусным расстоянием $F = 20$ см разрезали на две половины вдоль плоскости, в которой лежит главная оптическая ось. Определите расстояние между действительными изображениями точечного источника света, если одна из половинок линзы сдвигается от источника вдоль главной оптической оси на расстояние $\Delta l = 10$ см.
- 617. *** Точечный источник света находится на расстоянии $d = 60$ см от тонкой собирающей линзы на ее главной оптической оси. Фокусное расстояние линзы $F = 40$ см. Линзу разрезали на две половины вдоль плоскости, в которой лежит главная оптическая ось. Обе половины линзы раздвинули симметрично на расстояние $l = 2$ мм в направлении, перпендикулярном плоскости разреза. Определите расстояние между действительными изображениями источника света.

- 618. *** На главной оптической оси на расстоянии $d = 80$ см от тонкой собирающей линзы, фокусное расстояние которой $F = 20$ см, расположен точечный источник света. Радиусы кривизны обеих поверхностей линзы одинаковы. Линзу разрезали на две половины вдоль плоскости, перпендикулярной главной оптической оси, и симметрично сместили их на расстояние $r = 4$ см в направлении, перпендикулярном к главной оптической оси (рис. 169). Определите, на каком расстоянии друг от друга будут расположены изображения источника, полученные в половинках линзы.

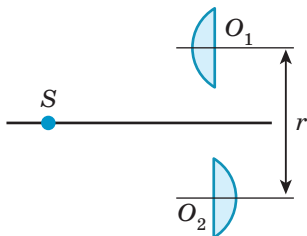


Рис. 169

- 619. *** Маленький шарик, подвешенный на нерастяжимой нити, равномерно вращается в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси, проходящей через точку подвеса. При этом нить образует с вертикалью угол α . Под шариком на расстоянии d от плоскости вращения закреплена тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием F так, что ее главная оптическая ось совпадает с осью вращения шарика. Определите угловую скорость движения шарика, если его действительное изображение вращается по окружности радиусом R .
- 620. *** На главной оптической оси на расстоянии $d = 2F$ от тонкой собирающей линзы, фокусное расстояние которой F , расположен предмет BA . Линзу разрезали вдоль плоскости, в которой лежит главная оптическая ось, на две половины и симметрично сместили каждую из них

вдоль главной оптической оси на расстояние $r = 1,5F$ (рис. 170). На каком расстоянии друг от друга будут находиться изображения предмета, полученные в половинках линзы? Во сколько раз высота каждого изображения, полученного в половинках линзы, отличается от высоты предмета? Решите задачу, если $F = 20$ см.

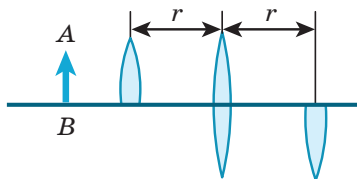


Рис. 170

- 621.** *Маленькому шарик, который находится на поверхности горизонтально расположенной тонкой собирающей линзы с оптической силой $D = 0,80$ дптр, сообщили направленную вертикально вверх начальную скорость, модуль которой $v_0 = 13 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. В течение какого промежутка времени будет существовать действительное изображение шарика, созданное этой линзой? Сопротивлением воздуха пренебречь.
- 622.** *Неподвижный точечный источник света находится на главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 6$ см на расстоянии $d = 8$ см от линзы. Линзу начинают смещать со скоростью, модуль которой $v_1 = 3 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$, в направлении, перпендикулярном главной оптической оси. Определите модуль скорости движения изображения источника относительно земли.
- 623.** Сходящийся пучок света падает на тонкую линзу с фокусным расстоянием $F = 30$ см так, что продолжения лучей пересекаются на главной оптической оси линзы на расстоянии $d = 15$ см от линзы. Ось пучка совпадает

с главной оптической осью линзы. На каком расстоянии от линзы пересекаются лучи, преломленные линзой? Рассмотреть случаи, когда: а) линза собирающая; б) линза рассеивающая.

- 624.** Сходящийся пучок лучей падает на тонкую рассеивающую линзу симметрично относительно ее главной оптической оси и после преломления в линзе собирается в точке A , лежащей на удалении $r = 60$ см от этой линзы. На каком расстоянии от точки A находится точка B , в которой пересекаются продолжения падающих на линзу лучей, если фокусное расстояние линзы $F = -40$ см?
- 625.** Луч света падает на тонкую собирающую линзу с фокусным расстоянием $F = 30$ см. На каком расстоянии от ближайшего фокуса преломленный в линзе луч пересекает главную оптическую ось, если продолжение падающего луча пересекает эту ось на расстоянии $l = 45$ см от линзы?
- 626.** Узкий конический пучок световых лучей, ось которого параллельна оси Ox , сходится в точке A (рис. 171, 172). Перед точкой схождения лучей поместили: а) тонкую собирающую линзу; б) тонкую рассеивающую линзу. Главные фокусы линз — точки F . Укажите координаты точки, в которой будут сходиться лучи или их продолжения после преломления в линзе.

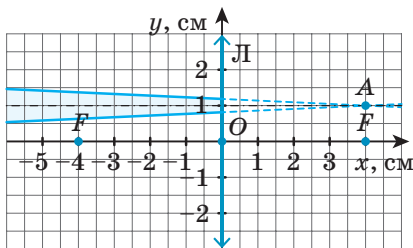


Рис. 171

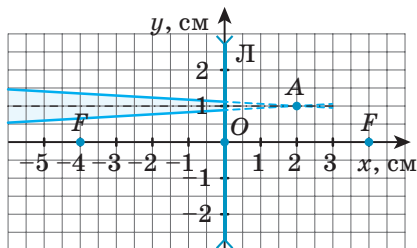


Рис. 172

627. На рисунке 173 на тонкую линзу падает сходящийся пучок света. Точка схождения лучей находится на расстоянии 15 см за линзой. Изображением является новая точка схождения лучей, расположенная на расстоянии 30 см перед линзой. Укажите номер, которым обозначена формула для расчета фокусного расстояния линзы:

1) $-\frac{1}{15} - \frac{1}{30} = \frac{1}{F}$;

2) $-\frac{1}{15} + \frac{1}{30} = \frac{1}{F}$;

3) $\frac{1}{15} - \frac{1}{30} = \frac{1}{F}$;

4) $\frac{1}{15} + \frac{1}{30} = \frac{1}{F}$.

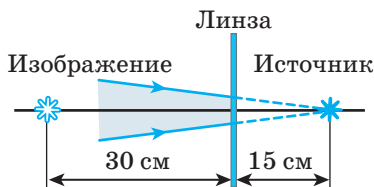


Рис. 173

628. Сходящийся пучок лучей падает на тонкую рассеивающую линзу с фокусным расстоянием $F = -9$ см и за линзой сходится в главном фокусе линзы. На каком расстоянии от линзы соберется тот же пучок, если рассеивающую линзу заменить собирающей с тем же по модулю фокусным расстоянием?

629. На сложенные вместе тонкую собирающую линзу и тонкую рассеивающую линзу с главными фокусами соответственно F_1 и F_2 падает параллельный пучок света (рис. 174). Главные оптические оси линз совпадают с осью Ox . Определите координаты точки, в которой сфокусируется пучок.

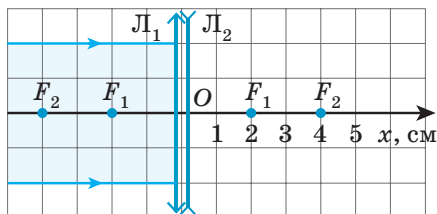


Рис. 174

- 630.** На оптическую систему, состоящую из двух тонких линз $\mathcal{L}_1$ и $\mathcal{L}_2$ (рис. 175), падает световой луч a и, пройдя ее, выходит под некоторым углом к оптической оси. Определите: а) фокусное расстояние первой линзы; б) фокусное расстояние второй линзы; в) укажите координату точки, в которую надо переместить линзу $\mathcal{L}_2$, чтобы луч b выходил из системы параллельно главной оптической оси.

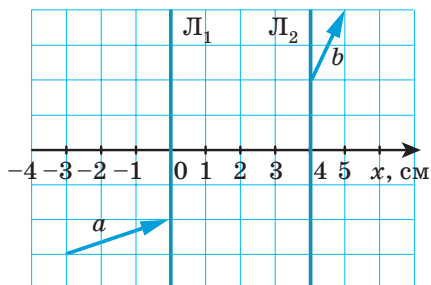


Рис. 175

- 631. *** Две тонкие собирающие линзы расположены на расстоянии $l = 20$ см друг от друга так, что их главные оптические оси совпадают. Фокусное расстояние первой линзы $F_1 = 10$ см, второй — $F_2 = 4$ см. Перед первой линзой находится предмет на расстоянии $d_1 = 30$ см от нее. Определите расстояние от второй линзы до изображения предмета, сформированного системой линз.
- 632. *** Точечный источник света находится перед тонкой собирающей линзой с фокусным расстоянием $F_1 = 6$ см на расстоянии $d_1 = 9$ см от нее. Позади этой линзы на расстоянии $l = 6$ см от нее находится рассеивающая линза с фокусным расстоянием $|F_2| = 18$ см. Определите, на каком расстоянии от рассеивающей линзы находится изображение источника, сформированное системой линз, если главные оптические оси линз совпадают.
- 633. *** С помощью тонкой собирающей линзы на экране получили изображение предмета. Между экраном и линзой на расстоянии $a = 10$ см от экрана поместили тонкую рас-

сеивающую линзу с фокусным расстоянием $F = -20$ см. Определите: а) на каком расстоянии от рассеивающей линзы должен находиться экран, чтобы на нем было получено изображение предмета; б) во сколько раз высота изображения на экране, полученного системой линз, больше первоначального изображения предмета на экране.

- 634. ***Предмет расположен на расстоянии $d_1 = 40$ см от тонкой линзы с оптической силой $D_1 = 5,0$ дптр. За ней на расстоянии $l = 60$ см находится вторая тонкая линза с оптической силой $D_2 = 6,0$ дптр. Главные оптические оси линз совпадают, а предмет расположен перпендикулярно этим осям. На каком расстоянии от второй линзы находится изображение, сформированное системой линз?
- 635. ***Три тонкие линзы с оптическими силами $D_1 = 5$ дптр, $D_2 = -4$ дптр и $D_3 = 1$ дптр сложены вплотную так, что их главные оптические оси совпадают. На каком расстоянии от системы линз нужно поместить точечный источник света, чтобы после системы линз лучи распространялись параллельным пучком?
- 636. ***На тонкую собирающую линзу с фокусным расстоянием $F_1 = 17,0$ см падает пучок света, параллельный ее главной оптической оси. На каком расстоянии от этой линзы нужно поставить вторую тонкую линзу, модуль фокусного расстояния которой $|F_2| = 9,0$ см, чтобы пучок, пройдя обе линзы, остался параллельным? Рассмотреть случаи, когда: а) вторая линза собирающая; б) вторая линза рассеивающая.
- 637. ***Две тонкие линзы с фокусными расстояниями $F_1 = 20$ см и $F_2 = 60$ см расположены на расстоянии $l = 100$ см друг от друга. Главные оптические оси линз совпадают. Пучок света, параллельный главной оптической оси, падает на первую линзу. Определите расстояние от оптического центра второй линзы до точки схождения этого пучка, прошедшего обе линзы.

- 638. *** Две тонкие собирающие линзы расположены на расстоянии $l = 30$ см друг от друга так, что их главные оптические оси совпадают. Фокусное расстояние первой линзы $F_1 = 10$ см, второй — $F_2 = 15$ см. На каком расстоянии от первой линзы необходимо поместить точечный источник света, чтобы лучи, идущие от него, при прохождении обеих линз образовали пучок лучей, параллельный главной оптической оси?
- 639. *** Оптическая система состоит из трех тонких линз: собирающей, рассеивающей и собирающей, главные оптические оси которых совпадают. На систему линз вдоль главной оптической оси падает параллельный пучок световых лучей. Первая собирающая линза, фокусное расстояние которой $F_1 = 10$ см, находится на расстоянии $a = 15$ см от рассеивающей линзы с фокусным расстоянием $F_2 = -20$ см. На каком расстоянии от рассеивающей линзы расположена вторая собирающая линза с фокусным расстоянием $F_3 = 10$ см, если из системы линз выходит параллельный пучок света?
- 640. *** Собирающая и рассеивающая тонкие линзы с фокусными расстояниями $F_1 = 30$ см и $|F_2| = 10$ см соответственно расположены на расстоянии $l = 20$ см друг от друга. Главные оптические оси линз совпадают. На собирающую линзу падает параллельный главной оптической оси пучок световых лучей диаметром $d_1 = 12$ мм. Определите диаметр светового пучка на расстоянии $a = 10$ см за рассеивающей линзой.
- 641. *** Главные оптические оси двух одинаковых тонких собирающих линз с фокусными расстояниями $F_1 = F_2 = 40$ см совпадают. На этой оси на удалении $d_1 = 64$ см от первой линзы находится точечный источник света. Расстояние между линзами $l = 40$ см. Найдите расстояние от второй линзы до изображения источника, созданного системой линз.

642. *На главной оптической оси тонкой собирающей линзы, оптическая сила которой $D_1 = 2,5$ дптр, на расстоянии $d_1 = 60$ см от линзы находится точечный источник света. По другую сторону линзы на удалении $l = 90$ см от нее расположена рассеивающая линза с фокусным расстоянием $|F_2| = 50$ см. Найдите расстояние между источником света и его изображением, созданным системой линз, если главные оптические оси обеих линз совпадают.
643. Изображения, создаваемые оптическими приборами, могут быть: 1) действительными; 2) мнимыми; 3) прямыми; 4) перевернутыми; 5) увеличенными; 6) уменьшенными. Какие изображения создают следующие оптические приборы при их использовании по назначению: а) цифровой фотоаппарат; б) человеческий глаз; в) лупа; г) микроскоп?
644. На рисунке 176 изображен глаз человека, рассматривающего предмет, помещенный в фокусе лупы. А) Чему равно угловое увеличение лупы при таком ее использовании? Расстояние до предмета надо отмерять от роговицы глаза. Б) Чему равно линейное увеличение лупы? В) Как изменится угловой размер предмета, если при неизменном расстоянии между лупой и предметом увеличить расстояние между глазом и предметом: 1) уменьшится; 2) не изменится; 3) увеличится? Г) Как при этом изменится угловое увеличение лупы? Ответы обоснуйте.

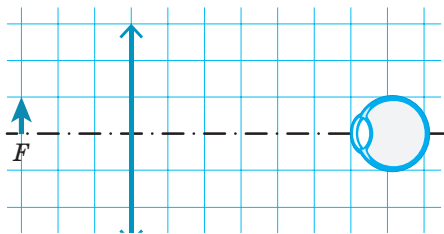


Рис. 176

645. Часовой мастер, вооруженный лупой с оптической силой $D = 8$ дптр, рассматривает детали часов. Определите линейное увеличение лупы, если мнимое изображение деталей часов находится от нее на расстоянии наилучшего зрения $d_0 = 25$ см.
646. Определите фокусное расстояние лупы, которая дает угловое увеличение $\Gamma = 5$ при рассматривании предмета, расположенного в фокальной плоскости лупы. Расстояние наилучшего зрения $d_0 = 25$ см.
647. Определите увеличение лупы с фокусным расстоянием $F = 6$ см при ее использовании человеком с дальновзоркостью, если для него расстояние наилучшего зрения $d_d = 48$ см. Глаз аккомодирован на бесконечность.
648. Тонкая линза создала мнимое изображение предмета, находящегося на расстоянии $d = 5$ см от нее, с увеличением $\Gamma_1 = 5$. Каким будет увеличение, если данную линзу использовать в качестве лупы, расположив предмет в ее главном фокусе? Расстояние наилучшего зрения $d_0 = 25$ см. Глаз аккомодирован на бесконечность.
649. *Человек приложил лупу с фокусным расстоянием $F = 20$ см к плоскому зеркалу и наблюдает свой глаз. Глаз аккомодирован на бесконечность. С каким угловым увеличением человек видит свой глаз по сравнению с тем, как если бы он наблюдал свой глаз через зеркало, расположенное на том же расстоянии?
650. Рассматривая текст, находящийся на расстоянии наилучшего зрения $d_0 = 25$ см, через рассеивающую линзу с фокусным расстоянием $F = -10$ см ученик нашел положение линзы, при котором буквы имели наименьший угловой размер. Определите: а) какое при этом было расстояние от предмета до линзы; б) во сколько раз уменьшился угловой размер букв.

651. Приведите в соответствие структуры глаза с их основным назначением.

Структуры глаза	Основное назначение
А) Роговица. Б) Хрусталик. В) Радужная оболочка. Г) Сетчатка	1) Восприятие света, передача информации в центральную нервную систему. 2) Основное преломление света. 3) Вращение глаза. 4) Изменение освещенности сетчатки. 5) Аккомодация глаза. 6) Защита глаза от внешнего воздействия

652. Человек с небольшой дальнозоркостью, использующий контактные линзы, читает книгу. Где находится изображение книги, созданное контактными линзами: 1) дальше книги; 2) между книгой и глазами; 3) между хрусталиком и сетчаткой; 4) за сетчаткой? Обоснуйте свой ответ.

653. Водитель, использующий контактные линзы для коррекции близорукости, смотрит на светофор. Где находится изображение светофора, созданное контактными линзами: 1) дальше светофора; 2) между светофором и глазами; 3) между хрусталиком и сетчаткой; 4) за сетчаткой? Обоснуйте свой ответ.

654. Мальчик, не напрягаясь, смотрит на планшет, держа его на расстоянии наилучшего зрения $d = 16$ см от глаз. Определите оптическую силу очков, которые нужны мальчику, чтобы без напряжения работать с планшетом, находящимся на расстоянии наилучшего зрения для здорового человека $d_0 = 25$ см.

655. Минимальное расстояние, с которого дальнозоркий человек в очках с оптической силой $D = 2$ дптр четко видит удаленные предметы, $d = 50$ см. Определите минимальную оптическую силу очков, которые нужны этому человеку, чтобы он мог четко видеть предметы с расстояния наилучшего зрения $d_0 = 25$ см.

656. Ученику для чтения книг доктор выписал очки с оптической силой $D = -1$ дптр. На каком расстоянии ученику надо расположить плоское зеркало, чтобы видеть в нем свое лицо с расстояния наилучшего зрения, не надевая очков? Расстояние наилучшего зрения для здорового глаза $d_0 = 25$ см.
657. Человек переводит взгляд с неба на смартфон, расположенный на расстоянии наилучшего зрения $d_0 = 25$ см. На сколько изменяется оптическая сила хрусталика глаза?
658. *На рисунке 177 изображена оптическая схема микроскопа, с помощью которого рассматривают предмет. Глаз наблюдателя аккомодирован на бесконечность. Главные фокусы окуляра $\mathcal{L}_2$ — F_2 . На объектив микроскопа $\mathcal{L}_1$ падает световой луч AB . А) Укажите номер точки, через которую пройдет этот луч. Б) Определите увеличение объектива.

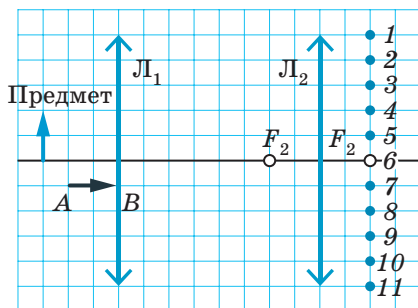


Рис. 177

659. *Фокусное расстояние объектива микроскопа $F_1 = 2$ см, а окуляра — $F_2 = 5$ мм. Расстояние между объективом и окуляром составляет $l = 20$ см. Определите увеличение микроскопа для наблюдателя, расстояние наилучшего зрения для которого $d_{01} = 20$ см.

- 660.** На рисунке 178 показан световой пучок, который проходит через простейшую зрительную трубу. А) Чему равно по модулю угловое увеличение зрительной трубы? Б) Приведите в соответствие детали зрительной трубы и тип линз, используемых для их изготовления. Обсудите ответ.

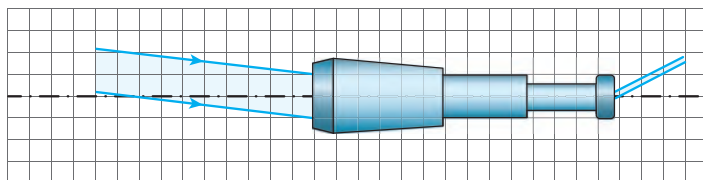


Рис. 178

Деталь телескопа	Тип линзы
а) Объектив.	1) Собирающая.
б) Окуляр	2) Рассеивающая

- 661. *** На оптической схеме телескопа Кеплера, настроенного для наблюдения удаленных объектов, показаны главные фокусы F_2 окуляра $Л_2$ (рис. 179). Глаз наблюдателя аккомодирован на бесконечность. На объектив $Л_1$ телескопа падает световой луч AB . А) Укажите номер точки, через которую пройдет этот луч после преломления в объективе. Б) Чему равно угловое увеличение телескопа?

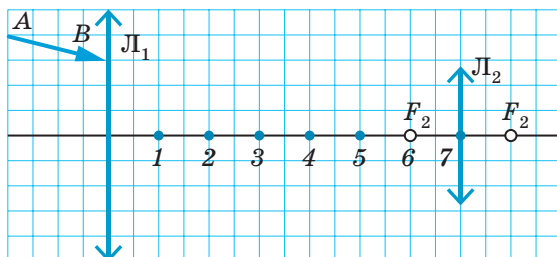


Рис. 179

662. *На оптической схеме телескопа Галилея, настроенного для наблюдения удаленных объектов, показаны главные фокусы F_2 окуляра Л_2 (рис. 180). Глаз наблюдателя аккомодирован на бесконечность. На объектив Л_1 телескопа падает световой луч AB . А) После преломления в объективе этот луч пройдет через точку, обозначенную цифрой Б) Угловое увеличение телескопа равно

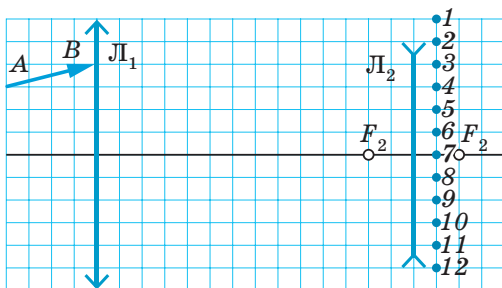


Рис. 180

663. *Свет от звезды падает на объектив телескопа диаметром $D = 20$ см с фокусным расстоянием $F_1 = 1,0$ м и выходит из окуляра в виде пучка параллельных лучей, диаметр которого равен диаметру зрачка наблюдателя $d_{\text{зр}} = 5$ мм. А) Определите фокусное расстояние F_2 окуляра. Б) Рассчитайте угловое увеличение телескопа.
664. *Увеличение микроскопа $\Gamma = 500$. Определите оптическую силу объектива, если фокусное расстояние окуляра $F_2 = 5$ см, а длина тубуса $l = 20$ см.
665. *Фокусное расстояние окуляра телескопа $F_2 = 2,5$ см. Телескоп дает 40-кратное увеличение. Определите оптическую силу объектива.
666. *Фокусное расстояние объектива зрительной трубы и окуляра соответственно равно $F_1 = 200$ см и $F_2 = 10$ см. В зрительную трубу наблюдают Луну, угловой диаметр которой при наблюдении невооруженным глазом $\phi_1 = 30'$. Под каким углом виден диаметр лунного диска в зрительную трубу?

667. Приведите в соответствие изменения условий фотосъемки с действиями, которые для этого надо произвести.

Изменение условий фотосъемки	Действия
А) Увеличение освещенности фотоматрицы.	1) Увеличение светочувствительности матрицы.
Б) Увеличение времени воздействия света на фотоматрицу.	2) Смещение объектива относительно фотоматрицы.
В) Изменение резкости изображения.	3) Увеличение фокусного расстояния объектива.
Г) Увеличение размера изображения на фотоматрице («зум»)	4) Увеличение выдержки. 5) Увеличение диаметра диафрагмы

668. Наиболее правильное пространственное восприятие фотографии получается, если при ее рассматривании угловые размеры объектов, изображенных на фотографии, будут для наблюдателя такими же, какими они были для фотоаппарата при съемке. В этом случае не требуется никаких приспособлений, чтобы увидеть объемное изображение. (При рассматривании фотографии рекомендуется прикрыть один глаз.) С какого расстояния надо смотреть на экран монитора высотой $H = 28$ см, чтобы получить наиболее правильное пространственное восприятие снимка, сделанного с помощью цифровой фотокамеры, в которой высота матрицы $h = 4,8$ мм, фокусное расстояние объектива $F = 7,9$ мм?

669. Высота изображения здания на матрице фотоаппарата $H = 36$ мм, фокусное расстояние объектива $F = 50$ мм. Определите высоту здания, если фотограф находился на расстоянии $d = 50$ м от него.

670. При фотографировании предмета с расстояния $d_1 = 1,0$ м высота изображения $H_1 = 6,0$ см, а при фотографировании с расстояния $d_2 = 5,0$ м — высота $H_2 = 1,0$ см. Определите фокусное расстояние объектива фотоаппарата.

671. Фото на рисунке 181 было сделано с расстояния $s = 14$ м при фокусном расстоянии объектива $F = 26$ см. Размеры полученного изображения на матрице фотоаппарата $12,9 \text{ мм} \times 8,6 \text{ мм}$. Выполните необходимые измерения по фотографии и найдите высоту H .



Рис. 181

672. На фотоматрице цифровой камеры получили изображение предмета, которое в k раз меньше предмета. При постоянном расстоянии от предмета до фотокамеры изменяли оптическую силу объектива D . На рисунке 182 представлен график зависимости k от D . Чему равно расстояние от предмета до камеры?

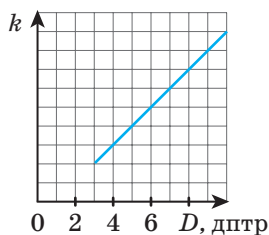


Рис. 182

673. *Телеобъектив используется в тех случаях, когда требуется объектив с большим фокусным расстоянием, но с малыми габаритами. В фотоаппарате с простейшим телеобъективом световые лучи от удаленного объекта сначала проходят через собирающую линзу Л_1 (рис. 183) с фокусным расстоянием $F_1 = 10$ см, затем — через рассеивающую линзу Л_2 с фокусным расстоянием

ем $F_2 = -5,0$ см, после этого лучи попадают на фотоматрицу. Расстояние между линзами $L = 7,0$ см. А) На каком расстоянии от рассеивающей линзы получается изображение удаленного объекта? Б) Какое должно быть фокусное расстояние тонкой собирающей линзы, чтобы она создавала изображение удаленного объекта такого же размера, как и созданное телеобъективом?

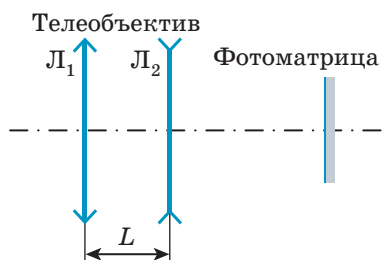


Рис. 182

- 674. *** При фокусировке фотоаппарата на определенную дистанцию те объекты, которые находятся немного ближе или дальше точки фокусировки, получаются резкими, а все остальные — размытыми (рис. 184). Диапазон расстояний, на которых объекты выглядят резкими, называется глубиной резкости. Если при фотографировании объекта, расположенного на расстоянии $d_0 = 2,0$ м, ближняя граница глубины резкости находилась на расстоянии $d_1 = 1,5$ м от фотоаппарата, то на каком расстоянии от фотоаппарата будет находиться дальняя граница глубины резкости?



Рис. 184

675. Объектив проекционного аппарата, имеющий фокусное расстояние $F = 18$ см, расположен на расстоянии $f = 6,0$ м от экрана. Определите увеличение проекционного аппарата.
676. При рассматривании предмета его двумерные изображения, видимые левым и правым глазом, воспринимаются как одно трехмерное изображение, и возникает стереоэффект. Стереоэффект может возникнуть при рассматривании плоских изображений, например, двух фотографий одного и того же объекта, сделанных с разных точек наблюдения. Изображение кажется объемным, если каждый глаз видит предназначенное только для него изображение. На рисунке 185, *a*, *б* представлены два изображения координатной плоскости для левого (*a*) и правого (*б*) глаза. На рисунке для левого глаза показана точка. На рисунке для правого глаза требуется нарисовать точку так, чтобы при рассматривании этих изображений с расстояния $H = 27$ см точка казалась парящей на высоте $h = 1,0$ см над координатной плоскостью. Определите координаты этой точки для правого глаза, если расстояние между центрами зрачков правого и левого глаза $L = 65$ мм.

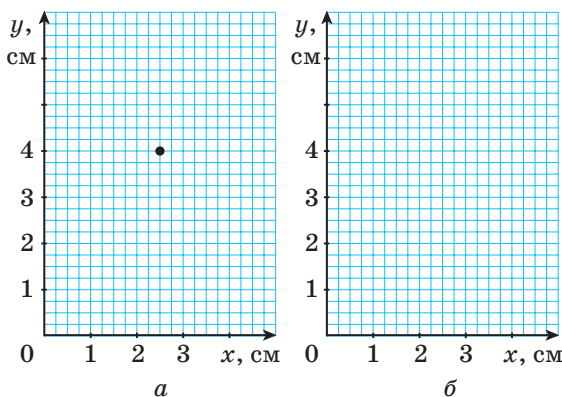


Рис. 185

The background features a blue header at the top. Below it, a large, light blue circular graphic with concentric rings and a grid pattern is positioned in the upper right. A vertical line descends from the center of this circle, passing through the title and ending in a cone-like structure on a grid floor. The floor is composed of concentric circles and radial lines, creating a perspective effect.

ОСНОВЫ СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

VI. Элементы теории
относительности

VI. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Физическая величина или закон	Формула	Физические величины, входящие в формулу
Релятивистское сокращение длины тела в направлении его движения	$* \quad l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$	l — длина тела в инерциальной системе отсчета (ИСО), относительно которой тело движется; l_0 — длина тела в ИСО, относительно которой тело покоится (собственная длина тела); v — модуль скорости движения тела; c — скорость света в вакууме
Релятивистское замедление времени	$* \quad t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	t — промежуток времени между двумя событиями, измеренный относительно неподвижной ИСО; t_0 — промежуток времени между двумя событиями, которые произошли в подвижной ИСО (собственное время); v — модуль скорости движения ИСО; c — скорость света в вакууме

Физическая величина или закон	Формула	Физические величины, входящие в формулу
Релятивистский закон сложения скоростей (если направления скоростей $\vec{v}'$ и $\vec{v}_0$ совпадают)	$* v = \frac{v_0 + v'}{1 + \frac{v_0 v'}{c^2}}$	v — модуль скорости движения тела относительно неподвижной ИСО; v_0 — модуль скорости движения подвижной ИСО относительно неподвижной ИСО; v' — модуль скорости движения тела относительно подвижной ИСО; c — скорость света в вакууме
Релятивистский импульс тела	$* \vec{p} = \frac{m \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	m — масса тела; $\vec{v}$ — скорость движения тела; c — скорость света в вакууме
Энергия покоя тела	$E_0 = mc^2$	E_0 — энергия покоя тела; E — полная энергия тела;
Релятивистская энергия тела	$* E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$	E_k — кинетическая энергия тела; m — масса тела; v — модуль скорости движения тела;
Релятивистская кинетическая энергия тела	$* E_k = mc^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right)$	c — скорость света в вакууме

677. Укажите первый постулат СТО:

- а) законы физики одинаковы во всех системах отсчета;
- б) законы физики различны в различных инерциальных системах отсчета;
- в) законы физики одинаковы во всех инерциальных системах отсчета;
- г) законы физики не могут быть одинаковы в разных системах отсчета.

678. *Точечный источник света и плоское зеркало закреплены на жесткой платформе (рис. 186, а). Источник света посылает в сторону зеркала короткий световой импульс, который в системе отсчета, связанной с платформой, возвращается обратно через время t_0 . Платформа прямолинейно и равномерно движется относительно Земли со скоростью $\vec{v}_0$, перпендикулярной оптической оси системы. Траектория движения светового импульса в системе отсчета, связанной с Землей, изображена на рисунке 186, б. Определите: а) скорость движения светового импульса в системе отсчета, связанной с Землей; б) модуль скорости платформы в этой системе отсчета; в) время, за которое световой импульс в системе отсчета, связанной с Землей, снова придет к источнику. Расстояние между источником и зеркалом в обеих системах отсчета одно и то же.

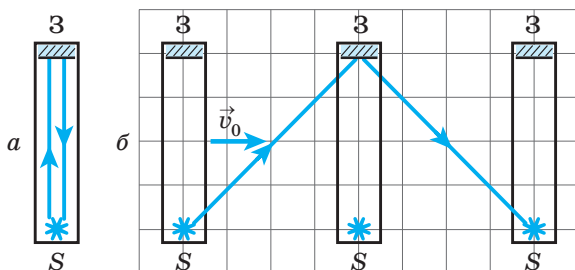


Рис. 186

679. В следующем предложении замените многоточия словами: *инерциальных, любых, зависит, не зависит*. Второй постулат СТО гласит: скорость света в вакууме в ... системах отсчета ... от скорости движения источника и ... от скорости движения наблюдателя.

680. *Кольцо радиусом R движется поступательно с релятивистской скоростью вдоль оси Ox (рис. 187). Укажите номер рисунка, на котором показана правильная форма кольца в неподвижной системе отсчета xOy .

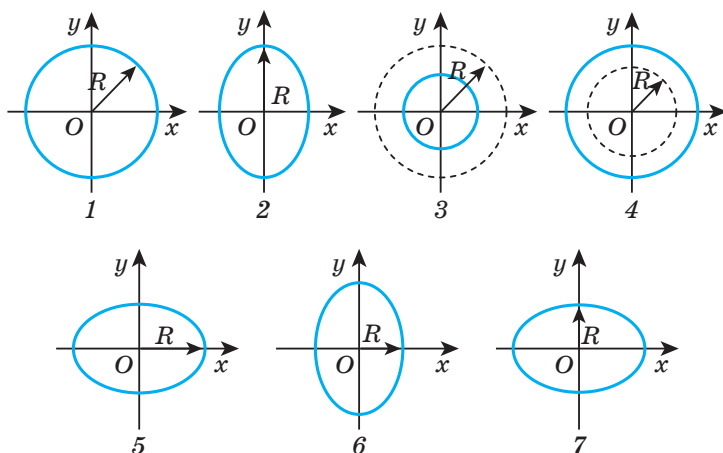


Рис. 187

681. *Центр медленно вращающегося жесткого стержня равномерно движется с релятивистской скоростью в неподвижной системе отсчета $Oxyz$. Скорость центра направлена вдоль оси Ox . Сначала стержень был параллелен оси Oy , затем он стал параллелен оси Ox , после этого ось стержня направили вдоль оси Oz . Как во время поворота изменялась длина стержня в системе отсчета $Oxyz$? Укажите характер изменения размеров стержня в виде последовательности цифр: 1) увеличение; 2) уменьшение; 3) постоянство.

- 682.** *Представьте, что метровую линейку поместили в ракету, движущуюся прямолинейно и равномерно относительно Земли со скоростью, близкой к скорости света, и расположили вдоль направления движения ракеты. Поясните, изменились ли длина, площадь поперечного сечения, объем, количество вещества и плотность вещества линейки в системе отсчета, связанной с Землей.
- 683.** *Во сколько раз уменьшится длина стержня в некоторой инерциальной системе отсчета, если стержень из состояния покоя начнет двигаться со скоростью, модуль которой $v = 0,60c$, направленной вдоль оси стержня?
- 684.** *Представьте, что космический летательный аппарат пролетает мимо Земли со скоростью, модуль которой $v = 2,4 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. В системе отсчета, связанной с Землей, длина аппарата $l = 54$ м. Определите собственную длину летательного аппарата.
- 685.** *Определите модуль скорости, с которой должна двигаться ракета, чтобы ее длина относительно неподвижного наблюдателя, находящегося на Земле, уменьшилась на $\alpha = 20\%$.
- 686.** * Куб, собственная длина ребра которого l_0 , движется со скоростью $v = 0,80c$. Скорость направлена вдоль одного из ребер куба. Найдите суммарную длину всех ребер куба относительно неподвижной системы координат.
- 687.** *Длина стороны квадрата на репродукции картины Малевича «Черный квадрат» $a = 50$ см. Определите, какой станет площадь этого квадрата в системе отсчета, связанной с Землей, если картина будет на-

ходиться в ракете, движущейся относительно Земли со скоростью, модуль которой $v = 0,80c$. Считайте, что две стороны квадрата параллельны направлению движения ракеты.

688. *Монитор в форме прямоугольника со сторонами $a = 30$ см и $b = 50$ см находится в космическом аппарате. Определите модуль скорости, с которой должен двигаться космический аппарат относительно Земли вдоль стороны b , чтобы в системе отсчета, связанной с Землей, прямоугольный монитор стал квадратным со сторонами, равными a .

689. *Жесткий стержень, у которого собственная длина $l_0 = 85$ см, двигался вдоль своей оси с постоянной скоростью, модуль которой $v_1 = 0,8c$. После перехода к другой постоянной скорости $\vec{v}_2$, направленной вдоль оси стержня, его длина увеличилась на $\Delta l = 17$ см. Определите модуль скорости v_2 .

690. *Одна из нестабильных частиц покоится, а вторая такая же частица движется относительно Земли со скоростью, модуль которой $v = 1,80 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Определите, во сколько раз по земным часам среднее время жизни второй частицы больше, чем первой.

691. *Собственное время жизни π -мезона $t_0 = 26$ нс. Определите время жизни этой частицы, измеренное по земным часам, если частица движется относительно Земли со скоростью, модуль которой $v = 2,7 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

692. *В космическом корабле, движущемся со скоростью, модуль которой $v_1 = 0,8c$, находятся такие же часы, как и на Земле. На сколько меньше изменятся показания часов на корабле, чем на Земле, если по показаниям часов на Земле пройдет $t = 10$ мин?

693. *Космический корабль движется со скоростью, модуль которой $v = 0,8c$ относительно Земли. Какой путь пролетит этот корабль в системе отсчета, связанной с Землей, если по часам, находящимся в корабле, пройдет время $t_0 = 0,5$ с?
694. *Из ракеты, движущейся со скоростью $v = 0,6c$, вдоль прямой, проходящей через Землю, космонавт ежесекундно посылает лазерные импульсы в сторону Земли. Импульсы регистрируются земной астрономической обсерваторией, их параметры записывают в лабораторный журнал. Какой период импульсов будет указан в лабораторном журнале, если: а) ракета приближается к Земле, б) ракета удаляется от Земли?
695. *Собственное время жизни мюона $t_0 = 2,2$ мкс. Определите, какой путь пролетела эта частица в системе отсчета, связанной с Землей, если время жизни мюона, измеренное по земным часам, $t = 4,4$ мкс, а частица двигалась равномерно.
696. *В ракете, летящей относительно Земли, со скоростью, модуль которой $v = 0,6c$, перпендикулярно направлению полета ракеты движется ион со скоростью, модуль которой относительно ракеты $v_1 = 50 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. В системе отсчета, связанной с Землей, определите модуль скорости иона в направлении, перпендикулярном направлению движения ракеты.
697. *Точность определения координат с помощью глобальной системы позиционирования (GPS) зависит от точности определения координат навигационных спутников и точности часов, установленных на них. Навигационный спутник движется относительно Земли со скоростью $v = 3,90 \frac{\text{км}}{\text{с}}$, следовательно, скорость течения

времени на Земле и на спутнике разная. За какое время на спутниковых часах относительно земных часов набегает ошибка, равная времени, за которое свет проходит расстояние $l = 3,00$ м?

П р и м е ч а н и я. А) Гравитационное поле на орбите спутника слабее, чем на поверхности Земли. Согласно общей (а не специальной) теории относительности, на орбите спутника по этой причине должно произойти ускорение хода часов примерно в 7 раз большее, чем замедление из-за движения спутника. Поэтому, несмотря на то, что в задаче получается замедление хода спутниковых часов, на практике часы на спутнике идут быстрее, чем на Земле. Б) Формула приближенного вычисления: если $a \ll 1$, то $\sqrt{1 \pm a} = 1 \pm \frac{a}{2}$.

- 698. ***С космического корабля, находящегося от Земли на расстоянии $l = 6,0 \cdot 10^6$ м, одновременно послали на Землю световой импульс и пучок частиц, модуль скорости которых относительно корабля $v_0 = 0,80c$. Определите, через какое время после прихода светового импульса пучок частиц достигнет Земли, если корабль движется к Земле со скоростью $v_1 = 0,40c$.
- 699. ***Лазерный луч, отраженный от вращающегося зеркала, находящегося на Земле, попадает на поверхность Луны. Расстояние от Земли до Луны $L = 384\,000$ км. Определите скорость движения светового пятна по поверхности Луны, если частота вращения зеркала $\nu = 1 \frac{\text{об}}{\text{с}}$. Поясните, не противоречит ли полученный результат постулату специальной теории относительности.
- 700. ***Два нейтрона движутся навстречу друг другу относительно неподвижной инерциальной системы отсчета со скоростями, модули которых $v_1 = v_2 = 0,5c$. Определите модуль скорости движения нейтронов относительно друг друга.

701. *Атом, вылетевший из ускорителя со скоростью, модуль которой $v_1 = 0,8c$, испустил фотон в направлении своего движения. Определите модуль скорости фотона относительно ускорителя, если модуль скорости фотона относительно атома $v_2 = c$.
702. *Ускоритель сообщил радиоактивному ядру скорость, модуль которой $v_1 = 0,40c$. При движении ядро испустило в направлении своего движения электрон со скоростью, модуль которой $v = 0,75c$ относительно ускорителя. Определите модуль скорости электрона относительно ядра.
703. *Две частицы движутся относительно Земли в противоположных направлениях со скоростями, модули которых $v_1 = v_2 = 0,75c$. Определите модуль скорости одной частицы относительно другой.
704. *Частица движется со скоростью, модуль которой $v = \frac{\sqrt{3}}{2}c$. Во сколько раз модуль релятивистского импульса частицы больше классического (определенного по формуле классической механики)?
705. *Определите модуль импульса гиперона массой $m_\Gamma = 2,1 \cdot 10^{-27}$ кг, движущегося со скоростью $v = \frac{12}{13}c$.
706. *Модуль импульса электрона $p = 2,0 \cdot 10^{-22} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. Определите модуль скорости движения электрона.
707. *В движущейся относительно Земли ракете массой $m = 2,0$ т в одной точке произошли два события. Промежуток времени между этими событиями, измеренный по земным часам, $t = 55$ мин, а по часам, расположенным в ракете, $t_0 = 33$ мин. Определите модуль импульса ракеты.

- 708.** *Пучок электронов, движущихся со скоростью $v = \frac{2}{3}c$, сталкивается с заземленной медной фольгой и вызывает в ней ток $I = 10$ мА. Определите модуль силы, с которой электроны действуют на фольгу вследствие своего торможения.
- 709.** Одним из самых редких металлов на Земле является рений, используемый в космической и авиационной технике. Определите энергию покоя рения массой $m = 2,0$ мг.
- 710.** Самый большой метеорит «Брагин», найденный на территории Беларуси, обладает энергией покоя $E_0 = 7,68 \cdot 10^{19}$ Дж. Определите массу этого метеорита.
- 711.** Воду массой $m = 100$ кг нагрели в бойлере от температуры $t_1 = 4$ °С до температуры $t_2 = 94$ °С. Определите изменение массы воды, обусловленное изменением внутренней энергии воды. Удельная теплоемкость воды $c = 4,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}$.
- 712.** Объем воды в озере Нарочь $V = 7 \cdot 10^8$ м³. Определите: а) энергию покоя воды в этом озере; б) изменение массы воды, обусловленное изменением внутренней энергии воды летом и зимой, если разность температур воды в озере $\Delta t = 21$ °С. Удельная теплоемкость воды $c = 4,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}$.
- 713.** Энергия электромагнитных волн, излучаемых Солнцем в течение одного года, $\Delta E = 1,26 \cdot 10^{34}$ Дж. Масса Солнца $m = 2,0 \cdot 10^{30}$ кг. Определите, за какое время масса Солнца уменьшится вдвое за счет излучения электромагнитных волн, если излучаемая мощность будет оставаться постоянной.

714. * Частица движется со скоростью v . Приведите в соответствие параметр частицы и функцию скорости, которой он прямо пропорционален. Ответы обоснуйте.

Параметр	Функция
А) Полная энергия частицы в СТО.	1) $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$; 5) $\frac{1}{v^2}$;
Б) Кинетическая энергия частицы в классической физике.	2) $\frac{v}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$; 6) $\sqrt{v}$;
В) Модуль импульса частицы в СТО.	3) $\frac{v^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$; 7) v ;
Г) Модуль импульса частицы в классической физике	4) $\frac{1}{v}$; 8) v^2

715. * Модуль импульса релятивистской частицы массой m равен p . Приведите в соответствие параметр частицы и формулу, по которой его можно рассчитать. Ответы обоснуйте.

Параметр	Формула
А) Полная энергия частицы.	1) mc^2 ;
Б) Кинетическая энергия частицы.	2) pc ;
В) Энергия покоя частицы	3) $pc + mc^2$;
	4) $pc - mc^2$;
	5) $\frac{p^2}{2m}$;
	6) $\sqrt{(pc)^2 + (mc^2)^2}$;
	7) $\sqrt{(pc)^2 + (mc^2)^2} - mc^2$;
	8) $\sqrt{(pc)^2 + (mc^2)^2} + mc^2$

- 716.** Согласно оценкам астрономов мощность электромагнитного излучения Сириуса $P = 8,5 \cdot 10^{27}$ Вт. Определите изменение массы Сириуса, обусловленное потерей энергии на излучение электромагнитных волн, за время $t = 9,0$ ч.
- 717.** *В следующем предложении замените многоточия словами: *уменьшается, увеличивается, не изменяется*. При увеличении скорости частицы разность между полной и кинетической энергией частицы ..., при этом отношение энергии покоя и кинетической энергии частицы
- 718.** *Электрон из состояния покоя начинает двигаться в однородном электростатическом поле. Укажите номер графика на рисунке 188, на котором правильно показана зависимость: а) скорости электрона; б) кинетической энергии электрона; в) полной энергии электрона от координаты x электрона.

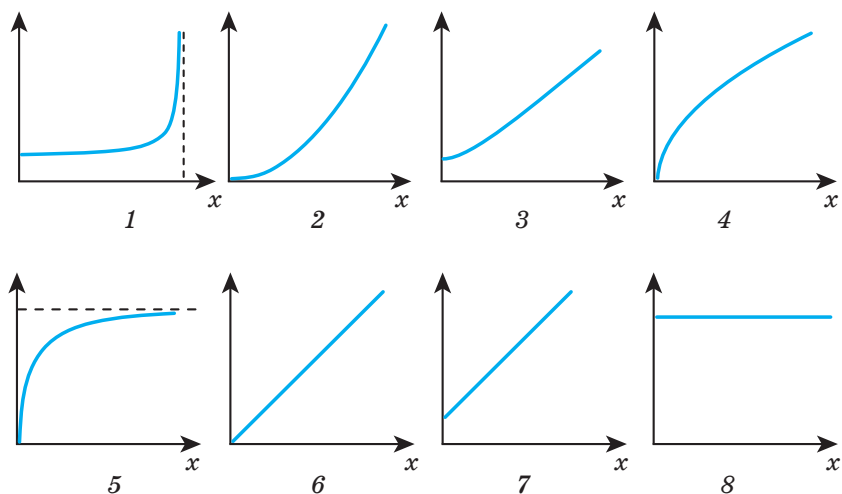


Рис. 188

719. * В таблице для каждой частицы указаны два энергетических параметра. Укажите номера частиц, которые являются релятивистскими. Обоснуйте свой ответ.

№ частицы	Энергия покоя	Кинетическая энергия	Полная энергия
1	0,9 ГэВ		1 ГэВ
2	900 кэВ	1 ГэВ	
3	0,5 МэВ		0,001 ГэВ
4		10 МэВ	10,5 МэВ
5	0,5 МэВ	0,01 МэВ	
6	0		0,001 эВ
7		0	0,5 МэВ

П р и м е ч а н и е. Энергия свободной релятивистской частицы больше удвоенной энергии покоя частицы.

720. * Укажите номер графика на рисунке 189, на котором правильно показана зависимость: а) скорости безмассовой частицы; б) модуля импульса этой частицы от энергии E частицы. Ответы обоснуйте.

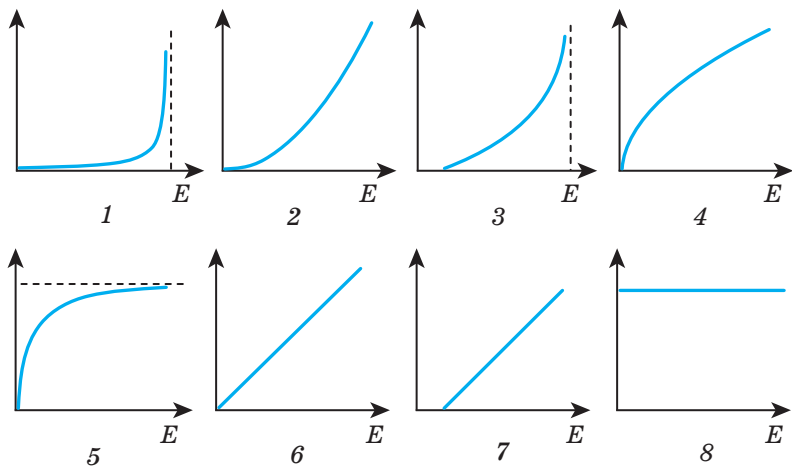


Рис. 189

721. * В Большом адронном коллайдере, расположенном в Швейцарии, заряженные частицы ускоряются, многократно проходя по так называемому ускорительному кольцу, состоящему из дуг и прямых участков. Для поворота частиц используется магнитное поле, созданное сверхпроводящими магнитами. Энергия, которую приобретает протон в коллайдере, $E = 7$ ТэВ. На сколько скорость света в вакууме отличается от скорости протона в коллайдере? Чему равны радиусы дуг, если модуль индукции магнитного поля в магнитах $B = 8$ Тл?

722. * Определите полную энергию протона, движущегося со скоростью, модуль которой $v = \frac{\sqrt{3}}{2}c$.

723. * Релятивистская частица движется со скоростью $v < c$. Укажите номер графика на рисунке 190, на котором правильно показана зависимость: а) скорости частицы (y) от ее полной энергии (x); б) полной энергии частицы (y) от ее импульса (x). Ответы обоснуйте.

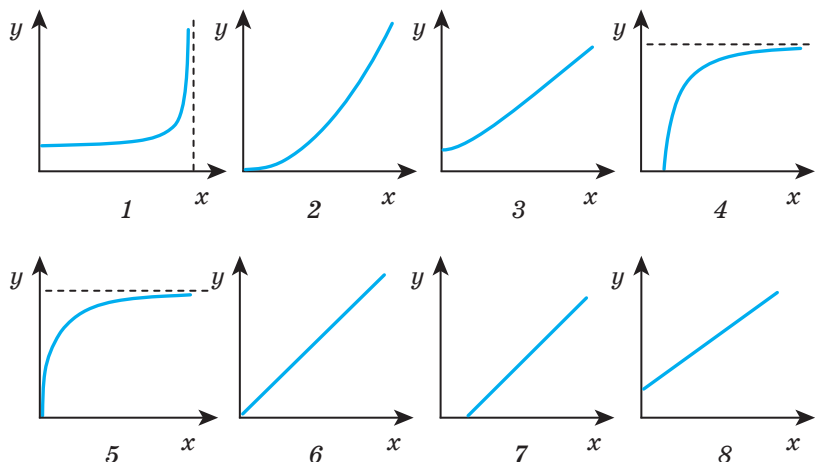


Рис. 190

724. *Определите полную и кинетическую энергию бозона Хиггса массой $m = 2 \cdot 10^{-25}$ кг, движущегося со скоростью, модуль которой $v = 1,8 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.
725. *Нейтрон движется со скоростью, модуль которой $v = 0,6c$. Определите отношение его полной энергии к кинетической энергии.
726. *Электрон движется со скоростью, модуль которой $v = \frac{\sqrt{3}}{2}c$. Определите отношение его полной энергии к энергии покоя.
727. *Определите модуль скорости движения частицы, кинетическая энергия которой равна ее энергии покоя.
728. *В системе отсчета, связанной с Землей, полная энергия релятивистской ракеты массой m_0 равна E . Определите длину ракеты в этой системе отсчета, если собственная длина ракеты l_0 .
729. *Ракета массой m после ускорения из состояния покоя до релятивистской скорости приобрела кинетическую энергию E_k . Во сколько раз сократился ее продольный размер в неподвижной системе отсчета?
730. *Определите модуль импульса α -частицы, если ее кинетическая энергия составляет $\frac{2}{3}$ энергии покоя протона. Масса α -частицы в 4 раза больше массы протона.
731. *Определите модуль импульса электрона, если кинетическая энергия электрона составляет $\alpha = 50\%$ его энергии покоя.
732. *Масса π -мезона $m = 2,5 \cdot 10^{-28}$ кг. Его собственное время жизни $t_0 = 26$ нс. Определите время жизни π -мезона в системе отсчета, в которой полная энергия мезона $E = 9,6 \cdot 10^{-10}$ Дж.

- 733.** *Определите работу, которую надо совершить, чтобы увеличить скорость релятивистской частицы массой m от $0,60c$ до $0,80c$. Сравните полученный результат со значением, вычисленным по формуле классической физики.
- 734.** *Электрон, кинетическая энергия которого составляет $\alpha = 0,25$ его энергии покоя, влетает в однородное магнитное поле и движется в нем по дуге окружности. Определите радиус окружности, если модуль индукции магнитного поля $B = 12,8$ мТл.
- 735.** *Модуль скорости электрона, ускоренного из состояния покоя в однородном электростатическом поле, $v = 2,4 \cdot 10^5 \frac{\text{км}}{\text{с}}$. Определите модуль напряженности поля, если проекция перемещения электрона на направление силовых линий $\Delta r_x = -52,5$ см.
- 736.** *Модуль скорости протона, ускоренного из состояния покоя в электростатическом поле, $v = 0,6c$. Определите разность потенциалов, пройденную протоном в поле.
- 737.** *Электрон из состояния покоя разогнался в электрическом поле, пройдя разность потенциалов $U = 500$ кВ. Определите модуль скорости, которую приобрел электрон.
- 738.** *Электрон, ускоренный электростатическим полем из состояния покоя, приобрел скорость, при которой его полная энергия стала равна удвоенной энергии покоя. Определите разность потенциалов, которую прошел электрон.
- 739.** *Электрон из состояния покоя разогнался до релятивистской скорости в однородном электростатическом поле, модуль напряженности которого E . Определите конечную скорость электрона, если время разгона t .

740. *Определите кинетическую энергию протона, полная энергия которого равна $E = 2,5 \cdot 10^{-10}$ Дж.
741. *Прорывной бросок к звезде (Breakthrough Starshot) — это название научно-исследовательского проекта по запуску межзвездного космического зонда к ближайшей к нам звезде Проксима Центавра. Согласно проекту, зонд массой $m = 1$ г будет выведен обычной ракетой на высокую околоземную орбиту, затем после раскрытия солнечного паруса площадью $S = 16$ м² на него будет направлено с Земли лазерное излучение мощностью $P = 50$ ГВт, которое за счет светового давления за время $t = 10$ мин разгонит зонд до скорости $v = 0,2c$. Какую кинетическую энергию приобретет зонд? Чему равен КПД данного ускорителя?



КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

VII. Фотоны. Действия света

VIII. Физика атома

IX. Ядерная физика
и элементарные частицы



VII. ФОТОНЫ. ДЕЙСТВИЯ СВЕТА

Физическая величина или уравнение	Формула	Физические величины, входящие в формулу
Энергия фотона	$E = h\nu$	E — энергия фотона; $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж · с — постоянная Планка; ν — частота колебаний
Импульс фотона	$* p = \frac{h}{\lambda}$	p — модуль импульса фотона; h — постоянная Планка; λ — длина волны
Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта	$h\nu = A_{\text{вых}} + E_{\text{к}}^{\text{max}}$	h — постоянная Планка; ν — частота колебаний; $A_{\text{вых}}$ — работа выхода; $E_{\text{к}}^{\text{max}}$ — максимальная кинетическая энергия электрона
Давление света	$* p = \frac{W}{c}(1 + R)$	p — давление света, падающего нормально на единичную поверхность; W — энергия излучения, падающего на единичную поверхность в единицу времени (интенсивность); c — скорость света в вакууме; R — коэффициент отражения

742. Определите энергию кванта рентгеновского излучения с частотой $\nu = 2,0 \cdot 10^{18}$ Гц.
743. Определите энергию кванта ультрафиолетового излучения бактерицидной лампы, если длина волны излучения $\lambda = 2,55 \cdot 10^{-7}$ м.
744. Сравните энергию квантов синего и красного света.
745. *Сравните модули импульсов фотонов инфракрасного и ультрафиолетового излучений.
746. *Частота излучения СВЧ-печи $\nu = 2,45$ ГГц. Определите энергию и модуль импульса фотона этого излучения.
747. *Энергия кванта излучения сканера штрихкодов $E = 2,8 \cdot 10^{-19}$ Дж. Определите длину волны и модуль импульса этого кванта.
748. *Энергия фотона равна кинетической энергии электрона, модуль скорости которого $v = 0,8c$. Определите модуль импульса фотона.
749. *Определите модуль импульса фотона γ -излучения, если его энергия равна энергии покоя электрона.
750. Определите модуль скорости электрона, если его кинетическая энергия равна энергии фотона с частотой $\nu = 1,0 \cdot 10^{15}$ Гц.
751. *Модуль импульса фотона электромагнитного излучения в $n = 100$ раз меньше модуля импульса электрона, движущегося со скоростью, модуль которой $v = 1,2 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Определите длину волны электромагнитного излучения.
752. Источник монохроматического электромагнитного излучения мощностью $P = 1,0 \cdot 10^{-10}$ Вт помещен в прозрачную среду с абсолютным показателем преломления $n = 2,0$. Определите число фотонов, излучаемых источником за промежуток времени $\Delta t = 1,0$ мин, если длина волны излучения $\lambda = 2,0 \cdot 10^{-7}$ м.

753. Определите абсолютный показатель преломления бензола, в котором монохроматический свет, представляющий собой поток фотонов с энергией $E = 4,4 \cdot 10^{-19}$ Дж, имеет длину волны $\lambda = 300$ нм.
754. *Поток фотонов падает из воздуха на янтарь, абсолютный показатель преломления которого $n = 1,5$. Определите модуль импульса падающего фотона, если длина волны света в янтаре $\lambda = 400$ нм.
755. В каждом импульсе лазер излучает $N = 2,0 \cdot 10^{19}$ фотонов с длиной волны $\lambda = 6,4 \cdot 10^{-5}$ см. Определите среднюю мощность лазерного импульса, если длительность импульса $\Delta t = 2,0$ мс.
756. Источник монохроматического излучения мощностью $P = 60$ Вт за промежуток времени $\Delta t = 1,0$ мин испускает $N = 8,0 \cdot 10^{21}$ фотонов. Определите длину волны этого излучения.
757. Монохроматический источник света излучил $N = 2,7 \times 10^{19}$ фотонов, потребив при этом энергию $E = 1,0$ кДж. Определите длину световой волны, если КПД источника света $\eta = 1,0$ %.
758. Рентгеновская трубка, работающая при напряжении $U = 66,3$ кВ и силе тока $I = 15,0$ мА, излучает каждую секунду $N = 1,0 \cdot 10^{16}$ фотонов. Длина волны излучения, испускаемого трубкой, $\lambda = 1,0 \cdot 10^{-10}$ м. Определите КПД рентгеновской трубки.
759. Капля воды массой $m = 0,20$ г нагревается светом с длиной волны $\lambda = 0,57$ мкм. Определите число фотонов, которые поглощает вода каждую секунду, если скорость нагрева капли $\frac{\Delta t}{t} = 5,0 \frac{^\circ\text{C}}{\text{с}}$. Удельная теплоемкость воды $c_v = 4,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$.
760. Каплю воды объемом $V = 0,22$ см³ облучают электромагнитным излучением частотой $\nu = 4,0 \cdot 10^{14}$ Гц. На сколь-

ко повысится температура воды за время $t_1 = 4,0$ с, если вода ежесекундно поглощает $N = 1,0 \cdot 10^{19}$ фотонов?

Удельная теплоемкость воды $c_v = 4,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$.

- 761.** Определите, какую разность потенциалов должен пройти протон из состояния покоя, чтобы его кинетическая энергия была в два раза больше энергии фотона видимого света, частота которого $\nu = 6,0 \cdot 10^{14}$ Гц.
- 762.** Определите длину волны излучения, энергия фотона которого равна кинетической энергии электрона, ускоренного из состояния покоя разностью потенциалов $U = -2,0$ В.
- 763.** Определите длину волны излучения, энергия фотона которого равна кинетической энергии частицы с зарядом $q = 3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл, пролетевшей из состояния покоя расстояние $\Delta l = 10,0$ см в однородном электростатическом поле, модуль напряженности которого $E = 10,0 \frac{\text{В}}{\text{м}}$.
- 764.** Лазерная указка излучает свет с длиной волны $\lambda = 650$ нм. Определите число фотонов, одновременно находящихся на участке лазерного луча длиной $L = 10$ см, если мощность излучения лазера $P = 1,0$ мВт.
- 765.** В солнечный день на плоскую поверхность площадью $S_0 = 1$ м², плоскость которой перпендикулярна солнечным лучам, падает солнечный свет мощностью $P = 1$ кВт. Определите число фотонов, падающих на пятую часть площадки за время $t = 72$ с, если средняя энергия фотона $E_0 = 1,8$ эВ.
- 766.** В опыте по обнаружению фотоэффекта цинковая пластина, закрепленная на стержне электрометра, предварительно заряжается отрицательным зарядом, а затем освещается ультрафиолетовым излучением, направленным перпендикулярно плоскости пластины. Как изменится время разрядки электрометра, если: 1) пластину повернуть так, чтобы лучи падали на нее под некоторым

острым углом; 2) пластину с электрометром приблизить к источнику излучения; 3) закрыть непрозрачным экраном часть пластины; 4) увеличить интенсивность излучения источника?

767. Провели два опыта: предварительно незаряженный алюминиевый шарик, удаленный от других тел, в одном опыте облучали ультрафиолетовым излучением, в другом — излучением видимого диапазона. Оказалось, что в первом опыте шарик зарядился, а во втором нет. Объясните результаты опытов. Какой знак заряда оказался на шарике в первом опыте?
768. На разные металлы падает свет одинаковой частоты. Поясните, одинакова ли максимальная скорость фотоэлектронов, вылетевших из металлов.
769. Интенсивность света, падающего на катод фотоэлемента, увеличили. Поясните, изменилась ли: 1) сила тока насыщения; 2) максимальная скорость фотоэлектронов, вылетающих с катода.
770. В опытах Столетова по изучению фотоэффекта в качестве катодов использовались поочередно две металлические пластины. На рисунке 191 представлены графики (*I* и *II*) зависимости максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты излучения, падающего на эти металлы. Сравните частоты красных границ для этих пластин и модули задерживающих напряжений, если на пластины падает излучение с одинаковой частотой. Ответы поясните.

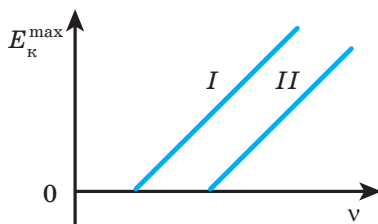


Рис. 191

771. На рисунке 192 представлены вольт-амперные характеристики двух фотоэлементов, в которых катоды изготовлены из металлов a и b . На катоды падает излучение с одинаковой частотой. Сравните: а) интенсивности падающих излучений; б) максимальные кинетические энергии фотоэлектронов, покидающих катод; в) работы выхода электрона из этих металлов. Ответы поясните.

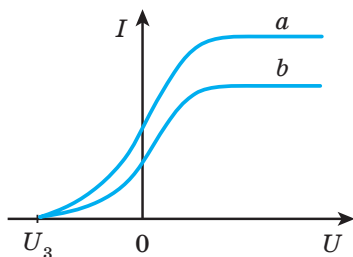


Рис. 192

772. На два фотоэлемента, фотокатоды которых изготовлены из металлов A и B , падают излучения равной частоты. На рисунке 193 показаны вольт-амперные характеристики этих фотоэлементов. Сравните частоту красной границы для этих фотокатодов.

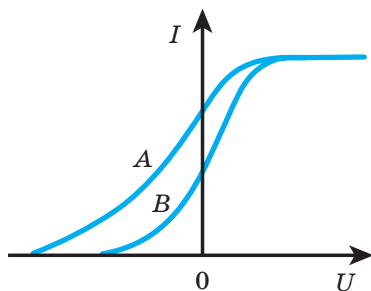


Рис. 193

773. На рисунке 194 представлена вольт-амперная характеристика фотоэлемента, полученная при освещении фотокатода монохроматическим излучением постоянной

мощности. Приведите в соответствие параметры, характеризующие фотоэффект, с характером изменения этих величин, если напряжение на фотоэлементе изменилось: А) от нуля до U_A ; Б) от U_B до U_C .

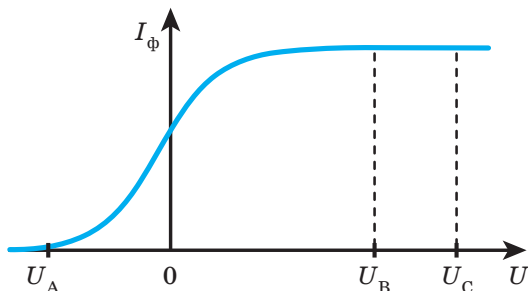


Рис. 194

Параметр	Характер изменения
а) Число фотоэлектронов, ежесекундно вырывааемых с поверхности фотокатода.	1) Увеличивается.
б) Число фотоэлектронов, ежесекундно достигающих анода.	2) Уменьшается, но не до нуля.
в) Число фотонов, ежесекундно падающих на фотокатод.	3) Уменьшается до нуля.
г) Максимальная энергия фотоэлектронов, вылетающих с поверхности фотокатода.	4) Не изменяется
д) Максимальная энергия фотоэлектронов, достигающих анода	

774. Катод фотоэлемента сначала освещали монохроматическим светом с длиной волны λ_1 , затем — с длиной волны λ_2 . На рисунке 195 представлен график зависимости фототока I_ϕ от приложенного к фотоэлементу напряжения U . Считая, что каждый фотон вырывает один фотоэлектрон, приведите в соответствие параметры фотоэффекта и знак отношения между ними.

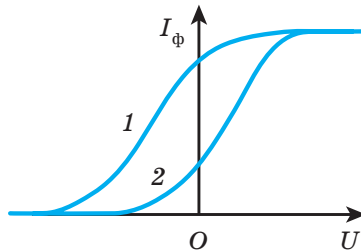


Рис. 195

Параметры	Знак отношения
А) Модуль задерживающего напряжения $ U_{з1} $ и $ U_{з2} $.	1) $>$;
Б) Длина волны излучения, падающего на фотокатод, λ_1 и λ_2 .	2) $=$;
В) Сила тока насыщения $I_{н1}$ и $I_{н2}$.	3) $<$
Г) Мощность излучения, падающего на катод, P_1 и P_2	

775. Катод фотоэлемента освещали излучением разной частоты, но одинаковой мощности и измеряли задерживающее напряжение $|U_з|$. График зависимости задерживающего напряжения от частоты ν на рисунке 196 обозначен цифрой 5. Укажите номер графика, который будет правильно отображать зависимость $|U_з|$ от ν , если: а) увеличить мощность излучения; б) использовать фотокатод с большей работой выхода. Обоснуйте свой ответ.

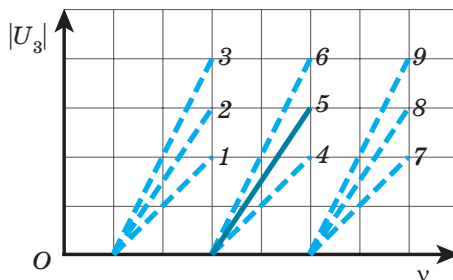


Рис. 196

- 776.** На рисунке 197 представлена вольт-амперная характеристика фотоэлемента. Определите: а) долю электронов, вылетевших с фотокатода и достигших анода при напряжении между катодом и анодом $U = 0$ В; б) максимальную кинетическую энергию (в эВ) электронов, достигающих анода, при напряжении на фотоэлементе $U = -1$ В.

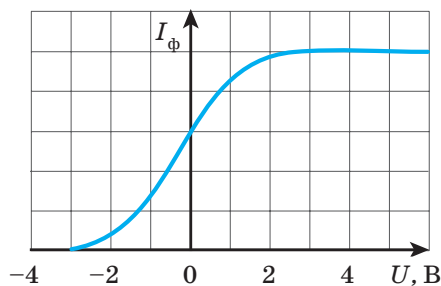


Рис. 197

- 777.** Фотоэлемент сначала освещали светом от первого источника, затем светом от второго источника. Полученные при этом вольт-амперные характеристики фотоэлемента представлены на рисунке 198. Если два этих источника будут одновременно освещать фотоэлемент, то: а) какое будет задерживающее напряжение; б) чему будет равна сила тока насыщения?

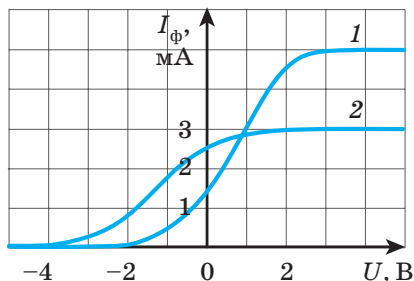


Рис. 198

- 778.** Катод фотоэлемента освещают монохроматическим излучением. Укажите на рисунке 199 номер графика, правильно отображающего зависимость: а) *максимального импульса фотоэлектронов, покидающих катод, от импульса падающих на катод фотонов; б) задерживающего напряжения от максимальной скорости фотоэлектронов, покидающих катод; в) силы тока насыщения от числа фотонов, падающих на фотокатод; г) максимальной кинетической энергии фотоэлектронов, покидающих фотокатод, от мощности излучения.

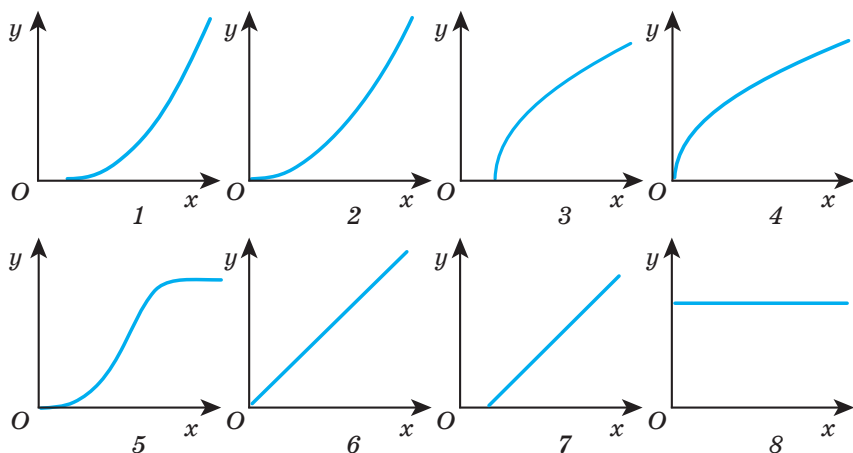


Рис. 199

- 779.** На поверхность металлической пластинки падает монохроматическое излучение. Определите красную границу фотоэффекта, если работа выхода электрона из металла $A_{\text{вых}} = 4,0$ эВ.
- 780.** Определите работу выхода электрона из металла (в эВ), если красная граница фотоэффекта $\nu_{\text{min}} = 5,0 \cdot 10^{14}$ Гц.
- 781.** Определите максимальную длину волны излучения, падающего на пластину, изготовленную из калия, и вызывающего фотоэффект, если работа выхода электрона из калия $A_{\text{вых}} = 2,2$ эВ.

782. Будет ли наблюдаться фотоэффект, если работа выхода электрона из металла $A_{\text{вых}} = 2,0$ эВ, а длина волны излучения, падающего на металл, $\lambda = 5,0 \cdot 10^{-7}$ м?
783. Определите максимальную кинетическую энергию электронов, вылетающих из некоторого металла при его освещении светом с частотой $\nu = 8,0 \cdot 10^{14}$ Гц, если работа выхода электрона из этого металла $A_{\text{вых}} = 2,45$ эВ.
784. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, вылетающих с поверхности металла под действием света, $E_{\text{к}}^{\text{max}} = 2,0$ эВ. Определите энергию фотонов, вызывающих фотоэффект, если красная граница фотоэффекта для данного металла $\nu_{\text{min}} = 3,9 \cdot 10^{14}$ Гц.
785. На рубидиевую пластину падает ультрафиолетовое излучение с длиной волны $\lambda = 3,2 \cdot 10^{-7}$ м. Определите работу выхода электрона из рубидия (в эВ), если максимальная кинетическая энергия электронов, вылетающих из рубидия, $E_{\text{к}}^{\text{max}} = 2,8 \cdot 10^{-19}$ Дж.
786. Пластина из цезия, для которого работа выхода электрона $A_{\text{вых}} = 1,8$ эВ, освещается монохроматическим светом с частотой $\nu = 7,1 \cdot 10^{14}$ Гц. Определите модуль максимальной скорости электронов, вылетающих с поверхности пластины.
787. Незаряженная пластина из калия освещается монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 0,40$ мкм. Работа выхода электрона из калия $A_{\text{вых}} = 3,2 \cdot 10^{-19}$ Дж. Определите модуль максимального перемещения, которое могут совершить фотоэлектроны за время $t = 15$ мс.
788. Определите длину волны излучения, падающего на поверхность, покрытую цезием, если модуль максимальной скорости электронов, вылетающих из цезия, $v_{\text{max}} = 2,0 \cdot 10^6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Красная граница фотоэффекта для цезия $\lambda_{\text{max}} = 690$ нм.

- 789.** Определите модуль максимальной скорости фотоэлектронов, покидающих поверхность натрия при облучении его светом с частотой $\nu = 4,5 \cdot 10^{15}$ Гц. Красная граница фотоэффекта для натрия $\lambda_{\text{max}} = 5,5 \cdot 10^{-7}$ м.
- 790.** *Определите модуль максимальной скорости фотоэлектронов, вылетающих с поверхности металла под действием электромагнитного излучения с длиной волны $\lambda = 2,0$ пм. Работу выхода электрона с поверхности металла считайте пренебрежимо малой.
- 791.** Вольфрамовую пластину освещают светом с длиной волны $\lambda = 2,0 \cdot 10^{-7}$ м. Определите максимальное значение импульса фотоэлектрона, вылетевшего из пластины, если работа выхода электрона из вольфрама $A_{\text{вых}} = 4,5$ эВ.
- 792.** *Фотоны, модуль импульса которых $p = 2,67 \cdot 10^{-27} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$, выбивают фотоэлектроны из металла. Во сколько раз максимальный модуль импульса фотоэлектрона больше модуля импульса фотона? Работа выхода электрона из данного металла $A_{\text{вых}} = 2,0$ эВ.
- 793.** Для некоторого металла частота, соответствующая красной границе фотоэффекта, в $\alpha = 1,2$ раза меньше частоты падающего излучения. Определите работу выхода электрона из данного металла, если модуль максимальной скорости фотоэлектронов $v_{\text{max}} = 6,0 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.
- 794.** Определите, во сколько раз частота излучения, падающего на поверхность некоторого металла, больше частоты красной границы фотоэффекта для данного металла, если работа выхода электрона из этого металла в $\alpha = 2,5$ раза больше максимальной кинетической энергии фотоэлектронов, вылетающих из металла.

795. Если частоту света, падающего на металл, увеличить на $\Delta\nu = 5,0 \cdot 10^{14}$ Гц, то максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, вылетающих из металла, увеличивается на $\Delta E_k = 3,3 \cdot 10^{-19}$ Дж. Определите по этим данным постоянную Планка.
796. Определите работу выхода электрона из металла, если при освещении металла монохроматическим светом сначала частотой $\nu_1 = 6,0 \cdot 10^{14}$ Гц, а затем — частотой $\nu_2 = 4,0 \cdot 10^{14}$ Гц максимальные кинетические энергии фотоэлектронов, вылетающих из металла, различаются в $n = 4,0$ раза.
797. Поверхность металла поочередно освещают излучением с длинами волн $\lambda_1 = 350$ нм и $\lambda_2 = 540$ нм. При этом максимальные кинетические энергии фотоэлектронов, вылетающих из металла, отличаются в два раза. Определите работу выхода электрона из этого металла.
798. При уменьшении длины световой волны, падающей на металлическую пластинку, в два раза максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов увеличилась в три раза. Работа выхода электрона из пластинки $A_{\text{вых}} = 4,6$ эВ. Определите разность энергий фотонов, падающих на пластинку.
799. Красная граница фотоэффекта для материала фотокатода $\nu_{\min} = 5,0 \cdot 10^{14}$ Гц. Фотокатод сначала освещают монохроматическим светом с частотой $\nu_1 = 6,0 \cdot 10^{14}$ Гц. Затем частоту света увеличивают, при этом максимальная скорость вылетающих из катода электронов возрастает в $n = 2,0$ раза. Определите, на сколько увеличили частоту света.
800. Длина волны, соответствующая красной границе фотоэффекта для металла фотокатода $\lambda_{\max} = 700$ нм. Фотокатод освещают монохроматическим светом с длиной волны $\lambda_1 = 600$ нм, а затем — с длиной волны λ_2 . При

этом отношении максимальных скоростей электронов, вылетающих из катода, $\frac{v_1}{v_2} = \frac{3}{4}$. Определите λ_2 .

- 801.** При поочередном освещении поверхности металла излучением с длинами волн $\lambda_1 = 350$ нм и $\lambda_2 = 450$ нм максимальные скорости фотоэлектронов, вылетающих из металла, отличаются в два раза. Определите работу выхода электрона из этого металла (в эВ).
- 802.** При освещении катода фотоэлемента светом с длиной волны $\lambda = 360$ нм задерживающее напряжение $|U_3| = 1,47$ В. Определите максимальную длину световой волны, при которой будет наблюдаться фотоэффект.
- 803.** Определите красную границу фотоэффекта для металлического катода фотоэлемента, если при падении на него света с длиной волны $\lambda = 400$ нм задерживающее напряжение $|U_3| = 1,5$ В.
- 804.** Фотокатод из цезия, работа выхода электрона из которого $A_{\text{вых}} = 1,8$ эВ, освещают монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 0,42$ мкм. Определите, при каком задерживающем напряжении фототок прекратится.
- 805.** Частоту монохроматического излучения, падающего на катод фотоэлемента, увеличили на $\Delta\nu = 1,2 \cdot 10^{14}$ Гц. Определите, на сколько при этом увеличилось задерживающее напряжение.
- 806.** Определите энергию фотонов, падающих на катод фотоэлемента, если работа выхода электрона с поверхности катода $A_{\text{вых}} = 1,6$ эВ, задерживающее напряжение $|U_3| = 2,0$ В.
- 807.** Определите частоту света, падающего на катод фотоэлемента, если задерживающее напряжение $|U_3| = 3,0$ В, а фотоэффект может наблюдаться при частоте падающего света большей, чем $\nu_{\text{min}} = 6,0 \cdot 10^{14}$ Гц.

- 808.** На платиновый катод фотоэлемента падает ультрафиолетовое излучение. Для прекращения фототока нужно приложить задерживающее напряжение $|U_{з1}| = 3,7$ В. Если платиновый катод заменить катодом из другого металла, то задерживающее напряжение нужно увеличить до $|U_{з2}| = 6,0$ В. Определите работу выхода электрона из этого катода. Работа выхода электрона из платины $A_{\text{вых1}} = 8,5 \cdot 10^{-19}$ Дж.
- 809.** Монохроматический свет падает на поверхность двух металлических фотокатодов. Определите работу выхода электрона из второго металла (в эВ), если для первого металла красная граница фотоэффекта $\nu_{\text{min}} = 1,7 \cdot 10^{15}$ Гц, а задерживающее напряжение для второго катода на $\Delta U_3 = 3,7$ В больше, чем для первого.
- 810.** Катод фотоэлемента освещался монохроматическим светом с частотой $\nu = 1,5 \cdot 10^{15}$ Гц. При увеличении частоты света на $\alpha = 30$ % задерживающее напряжение возрастает на $\beta = 50$ %. Определите работу выхода электрона из катода.
- 811.** При увеличении частоты света, падающего на металлический фотокатод, в два раза задерживающее напряжение увеличилось в три раза. Начальная частота света $\nu = 1,2 \cdot 10^{15}$ Гц. Определите длину волны, соответствующую красной границе фотоэффекта для этого металла.
- 812.** При длине волны $\lambda = 600$ нм электромагнитного излучения, падающего на вакуумный фотоэлемент, фототок прекращается, если между катодом и анодом подать некоторое задерживающее напряжение. При увеличении длины волны излучения на $\alpha = 25$ % задерживающее напряжение оказывается на $|\Delta U_3| = 0,415$ В меньше. Определите по этим данным постоянную Планка.
- 813.** Фототок в вакуумном фотоэлементе прекращается, если при освещении фотокатода излучением с частотой $\nu_1 = 2,0 \cdot 10^{15}$ Гц между катодом и анодом приложено

задерживающее напряжение $|U_{31}| = 7,0$ В, а при частоте $\nu_2 = 4,0 \cdot 10^{15}$ Гц — $|U_{32}| = 15,3$ В. По этим данным вычислите постоянную Планка.

814. *Уединенный металлический шарик при освещении монохроматическим светом с частотой ν_0 заряжается до максимального потенциала $\varphi_{\max 1} = 0,8$ В. Этот же шарик под действием излучения с частотой $2\nu_0$ заряжается до максимального потенциала $\varphi_{\max 2} = 4,1$ В. Определите частоту света ν_0 .

815. *Металлический шарик, удаленный от других тел, освещают монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 200$ нм. Шарик, теряя фотоэлектроны, заряжается до максимального потенциала $\varphi_{\max} = 3,0$ В. Определите работу выхода электрона из металла.

816. *При освещении металлического шарика желтым светом с длиной волны $\lambda_1 = 600$ нм он зарядился до потенциала $\varphi_1 = 1,2$ В. До какого потенциала может зарядиться шарик при освещении его фиолетовым светом с длиной волны $\lambda_2 = 400$ нм?

817. *Цинковый и никелевый шары одинакового размера облучают электромагнитным излучением с энергией фотонов $E = 6,2$ эВ. Работа выхода электрона из цинка $A_{\text{вых1}} = 3,7$ эВ, из никеля — $A_{\text{вых2}} = 4,8$ эВ. Во сколько раз при длительном облучении заряд цинкового шара станет больше заряда никелевого?

818. *Электрон, вылетевший с максимальной скоростью с поверхности металла при ее освещении ультрафиолетовым светом с длиной волны $\lambda = 210$ нм, попадает в область пространства, где созданы взаимно перпендикулярные однородные электрическое и магнитное поля. Модуль напряженности электрического поля $E = 12 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$, модуль индукции магнитного поля $B = 20$ мТл. Определите ра-

боту выхода электрона из металла (в эВ), если в области электрического и магнитного полей электрон движется прямолинейно.

- 819.** Мощность излучения, падающего на катод фотоэлемента, $P = 22,1$ мВт. При этом в цепи фотоэлемента сила тока $I = 1,0$ мА. Определите длину волны излучения, падающего на фотокатод, если отношение числа падающих фотонов к числу выбитых фотоэлектронов $\frac{N_1}{N_2} = 8$.
- 820.** Металлическая пластинка освещается монохроматическим светом с длиной волны λ . Вылетающие с ее поверхности фотоэлектроны ускоряются, пройдя разность потенциалов U . Определите работу выхода электрона из данного металла, если модуль максимальной скорости ускоренных электронов $v_{\max 1}$.
- 821.** Между катодом и анодом фотоэлемента приложена некоторая разность потенциалов. При этом фотоэлектроны с наибольшей кинетической энергией могут пролететь только половину расстояния между электродами. Смогут ли долететь до анода фотоэлектроны, если расстояние между электродами уменьшить вдвое при той же разности потенциалов? Энергия фотонов, падающих на катод, в обоих случаях одинакова.
- 822.** Плоская алюминиевая пластинка освещается ультрафиолетовым излучением с длиной волны $\lambda = 83$ нм. Определите, на какое максимальное расстояние от поверхности пластинки может удалиться фотоэлектрон, если вне пластинки создано задерживающее однородное электрическое поле, линии напряженности которого перпендикулярны пластинке, а модуль напряженности поля $E = 7,5 \frac{\text{В}}{\text{см}}$. Длина волны, соответствующая красной границе фотоэффекта для алюминия, $\lambda_{\max} = 330$ нм.

- 823.** На одну из пластин заряженного плоского конденсатора падает поток фотонов с энергией $E = 3$ эВ. Работа выхода электрона с поверхности пластины $A_{\text{вых}} = 2$ эВ. Максимальное расстояние, на которое могут удалиться фотоэлектроны от поверхности пластины, равно h (рис. 200). Определите максимальное расстояние, на которое смогут удалиться фотоэлектроны от поверхности пластины, если длину волны излучения уменьшить в $n = 2$ раза. Обоснуйте свой ответ.

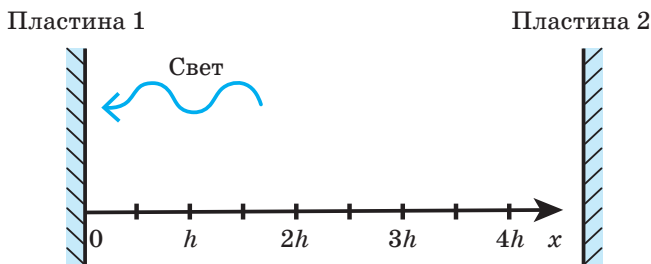


Рис. 200

- 824.** Фотон с длиной волны λ вырвал с поверхности металла фотоэлектрон, который описал в однородном магнитном поле окружность радиусом R . Модуль индукции магнитного поля равен B . Определите работу выхода электрона из металла.
- 825.** Незаряженная металлическая пластинка освещается светом с длиной волны $\lambda = 180$ нм. Красная граница фотоэффекта для этого металла $\lambda_{\text{max}} = 360$ нм. Непосредственно у поверхности пластинки создано однородное магнитное поле, модуль индукции которого $B = 1,0$ мТл. Линии индукции магнитного поля параллельны поверхности пластинки. Определите, на какое максимальное расстояние от пластинки смогут удалиться фотоэлектроны, если они вылетают перпендикулярно пластинке.

- 826.** На одну из параллельных металлических пластин, находящихся в вакууме, падает поток фотонов. Причем энергия каждого фотона $E_0 = 5,0$ эВ. Работа выхода электрона с поверхности пластины $A_{\text{вых}} = 2,0$ эВ. Между пластинами создано однородное магнитное поле, модуль индукции которого $B = 1,2$ мТл, линии магнитной индукции направлены параллельно пластинам. Между пластинами включен идеальный амперметр. Определите максимальное расстояние между пластинами, при котором через амперметр будет протекать ток.
- 827.** На катод фотоэлемента падает световой поток мощностью $P = 0,02$ Вт. На каждые $n = 10$ квантов света, падающих на катод, в среднем приходится один выбитый фотоэлектрон. Определите силу тока насыщения фотоэлемента. Длина волны падающего света $\lambda = 2,0 \cdot 10^{-7}$ м.
- 828.** Конденсатор, состоящий из двух одинаковых плоских параллельных пластин площадью $S = 1$ дм², расположенных в вакууме на расстоянии $d = 1$ см друг от друга, заряжен до напряжения $U_0 = 300$ В. Отрицательно заряженную пластину начали освещать монохроматическим ультрафиолетовым излучением с длиной волны $\lambda = 200$ нм и мощностью $P = 0,1$ мВт, в результате этого напряжение на конденсаторе начало равномерно уменьшаться. Определите, какая доля фотонов в падающем излучении вызывает фотоэффект, если конденсатор разрядился до напряжения $U = 200$ В за время $t = 7$ с.
- 829.** Катод фотоэлемента освещают монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 500$ нм. Мощность излучения, падающего на катод, $P = 30$ мВт. При этом сила тока насыщения $I_{\text{н}} = 1$ мА. Определите отношение числа падающих фотонов к числу выбитых фотоэлектронов.

- 830.** Используя вольт-амперную характеристику вакуумного фотоэлемента (рис. 201), определите работу выхода электрона из катода, если катод освещают светом с длиной волны $\lambda = 330$ нм. Найдите число электронов, выбиваемых светом из фотокатода в единицу времени.

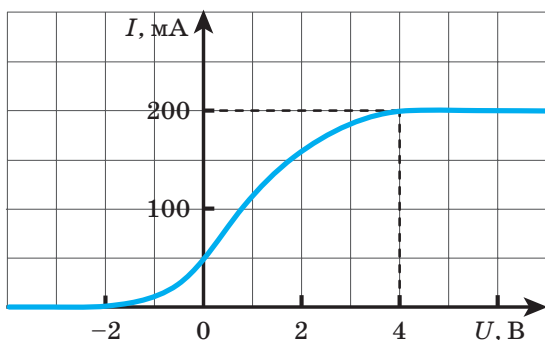


Рис. 201

- 831.** Используя вольт-амперную характеристику вакуумного фотоэлемента (рис. 202), определите задерживающее напряжение, максимальную кинетическую энергию фотоэлектронов и силу тока насыщения.

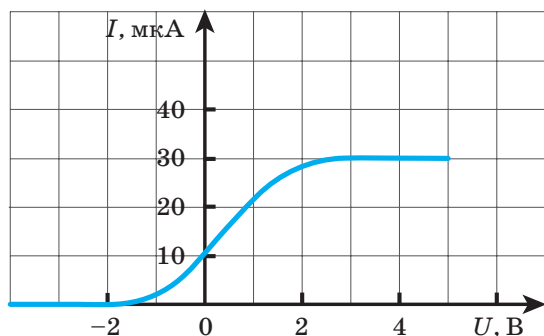


Рис. 202

832. Для некоторого металла графиком зависимости максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего излучения является прямая линия (рис. 203). Определите красную границу фотоэффекта, работу выхода электрона из металла и постоянную Планка.

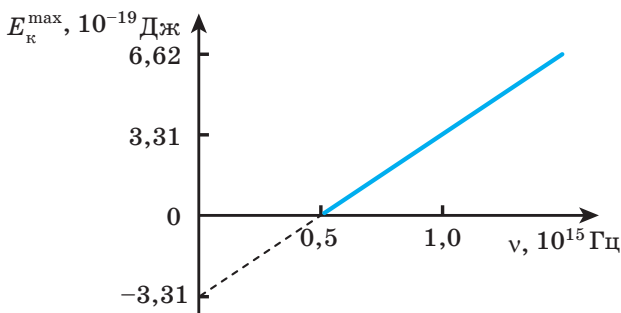


Рис. 203

833. Для катода фотоэлемента графиком зависимости задерживающего напряжения от частоты падающего излучения является участок прямой линии, продолжение которой пересекает ось абсцисс в точке, соответствующей частоте $\nu_1 = 6,05 \cdot 10^{14}$ Гц, а ось ординат — в точке, соответствующей напряжению $U_1 = -2,5$ В (рис. 204). Определите по этим данным постоянную Планка.

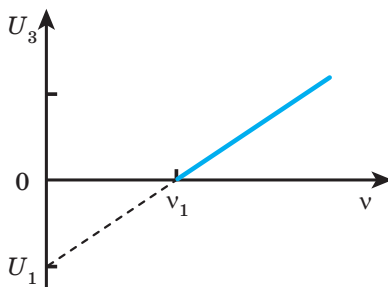


Рис. 204

- 834.** На рисунке 205 представлен график зависимости задерживающего напряжения от частоты света, падающего на катод фотоэлемента. Определите работу выхода электрона с поверхности катода.

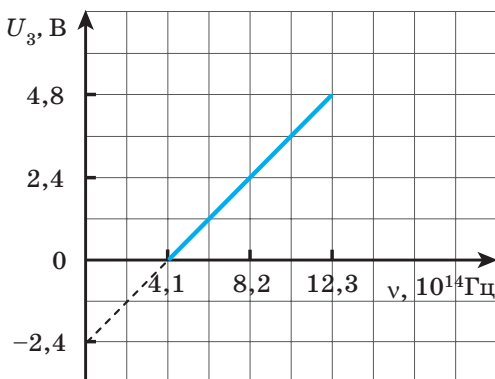


Рис. 205

- 835.** На рисунке 206 представлена вольт-амперная характеристика фотоэлемента. Определите энергию фотонов, вызывающих фотоэффект, если максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов в $n = 1,25$ раза больше работы выхода электрона с поверхности катода.

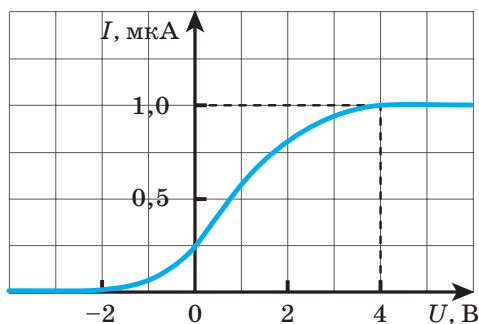


Рис. 206

- 836.** На рисунке 207 изображен график зависимости модуля задерживающего напряжения $|U_3|$ на фотоэлементе от энергии E_ϕ фотонов, падающих на фотокатод. Определите работу выхода электрона с поверхности катода, если задерживающее напряжение $|U_M| = 1,8$ В.

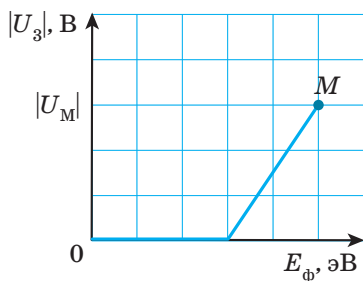


Рис. 207

- 837.** Две одинаковые параллельные пластины, находящиеся в вакууме, освещены монохроматическим светом, вызывающем фотоэффект. Определите: а) какой вид будет иметь вольт-амперная характеристика такого фотоэлемента, если интенсивность и длина волны света, падающего на каждую пластину, одинакова; б) установившееся напряжение между пластинами, если одну пластину осветили излучением с длиной волны $\lambda_1 = 300$ нм, а другую пластину — излучением с длиной волны $\lambda_2 = 200$ нм.
- 838.** Фотокатод дважды освещали светом от точечного источника монохроматического света при разных расстояниях от источника до фотокатода. В обоих случаях свет падал по нормали на поверхность фотокатода. Зависимость фототока I_ϕ от приложенного к фотоэлементу напряжения представлена на рисунке 208. Определите отношение расстояний $\frac{L_2}{L_1}$ от источника света до фотокатода.

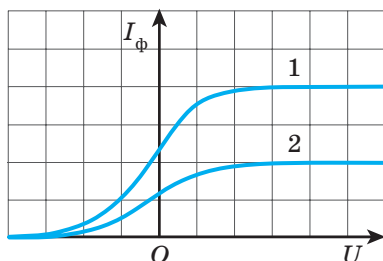


Рис. 208

- 839.** На рисунке 209 изображена вольт-амперная характеристика фотоэлемента, полученная при его освещении монохроматическим излучением постоянной мощности $P = 4,5$ мВт. Участок AB вольт-амперной характеристики можно считать линейным, задерживающее напряжение $U_3 = 3,0$ В, сила тока $I_0 = 60$ мкА. Определите: а) если, не изменяя освещения, к фотоэлементу подключить вольтметр с внутренним сопротивлением $R = 200$ кОм, какое напряжение он покажет; б) максимальный КПД фотоэлемента.

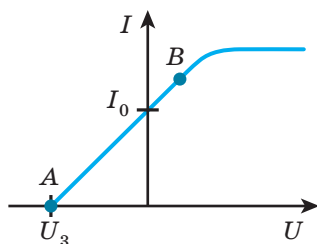


Рис. 209

- 840.** В идеализированной модели фотоэлемента на фотокатод падает монохроматическое электромагнитное излучение с энергией фотона $E_0 = 6,0$ эВ и постоянной мощностью. Каждый фотон вырывает один фотоэлектрон. Все фотоэлектроны движутся с одинаковой скоростью в направлении анода. На рисунке 210 изображена вольт-амперная характеристика идеального фотоэлемента.

К фотоэлементу поочередно подключали резисторы сопротивлением $R_1 = 2,0$ кОм и $R_2 = 1,0$ кОм. Определите: а) отношение P_2 / P_1 тепловой мощности, выделяемой в резисторах; б) КПД фотоэлемента при подключении к нему резистора R_1 .

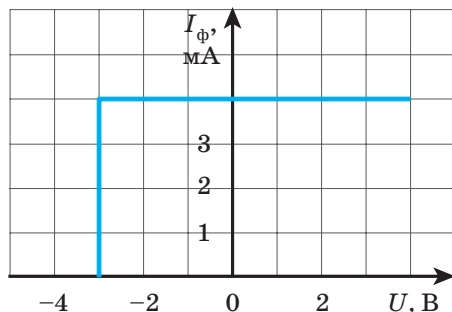
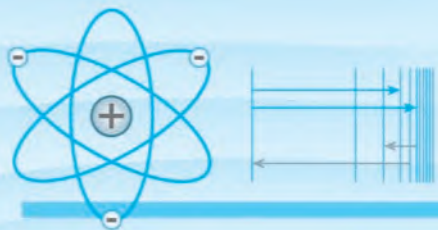


Рис. 210

- 841.** При поглощении кванта света внутри кремниевой ячейки солнечной батареи в результате внутреннего фотоэффекта образуется положительный $(+e)$ и отрицательный $(-e)$ свободные заряды. Эти заряды движутся в противоположных направлениях, поддерживая ток в фотоэлементе. Рабочее напряжение на ячейке $U = 0,6$ В. Определите максимальный КПД солнечной батареи, считая, что солнечный свет состоит из фотонов с энергией $E = 1,8$ эВ.
- 842.** Космический телескоп Джеймс Уэбб, площадь зеркала которого $S = 25$ м², способен зарегистрировать тепловое излучение шмеля, находящегося от него на расстоянии, равном расстоянию от Луны до Земли ($L = 384\,000$ км). Определите число фотонов, которое при этом будет каждую секунду попадать на зеркало телескопа, если мощность теплового излучения шмеля $P = 0,3$ Вт, средняя энергия фотона $E_0 = 0,13$ эВ.

- 843.** *Световое излучение с энергией $W = 20$ Дж нормально падает на плоскую поверхность площадью $S = 4,0 \text{ см}^2$ в течение $t = 1$ мин. При этом поверхность равномерно освещена. Определите давление излучения на поверхность, если поверхность полностью отражает падающие на нее лучи.
- 844.** *Сравните давления света, производимые параллельным пучком света на плоское идеально отражающее зеркало ($R_1 = 1$) и идеально черную плоскость ($R_2 = 0$) при прочих равных условиях. Как изменится давление света, если вместо плоского зеркала установить лист идеально белой бумаги?
- 845.** *Параллельный пучок света интенсивностью $W = 0,10 \frac{\text{Вт}}{\text{см}^2}$ падает на плоское зеркало с коэффициентом отражения $R = 0,80$, перпендикулярно его поверхности. Определите давление света на поверхность зеркала, если неотраженный свет поглощается.
- 846.** *Монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 600$ нм падает по нормали на плоскую полированную металлическую пластину с коэффициентом отражения $R = 0,80$ и равномерно освещает ее. Давление света на поверхность равно $p = 0,1$ мкПа. Определите число фотонов, падающих на участок поверхности пластины площадью $S = 1,0 \text{ см}^2$ за время $t = 1$ с.
- 847.** *На зеркальную плоскую поверхность площадью $S = 20,0 \text{ см}^2$ перпендикулярно к ней падает пучок света с частотой $\nu = 4,0 \cdot 10^{14}$ Гц, равномерно освещая поверхность. Определите давление света на поверхность, коэффициент отражения которой $R = 0,90$, если за время $\Delta t = 1,0$ с на поверхность падает $N = 1 \cdot 10^{19}$ фотонов. Неотраженные фотоны поглощаются.

- 848.** *Пучок лазерного излучения падает нормально на плоскую полированную алюминиевую пластину. При этом от пластины отражается $R = 70\%$ фотонов, а остальные поглощаются ею. Определите мощность излучения лазера, если модуль силы давления пучка на пластинку $F = 8,5$ нН.
- 849.** *Поток излучения мощностью $P = 1,0$ мкВт падает нормально на плоскую полированную серебряную пластину площадью $S = 1,0$ см², равномерно освещая ее. Определите давление света, если коэффициент отражения поверхности $R = 0,8$.
- 850.** *На плоское круглое зеркало радиусом $r = 3,5$ см нормально падает лазерное излучение. Вся поверхность зеркала однородно освещена. Определите длину волны лазерного излучения, если за промежуток времени $\Delta t = 3,0$ с на зеркало падает $N = 3,0 \cdot 10^{19}$ фотонов, которые оказывают на плоскость зеркала давление $p = 6,0$ мкПа. При этом $R = 90\%$ падающих на зеркало фотонов отражается от него, а остальные поглощаются.
- 851.** В результате полного отказа от использования атомной энергии в некоторых европейских странах происходит замена атомных электростанций на электростанции, использующие возобновляемые источники энергии, в том числе на солнечные электростанции. На 1 м² горизонтальной поверхности на территории Центральной Европы за один год падает $E_0 = 1200$ кВт · ч солнечной энергии. Определите: а) площадь земли, которую надо закрыть солнечными батареями, заменяющими по выработке электроэнергии один энергоблок АЭС мощностью $P = 1$ ГВт, если КПД батареи $\eta = 25\%$; б) *среднюю силу светового давления на эту поверхность, если все падающее на нее излучение поглощается.



VIII. ФИЗИКА АТОМА

Название	Формула	Физические величины, входящие в формулу
Постулат Бора (правило частот)	$\nu_{km} = \frac{E_k - E_m}{h}$	ν_{km} — частота испущенного или поглощенного фотона; E_k и E_m — энергия атома на k -м и m -м энергетическом уровне
Энергия стационарного состояния атома водорода	$E_n = \frac{E_1}{n^2}$	E_n — энергия n -го стационарного состояния атома водорода; $E_1 = -13,6$ эВ — энергия основного стационарного состояния атома водорода; n — главное квантовое число

852. Укажите все правильные утверждения.

Согласно теории Бора, если атом водорода находится в стационарном состоянии, то: а) он непрерывно излучает электромагнитные волны одной определенной частоты; б) он непрерывно излучает электромагнитные волны, спектр которых состоит из нескольких линий; в) он не излучает электромагнитные волны; г) электрон покоится; д) потенциальная энергия электрона равна нулю.

853. На рисунке 211 представлены спектры излучения атомов бария, стронция, кальция, гелия, а также спектр излучения смеси атомов. Определите: а) какие из перечисленных атомов присутствуют в смеси; б) можно ли утверждать, что в смеси присутствуют другие атомы.

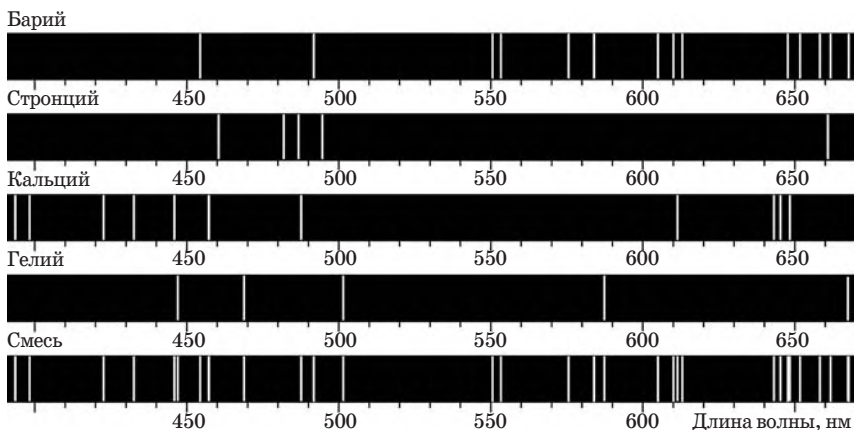


Рис. 211

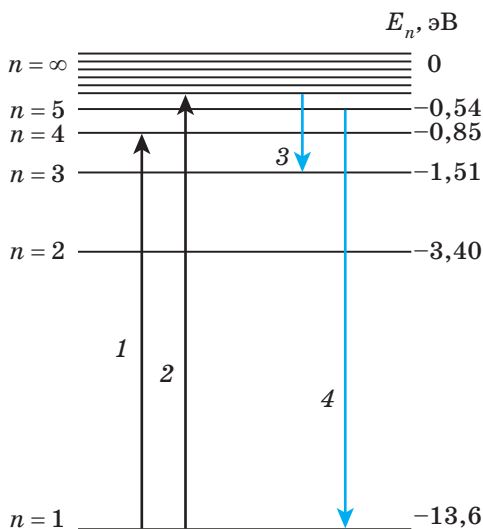


Рис. 212

Примечание. Энергетическая диаграмма стационарных состояний атома водорода (рис. 212): 1 и 2 — переходы атома при поглощении энергии; 3 и 4 — переходы атома при излучении энергии.

- 854.** На рисунке 213 представлены спектры излучения атомов таллия, кальция, водорода, натрия, а также спектр поглощения смеси атомов. Определите: а) какие из перечисленных атомов присутствуют в смеси; б) можно ли утверждать, что в смеси присутствуют другие атомы. Ответ обоснуйте.

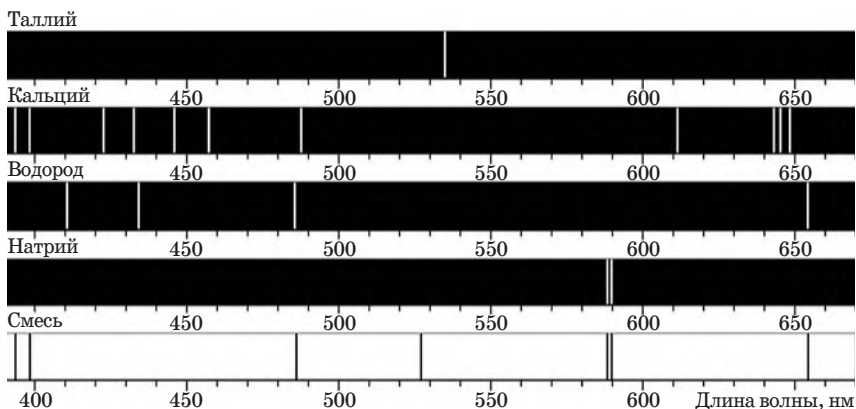


Рис. 213

- 855.** Может ли покоящийся атом при переходе из основного состояния в возбужденное поглотить фотон с любой энергией?
- 856.** В чем суть ядерной модели атома, предложенной Резерфордом? Какие недостатки имеет эта модель? Почему в опытах Резерфорда использовалась металлическая пластинка предельно малой толщины? Почему электроны не оказывали заметного влияния на рассеяние α -частиц?
- 857.** Поглотив фотон с энергией E_{13} , атом водорода перешел с первого энергетического уровня на третий. При возвращении в исходное состояние атом сначала перешел с третьего уровня на второй, испустив фотон с энергией E_{32} , а затем — со второго на первый, испустив фотон с энергией E_{21} . Сравните энергии E_{13} , E_{32} и E_{21} .

- 858.** От чего зависит частота излучения атома по теории Бора? Связана ли частота обращения электрона вокруг ядра атома с частотой излучения атома?
- 859.** Укажите, при каких переходах атом водорода излучает энергию, а при каких поглощает, если он переходит:
а) с первого энергетического уровня на четвертый;
б) со второго энергетического уровня на первый;
в) с шестого энергетического уровня на третий.
- 860.** Атом водорода перешел с пятого энергетического уровня на первый. Используя энергетическую диаграмму стационарных состояний атома водорода (рис. 212), определите: а) энергию испущенного фотона; б) частоту испущенного фотона.
- 861.** Определите длину волны фотона, испущенного атомом водорода при переходе атома из состояния с энергией $E_k = -0,85$ эВ в состояние с энергией $E_m = -1,51$ эВ.
- 862.** При переходе атома ртути из основного состояния в возбужденное атом поглотил энергию $\Delta E_{12} = 4,9$ эВ. Определите частоту фотона, испущенного атомом ртути при переходе в основное состояние.
- 863.** Находящийся в основном состоянии неподвижный атом азота может ионизироваться в результате поглощения фотона. Определите максимальную длину волны фотона, ионизирующего атом азота, если для однократной ионизации этого атома необходимо затратить энергию $\Delta E = 14,53$ эВ.
- 864.** На рисунке 214 изображены нижние уровни энергии атома лития. Укажите все правильные высказывания. Атом лития, находящийся в основном состоянии, может поглотить фотон: а) с любой энергией; б) с энергией 1,6 эВ; в) с энергией 1,8 эВ; г) с энергией 3,6 эВ; д) с любой энергией, большей, чем 3,6 эВ; е) с энергией 5,4 эВ; ж) с любой энергией, большей, чем 5,4 эВ. Обоснуйте свой ответ.

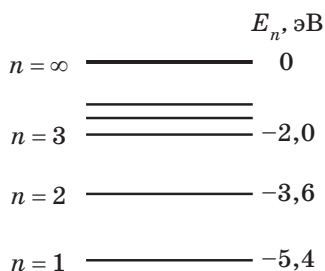


Рис. 214

- 865.** Атом лития ионизировался в результате поглощения фотона с длиной волны $\lambda = 0,23$ мкм. Определите энергию (в электрон-вольтах), которую поглотил атом лития, если кинетическая энергия испущенного электрона пренебрежимо мала.
- 866.** Зная энергию атома водорода, находящегося в основном состоянии, $E_1 = -13,6$ эВ, определите энергию (в джоулях) атома водорода, находящегося на восьмом энергетическом уровне.
- 867.** Во сколько раз изменится энергия атома водорода при переходе: а) из основного состояния на третий энергетический уровень; б) с четвертого энергетического уровня на второй?
- 868.** Во сколько раз длина волны света, излучаемого атомом водорода при переходе с третьего энергетического уровня на второй больше длины волны света, излучаемого при переходе атома со второго энергетического уровня на первый?
- 869.** На рисунке 215 представлена диаграмма энергетических уровней атома водорода, на которой стрелками показаны переходы атома из одного состояния в другое. 1) При каком переходе происходит поглощение фотона с наибольшей энергией, а при каком — с наименьшей; 2) при каком переходе происходит излучение фотона с наибольшей энергией, а при каком — с наименьшей; 3) при

каких переходах модули изменения энергии атома при поглощении и излучении фотона одинаковы; 4) какой из переходов сопровождается излучением фотона с максимальной частотой, а какой — с минимальной; 5) какой из переходов сопровождается поглощением фотона с максимальной частотой, а какой — с минимальной; 6) при каком переходе излучается фотон с максимальной длиной волны, а при каком — с минимальной; 7) какая стрелка соответствует переходу с поглощением фотона с максимальной длиной волны, а какая — с минимальной; 8) при каком переходе излучается видимый свет?

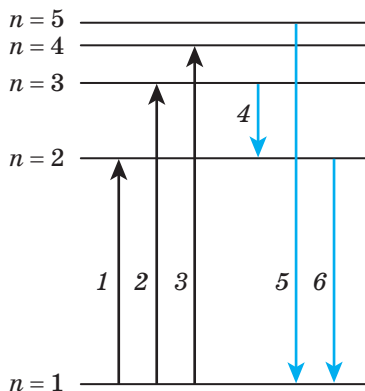


Рис. 215

- 870.** На рисунке 216 представлена диаграмма энергетических уровней атома водорода. Стрелками показаны переходы атома из одного энергетического состояния в другое. Определите: а) *какой переход сопровождался поглощением фотона с наибольшим импульсом; б) *какой переход сопровождался излучением фотона с наименьшим импульсом; в) во сколько раз возросла энергия атома при переходе 3; г) *во сколько раз увеличился модуль силы притяжения электрона к протону при переходе 5; д) какой области спектра электромагнитных излучений принадлежит излучение атома при переходе 1.

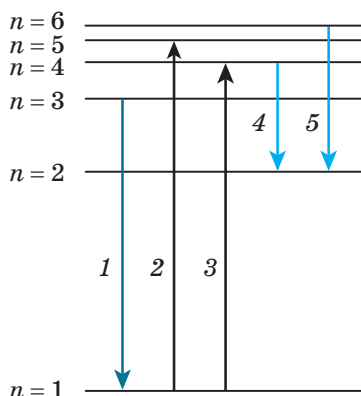


Рис. 216

- 871. *** Сколько различных спектральных линий может содержать спектр излучения атомарного водорода, если атомы водорода находятся на n -м энергетическом уровне?
- 872.** Определите максимальную длину волны фотона, который может вызвать ионизацию атома водорода. Атом водорода неподвижен и находится в основном состоянии с энергией $E_1 = -13,6$ эВ.
- 873.** Определите максимальную частоту излучения атома водорода, у которого энергия основного состояния $E_1 = -13,6$ эВ.
- 874. *** Определите модуль импульса фотона, излученного при переходе атома водорода из состояния с энергией $E_5 = -0,545$ эВ в состояние с энергией $E_4 = -0,847$ эВ.
- 875.** Атом водорода, находясь в основном состоянии, поглощает фотон, энергия которого составляет $\eta = 96\%$ энергии ионизации атома водорода. На какой энергетический уровень перейдет атом после поглощения этого фотона?
- 876.** Под действием фотона с энергией $E = 15,5$ эВ произошла ионизация невозбужденного покоящегося атома водорода. Определите модуль скорости испущенного электрона вдали от ядра атома.

877. В результате поглощения фотона покоящимся атомом водорода, находящимся на втором энергетическом уровне, был испущен электрон, модуль скорости которого $v = 6 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Определите частоту поглощенного фотона.
878. Спектр атома водорода содержит четыре линии, принадлежащие видимой области шкалы электромагнитных волн. Определите длины волн этих спектральных линий, если их излучение происходит при переходе атома водорода из возбужденного состояния на второй энергетический уровень.
879. Сначала атомы водорода, поглотив фотоны, переходят на четвертый энергетический уровень, а затем, испустив фотоны, переходят на более низкие энергетические уровни. Определите, сколько линий содержит спектр излучения водорода.
880. Атомы водорода, находящиеся в основном состоянии, под действием света изменили свою энергию на $\Delta E = 12,1$ эВ. Сколько линий будет в спектре излучения при переходе атомов на более низкие энергетические уровни?
881. Атом водорода, находящийся в основном состоянии, получил энергию, которая в $\alpha = 16$ раз больше энергии основного состояния. На сколько электронвольт увеличилась энергия атома водорода?
882. Атом водорода при переходе из одного стационарного состояния в другое последовательно испустил два фотона с длинами волн λ_1 и λ_2 . Определите изменение энергии атома.
883. При переходе некоторого атома с четвертого энергетического уровня на второй и с пятого на второй излучаются фотоны с длинами волн $\lambda_{42} = 486$ нм и $\lambda_{52} = 410$ нм. Определите длину волны света, испускаемого этим атомом при переходе с пятого уровня на четвертый.

- 884. *** В неподвижном атоме водорода переход электрона с четвертого энергетического уровня на второй сопровождается испусканием фотона. Определите длину волны фотона и модуль его импульса. Может ли этот фотон выбить электрон с поверхности калия, если работа выхода электрона из калия $A_{\text{вых}} = 2$ эВ? Энергия основного состояния атома водорода $E_1 = -13,6$ эВ.
- 885.** При переходе атомов водорода с шестого энергетического уровня на второй атомы излучают свет видимого диапазона с длиной волны $\lambda_{\text{в}}$. При поглощении ультрафиолетового излучения с длиной волны $\lambda_{\text{уф}}$ атомы водорода переходят с первого энергетического уровня на третий. Определите отношение длин волн $\frac{\lambda_{\text{в}}}{\lambda_{\text{уф}}}$.
- 886.** Атом водорода при переходе из одного стационарного состояния в другое последовательно испустил два фотона, один из них с частотой $\nu_1 = 7,4 \cdot 10^{13}$ Гц, а другой с длиной волны $\lambda_2 = 490$ нм. Определите изменение энергии атома.
- 887.** Переход атома водорода со второго энергетического уровня на первый сопровождается ультрафиолетовым излучением с длиной волны λ . Определите главное квантовое число, характеризующее состояние атома, в которое перейдет атом со второго энергетического уровня, поглотив фотон с длиной волны 4λ .
- 888.** При переходе атомы водорода с шестого энергетического уровня на второй излучается фотон с частотой ν . Определите номер энергетического уровня, с которого должен перейти атом водорода на первый уровень, чтобы частота излученного фотона была равна 4ν .
- 889.** Атом водорода испустил фотон при переходе электрона со второго энергетического уровня на первый. Испущенный фотон попал на катод фотоэлемента и выбил из него фотоэлектрон. Определите модуль максимальной скорости фотоэлектрона, если работа выхода фотоэлектрона из металла катода $A_{\text{вых}} = 8,2$ эВ.

- 890.** Атом водорода при переходе со второго энергетического уровня на первый испустил фотон, который попал на катод фотоэлемента и выбил из него фотоэлектрон. Определите максимальную кинетическую энергию (в джоулях) фотоэлектрона, если красная граница фотоэффекта для металла катода $\lambda_{\text{max}} = 0,15$ мкм.
- 891.** Плоская алюминиевая пластинка освещается ультрафиолетовым светом, испускаемым атомами водорода при их переходе с третьего энергетического уровня на первый. На какое максимальное расстояние от поверхности пластинки может удалиться фотоэлектрон, если вне пластинки создано задерживающее однородное электрическое поле, модуль напряженности которого $E = 750 \frac{\text{В}}{\text{м}}$, а линии напряженности этого поля перпендикулярны пластинке? Длину волны красной границы фотоэффекта для алюминия определили с помощью дифракционной решетки с периодом $d = 2,64$ мкм. На решетку по нормали к ней направляли излучение, и главный максимум четвертого порядка наблюдался под углом $\theta = 30^\circ$.
- 892.** Цинковую пластинку, работа выхода электрона из которой $A_{\text{вых}} = 6,4 \cdot 10^{-19}$ Дж, освещают монохроматическим светом, испускаемым атомами водорода при переходе из состояния с энергией $E_2 = -3,4$ эВ в основное состояние. Вне пластинки существует задерживающее однородное электростатическое поле, модуль напряженности которого $E = 310 \frac{\text{В}}{\text{м}}$, а линии напряженности этого поля перпендикулярны пластинке. Определите, на какое максимальное расстояние от пластинки могут удалиться вылетающие из нее фотоэлектроны.
- 893.** Фотон с длиной волны $\lambda = 90$ нм выбивает электрон из атома водорода, находящегося на втором энергетическом уровне. Вдали от атома электрон влетает в однородное

магнитное поле так, что вектор индукции перпендикулярен вектору скорости электрона. Определите радиус окружности, по которой будет двигаться электрон в магнитном поле, если его модуль индукции $B = 5,0$ мТл.

894. Фотон, частота которого $\nu = 4,0 \cdot 10^{15}$ Гц, выбил электрон из покоящегося атома водорода, находящегося в основном состоянии. Вдали от атома электрон влетел в однородное магнитное поле, модуль индукции которого $B = 4,1$ мТл. Определите радиус окружности, по которой будет двигаться электрон в магнитном поле. Линии индукции магнитного поля направлены перпендикулярно скорости электрона.

895. При освещении поверхности металла светом, излученным атомами водорода при переходе с четвертого энергетического уровня на первый, с поверхности вылетает фотоэлектрон с максимально возможной скоростью. Фотоэлектрон попадает в область пространства, где созданы взаимно перпендикулярные однородные электростатическое и магнитное поля, и движется в них прямолинейно. Определите работу выхода (в электрон-вольтах) электрона из металла, если модуль напряженности электростатического поля $E = 12 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$, а модуль индукции магнитного поля $B = 10$ мТл.

896. Атом водорода, находящийся в основном состоянии, столкнулся с таким же свободным покоящимся атомом. Определите минимальную кинетическую энергию атома до столкновения, если после столкновения один из атомов перешел в возбужденное состояние.

897. Металлическую пластинку, работа выхода электрона из которой $A_{\text{вых}}$, освещают монохроматическим светом, испускаемым атомами водорода при переходе из состояния с энергией E_8 в состояние с энергией E_1 . Вне пластинки существует задерживающее однородное электростатическое поле, модуль напряженности которого E .

Фотоэлектрон вылетел из пластинки и движется вдоль линий напряженности поля. Через какой промежуток времени после вылета скорость электрона уменьшится вдвое?

- 898.** *Определите энергию возбужденного состояния атома водорода, если при переходе из этого состояния в основное атом испустил два фотона. Модуль импульса первого фотона равен p , а частота второго фотона равна частоте красной границы фотоэффекта для материала, работа выхода электрона из которого равна $A_{\text{вых}}$. Энергия основного состояния атома водорода равна E_1 .
- 899.** Протон, движущийся со скоростью, модуль которой $v_1 = 40 \frac{\text{км}}{\text{с}}$, сталкивается с неподвижным свободным атомом гелия. В результате столкновения атом гелия переходит в возбужденное состояние, а скорость протона изменяет направление на противоположное и уменьшается вдвое. Определите частоту и длину волны фотона, испускаемого возбужденным атомом гелия при переходе в основное состояние. Масса протона в четыре раза меньше массы атома гелия.
- 900.** Определите: а) номер n энергетического уровня, на который должен перейти атом водорода, чтобы его энергия стала $E_n = -8,5 \cdot 10^{-5}$ эВ; б) энергию ионизации атома водорода, находящегося в возбужденном состоянии n ; в) температуру, при которой средняя кинетическая энергия атомов водорода равна энергии ионизации этого атома, находящегося в возбужденном состоянии n .
- 901.** Энергосберегающая светодиодная лампа работает следующим образом. Светодиод при протекании через него электрического тока излучает голубой свет с длиной волны $\lambda_1 = 465$ нм. Спектр излучения светодиода гораздо уже видимого спектра, и его нельзя использовать для освещения, так как возникнет искаженное восприятие цвета. Поэтому излучение диода пропускают через люминофор — вещество, которое после поглощения фото-

на с короткой длиной волны излучает фотон с большей длиной волны, при этом спектр излучения расширяется, сдвигается в красную область и становится лучше для восприятия глазом. Найдите максимальную долю падающей на люминофор световой энергии, которая может быть преобразована в энергию излучения с другими длинами волн, если средняя длина волны переизлученных фотонов $\lambda_2 = 580$ нм (желтый свет).

902. Сколько фотонов излучает твердотельный лазер в одном импульсе, длительность которого $t = 10$ нс и средняя мощность $\langle P \rangle = 5,0$ МВт? Длина волны лазерного излучения $\lambda = 530$ нм.

903. Лазер с КПД $\eta = 0,10$ % излучил $N = 2,53 \cdot 10^{19}$ фотонов с длиной волны $\lambda = 694,3$ нм за время $t = 2,0$ мс. Определите мощность, потребляемую лазером.

904. * Главным свойством активной среды в лазерах является ее способность усиливать свет. Если интенсивность света невысока, то мощность любого светового пучка при прохождении через активную среду увеличивается в одно и то же число раз. На рисунке 217 изображен параллельный пучок света, который, пройдя через активную среду, попадает на зеркало, отражающее $R = 75$ % падающей на него энергии. Мощность P_1 светового пучка, прошедшего через зеркало, в два раза меньше мощности P_0 пучка, падающего на активную среду. Световой пучок после отражения от зеркала снова проходит через активную среду. Определите, во сколько раз мощность P_2 этого пучка больше мощности P_0 .

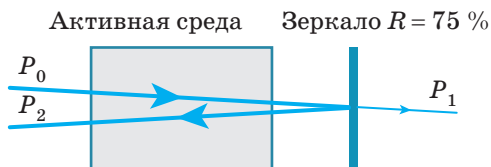


Рис. 217

905. *На рисунке 218 изображен короткий световой импульс, распространяющийся вдоль оптической оси системы, состоящей из активной среды и двух параллельных плоских зеркал, отражающих $R = 95\%$ падающей на них энергии. После 5 проходов через активную среду энергия светового импульса увеличилась в 5 раз. Определите: а) во сколько раз увеличивалась энергия светового импульса при одном прохождении через активную среду, если при каждом прохождении через активную среду энергия светового импульса увеличивалась в одно и то же число раз; б) во сколько раз должна увеличиваться энергия светового импульса при одном прохождении через активную среду, чтобы энергия световых импульсов, прошедших через зеркало, не изменялась с течением времени.



Рис. 218

IX. ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА И ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ

Название	Формула	Физические величины, входящие в формулу
Символическое обозначение атомного ядра	${}^A_Z\text{X}$	Z — зарядовое число (число протонов в ядре); A — массовое число (число нуклонов в ядре); X — обозначение химического элемента
Энергия связи ядра	$E_{\text{св}} = (Z \cdot m_p + (A - Z) m_n - m_{\text{я}}) \times 931,5 \text{ (МэВ)}$	$E_{\text{св}}$ — энергия связи ядра; Z — число протонов в ядре; A — массовое число; m_p — масса протона; m_n — масса нейтрона; $m_{\text{я}}$ — масса ядра
Удельная энергия связи ядра	$\varepsilon = \frac{E_{\text{св}}}{A}$	ε — удельная энергия связи ядра; $E_{\text{св}}$ — энергия связи ядра; A — массовое число

Название	Формула	Физические величины, входящие в формулу
Символическая запись ядерной реакции	$A + a \rightarrow B + b + Q$	a — бомбардирующая частица (ядро); A — исходное ядро; b — испускаемая частица (ядро); B — конечное ядро
Энергетический выход ядерной реакции	$Q = (m_a + m_A - (m_b + m_B)) \cdot 931,5 \text{ (МэВ)}$	Q — энергетический выход ядерной реакции; m_a, m_A — массы ядер (частиц) до реакции; m_b, m_B — массы ядер (частиц) после реакции
α -распад	${}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}\text{Y} + {}^4_2\text{He}$	${}^A_Z\text{X}$ — исходное (материнское) ядро; ${}^{A-4}_{Z-2}\text{Y}$ — продукт распада (дочернее) ядро; ${}^4_2\text{He}$ — ядро гелия (α -частица)
β^- -распад	${}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^A_{Z+1}\text{Y} + {}^0_{-1}e$	${}^A_Z\text{X}$ — исходное (материнское) ядро; ${}^A_{Z+1}\text{Y}$ — продукт распада (дочернее) ядро; ${}^0_{-1}e$ — электрон

Название	Формула	Физические величины, входящие в формулу
Закон радиоактивного распада	$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$	N_0 — число радиоактивных ядер в начальный момент времени; N — число радиоактивных ядер спустя время t ; t — время, в течение которого число ядер уменьшилось от N_0 до N ; $T_{1/2}$ — период полураспада

906. В начале XX века Э. Резерфорд вместе со своими сотрудниками провел серию экспериментов, в которых облучал тонкую золотую фольгу потоком α -частиц и наблюдал, что α -частицы рассеиваются на разные углы, при этом некоторые частицы даже отклоняются назад, в сторону источника излучения. Какие выводы были сделаны по результатам этих экспериментов: 1) размеры атомов золота гораздо меньше размеров α -частиц; 2) размеры ядра атома золота гораздо меньше размеров самого атома; 3) масса α -частицы много больше массы электрона; 4) при радиоактивном распаде выделяется огромная энергия; 5) ядро атома золота и α -частица взаимодействуют друг с другом по закону Кулона?

П р и м е ч а н и е. Зависимость удельной энергии связи ядер от массового числа (рис. 219): ε — удельная энергия связи ядра; A — массовое число.

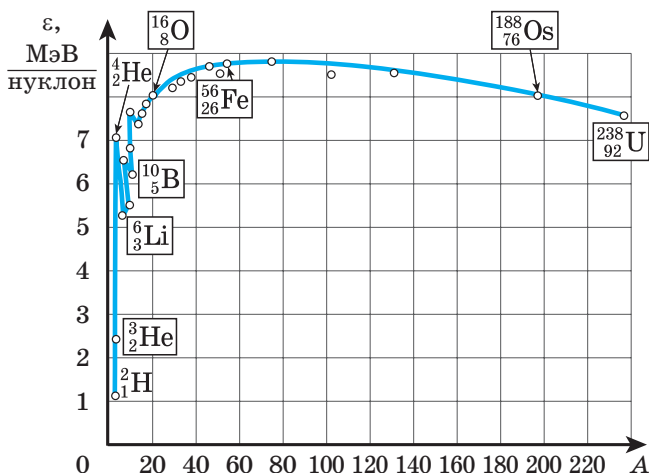


Рис. 219

- 907.** Укажите пары частиц, между которыми могут действовать ядерные силы: 1) протон и нейтрон; 2) протон и протон; 3) протон и электрон; 4) нейтрон и электрон; 5) нейтрон и нейтрон; 6) протон и позитрон; 7) электрон и позитрон.
- 908.** Укажите пары частиц, между которыми могут действовать кулоновские силы: 1) протон и нейтрон; 2) протон и протон; 3) протон и электрон; 4) нейтрон и электрон; 5) нейтрон и нейтрон; 6) протон и позитрон; 7) электрон и позитрон.
- 909.** Отличаются ли по составу ядра $^3_1\text{X}_1$, $^3_2\text{X}_2$ и $^4_2\text{X}_3$? К каким химическим элементам они относятся?
- 910.** Определите состав ядер неона $^{21}_{10}\text{Ne}$ и $^{22}_{10}\text{Ne}$.
- 911.** Определите химический элемент, в ядре которого содержится: а) 7 протонов и 7 нейтронов; б) 51 протон и 71 нейтрон; в) 101 протон и 156 нейтронов.

912. Сколько протонов, нейтронов и электронов содержат нейтральные атомы: а) марганца ${}_{25}^{55}\text{Mn}$; б) аргона ${}_{18}^{40}\text{Ar}$; в) углерода ${}_{6}^{13}\text{C}$?
913. Сравните число нейтронов, содержащихся в ядрах атомов магния ${}_{12}^{26}\text{Mg}$, алюминия ${}_{13}^{28}\text{Al}$, кремния ${}_{14}^{27}\text{Si}$.
914. Масса золота ${}_{79}^{197}\text{Au}$ в золотой олимпийской медали $m = 6,0$ г. Сколько протонов и сколько нейтронов содержится во всех атомах золота олимпийской медали?
915. Имеется четыре нейтральных атома: ${}_{24}^{58}\text{Cr}$, ${}_{24}^{60}\text{Cr}$, ${}_{27}^{60}\text{Co}$, ${}_{29}^{60}\text{Cu}$ и один трехкратно ионизированный атом ${}_{27}^{61}\text{Co}$. Укажите атомы: 1) являющиеся изотопами; 2) ядра которых имеют одинаковое число нейтронов; 3) число электронов в которых одинаково.
916. Атомное ядро состоит из $A = 220$ нуклонов, 40 % из которых представляют собой протоны. Определите, сколько протонов и нейтронов содержится в этом ядре.
917. В атомном ядре в $k = 1,5$ раза больше нейтронов, чем протонов. Определите, сколько протонов и нейтронов содержится в этом ядре, если в нем на 36 протонов меньше, чем нейтронов.
918. Определите суммарный заряд всех ядер никеля ${}_{28}^{59}\text{Ni}$, содержащихся в никелевом шарике объемом $V = 1 \text{ см}^3$.
919. В сосуде вместимостью $V = 0,31$ л находится аргон ${}_{18}^{40}\text{Ar}$ при температуре $t = 37^\circ\text{C}$ и давлении $p = 69$ кПа. Определите число всех нейтронов, содержащихся в ядрах атомов аргона.
920. В баллоне вместимостью $V = 10$ л находится криптон ${}_{36}^{84}\text{Kr}$ при температуре $t = 27^\circ\text{C}$. Вследствие утечки газа давление в баллоне понизилось на $|\Delta p| = 4,14$ Па. Сколько нейтронов, входящих в состав ядер атомов криптона, вышло из баллона, если температура газа в баллоне не изменилась?

921. Определите заряд ядра: а) атома марганца ${}^{55}_{25}\text{Mn}$; б) атома, в котором содержится столько же протонов, сколько нейтронов в ядре брома ${}^{80}_{35}\text{Br}$.
922. *Свободные ядро золота ${}^{200}_{79}\text{Au}$ и ядро хрома ${}^{50}_{24}\text{Cr}$ вначале находились на большом расстоянии друг от друга и покоились. Потом ядру хрома сообщили скорость, направленную вдоль прямой, соединяющей его с ядром золота. Определите модуль начальной скорости, сообщенной ядру хрома, если минимальное расстояние, на которое сблизились ядра, $r_{\min} = 5,3 \text{ нм}$.
923. Масс-спектрометр — это прибор, предназначенный для определения атомных масс ионов. В этом приборе ионы, ускоряясь, проходят одинаковую разность потенциалов и с одинаковой кинетической энергией влетают в магнитное поле, в котором они движутся по дугам, радиусы которых зависят от атомной массы ионов. На рисунке 220 изображены траектории ионов, которые влетели в однородное магнитное поле, двигаясь вдоль оси Ox . Радиус траектории одного из ядер водорода равен R_0 . Приведите в соответствие названия ядер нуклидов водорода и номера их траекторий в масс-спектрометре. Обоснуйте свой ответ.

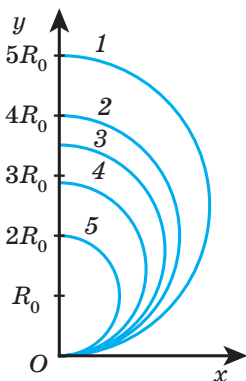


Рис. 220

Название нуклида	Номер траектории
А) Протий ${}^1_1\text{H}$.	1, 2, 3, 4, 5
Б) Дейтерий ${}^2_1\text{H}$.	
В) Тритий ${}^3_1\text{H}$	

924. В меди, полученной непосредственно из руды, в качестве примеси присутствует свинец. Оказалось, что каждое месторождение меди характеризуется определенным соотношением между нуклидами свинца, присутствующими в примеси. На рисунке 221, а показаны области, в которых находятся результаты измерений соотношений нуклидов свинца для некоторых месторождений, обозначенных цифрами. Для медного предмета, изготовленного в медном веке, с помощью масс-спектрометра (прибора, определяющего количество нуклида в пробе в зависимости от его массового числа A) получили спектрограмму нуклидов свинца (рис. 221, б). Количество каждого нуклида указано в условных единицах. Укажите номер месторождения, в котором была добыта медь для изготовления этого предмета.

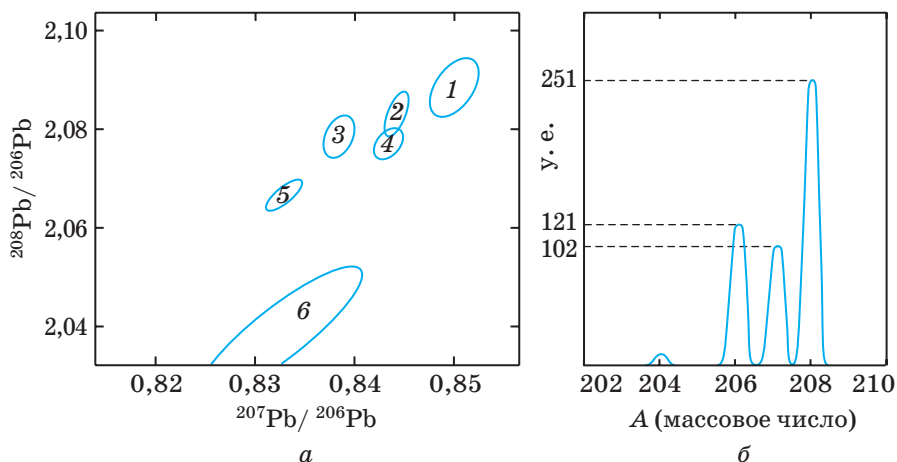


Рис. 221

925. Укажите формулу, по которой можно рассчитать массу ядра нуклида ${}_Z^AX$, выраженную в энергетических величинах, если M — атомная масса нуклида, m_e — масса электрона: 1) Ac^2 ; 2) $(A - Z)c^2$; 3) Mc^2 ; 4) $(M - m_e)c^2$; 5) $(M - Zm_e)c^2$; 6) $(AM - Zm_e)c^2$.
926. Определите в атомных единицах массы и килограммах дефект массы ядра бора ${}_5^{11}\text{B}$ и ядра свинца ${}_{82}^{206}\text{Pb}$.
927. Определите в электрон-вольтах и джоулях энергию связи ядра, если дефект массы ядра: а) $\Delta m_1 = 1$ а. е. м.; б) $\Delta m_2 = 0,38$ а. е. м
928. Атомная масса нуклида ${}_Z^AX$ равна M , масса электрона m_e . Выразите массу ядра этого нуклида в энергетических единицах. Скорость света в вакууме равна c .
929. Определите энергию связи (в МэВ) ядра: 1) дейтерия ${}_1^2\text{H}$; 2) лития ${}_3^7\text{Li}$; 3) кремния ${}_{14}^{30}\text{Si}$; 4) бериллия ${}_4^{10}\text{Be}$.
930. Определите удельную энергию связи ядра: 1) трития ${}_1^3\text{H}$; 2) платины ${}_{78}^{196}\text{Pt}$; 3) урана ${}_{92}^{238}\text{U}$; 4) радия ${}_{88}^{226}\text{Ra}$.
931. Используя диаграмму зависимости удельной энергии связи ядра от массового числа (рис. 219), сравните энергии связи и удельные энергии связи ядер кислорода ${}_8^{16}\text{O}$, железа ${}_{26}^{56}\text{Fe}$ и осмия ${}_{76}^{188}\text{Os}$.
932. Используя диаграмму зависимости удельной энергии связи ядра от массового числа (рис. 219), рассчитайте энергию связи ядра осмия-188.
933. Используя диаграмму зависимости удельной энергии связи ядра от массового числа (рис. 219), рассчитайте, на сколько процентов масса ядра кислорода ${}_8^{16}\text{O}$ отличается от суммы масс нуклонов, входящих в его состав и взятых по отдельности.
934. Используя диаграмму зависимости удельной энергии связи ядра от массового числа (рис. 219), рассчитайте,

какую энергию (в МВт · ч) надо затратить, чтобы один грамм нуклида ртути $^{198}_{80}\text{Hg}$ превратить в золото. Для этого надо из каждого ядра ртути удалить один протон. Считайте, что удельные энергии связи ядер ртути и золота одинаковы.

935. Укажите, какой цифрой на рисунке 222 обозначен график зависимости энергии связи $E_{\text{св}}$ от массового числа A для средних и тяжелых стабильных ядер. Обоснуйте свой ответ.

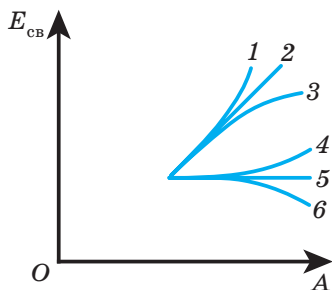


Рис. 222

936. Определите, какую энергию (в Дж) следует затратить, чтобы разделить на отдельные нуклоны $m = 1,0$ г ядер молибдена $^{95}_{42}\text{Mo}$.
937. Сколько атомов водорода может быть ионизировано, если для ионизации использовать всю энергию, выделяющуюся при объединении протона и двух нейтронов в ядро трития ^3_1H ? Энергия ионизации атома водорода $E_{\text{ион.}} = 13,55$ эВ.
938. Определите энергию (в Дж), которая выделится при образовании из протонов и нейтронов одного моля гелия ^4_2He .
939. Определите, сколько фотонов с частотой $\nu = 5 \cdot 10^{15}$ Гц должен излучить лазер, чтобы их суммарная энергия была равна энергии, необходимой для расщепления на нуклоны всех ядер алюминия $^{27}_{13}\text{Al}$ в алюминиевом проходе объемом $V = 6$ см³.

940. Для а) α -излучения; б) β^- -излучения; в) β^+ -излучения; г) γ -излучения приведите в соответствие параметр ядра и его изменение, сопровождающее это излучение.

Параметр ядра	Изменение параметра
А) Зарядовое число.	-4
Б) Массовое число.	-2
В) Число нейтронов	-1
	0
	1
	2
	4

941. *На координатной плоскости ZON , где Z — зарядовое число, N — число нейтронов, показано начальное положение ядра некоторого радионуклида (рис. 223). Приведите в соответствие тип радиоактивности и направление, в котором ядро переместится на плоскости ZON после распада.

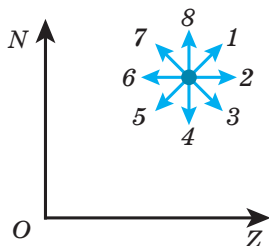


Рис. 223

Тип радиоактивности	Направление перемещения
А) α -распад;	1) по стрелке 1; 6) по стрелке 6;
Б) β^- -распад;	2) по стрелке 2; 7) по стрелке 7;
В) β^+ -распад;	3) по стрелке 3; 8) по стрелке 8;
Г) испускание γ -кванта;	4) по стрелке 4; 9) останется на
Д) испускание протона	5) по стрелке 5; прежнем месте

942. Заполните пропуски словами: *основном; возбужденном; уменьшается; не изменяется; увеличивается*. Если после α - или β^- -распада дочернее ядро находится в ... состоянии, то такое ядро может излучить γ -квант. При излучении γ -кванта массовое число ..., масса ядра ...
943. *На координатной плоскости ZOA , где Z — зарядовое число, A — массовое число, показано изменение положения ядра некоторого радионуклида после испускания частицы (рис. 224). Укажите, какая частица была испущена атомным ядром: 1) α -частица; 2) электрон; 3) позитрон; 4) протон; 5) нейтрон. Обоснуйте свой ответ.

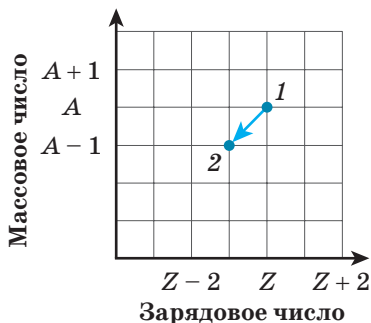


Рис. 224

944. Если на диаграмме зависимости удельной энергии связи стабильных ядер от числа нуклонов в ядре на рисунке 219 отметить положение β^- -активного нуклида марганца ${}^{56}_{25}\text{Mn}$, то относительно стабильного нуклида железа ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ он будет расположен: 1) левее; 2) правее; 3) выше; 4) ниже; 5) левее и выше; 6) левее и ниже; 7) правее и выше; 8) правее и ниже; 9) в той же точке.
945. Какое ядро образуется в результате α -распада: а) ядра радия ${}^{226}_{88}\text{Ra}$; б) ядра радона ${}^{220}_{86}\text{Rn}$?
946. Какое ядро образуется в результате β^- -распада: а) ядра галлия ${}^{73}_{31}\text{Ga}$; б) ядра таллия ${}^{209}_{81}\text{Tl}$?

947. Какое ядро образуется в результате β^+ -распада: а) ядра углерода $^{11}_6\text{C}$; б) ядра кислорода $^{15}_8\text{O}$?
948. Ядро полония $^{212}_{84}\text{Po}$ испытывает α -распад и превращается в ядро другого атома. Запишите уравнение реакции. Укажите состав образовавшегося ядра.
949. Ядро франция $^{223}_{87}\text{Fr}$ испытывает β^- -распад и превращается в ядро другого элемента. Запишите уравнение реакции и определите массу всех протонов, содержащихся в образовавшемся ядре.
950. В результате какого радиоактивного распада ядро плутония $^{239}_{94}\text{Pu}$ превращается в ядро урана $^{235}_{92}\text{U}$?
951. В результате какого радиоактивного распада ядро натрия $^{22}_{11}\text{Na}$ превращается в ядро магния $^{22}_{12}\text{Mg}$?
952. Ядро протактиния $^{233}_{91}\text{Pa}$ испытывает β^- -распад, а образовавшееся ядро испытывает α -распад. Какое ядро образуется в результате двух распадов?
953. Ядро астата $^{217}_{85}\text{At}$ испытывает α -распад и превращается в ядро висмута, а образовавшееся ядро испытывает β^- -распад. Какое ядро образуется в результате двух распадов?
954. Какой нуклид образуется из ядра тория $^{232}_{90}\text{Th}$ после четырех α -распадов и двух β^- -распадов?
955. После двух β^- -распадов и трех α -распадов из ядра урана $^{235}_{92}\text{U}$ образуется ядро другого нуклида. Определите число нейтронов во вновь образовавшемся ядре.
956. Сколько α -распадов и β^- -распадов произошло в процессе превращения ядра радия $^{226}_{88}\text{Ra}$ в ядро свинца $^{206}_{82}\text{Pb}$?
957. Определите массу всех нейтронов в ядре тория $^A_{90}\text{Th}$, который является исходным элементом радиоактивного ряда, если в результате шести α -распадов и четырех β^- -распадов ядро тория превращается в ядро свинца $^{206}_{82}\text{Pb}$.

958. Ядро радия ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ образовалось в результате двух β^- -распадов и трех α -распадов. Определите исходный нуклид.
959. В результате серии последовательных радиоактивных α - и β^- -распадов ядро урана ${}^{238}_{92}\text{U}$ превратилось в стабильное ядро свинца ${}^{206}_{82}\text{Pb}$. Определите суммарное число α -частиц и электронов, испущенных при этих распадах.
960. Атомное ядро, состоящее из $Z = 100$ протонов и $N = 160$ нейтронов, испытало последовательно три α -распада и один β^- -распад. Определите, на сколько число нейтронов превышает число протонов в образовавшемся ядре.
961. На координатной плоскости ZON (рис. 225), где Z — зарядовое число, N — число нейтронов, показаны последовательные распады ядра нептуния ${}^{237}_{93}\text{Np}$. Определите: а) какой нуклид получился в результате этих распадов; б) какие распады ядра произошли; в) какие промежуточные нуклиды были в этой цепочке. Обоснуйте свой ответ.

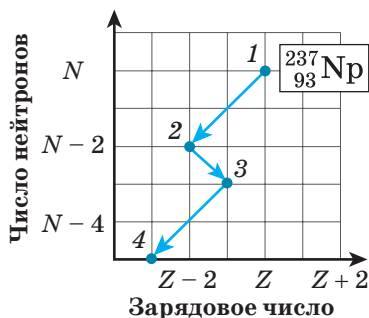


Рис. 225

962. Некоторый радиоактивный ряд начинается с нуклида, содержащего в ядре 235 нуклонов, и заканчивается нуклидом с порядковым номером 82 в периодической системе химических элементов. Ряд включает семь α -распадов и четыре β^- -распада. Определите зарядовое число начального нуклида ряда и массовое число конечного нуклида данного радиоактивного ряда.

963. В цепочке радиоактивных превращений после пяти β^- -распадов и нескольких α -распадов ядро радиоактивного элемента превратилось в стабильное ядро, зарядовое число которого на 13 меньше первоначального. На сколько различаются массовые числа первоначального и конечного ядер?
964. В цепочке радиоактивных превращений после нескольких α - и β^- -распадов ядро радионуклида превращается в стабильное ядро, у которого число нейтронов на 15 меньше, чем у первоначального ядра. Известно, что число α -распадов равно числу β^- -распадов. Определите число всех распадов.
965. После нескольких α - и β^- -распадов ядро некоторого радионуклида превратилось в стабильное ядро, у которого число нейтронов на 19 меньше, чем у первоначального ядра. Определите число всех распадов, если суммарный заряд испущенных частиц $q = 9e$, где e — элементарный заряд.
966. Ядро ксенона ${}_{54}^{140}\text{Xe}$ испытывает четыре β^- -распада и превращается в стабильное ядро. Определите заряд образовавшегося ядра.
967. Ядра меди ${}_{29}^{64}\text{Cu}$ в количестве $\nu = 0,50$ моль испытали β^- -распад. Определите суммарную массу ядер, образовавшихся при распаде.
968. В однородное электростатическое поле влетел протон, а за ним — частица, испущенная при радиоактивном распаде ядра полония ${}_{84}^{207}\text{Po}$. Начальные скорости протона и частицы одинаковы и совпадают с направлением линий напряженности поля. Определите состав дочернего ядра, в которое превратилось ядро полония, если частица обогнала протон.

969. При радиоактивном распаде ядра нептуния ${}^{236}_{93}\text{Np}$ была испущена частица, модуль скорости которой $v = 5,0 \cdot 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Частица попала в однородное электростатическое поле и, двигаясь вдоль силовых линий до остановки, совершила перемещение $\Delta r = 6,25 \text{ мм}$. Определите состав дочернего ядра, в которое при радиоактивном распаде превратилось ядро нептуния ${}^{236}_{93}\text{Np}$. Модуль напряженности электростатического поля $E = 41,5 \frac{\text{В}}{\text{м}}$.
970. Одну сторону пластины в плоском конденсаторе, находящемся в вакууме, покрыли тонким слоем α -активного вещества. Определите силу тока при коротком замыкании пластин конденсатора, если в конденсаторе каждую секунду ($t = 1 \text{ с}$) происходит N α -распадов.
971. Датчик радиоактивного излучения, расположенный в вакууме на расстоянии $L = 0,5 \text{ м}$ от небольшого радиоактивного источника, регистрирует каждую попавшую в него частицу. Определите, сколько частиц каждую секунду вылетает из источника, если датчик срабатывает два раза за одну секунду. Площадь поперечного сечения датчика $S = 3 \text{ см}^2$.
972. Радионуклид X в результате β^- -распада превращается в стабильный нуклид Y. Укажите, какой цифрой обозначен график зависимости числа ядер N_Y нуклида Y от времени t (рис. 226). Обоснуйте свой ответ.

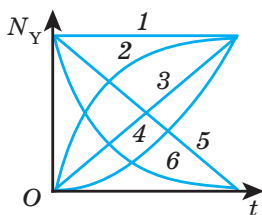


Рис. 226

973. В результате α^- - и β^- -распадов образовались α - и β -частицы с одинаковой кинетической энергией $E_k = 4$ МэВ. Определите отношение скорости β -частицы к скорости α -частицы.
974. В результате радиоактивного распада число ядер некоторого радиоактивного элемента уменьшилось с N_0 до N за время t . Укажите формулу, по которой можно рассчитать период полураспада этого элемента:
- $$1) T = t \cdot 2^{\frac{N}{N_0}}; \quad 2) T = t \cdot 2^{-\left(\frac{N}{N_0}\right)}; \quad 3) T = -t \cdot \frac{\ln 2}{\ln \frac{N}{N_0}};$$
- $$4) T = -t \cdot \frac{\ln \frac{N}{N_0}}{\ln 2}; \quad 5) T = t \cdot \sqrt{\frac{N}{N_0}}; \quad 6) T = t \cdot \left(\frac{N}{N_0}\right)^2.$$
975. Период полураспада цезия ${}_{55}^{137}\text{Cs}$ равен $T_{1/2} = 30$ лет. Определите, сколько ядер останется не распавшимися за время $t = 60$ лет, если начальное число радиоактивных ядер $N_0 = 4 \cdot 10^{20}$.
976. Период полураспада радия ${}_{88}^{226}\text{Ra}$ равен $T_{1/2} = 1600$ лет. Сколько ядер радия останется не распавшимися за время $t = 2T_{1/2}$, если начальное количество вещества радия $\nu_0 = 5,0$ моль?
977. Период полураспада водорода ${}^3_1\text{H}$ равен $T_{1/2} = 12,3$ года. Сколько ядер распадется за время $t = 36,9$ года, если начальное число радиоактивных ядер $N_0 = 8 \cdot 10^{20}$?
978. Об открытии полония супруги Кюри сообщили в июле 1898 года. Определите, какая доля атомов полония, находившихся в то время в лаборатории Кюри, не распалась до ноября 1918 года, когда на картах мира появилась Польша, в честь которой полоний и был назван. Период полураспада полония ${}_{84}^{210}\text{Po}$ составляет $T_{1/2} = 138$ дней.

979. Образец массой $m = 1$ г состоит из 100 % β^- -активного цезия $^{137}_{55}\text{Cs}$, период полураспада которого $T_{1/2} = 30$ лет. Определите: а) сколько атомов цезия останется в образце через $t = 30$ лет; б) массу образца к этому моменту времени.
980. За время $t = 24$ сут. распалось $\frac{7}{8}$ ядер некоторого радионуклида. Определите период полураспада этого радионуклида.
981. Радиоактивный йод $^{131}_{53}\text{I}$ имеет период полураспада $T_{1/2} = 8$ сут. За какое время количество ядер йода уменьшится в $n = 32$ раза?
982. За время $t_1 = 54$ сут. количество ядер радиоактивного протактиния $^{233}_{91}\text{Pa}$ уменьшилось в $n_1 = 4$ раза. Во сколько раз оно уменьшится за время $t_2 = 108$ сут. от начала наблюдения? Определите период полураспада протактиния $^{233}_{91}\text{Pa}$.
983. За время $t_1 = 100$ с распалась половина ядер некоторого радионуклида. За какое время после этого распадется $\alpha = 75$ % оставшихся ядер?
984. Количество радиоактивных ядер углерода $^{14}_6\text{C}$ в найденном при раскопках куске дерева уменьшилось в $n = 8$ раз по сравнению с живым деревом. Определите возраст этого куска дерева, если период полураспада углерода $T_{1/2} = 5700$ лет.
985. Период полураспада радиоактивного стронция $^{90}_{38}\text{Sr}$ равен $T_{1/2} = 29$ лет. Постройте график зависимости числа ядер стронция от времени, если начальная масса стронция $m_0 = 72$ мг.
986. Источник радиоактивного излучения содержит $m_0 = 720$ мг полония $^{209}_{84}\text{Po}$, период полураспада которого $T_{1/2} = 102$ года. Определите число ядер полония, которые распадутся за время $t = 408$ лет.

987. На рисунке 227 представлен график зависимости числа радиоактивных ядер прометия ${}^{138}_{61}\text{Pm}$ от времени t . Определите период полураспада прометия ${}^{138}_{61}\text{Pm}$. Сколько ядер прометия распадётся за промежуток времени $\Delta t = 30$ с от момента начала отсчета времени?

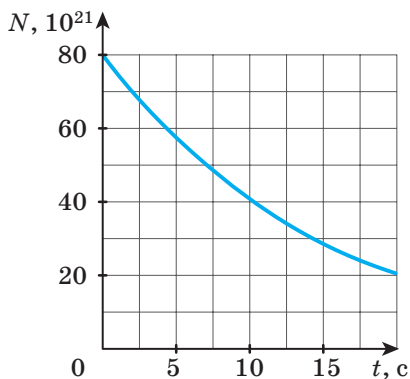


Рис. 227

988. На рисунке 228 представлен график зависимости числа радиоактивных ядер кобальта ${}^{58}_{27}\text{Co}$ от времени. Найдите суммарное число нейтронов, находящихся во всех ядрах кобальта, которые не распадутся за время $\Delta t = 213$ сут.

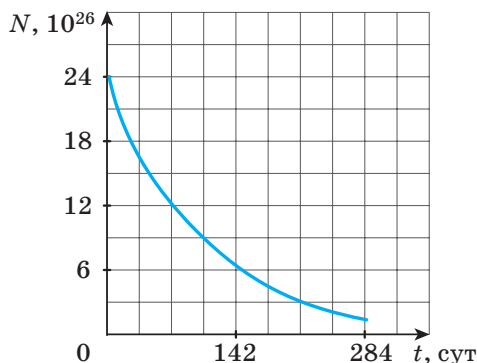


Рис. 228

989. Из ядерного реактора извлекли радионуклид с периодом полураспада $T_{1/2} = 8$ сут. Определите промежуток времени, за который количество вещества радионуклида уменьшится от $\nu_1 = 9,6 \cdot 10^{-6}$ моль до $\nu_2 = 1,2 \cdot 10^{-6}$ моль.
990. Цезий $^{137}_{55}\text{Cs}$, период полураспада которого $T_{1/2} = 30$ лет, испытывает β^- -распад. Определите суммарный заряд электронов, испущенных ядрами цезия за время $t = 60$ лет, если начальная масса цезия $m_0 = 6,85$ г.
991. Самарий $^{132}_{62}\text{Sm}$, период полураспада которого $T_{1/2} = 4,0$ с, испытывает β^- -распад. Определите среднюю силу тока, который могли бы создать электроны, вылетающие при радиоактивном распаде за время $\Delta t = 20$ с, если бы они двигались в одном направлении. Известно, что начальное число ядер самария $N_0 = 4 \cdot 10^{19}$.
992. При распаде полония $^{210}_{84}\text{Po}$, период полураспада которого $T_{1/2} = 138$ сут., образуются стабильные ядра свинца $^{207}_{82}\text{Pb}$. Определите массу свинца, образовавшегося за время $t = 276$ сут., если начальная масса полония $m_0 = 1,4$ мг.
993. При α -распаде радона $^{220}_{86}\text{Rn}$, период полураспада которого $T_{1/2} = 56$ с, образуются ядра полония $^{216}_{84}\text{Po}$. Определите объем полония, образовавшегося через промежуток времени $\Delta t = 168$ с после начала распада, если исходная масса радона $m_0 = 6,60$ мг.
994. Тритий ^3_1H , период полураспада которого $T_{1/2} = 12,3$ года, при β^- -распаде превращается в гелий ^3_2He . Гелий собирают в ампулу объемом $V = 0,25$ дм³ при температуре $t = 27$ °С. Какое давление будет создавать гелий ^3_2He через $\Delta t = 24,6$ года, если масса трития $m = 0,03$ г?
995. Висмут $^{210}_{83}\text{Bi}$, период полураспада которого $T_{1/2} = 5,0$ сут., испытывает α -распад. Определите суммарный заряд ядер гелия, испущенных за промежуток времени $\Delta t = 15,0$ сут., если начальная энергия покоя всех ядер висмута $E_0 = 9,45 \cdot 10^{10}$ Дж.

996. Свинец $^{214}_{82}\text{Pb}$ испытывает β^- -распад. За время $\Delta t = 108$ мин суммарный заряд электронов, испущенных ядрами свинца, начальная масса которого $m_0 = 4,28$ мг, равен $q = -1,8$ Кл. Определите период полураспада свинца $^{214}_{82}\text{Pb}$.
997. Ядра калия $^{44}_{19}\text{K}$, период полураспада которого $T_{1/2} = 22$ мин, испытывают β^- -распад. Начальный объем калия $V_0 = 0,005$ см³. При радиоактивном распаде суммарный заряд испущенных электронов $q = -9,03$ Кл. Определите, в течение какого времени происходил распад калия.
998. Плутоний $^{238}_{94}\text{Pu}$ имеет период полураспада $T_{1/2} = 3$ месяца. Определите массу воды, которую можно испарить, передавая ей энергию, выделяющуюся при распаде плутония, начальная масса которого $m_0 = 0,78$ г, за время $t = 1$ год. При распаде одного ядра плутония выделяется энергия $E_1 = 5,6$ МэВ. Начальная температура воды $t_1 = 20$ °С, температура ее кипения $t_2 = 100$ °С. Удельная теплоемкость воды $c = 4,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}$, удельная теплота парообразования воды $L = 2,26 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$.
999. В своих опытах по исследованию α -, β -, γ -излучения Э. Резерфорд использовал радий, добытый из урановой руды. Согласно справочным данным, радий испытывает только α -распад. Объясните, каким образом радиевый образец также являлся источником и β -излучения.
1000. *Измерение радиационного фона производят с помощью прибора, в котором используется счетчик Гейгера — Мюллера. До аварии на атомной электростанции из-за наличия естественного радиационного фона счетчик регистрировал частицы с частотой $\nu_0 = 5$ с⁻¹. Через промежуток времени $\Delta t_1 = 30$ лет после аварии, вызвавшей радиационное загрязнение местности, счетчик сработал

вал с частотой $\nu_1 = 15 \text{ с}^{-1}$. С какой частотой срабатывал счетчик через промежуток времени $\Delta t_2 = 15$ лет после аварии, если период полураспада вещества, загрязнившего окружающую среду, $T_{1/2} = 30$ лет?

1001.* В природном калии кроме стабильного нуклида $^{39}_{19}\text{K}$ содержится β^- -активный нуклид $^{40}_{19}\text{K}$. По этой причине в 1 г природного калия каждую секунду происходит 31 β^- -распад. А) Сколько граммов калия содержится в одном банане, если в нем каждую секунду происходит 19 β^- -распадов? Б) Почему при частом употреблении в пищу бананов не происходит накопление радиоактивного калия в организме? Укажите правильный ответ: 1) здоровый организм прекрасно разрушает радиоактивные вещества; 2) радиоактивный калий нейтрализуется под действием желудочного сока; 3) калий является чуждым для организма элементом, поэтому быстро выводится из организма; 4) количество калия в организме поддерживается постоянным, и его избыток выводится почками; 5) период полураспада калия очень мал, и весь радиоактивный калий быстро распадается. В) Какой элемент получается в результате β^- -распада $^{40}_{19}\text{K}$? Г) Считая скорость распада постоянной, определите, сколько лет будет распадаться 1 % атомов $^{40}_{19}\text{K}$, содержащихся в 1 г природного калия, если на один атом радиоактивного калия приходится 9000 атомов стабильных атомов калия. Д) Определите период полураспада $^{40}_{19}\text{K}$.

1002. В марсоходах Curiosity (Любопытство) и Perseverance (Настойчивость) (США) в качестве источника энергии используется $m = 4,8$ кг диоксида плутония $^{238}_{94}\text{Pu}$, период полураспада которого $T_{1/2} = 88$ лет. При α -распаде одного ядра плутония-238 выделяется энергия $Q = 5,6$ МэВ. Теплота, выделяемая в ядерном топливе, преобразуется в электроэнергию с помощью термоэлектрического генератора, в котором нет движущихся частей. В начале работы марсохода электрическая мощность генератора

$P_0 = 110$ Вт. Определите: а) электрическую мощность генератора через 11 лет работы; б) ядро какого элемента получается при α -распаде ядра плутония; в) КПД генератора, если в начале работы в одном грамме диоксида плутония происходило $5,6 \cdot 10^{11}$ α -распадов.

1003. В результате ядерной реакции двух частиц A и B образовались две частицы C и D . Пусть $E_{\kappa 0}$, E_{κ} — сумма кинетических энергий частиц до и после реакции; M_0 , M — сумма масс частиц до и после реакции. Укажите формулы, по которым можно рассчитать энергетический выход реакции Q :

- 1) $Q = E_{\kappa} - E_{\kappa 0} + (M_0 - M)c^2$;
- 2) $Q = (M_0 - M)c^2 - (E_{\kappa} - E_{\kappa 0})$;
- 3) $Q = E_{\kappa 0} + (M_0 - M)c^2$;
- 4) $Q = (M_0 - M)c^2 - E_{\kappa 0}$;
- 5) $Q = (M_0 + M)c^2 - (E_{\kappa 0} + E_{\kappa})$;
- 6) $Q = (M_0 - M)c^2$;
- 7) $Q = E_{\kappa} - E_{\kappa 0}$.

1004. В результате ядерной реакции между частицами A и B образовались три частицы C , D , E . Энергии частиц A , B , C , D представлены в виде столбиков на диаграмме (рис. 229). Какой цифрой обозначен верхний уровень столбика, характеризующего энергию частицы E ?

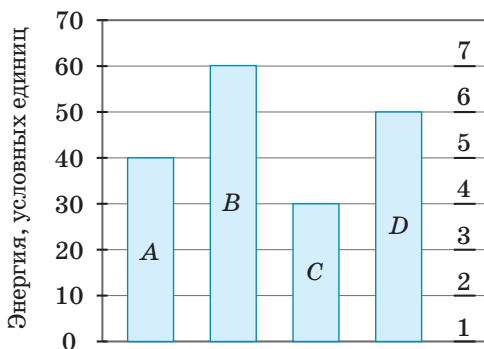


Рис. 229

1005. Запишите ядерные реакции: 1) при бомбардировке α -частицами ядер алюминия ${}_{13}^{27}\text{Al}$ образуется новое ядро, которое испускает протон; 2) при бомбардировке ядер бора ${}_{5}^{11}\text{B}$ α -частицами образуются ядра бериллия ${}_{4}^{8}\text{Be}$; 3) при бомбардировке ядер эйнштейния ${}_{99}^{253}\text{Es}$ α -частицами испускается нейтрон; 4) при бомбардировке ядер бора ${}_{5}^{11}\text{B}$ нейтронами происходит ядерная реакция, в которой образуется α -частица.

1006. Определите неизвестные ядра или частицы ${}_Z^AX$ в следующих ядерных реакциях:

$$1) {}_{13}^{27}\text{Al} + {}_0^1n \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_Z^AX;$$

$$2) {}_9^{19}\text{F} + {}_1^1p \rightarrow {}_8^{16}\text{O} + {}_Z^AX;$$

$$3) {}_{25}^{55}\text{Mn} + {}_Z^AX \rightarrow {}_{26}^{55}\text{Fe} + {}_0^1n;$$

$$4) {}_3^7\text{Li} + {}_Z^AX \rightarrow {}_5^{10}\text{B} + {}_0^1n;$$

$$5) {}_Z^AX + {}_1^1\text{H} \rightarrow {}_{11}^{22}\text{Na} + {}_2^4\text{He};$$

$$6) {}_{94}^{242}\text{Pu} + {}_Z^AX \rightarrow {}_{104}^{260}\text{Rf} + 4 \cdot {}_0^1n;$$

$$7) {}_{13}^{27}\text{Al} + \gamma \rightarrow {}_{12}^{26}\text{Mg} + {}_Z^AX;$$

$$8) {}_2^3\text{He} + {}_Z^AX \rightarrow {}_2^4\text{He} + 2 \cdot {}_1^1p.$$

1007. При бомбардировке ядер меди ${}_{29}^{63}\text{Cu}$ протонами реакция может идти несколькими путями: с испусканием одного нейтрона; с испусканием двух нейтронов; с испусканием нейтрона и протона. Ядра каких элементов образуются в каждом случае?

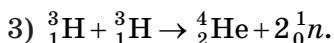
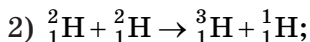
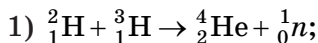
1008. Радиоактивный марганец ${}_{25}^{54}\text{Mn}$ получают двумя путями: бомбардировкой железа ${}_{26}^{56}\text{Fe}$ ядрами дейтерия, бомбардировкой железа ${}_{26}^{54}\text{Fe}$ нейтронами. Напишите ядерные реакции.

1009. Напишите реакцию превращения ядра с 12 протонами и 11 нейтронами в ядро с 11 протонами и 12 нейтронами и испусканием протона. Рассчитайте энергетический выход этой реакции.

1010. Ядро урана ${}_{92}^{238}\text{U}$, захватив нейтрон, испытывает последовательно два β^- - и один α -распад и превращается в новое ядро. Определите, какой элемент образуется в конце этих превращений.
1011. В ядро какого нуклида превращается ядро урана ${}_{92}^{238}\text{U}$, захватившее нейтрон и испытавшее два β^- -распада?
1012. При бомбардировке железа ${}_{26}^{56}\text{Fe}$ нейтронами образуется β^- -активные ядра марганца ${}_{25}^{56}\text{Mn}$. Напишите реакцию получения марганца и последующую реакцию β^- -распада.
1013. При бомбардировке азота ${}_{7}^{14}\text{N}$ нейтронами образуется β^- -активное ядро и испускается протон. Напишите ядерную реакцию и реакцию β^- -распада радиоактивного ядра.
1014. При делении ядра урана ${}_{92}^{235}\text{U}$ под действием нейтрона образовались ядра стронция ${}_{38}^{92}\text{Sr}$ и ксенона ${}_{54}^{141}\text{Xe}$. Определите число испущенных при этом нейтронов.
1015. Сколько нуклонов содержится в ядре криптона ${}_{36}^{\text{A}}\text{Kr}$, образующегося в ядерной реакции: ${}_{90}^{232}\text{Th} + {}_0^1n \rightarrow {}_{36}^{\text{A}}\text{Kr} + {}_{54}^{140}\text{Xe} + 3{}_0^1n$?
1016. Определите число N нейтронов, образующихся в ядерной реакции: ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1n \rightarrow {}_{40}^{99}\text{Zr} + {}_{52}^{135}\text{Te} + (N){}_0^1n$.
1017. Определите неизвестные частицы (нуклиды) или числа x в следующих ядерных реакциях:
- 1) ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1n \rightarrow {}_{57}^{145}\text{La} + x + 4 \cdot {}_0^1n$;
 - 2) ${}_{94}^x\text{Pu} + {}_0^1n \rightarrow {}_{34}^{80}\text{Se} + {}_{60}^{157}\text{Nd} + 3 \cdot {}_0^1n$;
 - 3) ${}_{90}^{232}\text{Th} + {}_0^1n \rightarrow x + {}_{51}^{135}\text{Sb} + 2 \cdot {}_0^1n$;
 - 4) ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1n \rightarrow {}_{37}^{96}\text{Rb} + {}_{55}^{137}\text{Cs} + (x) \cdot {}_0^1n$.

1018. Ядро фермия ${}_{100}^{255}\text{Fm}$ впервые было получено путем кратковременной бомбардировки урана сверхмощным потоком нейтронов. В этих условиях ядро урана может сразу поглотить более десятка нейтронов, а затем путем ряда β -распадов перейти в трансурановый элемент. Сколько нейтронов поглотило ядро урана и сколько электронов было испущено в ходе реакций образования ядра фермия: ${}_{92}^{238}\text{U} + (N_1) \cdot {}_0^1n \rightarrow {}_{100}^{255}\text{Fm} + (N_2) \cdot {}_{-1}^0e$?
1019. Захватив нейтрон, ядро плутония ${}_{94}^{239}\text{Pu}$ распадается. Сколько нейтронов и электронов образуется в результате деления одного ядра плутония, если цепочка превращений заканчивается на нуклидах цезия ${}_{55}^{135}\text{Cs}$ и молибдена ${}_{42}^{100}\text{Mo}$?
1020. При бомбардировке ядер некоторого элемента X протонами образуются α -частица и позитрон (${}_{+1}^0e$). Определите число нейтронов в ядре X.
1021. Ядро некоторого элемента X захватывает α -частицу. При этом испускается нейтрон и образуется ядро элемента Y. Это ядро в свою очередь распадается с испусканием позитрона (${}_{+1}^0e$), образуя ядро элемента Z. Определите, на сколько больше нейтронов в ядре элемента Z, чем в первоначальном ядре X.
1022. Определите энергетический выход (в МэВ) ядерной реакции:
- 1) ${}_{7}^{14}\text{N} + {}_{2}^4\text{He} \rightarrow {}_{8}^{17}\text{O} + {}_{1}^1\text{H}$;
 - 2) ${}_{3}^7\text{Li} + {}_{1}^2\text{H} \rightarrow {}_{4}^8\text{Be} + {}_{0}^1n$;
 - 3) ${}_{3}^6\text{Li} + {}_{1}^1\text{H} \rightarrow {}_{2}^4\text{He} + {}_{2}^3\text{He}$;
 - 4) ${}_{3}^7\text{Li} + {}_{2}^4\text{He} \rightarrow {}_{5}^{10}\text{B} + {}_{0}^1n$;
 - 5) ${}_{4}^9\text{Be} + {}_{1}^2\text{H} \rightarrow {}_{5}^{10}\text{B} + {}_{0}^1n$;
 - 6) ${}_{7}^{15}\text{N} + {}_{1}^1p \rightarrow {}_{6}^{12}\text{C} + {}_{2}^4\text{He}$.

1023. Определите энергию (в Дж), выделяющуюся в термоядерной реакции:



1024. Пьер и Мария Кюри, восхищаясь свойствами радия, названного ими в честь «лучистых» людей, несущих свет знаний людям, в своем доме установили светильник, представляющий собой стеклянный шар, заполненный жидкостью с солями радия. Под действием радиоактивного излучения жидкость светилась. 1) В результате последовательных α - и β^- -распадов радий ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ превращается в стабильный нуклид свинца ${}^{206}_{82}\text{Pb}$. Определите, сколько α - и β^- -распадов происходит при таком превращении. 2) Определите энергию, выделившуюся при превращении ядра радия ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ в свинец ${}^{206}_{82}\text{Pb}$. 3) Пусть в шаре каждую секунду происходило $|\Delta N| = 3,7 \cdot 10^8$ распадов ядер радия. (Такое число распадов происходит в 10 мг радия.) Определите мощность светового излучения шара, если 1 % энергии ядерных реакций превращается в энергию фотонов.

1025. При бомбардировке ядер марганца ${}^{54}_{25}\text{Mn}$ ядрами трития ${}^3_1\text{H}$ образуется ядро железа ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ и испускается частица ${}^A_Z\text{X}$. Определите энергию, которая выделится, если произойдет столько ядерных реакций, сколько нейтронов содержится в ядре железа ${}^{56}_{26}\text{Fe}$.

1026. Сколько энергии выделится в результате термоядерной реакции ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He}$, если масса прореагировавшего дейтерия $m = 4,0$ кг? Достаточно ли этой энергии для плавления льда на озере Нарочь — самом большом озере Беларуси? Площадь поверхности льда $S = 80$ км², тол-

щина льда $h = 80$ мм, плотность льда $\rho = 900 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, температура льда $t = 0$ °С, удельная теплота плавления льда $\lambda = 330 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.

1027. Определите массу свинца, который можно нагреть от температуры $t_1 = 17$ °С до температуры плавления $t_2 = 327$ °С, используя всю энергию, выделяющуюся в ядерной реакции ${}^{32}_{15}\text{P} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^{32}_{16}\text{S} + {}^1_0\text{n}$, если в результате этой реакции будет получено $m_0 = 3,2$ мг серы ${}^{32}_{16}\text{S}$.

Удельная теплоемкость свинца $c = 120 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$.

1028. Определите массу алюминия, взятого при температуре плавления, который можно расплавить, используя всю энергию, выделяющуюся в ядерной реакции ${}^{54}_{25}\text{Mn} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^{56}_{26}\text{Fe} + {}^1_0\text{n}$, в которой прореагирует $m_0 = 3$ мг трития.

Удельная теплота плавления алюминия $\lambda = 390 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$.

1029. Ядра углерода ${}^{13}_6\text{C}$ бомбардируются в течение времени $\Delta t = 30$ мин пучком α -частиц. В результате образуются ядра кислорода ${}^{16}_8\text{O}$. Известно, что сила тока в пучке $I = 16$ мА, а ядерные реакции превращения углерода в кислород вызывает $\eta = 0,01$ % α -частиц, находящихся в пучке. Определите энергию, выделившуюся в ядерных реакциях.

1030. Источник радиоактивного излучения содержит $m_0 = 1,6$ г цезия ${}^{137}_{55}\text{Cs}$, период полураспада которого $T_{1/2} = 30$ лет. Определите, сколько ядерных реакций ${}^{23}_{11}\text{Na} + {}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^{24}_{12}\text{Mg} + {}^1_0\text{n}$ необходимо будет провести, чтобы, используя выделившуюся энергию, все ядра цезия ${}^{137}_{55}\text{Cs}$, оставшиеся в источнике через время $t = 150$ лет, разделить на отдельные нуклоны.

1031. Радон ${}^{220}_{86}\text{Rn}$, период полураспада которого $T_{1/2} = 56$ с, испытывает α -распад. Ядра гелия, образующиеся при распаде радона, участвуют в ядерной реакции: ${}^{11}_5\text{B} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^1_0\text{n}$. Определите, сколько энергии (в МэВ) выделится в таких ядерных реакциях за время $t = 168$ с, если в ней примет участие $\alpha = 0,01$ % ядер гелия, испущенных при радиоактивном распаде радона. Начальная масса радона $m_0 = 9,46$ г.
1032. В ядро меди ${}^{63}_{29}\text{Cu}$ попала частица ${}_Z^AX$, вылетевшая из магнитного поля, индукция которого $B = 167$ мТл. В результате ядерной реакции образовалось ядро цинка ${}^{63}_{30}\text{Zn}$ и был испущен нейтрон ${}^1_0\text{n}$. Определите радиус окружности, по которой частица двигалась в магнитном поле, если модуль ее скорости был $v = 8 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.
1033. При взаимодействии ядер лития ${}^6_3\text{Li}$ и дейтерия ${}^2_1\text{H}$ образуются две одинаковые частицы. Определите, какая энергия выделится, если с ядрами дейтерия вступят во взаимодействие $N = 8,6 \cdot 10^{22}$ ядер лития. Определите массу воды, которую можно нагреть от температуры $t_1 = 0$ °С до температуры кипения $t_2 = 100$ °С за счет выделившейся энергии. Удельная теплоемкость воды $c = 4,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$.
1034. Сколько энергии выделится в ядерной реакции ${}^9_4\text{Be} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^1_0\text{n}$, в которой прореагирует $m_0 = 1,0$ г гелия? Во сколько раз эта энергия больше энергии, выделяемой при сгорании бензина массой $m = 1,0$ г? Удельная теплота сгорания бензина $q = 46 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$.
1035. Сколько квартир в течение суток можно обеспечить горячей водой, нагретой от $t_1 = 10$ °С до $t_2 = 80$ °С за счет энергии, выделяющейся в термоядерной реакции ${}^2_1\text{H} +$

$+ {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He}$, в которой прореагирует $m = 1$ г водорода ${}^1_1\text{H}$? Средний расход воды в квартире за сутки считать равным $\frac{m}{\tau} = 100 \frac{\text{кг}}{\text{сут}}$.

- 1036.** При реакции ядра лития ${}^7_3\text{Li}$ и протона образуются две α -частицы. Определите сумму кинетических энергий этих частиц. Кинетической энергией протона и ядра лития пренебречь.
- 1037.** При бомбардировке неподвижных ядер азота ${}^{15}_7\text{N}$ протонами образуется углерод и α -частица. Определите суммарную кинетическую энергию углерода и α -частицы. Кинетическая энергия протона $(E_k)_p = 1,26$ МэВ.
- 1038.** Покоящееся ядро радона ${}^{220}_{86}\text{Rn}$ в результате распада испускает α -частицу со скоростью, модуль которой $v = 2 \cdot 10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Определите модуль скорости образовавшегося ядра.
- 1039.** Покоящееся ядро радия ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ испытывает α -распад. Сравните импульсы и кинетические энергии образовавшихся ядер.
- 1040.** В результате взаимодействия ядра дейтерия с покоящимся ядром трития образуется ядро гелия ${}^4_2\text{He}$ и нейтрон, вылетающий под углом $\alpha = 90^\circ$ к направлению движения ядра дейтерия. Кинетическая энергия нейтрона $(E_k)_{0n} = 20$ МэВ. Определите кинетическую энергию ядра дейтерия, если энергетический выход ядерной реакции $Q = 15$ МэВ.
- 1041.** На атомной электростанции мощностью $P = 500$ МВт в качестве горючего используется уран ${}^{235}_{92}\text{U}$, при делении одного ядра которого выделяется энергия $E_1 = 200$ МэВ. Определите массу урана, использованного на АЭС за год, и сравните ее с массой каменного

угля, сжигаемого на тепловой электростанции такой же мощности. Коэффициент полезного действия АЭС $\eta_1 = 33 \%$, ТЭС $\eta_2 = 40 \%$. Удельная теплота сгорания каменного угля $q = 20,5 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$.

1042. Определите КПД атомной энергетической установки ледокола, если ее полезная мощность $P = 70$ МВт, а атомный реактор расходует $m = 300$ г урана ${}_{92}^{235}\text{U}$ за сутки. При делении одного ядра урана выделяется энергия $E_1 = 3,2 \cdot 10^{-11}$ Дж.
1043. Если в стабильно работающем ядерном реакторе в одной реакции деления в среднем образуется 2,5 нейтрона, то какая доля (в %) нейтронов впоследствии не примет участие в реакции деления?
1044. Рассчитайте энергию (в МэВ), выделяющуюся в одной из реакций деления ядра урана в ядерном реакторе: ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1n \rightarrow {}_{37}^{90}\text{Rb} + {}_{55}^{144}\text{Cs} + 2 \cdot {}_0^1n$.
1045. Электрон, позитрон, лептон, нейтрино. Какое слово в этом списке лишнее?
1046. Какой закон объясняет невозможность превращения электрона в фотон или нейтрино?
1047. Какие из частиц являются стабильными: электрон, фотон, протон, нейтрон, позитрон, нейтрино?
1048. При аннигиляции электрона и позитрона обычно возникают два фотона: ${}_1^0e + {}_1^0e \rightarrow 2\gamma$. Определите длину волны излученных фотонов, пренебрегая кинетической энергией частиц до реакции.
1049. При взаимодействии γ -кванта с неподвижным ядром дейтерия произошла реакция: ${}_1^2\text{H} + \gamma \rightarrow {}_1^1\text{H} + {}_0^1n$. Считая импульс γ -кванта малым, определите минимальную энергию γ -кванта.

- 1050.** Из γ -кванта с энергией $E = 2,62$ МэВ образовалась электрон-позитронная пара. Определите суммарную кинетическую энергию образовавшихся электрона и позитрона.
- 1051.** Покоящаяся элементарная частица π -мезон, не имеющая заряда, распалась на два фотона. Определите частоту фотонов, если масса π -мезона $m_\pi = 2,4 \cdot 10^{-28}$ кг.
- 1052.** В 1919 году Э. Резерфорд обнаружил, что при прохождении α -частиц через газообразный азот образуется некоторая частица и ядро атома водорода, которое впоследствии стали называть протоном. В этом опыте впервые была проведена искусственная ядерная реакция, а также было доказано, что в состав атомных ядер входят протоны. На фотографии (рис. 230, а) представлены треки α -частиц в камере Вильсона (их много, они движутся снизу вверх), протона (длинный трек, идущий вправо) и некоторой частицы (короткий трек). Трек азота отсутствует. Определите: а) какая частица образовалась в этой реакции; б) отношение модулей импульсов образовавшейся частицы и протона, проводя необходимые измерения по рисунку 230, б; в) *отношение модуля импульса α -частицы и протона.

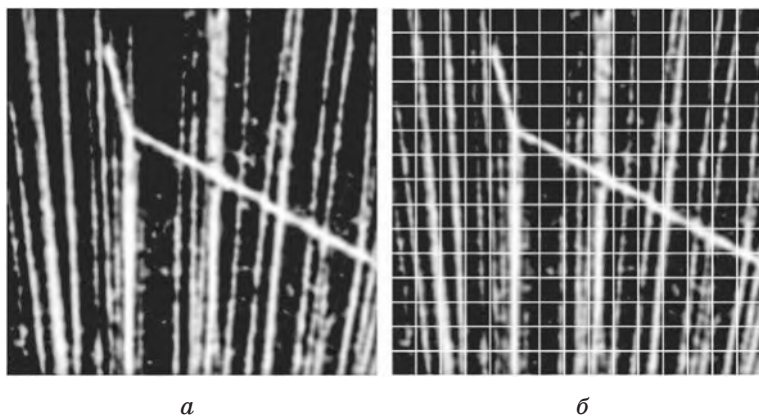


Рис. 230

1053. При исследовании космического излучения с помощью камеры Вильсона, помещенной в магнитное поле, американский физик К. Д. Андерсон открыл позитрон. На рисунке 231, *а* представлена фотография первого зарегистрированного трека позитрона. Позитрон прошел сквозь 6-миллиметровую свинцовую пластину. А) В каком направлении двигался позитрон: 1) сверху вниз; 2) снизу вверх? Б) Как были направлены линии индукции магнитного поля: 1) сверху вниз; 2) снизу вверх; 3) слева направо; 4) справа налево; 5) от нас; 6) к нам? В) *Проведя необходимые измерения с помощью линейки, рассчитайте, во сколько раз уменьшился импульс позитрона при прохождении свинцовой пластины. Для удобства измерений на рисунке 231, *б* изображены дуги окружности, в которые вписаны участки трека позитрона до и после пластины. Считайте, что магнитное поле в камере Вильсона однородное.

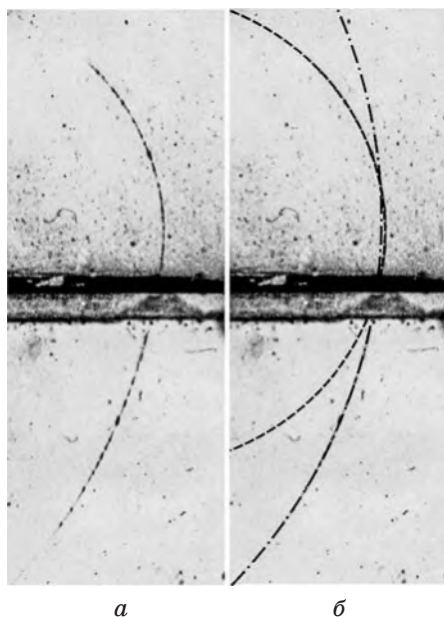


Рис. 231

- 1054.** При β -распаде нейтрон превращается в протон с испусканием электрона и антинейтрино: ${}_0^1n \rightarrow {}_1^1p + {}_{-1}^0e + \bar{\nu}$. Определите суммарную кинетическую энергию образовавшихся при распаде частиц. Кинетической энергией нейтрона и массой антинейтрино пренебречь.
- 1055.** При медицинских исследованиях пациенту вводят препарат, содержащий радиоактивные ядра фтора ${}_{9}^{18}\text{F}$. Эти ядра испускают позитроны, которые при взаимодействии с окружающим веществом исчезают, испуская два γ -кванта, распространяющихся в противоположных направлениях. С помощью датчиков находят координаты точек, из которых происходит наиболее сильное излучение γ -квантов и определяют, как препарат распределен в организме. Определите состав дочерних ядер, в которые превращаются ядра фтора.

ОТВЕТЫ

Колебания и волны

I. Механические колебания и волны

1. в) $\frac{N}{\tau} = 83 \text{ мин}^{-1}$. 2. $T = 0,5 \text{ с}$; $v = 2 \text{ Гц}$. 3. $\omega = 5,1 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. 4. $v = 0,2 \text{ Гц}$; $N = 5$.
5. $\frac{\omega_{\text{к}}}{\omega_{\text{ш}}} = 2,5$. 6. $v = 1,0 \text{ Гц}$. 7. $v = 0,8 \text{ Гц}$. 8. $s = 0,80 \text{ м}$. 9. $\tau_A = 3,75 \text{ с}$; $\tau_B = 5 \text{ с}$;
 $\tau_B = 6,25 \text{ с}$; $\tau_T = 7,5 \text{ с}$. 10. а) $A = 10 \text{ см}$; б) $\omega = 2,5\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$; в) $\varphi_0 = \frac{\pi}{4} \text{ рад}$;
г) $T = 0,8 \text{ с}$; д) $s = 40 \text{ см}$. 11. а) $A = 4 \text{ см}$; б) $\omega = \frac{2\pi \text{ рад}}{3 \text{ с}}$; в) $\varphi_0 = 0 \text{ рад}$;
г) $y_0 = 4 \text{ см}$; д) $y(3) = 4 \text{ см}$; е) $N = 5$. 12. а) $y_1 = 6 \text{ см}$ и $y_2 = -6 \text{ см}$;
б) $\varphi_1 = \frac{2\pi}{3} \text{ рад}$ и $\varphi_2 = \frac{31\pi}{6} \text{ рад}$; в) $\Delta r_y = -24 \text{ см}$. 13. а) $\Delta t_{\min} = 0,25 \text{ с}$;
б) $\Delta r_x = -50 \text{ мм}$; в) $s = 30 \text{ см}$. 14. а) $*v_{\max} = 2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; б) $*a_{\max} = 3,0 \frac{\text{км}}{\text{с}^2}$;
в) $s = 1,6 \text{ м}$. 15. $*a) v_{\max} = 0,52 \frac{\text{м}}{\text{с}}$; б) $a_{\max} = 0,55 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$; в) $F_{\max} = 0,11 \text{ Н}$;
г) $(W_{\text{к}})_{\max} = 27 \text{ мДж}$; д) $p_{\max} = 0,10 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. 16. $*a) v_{1y} = -0,19 \frac{\text{м}}{\text{с}}$;
б) $a_{2y} = 0,30 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$; в) $p_{3y} = 15 \frac{\text{Г} \cdot \text{м}}{\text{с}}$; г) $F_{4y} = -24 \text{ мН}$. 17. а) $x(t) = A \sin(Bt)$,
где $A = 10 \text{ см}$, $B = \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$; б) $*v_x(t) = C \cos(Bt)$, где $C = 0,31 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $B = \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$;
в) $*a_x(t) = D \sin(Bt)$, где $D = -0,99 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$, $B = \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. $s = 20 \text{ см}$; $\Delta r = 0 \text{ м}$.
18. а) $x(t) = A \cos(Bt)$, где $A = 40 \text{ мм}$, $B = 2\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$; б) $*p_x(t) = C \sin(Bt)$,
где $C = -0,10 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$, $B = 2\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$; в) $*F_x(t) = D \cos(Bt)$, где $D = -0,63 \text{ Н}$,
 $B = 2\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. $s = 12 \text{ см}$; $\Delta r_x = -40 \text{ мм}$. 19. а) $A = 8 \text{ см}$; б) $T = 2,4 \text{ с}$;
в) $v = 0,42 \text{ Гц}$; г) $\omega = 2,6 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$; д) $*\tau_1 = 0,6 \text{ с}$, $\tau_2 = 1,8 \text{ с}$, $\tau_3 = 3,0 \text{ с}$.
20. $\varphi_0 = \pi \text{ рад}$. 21. $\varphi_1 - \varphi_2 = -\frac{\pi}{2} \text{ рад}$; $t_1 = 4 \text{ с}$ и $t_2 = 5,5 \text{ с}$. 22. $*a) 2$; б) 4.
23. 1) $*v_{\max} = 94 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$; $a_{\max} = 0,15 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$; 2) $x(t) = A \sin(Bt)$, где $A = 6,0 \text{ см}$,
 $B = \frac{\pi \text{ рад}}{2 \text{ с}}$; 3) $\langle v \rangle = 6,0 \frac{\text{см}}{\text{с}}$. 24. а) $x(t) = A \cos(Bt)$, где $A = 5,0 \text{ см}$, $B = \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$;

$$6) *v_x(t) = C \sin(Bt), \text{ где } C = -0,16 \frac{\text{м}}{\text{с}}, B = \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}; \text{ в) } *a_x(t) = D \cos(Bt),$$

$$\text{где } D = -0,49 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}, B = \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}. 25. 2) \text{ а) } x_0 = 0 \text{ м}, x_1 = 15 \text{ см}, x_2 = -11 \text{ см};$$

$$б) x_1 = 7,5 \text{ см}, x_2 = 13 \text{ см}, x_3 = -15 \text{ см}. 26. *v_{2\max} = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}}. 27. *B n = 16 \text{ раз}.$$

$$28. *a = 1,9 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}. 29. *v_{\max} = \sqrt{A a_{\max}} = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}. 30. *a) v_{1\max} = 3 v_{2\max};$$

$$б) a_{1\max} = 3 a_{2\max}; \text{ в) } W_{\text{к1}}^{\max} = 9 W_{\text{к2}}^{\max}. 31. *a) p_{1\max} = 2 p_{1\max}; 6) F_{1\max} = 4 F_{1\max}.$$

$$32. \text{ а) } t_0 = 10 \text{ с}; \Delta\varphi = \frac{\pi}{6} \text{ рад}; б) *t_0 = 4 \text{ с}; \text{ в) } *t_0 = 1 \text{ с}. 33. \text{ а) } \varphi = 1,5\pi \text{ рад};$$

$$б) *T = \frac{\pi}{5} \text{ с}. 34. *F_{\max} = 0,80 \text{ Н}. 35. *x_{\max} = 50 \text{ мм}. 36. *(W_{\text{к}})_{\max} = 0,19 \text{ Дж}.$$

$$37. *x_{\max} = \frac{2(W_{\text{к}})_{\max}}{F_{\max}} = 2 \text{ см}. 38. *(W_{\text{к}})_{\max} = 1,6 \text{ Дж}.$$

$$39. *v = \frac{4}{\pi} \sqrt{\frac{(W_{\text{к}})_{\max}}{2m}} = 4,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}. 40. *x = \frac{|F_x| \cdot x_{\max}^2}{2(W_{\text{к}})_{\max}} = 15 \text{ мм}. 41. *\omega = 5,0 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

$$42. *x(t) = A \sin(Bt + C), \text{ где } A = 0,04 \text{ м}, B = \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}, C = \frac{\pi}{3} \text{ рад}.$$

$$43. *x(t) = A \sin(Bt + C), \text{ где } A = 0,05 \text{ м}, B = \pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}, C = \frac{\pi}{6} \text{ рад}. 44. T = 1,6 \text{ с}.$$

$$45. \Delta t = 0,2 \text{ с}. 46. \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} = 2. 47. *\Delta t = 1 \text{ с}. 48. \text{ а) } \Delta t = 1 \text{ с}; б) \Delta t = 3 \text{ с}; \text{ в) } \Delta t = \frac{8}{3} \text{ с}.$$

$$49. \Delta t = 0,6 \text{ с}. 50. *\omega = \sqrt{\frac{v_{2x}^2 - v_{1x}^2}{x_1^2 - x_2^2}} = 2 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; x_{\max} = \sqrt{\frac{v_{2x}^2 x_1^2 - v_{1x}^2 x_2^2}{v_{2x}^2 - v_{1x}^2}} = 5 \text{ см};$$

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{v_{2x}^2 x_1^2 - v_{1x}^2 x_2^2}{x_1^2 - x_2^2}} = 0,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}. 51. *x_{\min} = 8 \text{ см}. 52. \text{ а) } 3, 4; б) 1, 5. 53. A1;$$

$$B2; B3; \Gamma 3. 54. \omega = 20 \frac{\text{рад}}{\text{с}}. 55. T = 0,50 \text{ с}. 56. \text{ Уменьшится в 2 раза}.$$

$$57. \text{ В 2 раза}. 58. 3. 59. 5. 60. \text{ В } n = 1,8 \text{ раза}. 61. \frac{v_c}{v_d} = 4. 62. m_2 = 85 \text{ кг}.$$

$$63. m_2 = 2 \cdot 10^{-9} \text{ кг}. 64. \frac{W_2}{W_1} = 8. 65. *\frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{ж}}} = 2. 66. m = 0,26 \text{ кг}. 67. T = 0,50 \text{ с}.$$

$$68. *m = 25 \text{ г}. 69. *x_{\max} = 2,5 \text{ см}. 70. *a_{\max} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}. 71. F_{\max} = 0,16 \text{ Н}, N = 8.$$

$$72. \text{ а) } N = 75; б) V = 23 \text{ см}^3; \text{ в) } *v_{\max} = 0,27 \frac{\text{м}}{\text{с}}; a_{\max} = 3,0 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

$$73. *(W_{\text{к}})_{\max} = \frac{m x_{\max}^2 g}{2\Delta l} = 50 \text{ мДж}; p_{\max} = m x_{\max} \sqrt{\frac{g}{\Delta l}} = 0,1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}.$$

$$74.* F = m \left(g + \frac{4\pi^2 A}{T^2} \right). 75. T = \frac{2\pi}{d} \sqrt{\frac{2m}{\rho\pi g}} = 0,69 \text{ с. } 76. \Delta t = 942 \text{ мс.}$$

$$77.* x_{\max} = \frac{\sqrt{(\Delta l \omega)^2 + v_0^2}}{\omega} = 5 \text{ см. } 78.* \omega = \frac{m_2 v_0}{(m_1 + m_2) x_{\max}} = 5 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

$$79. v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho g S}{m}}. 80.* S = \frac{2(W_{\kappa})_{\max}}{\rho g x_{\max}^2} = 48 \text{ см}^2. 81. T = 2\pi \sqrt{\frac{(\rho_1 + \rho_2) l}{(\rho_1 - \rho_2) 2g}}.$$

$$82. A_3; B_2; B_3; \Gamma 1. 83. B \text{ 2,5 раза. } 84. \frac{l_1}{l_2} = 4. 85. T_1 = 2,1 \text{ с; } T_2 = 1,5 \text{ с.}$$

$$86. T = 9,9 \text{ с. } 87. l = 0,60 \text{ м. } 88. 3. 89. 8. 90. m = 0,50 \text{ кг.}$$

$$91. T = \sqrt{T_1^2 + T_2^2} = 1,3 \text{ с. } 92. T_1 = 2\pi n \sqrt{\frac{\Delta l}{(n^2 - 1)g}} = 0,82 \text{ с.}$$

$$93. l_1 = \frac{N_2^2 \Delta l}{N_1^2 - N_2^2} = 11 \text{ см, } l_2 = \frac{N_1^2 \Delta l}{N_1^2 - N_2^2} = 44 \text{ см. } 94. \Delta t = \frac{T_1 T_2}{T_1 - T_2} = 30 \text{ с.}$$

$$95.* a_{\max} = 0,5 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}. 96.* v_{\max} = 1,5 \frac{\text{М}}{\text{с}}. 97.* x_{\max} = 48 \text{ мм. } 98.* (W_{\kappa})_{\max} = 0,1 \text{ МДж.}$$

$$99.* l = 1,6 \text{ м. } 100.* v_{\text{роп.}} = 25 \frac{\text{АМ}}{\text{с}}. 101.* \text{а) } x_{\max} = 10 \text{ дм; б) } v_{\max} = 20 \frac{\text{АМ}}{\text{с}};$$

$$\text{в) } \Delta t = 6,3 \text{ с. } 102. T = 1,8\pi \sqrt{\frac{l}{g}}. 103. \frac{T_3}{T_{\Pi}} = 1,5. 104. F = 0,3 \text{ Н.}$$

$$105. \text{а) } T_1 = 1,1 \text{ с; б) } T_2 = 0,8 \text{ с. } 106. \frac{v_{\max}}{v} = 2. 107. T = 2\pi \sqrt{\frac{ml}{|mg - qE|}}.$$

$$108. T = T_0 \sqrt{\frac{mg - F}{mg + F}} = 1,4 \text{ с. } 109. W_{\Pi} = \frac{m\pi^2 v^2 x_{\max}^2}{2} = 0,79 \text{ МДж.}$$

$$110. x_{\max} = 6,0 \text{ см. } 111. x_{\max} = 5,0 \text{ см. } 112. \langle v \rangle = 4 \frac{\text{М}}{\text{с}}. 113. B \text{ } n = 1,8 \text{ раза.}$$

$$114. W_{\kappa 1} = 0; W_{\kappa 2} = 4,2 \text{ МДж. } 116. (W_{\kappa})_{\max} = \frac{(\Delta mg)^2}{2k} = 7,2 \text{ МДж.}$$

$$117. \text{а) } \Delta t = \frac{T}{8} = 0,3 \text{ с; б) } \Delta t = \frac{T}{6} = 0,4 \text{ с. } 118. \Delta t = 0,4 \text{ с. } 119. \frac{W_{\kappa}}{W_{\Pi}} = \text{tg}^2(2\pi v t).$$

$$120. W_{\kappa} = W \cos^2(Bt + C) = 10 \text{ МДж. } 121. W_{\Pi} = \frac{F_{\max} A \cos^2(Bt + C)}{2} = 14 \text{ МДж.}$$

$$122. F_{\max} = \frac{2W_{\kappa}}{A \sin^2(Bt + C)} = 0,35 \text{ Н. } 123. W_{\kappa} = 12 \text{ МДж.}$$

$$124. \text{Минимальная амплитуда } A = \frac{(m_1 + m_2)g}{k}. 125. \text{Минимальная}$$

- амплитуда $A = \frac{mg}{k}$. 126.* $T = 2\pi\sqrt{\frac{(M+m)R}{mg}}$. 127.* $v = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{(l_1 - l_2)g}{l_1^2 + l_2^2}}$.
128. $T_{\text{рез.}} = 2$ с. 129. Нет. 130. $l = 12$ м. 131. $T_0 = 1,2$ с. 132. $l = 2,5$ м.
- 133.* $p_{\text{max}} = 0,16 \frac{\text{КГ} \cdot \text{М}}{\text{С}}$. 134. $k = 16 \frac{\text{Н}}{\text{М}}$. 135. $W_{\text{max}} = 39$ мДж.
136. $h = \frac{2g\pi^2}{\omega_0^2} = 77$ см. 137. $v = 0,50$ Гц. 138. $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{\rho g S}} = 1,2$ с.
139. а) $T_{\text{max}} = 7,1$ мс; б) $\lambda_{\text{min}} = 0,17$ м. 140. $\lambda_{\text{min}} = 7,5$ мм. 141. $v = 0,25$ Гц.
142. 4. 143. $v = 5 \frac{\text{М}}{\text{с}}$. 144. а) $\lambda_1 = \lambda_2 = 30$ см; б) * $a_{1\text{max}} = 0,6 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$, $a_{2\text{max}} = 1,2 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$;
- в) $v_1 = v_2 = 0,38 \frac{\text{М}}{\text{с}}$. 145. а) $\lambda_1 = 48$ см; б) $v_2 = 0,40 \frac{\text{М}}{\text{с}}$; в) * $a_{1\text{max}} = 1,1 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$, $a_{2\text{max}} = 2,2 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$. 146. $s = 85$ м. 147. $v = 0,33 \frac{\text{КМ}}{\text{с}}$. 148. $v = 2,4$ Гц.
149. $\lambda = 3,5$ см; $h = 2,8$ км. 150. а) $l_1 = 44$ см; б) $l_2 = 11$ см. 151. а) $\Delta\varphi_1 = \pi$ рад; б) $\Delta\varphi_2 = 1,6\pi$ рад. 152. $v = 1,4 \frac{\text{КМ}}{\text{с}}$. 153. $\Delta t = 2,0$ с. 154. $\lambda_2 = 4$ м.
155. $v = 2,4 \frac{\text{М}}{\text{с}}$. 156. $l = 2,5$ м. 157. $s = 66$ м. 158.* $\lambda = 2\pi v \sqrt{\frac{x_{\text{max}}}{a_{\text{max}}}} = 0,628$ м.
- 159.* $x_{\text{max}} = \frac{a_{\text{max}} \lambda^2}{4\pi^2 v^2} = 2,0$ мм. 160. $v = 2,0$ кГц. 161. $l = \frac{v_1 v_2}{v_2 - v_1} \Delta t = 0,7$ км.
162. $l = \frac{2v_1 v_2}{v(v_2 - v_1)} = 0,45$ км. 163. $\Delta h = 2,5$ мм. 164. $v = 0,5$ кГц.

II. Электромагнитные колебания и волны

166. а) 3, 4, 5; б) 3. 167. в, г, е, к. 168. а) 1; б) 4. 169. а) 2; б) 3. 170. а) 1, 5; б) 4, 8; в) 6. 171. а) 3, 4, 5; б) 2, 6; в) 4, 8. 172. $\frac{T}{4}$. 173. а) 3; б) 1; в) 7; г) 8.
174. $T = 0,88$ мс. 175. $C = 15$ мкФ. 176. $L = 5,1$ мГн. 177. $C = 20$ нФ.
178. От $v_1 = 0,18$ кГц до $v_2 = 0,36$ кГц. 179. На $\eta = 41$ %. 180. В 2 раза.
181. $T_2 = 2,5$ мкс. 182. $T = 0,24$ мкс. 183. $T = 0,38$ мкс. 184. $C_1 = 0,02$ мкФ.
185. $L = 32$ мГн. 186. а) 2, 3; б) $\eta = 0,2$ %. 187. $U_0 = 0,2$ кВ.
188. $W_L = 16$ мкДж. 189. $I_0 = 0,50$ А. 190. $T_2 = 2,5$ мкс; $U_{02} = 4$ В.
191. $U = 10$ В. 192. $W_C = \frac{LI_0^2(n^2 - 1)}{2n^2} = 80$ мкДж.
193. $q_2 = \sqrt{C^2 U_1^2 + LC(I_1^2 - I_2^2)} = 3,6$ мКл. 194. $T = 2\pi \frac{q_0}{I_0} = 0,16$ мс.

195. $I_0 = 1,9 \text{ А}$. 196. $\omega = \frac{\sqrt{I_0^2 - I_1^2}}{q_1} = 1,0 \cdot 10^4 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. 197. $W = 5 \text{ мДж}$.
198. $\varepsilon = 6,0$. 199. $q_0 = 0,20 \text{ мКл}$. 200. а) $\Delta t = \frac{\pi\sqrt{LC}}{4} = 0,31 \text{ мс}$;
 б) $\Delta t = \frac{\pi\sqrt{LC}}{3} = 0,42 \text{ мс}$. 201. а) $\frac{W_L}{W_C} = 3$; б) $\frac{W_L}{W_C} = 15$. 202. а) $\nu = 0,5 \cdot 10^5 \text{ Гц}$;
 б) $W_{L0} = 1 \text{ мкДж}$; $W_L = 4 \text{ мкДж}$. 203. а) $T = 1,0 \text{ мс}$; б) $(W_L)_{\max} = 1,3 \text{ мДж}$;
 в) $I_0 = 0,16 \text{ А}$. 204. $L = 0,10 \text{ мГн}$. 205. $\Phi_0 = 0,50 \text{ мВб}$; $W = 0,50 \text{ мДж}$.
 208. а) 1; б) 2. 209. б) $\Phi_0 = 0,40 \text{ мВб}$; г) $\mathcal{E}_0 = 4,0 \text{ В}$; д) $\mathcal{E} = 0 \text{ В}$. 210. $I_0 = 2 \text{ А}$.
 211. $\mathcal{E}_0 = 0,4 \text{ В}$. 212. $N = 30$. 213. $\mathcal{E}_0 = 9 \text{ В}$. 214. $\nu = 50 \text{ Гц}$, $U_0 = 18 \text{ В}$,
 $U_{\text{д}} = 13 \text{ В}$, $I_0 = 2,0 \text{ А}$, $I_{\text{д}} = 1,4 \text{ А}$. 215. $I(t) = C \sin(Dt)$, где $C = 0,50 \text{ А}$,
 $D = 100\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. 216.*а) $I_{\text{д}} = 3,5 \text{ А}$; б) $U_0 = 0,22 \text{ кВ}$, $U_{\text{д}} = 0,16 \text{ кВ}$.
 217.* $U_{\text{д}} = 21 \text{ В}$; $N = 3 \cdot 10^3$. 218.* $I_{\text{д}} = 1,4 \text{ А}$, $\omega = 50\pi \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. 219.* $I_0 = 3,1 \text{ А}$.
 220. Нет. 223. $R = 40 \text{ Ом}$. 224. $Q = 5 \text{ Дж}$. 225.* $Q = 0,18 \text{ мДж}$.
 226.* $Q = 6,6 \text{ мДж}$. 227.* $Q = 0,92 \text{ мДж}$. 228.* $U_0 = 55 \text{ В}$.
 229.* $Q_I = 10 \text{ Дж}$; $Q_{II} = 3,4 \text{ Дж}$; $I_{\text{д}} = 0,85 \text{ А}$. 230.* $\langle P_1 \rangle = 17 \text{ Вт}$; $\langle P_2 \rangle = 50 \text{ Вт}$.
 231.* $Q = 0,32 \text{ Дж}$. 232.* $Q = 7,5 \text{ кДж}$. 233.* $m = \frac{U_{\text{д}}^2(1 + \alpha t_1)\tau}{R_1(1 + \alpha t_2)L} = 20 \text{ г}$.
 234.* $V = \frac{I_0^2 R_0(1 + \alpha t_{\text{к}})\tau}{2\rho L} \cdot \left(1 - \frac{\eta}{100\%}\right) = 71 \text{ мл}$. 235.* $Q = 24 \text{ Дж}$.
 236.*а) $\tau = \frac{2}{3\nu} = 13 \text{ мс}$; б) $\tau = \frac{1}{2\nu} = 10 \text{ мс}$. 237.* $\langle P \rangle = 33 \text{ В}$. 238.* $Q = 11 \text{ Дж}$.
 239.* $\Delta t = \frac{\eta U_0^2 \tau}{2cmR100\%} = 30^\circ\text{C}$, где $U_0 = 300 \text{ В}$. 240. а) 1, 3, 4; б) 2, 3, 4;
 в) 1; г) 4; д) 1, 2, 3. 241. $k = 4$, $N_2 = 120$. 242. $U_1 = 30 \text{ В}$. 243. $U_0 = 50 \text{ В}$.
 244. В 2 раза. 245. $N_1 = 420$, $N_2 = 84$. 246. $k = 0,077$. 247. $U_{34} = 6 \text{ В}$.
 248. $U_1 = 9 \text{ В}$; $U_2 = 12 \text{ В}$. 249.* $k = 10$; $N_2 = 120$; $\eta = 91\%$. 250.* $\eta = 95\%$.
 251.* $U_2 = \frac{U_1 R}{k(R+r)} = 25 \text{ В}$. 252.* $R = \frac{U_1 - kI_2 r}{kI_2} = 1,2 \text{ Ом}$. 253.* $P = 12,5 \text{ Вт}$.
 254.* $N_2 = 72$. 255.* $R = \frac{kU_{\text{д}}^2}{(1+k)^2 P} = 5,0 \text{ Ом}$. 256.* $R = \frac{\alpha U_{\text{д}}^2}{(100\% - \alpha) P} = 2,4 \text{ Ом}$.
 257.* $R = 0,74 \text{ кОм}$. 258.* $l_{\max} = \frac{(U_{\text{д}} - \sqrt{PR})RS}{2\rho\sqrt{PR}} = 30 \text{ км}$.

$$259.* U_{\text{д}} = \frac{2P(100\% + \alpha)}{I_{\text{д}} 100\%} = 33 \text{ В. } 260.* \eta = 1 - \frac{RP}{\xi_{\text{д}}^2}.$$

$$261.* Q = \frac{\epsilon_0^2 \pi^2 d^4 R_{\text{п}} t}{(8\rho l + \pi d^2(r + R_{\text{п}}))^2}. \quad 262.* U_{\text{д}} = \frac{\sqrt{PR \cdot 100\%}}{\sqrt{100\% - \eta}} = 60 \text{ кВ.}$$

$$263.* \text{а) } 1; \text{ б) } 1. \quad 264.* m = \frac{4\rho\rho_0 l^2 P}{0,03 U_{\text{д}}^2} = 25 \text{ кг. } 265. \text{ От нас. } 266. 3, 4, 7, 8.$$

$$267. \lambda = 12,2 \text{ см. } 268. \lambda_{\text{в}} = 0,40 \text{ мм, } \lambda_{\text{г}} = 0,17 \text{ мм. } 269. 3. \quad 270. t = 0,24 \text{ с.}$$

$$271. x = -10 \text{ км. } 272. \text{ а) } 500; \text{ б) } 30 \text{ см; в) } 1500; \text{ г) } 10 \text{ Гбит, } 10 \text{ Гбит.}$$

$$273. \lambda = 909 \text{ км. } 274. l = 3,6 \text{ км. } 275. \Delta t = 6,0 \text{ мкс. } 276. v = 33 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

$$277. \lambda_{\text{max}} = 4,9 \text{ см. } 278. \lambda = 0,11 \text{ км. } 279. \lambda = \frac{2\pi c q_0}{I_0} = 38 \text{ м.}$$

$$280. \lambda = 1 \text{ км. } 281. \text{ От } v_{\text{min}} = 16 \text{ МГц до } v_{\text{max}} = 25 \text{ МГц. } 282. \text{ В } n = 4 \text{ раза.}$$

$$283. \Delta d = 3,6 \text{ мм. } 284. C = 6,3 \text{ нФ. } 285. \text{ а) } \Delta \lambda = 16 \text{ мкм; б) } \Delta h = 4,6 \text{ нм.}$$

Оптика

III. Волновая оптика

$$286. \tau = 3,1 \cdot 10^3 \text{ сут. } 287. \tau = 2,56 \text{ с. } 288. \lambda_n = 400 \text{ нм. } 289. n = 1,2.$$

$$290. n = 1,5. \quad 291. T = 2,28 \cdot 10^{-15} \text{ с. } 292. \lambda_2 = 360 \text{ нм; } v = 5,6 \cdot 10^{14} \text{ Гц.}$$

$$293. N_2 = 98. \quad 294. \text{ В } N = 95 \text{ раз. } 295. l_2 = 87 \text{ мм. } 296. \frac{h_{\text{ст}}}{h_{\text{ал}}} = 4. \quad 297. \tau_2 = 5 \text{ нс.}$$

$$298. h_0 = 1,33 \text{ м. } 299. \Delta \varphi = 0,5\pi \text{ рад. } 300. \lambda = 0,48 \text{ мкм. } 301. \delta = 0,6 \text{ мм.}$$

$$302. n_1 = 1,3. \quad 303. N = 6. \quad 304. \text{ а) максимум; б) минимум; в) максимум.}$$

$$305. \text{ а) максимум; б) } 2,5\lambda. \quad 306. \text{ в, г, д. } 307. \text{ а) максимум; б) минимум;}$$

$$\text{в) минимум. } 308. \lambda = 0,45 \text{ мкм. } 309. \delta = 1,3 \text{ мкм. } 310. \text{ Ослабление.}$$

$$311. \text{ Максимум. } 312. \text{ а) } \lambda_1 = 0,45 \text{ мкм; } \lambda_2 = 0,60 \text{ мкм б) } \lambda_1 = 0,40 \text{ мкм;}$$

$$\lambda_2 = 0,51 \text{ мкм; } \lambda_3 = 0,72. \quad 313. \lambda = 0,4 \text{ мкм. } 314. \text{ а) } \delta = \frac{ld}{L} = 2,5 \text{ мкм;}$$

$$\text{б) усиление; в) } \Delta x = \frac{L\lambda}{d} = 6,4 \text{ мм; г) на } \Delta \lambda = 0,15 \text{ мкм. } 315.* d = 0,16 \text{ мм;}$$

$$\text{уменьшится в два раза. } 316.* l = \frac{2cTL}{d} = 48 \text{ мм. } 317.* h = \frac{L\lambda}{2l} = 1 \text{ мм.}$$

$$318.* \Delta x = 1,2 \text{ мм. } 319.* h_{\text{min}} = 0,10 \text{ мкм. } 320.* \text{ а) } \lambda = 0,48 \text{ мкм;}$$

$$\text{б) } \lambda_1 = 0,40 \text{ мкм; } \lambda_2 = 0,60 \text{ мкм. } 321.* h = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{4n(\lambda_1 - \lambda_2)} = 375 \text{ нм.}$$

$$322.* \text{ Обеспечит. } 323.* h = 0,77 \text{ мкм. } 325.* \Delta l = \frac{\lambda}{2n\gamma} = 2,16 \text{ мм.}$$

$$326.*\lambda = \frac{2dr}{l} = 0,6 \text{ мкм. } 327. \lambda = 700 \text{ нм. } 328. T = 2,5 \text{ фс. } 329. BC.$$

$$330. \lambda = 610 \text{ нм. } 331. \text{ а) } d = \frac{3\lambda}{\sin \alpha}; \text{ б) } \delta = 6\lambda. 332. \varphi = 14^\circ. 333. \lambda = 545 \text{ нм.}$$

$$334. d = 10 \text{ мкм. } 335. \text{ а) } l = 12 \text{ см; б) } l' = 15 \text{ см. } 336. \Delta x = 8 \text{ см.}$$

$$337. m_{\max} = 4. 338. k = 2 \left[\frac{lv}{Nc} \right] + 1 = 7. 339. m_{\max} = 3; \varphi_{\max} = 49^\circ. 340. k = 5.$$

$$341. \text{ На } 4. 342. l = 4,2 \text{ м. } 343.*\text{а) нет; б) да. } 344. \lambda_2 = 416 \text{ нм. } 345.*\Delta l = 0,06 \text{ мм.}$$

IV. Геометрическая оптика

$$346. l = 42,6 \text{ м. } 347. l = 3,0 \text{ м. } 348. l = 3,0 \text{ м. } 349. \Delta t = 2 \text{ с. } 350. v = 0,8 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

$$351.*\text{а) } s = 0,75 \text{ км; б) } l_{\max} = 4,5 \text{ м. } 352.*\text{а) } P_2 = \frac{P_1 L_1^2}{L_2^2} = 0,30 \text{ мВт;}$$

$$\text{б) } P_{\max} = 15 \text{ Вт. } 353. l = 90 \text{ м. } 354. l = 25 \text{ см. } 355. l = H \tan \alpha = 1,0 \text{ м.}$$

$$356. H = \frac{h(L-l)}{l} = 38 \text{ м. } 359. \text{ а) } \alpha = 47^\circ; \text{ б) } \beta = 47^\circ; \text{ в) } \varphi = 86^\circ.$$

$$360. R = 30 \text{ см. } 361. y_{\text{н}} = 1 \text{ м, } y_{\text{к}} = 4 \text{ м. } 362. \beta = 35^\circ. 363. \Delta \varphi = 0^\circ.$$

$$364. \text{ а) на } 10^\circ; \text{ б) } 100^\circ; \text{ в) на } 20^\circ. 365. \Delta r = 2l \sin \alpha = 20 \text{ см. } 366. \text{ а) } \varphi = 65^\circ;$$

$$\text{б) } \varphi = 25^\circ; \text{ в) } \varphi = 70^\circ; \text{ г) } \varphi = 20^\circ. 367. (2;3); (4;1); (4;7); (6;1); (6;7);$$

$$(8;3); (8;5). 368. l = 10 \text{ см. } 369. \varphi = 30^\circ. 371. v_0 = 5 \frac{\text{см}}{\text{с}}. 372. \text{ А61I, Бa1III,}$$

$$\text{Вд2III, Гр2II, Дв2I. } 377. \text{ А63; Б61. } 378.*R = 80 \text{ см. } 379.*f = 60 \text{ см.}$$

$$380.*d = 14 \text{ см. } 381.*\Gamma = 4. 382.*\tau = 1,2 \text{ нс. } 383.*H = \frac{Fh}{F+d} = 0,54 \text{ м.}$$

$$384.*R = 20 \text{ см. } 385.*R = 30 \text{ см. } 386.*F = 7,5 \text{ см. } 387.*l = 30 \text{ см.}$$

$$388.*\Gamma = 0,25. 389.*AB = \frac{2l(R-l)}{R-2l} = 1,2 \text{ м. } 390.*R = 2 \text{ м.}$$

$$391.*\text{а) } F = \sqrt{l_1 l_2} = 24 \text{ см; б) } d = 2,2 \text{ мм. } 392.*d = \frac{R(\Gamma-1)}{2\Gamma} = 45 \text{ см.}$$

$$393.*\Gamma = \frac{b + \sqrt{ab}}{a + \sqrt{ab}} = 1,5. 394.*L = \frac{2l(2l-D)}{4l-D} = 34 \text{ см.}$$

$$395.*D = \frac{\Gamma^2 - 1}{\Gamma l} = -7,5 \text{ дптр. } 396.*f = 1,8 \text{ м или } f = 1,2 \text{ м. } 397.*F = 5 \text{ см.}$$

$$398.*f = 24 \text{ см. } 399.*f = 90 \text{ см. } 400.*\text{а) } (-2; 0,5); \text{ б) } (-4; 2).$$

$$401. R = 14 \text{ дм. } 402. l = 6 \text{ см. } 403.*\text{а) } F = 9 \text{ м; б) } v = 2,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}. 404.*L = 7,1 \text{ м.}$$

405. *а) $R = 40$ см; б) $H = 4$ см. 406. $d = 2D$. 407. 1) 1; 2) 4; 3) 2. 408. а) 4; б) а1; 63; в1; г2. 409. $\sigma, \varepsilon, \partial$. 410. А11; В11; В22; Г13. 411. а) 2; б) 8; в) 3. 412. 3, 5, 6. 413. 3. 414. 5. 415. а) $n_3 > n_1$; б) $n_2 > n_3$; в) $n_2 > n_1$. 416. 3.
417. $n = 1,6$. 418. $\gamma = 35^\circ$. 419. $\alpha = 45^\circ$. 420. а) $n = 1,5$; б) $v = 2 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.
421. $\lambda_{\text{н}} = 407$ нм. 422. $\Delta\varphi = 28^\circ$. 423. $\alpha = 74^\circ$. 424. $n = \frac{1}{\sqrt{\sin^2 \gamma_1 + \sin^2 \gamma_2}} = 1,5$.
425. $\alpha_2 = 51^\circ$. 426. $\beta = 50^\circ$. 427. $\gamma_2 = \gamma_1$. 428. а) $\varphi = 80^\circ$; б) $n_{21} = 1,3$.
429. $\alpha = 58^\circ$. 430. $l = \frac{2h}{n} = 0,9$ м. 431. В $k = \frac{\sqrt{n^2 - \sin^2 \gamma}}{n \cos \gamma} = 1,3$ раза.
432. $n = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{1 - k^2 \cos^2 \alpha}} = 1,6$. 433. $d = \frac{d_0}{\cos \alpha} = 6,0$ см. 434. $l = \frac{2hn}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}$.
435. $\alpha = \arcsin\left(n \cos \frac{\varphi}{2}\right) = 58^\circ$. 436. $l = \frac{2h \sin \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} = 1,9$ м.
437. $h = \frac{d \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}{2 \sin \alpha} = 1,8$ м. 438. $l = \frac{H n \cos \varphi}{\sqrt{n^2 - \cos^2 \varphi}}$.
439. $l = h \operatorname{tg} \alpha + \frac{H \sin \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} = 11$ дм. 440. $l = \frac{H(n^2 + 1)}{2n}$.
441. $r = R - \frac{H}{\sqrt{n^2 - 1}} = 72$ см. 442. $d = 2R + \frac{2h}{\sqrt{n^2 - 1}} = 52$ см.
443. $h = \frac{H}{n} = 90$ см. 444. $H = 52$ см. 445. $n = 1,7$. 446. $H = 4,0$ м.
447. $h = 2h_1 + \frac{2h_2}{n} = 6,1$ м. 448. $H = h_0 + \frac{h}{n} = 68$ см.
449. $h = 10$ мм. 450. * $h = \frac{d}{\operatorname{tg} \gamma \left(n \cos \gamma - \sqrt{1 - n^2 \sin^2 \gamma} \right)}$.
451. * $d = h \left(1 - \frac{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} \right) \sin \alpha = 7,0$ мм.
452. * $n = \sin \alpha \sqrt{\frac{h^2 \cos^2 \alpha}{(h \sin \alpha - d)^2}} + 1 = 1,76$.
453. * $\Delta l = \frac{h \sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} - \frac{h \sin \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} = 2,8$ мм.

$$454.*d = \frac{H \sin 2\alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}. \quad 455.*n = 1,7. \quad 456.*\varphi = \arctg\left(\frac{\sin \theta}{n - \cos \theta}\right) = 34^\circ.$$

$$457.*\varphi = \arccos \frac{n}{2} = 37^\circ. \quad 458.*\varphi = 33^\circ. \quad 459.*\varphi = \arctg \frac{1}{n}. \quad 460.*\alpha = 53^\circ.$$

$$461.*\alpha = \arcsin(n \sin \varphi) = 58^\circ. \quad 462.*\varphi = 70^\circ. \quad 463.*\alpha_2 = 45^\circ.$$

$$464.*\alpha = \arcsin \left[n \sin \left(\varphi - \arcsin \left(\frac{1}{n} \right) \right) \right] = 20^\circ. \quad 465.*a) \alpha = \frac{\theta + \varphi}{2} = 45^\circ;$$

$$б) n = \frac{\sin \left(\frac{\varphi + \theta}{2} \right)}{\sin \frac{\varphi}{2}} = 1,4. \quad 466.*\theta = \pi - \arcsin \left(\frac{\sin 2\varphi}{n} \right) = 150^\circ.$$

$$467.*\varphi = 54^\circ; \theta = 26^\circ. \quad 468.*\theta = 140^\circ. \quad 469.*a) \theta_1 = \arcsin \left(\frac{\lambda}{dn} \right);$$

$$б) \varphi_1 = \arcsin \left(\frac{\lambda}{d} \right). \quad 470. n = 1,4. \quad 471. A2; B1; B2; \Gamma 1; Д3; Е1. \quad 472. A2; B1.$$

$$473. \varphi = 36^\circ. \quad 474. n = 1,8. \quad 475. \alpha_0 = 47^\circ. \quad 476. v = 2,0 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}. \quad 481. \alpha_0 = 68^\circ.$$

$$482. \text{Будет.} \quad 483. h_{\max} = (R - r) \cdot \sqrt{n^2 - 1} = 2,6 \text{ см.} \quad 484. d_{\min} = \frac{2h}{\sqrt{n^2 - 1}}.$$

$$485. d = \frac{2h}{\sqrt{n^2 - 1}} = 34 \text{ см.} \quad 486. \Delta d = \frac{h}{n} \left(1 - \sqrt{\frac{1}{n^2 + 1}} \right) = 12 \text{ см.}$$

$$487. h_{\max} = \frac{l\sqrt{n^2 - 1}}{2} = 88 \text{ см.} \quad 488. \tau = \frac{R}{v} \left(1 + \sqrt{n^2 - 1} \right) = 40 \text{ с.}$$

$$489. h = R\sqrt{n^2 - 1} = 44 \text{ см.} \quad 490. h = c\tau \frac{\sqrt{n^4 - 1}}{n^3}.$$

$$491. \Delta r = h - r\sqrt{n^2 - 1} = 32 \text{ см.} \quad 492. \Delta t = \sqrt{\frac{2R\sqrt{n^2 - 1}}{a}} = 4,6 \text{ с.}$$

$$493. \frac{t_{\max}}{t_{\min}} = \frac{n}{\sqrt{n^2 - 1}} = 1,3. \quad 494. H = \frac{h}{2} + \sqrt{n^2 - 1} \cdot \frac{l}{2} = 7,5 \text{ м.}$$

$$495. l_{\min} = \frac{5h}{\sqrt{n^2 - 1}}. \quad 496.*\varphi = 30^\circ. \quad 497. \alpha_0 = \arcsin \left(\frac{\sin \beta_2}{\sin \beta_1} \right) = 45^\circ.$$

$$498.*\alpha = \arccos \frac{n_b}{n_n} = 31^\circ. \quad 500.*\varphi_{\max} = 36^\circ. \quad 501.*\gamma = 45^\circ. \quad 502. \alpha_0 = 35^\circ.$$

$$503. \alpha_0 = 41^\circ. \quad 504. \beta = 60^\circ. \quad 505. \text{Два.} \quad 506. \frac{1}{2} \arcsin \frac{1}{n} \leq \varphi < \frac{\pi}{4}.$$

$$507. \theta = 48^\circ. \quad 508.*a) 3, 11; б) 9. \quad 509.*l = 2,4 \text{ см.} \quad 510.*R = 33 \text{ мм.}$$

$$511.*l = \frac{R(2-n^2)}{\sqrt{n^2-1}} = 0,2 \text{ м. } 512.*h = 28 \text{ см. } 514.*h = 2,8 \text{ мм. } 515.*r = 8 \text{ см.}$$

$$518.*l = 72 \text{ мм. } 519.*a) \gamma_2 = 30^\circ; б) \theta = 2\left(\alpha_1 - \arcsin \frac{\sin \alpha}{n}\right) = 20^\circ.$$

$$520. d_{\max} = \frac{2R}{n} = 60 \text{ мм. } 521.*n = \frac{l\sqrt{2d}}{d\sqrt{d-\sqrt{d^2-l^2}}} = 1,8. \quad 522.*OA = \frac{20}{7}R.$$

$$523. n = \frac{2R}{\sqrt{4R^2-l^2}} = 1,5. \quad 524. \lambda = 382 \text{ нм. } 525. n = 1,33. \quad 526. б. \quad 527. 2, 3, 8.$$

$$528. 4, 7. \quad 529. б). \quad 530. \text{фсгзжжк. } 532. 200-400 \text{ нм. } 533. v_k = 2,25 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$v_\Phi = 2,23 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}. \quad 534. \Delta\lambda = 103 \text{ нм. } 535. \frac{h_c}{h_k} = 2. \quad 536. \tau = 1,4 \text{ мкс.}$$

$$537. l = 20 \text{ м. } 538. l = h \sin \alpha \left(\frac{1}{\sqrt{n_k^2 - \sin^2 \alpha}} - \frac{1}{\sqrt{n_\Phi^2 - \sin^2 \alpha}} \right) = 0,2 \text{ мм.}$$

$$539. \Delta l_k = 1,09 \text{ см; } l_\Phi = 1,05 \text{ см. } 540. \Delta\beta = 2,5^\circ.$$

V. Линзы

$$541. а) 2, 5, 6, 8; б) 3; в) 1; г) 1, 3, 4, 7. \quad 543. 1\text{Аг; } 2\text{Ди; } 3\text{Ди; } 4\text{Аг.}$$

$$544. 3, 6. \quad 545. 4, 5, 6, 8. \quad 546. 3, 4, 5. \quad 547. 5, 7. \quad 548. \text{Луч } a \text{ пройдет через } 6, b-7, c-3. \quad 549. \text{Луч } a \text{ пройдет через } 3, b-7; c-3.$$

$$550. 7. \quad 557. \text{Аб2; Ба3. } 558. \text{А4; Б2; В3. } 559. S'_1(-6 \text{ см}), S'_2(7,5 \text{ см}).$$

$$560. A' (3;0), B' (3;-1), C' (4;-2), D' (4;0). \quad 561. F=10 \text{ см; } D=10 \text{ дптр; } \Gamma=2.$$

$$562. F=25 \text{ см; } D=4 \text{ дптр; } \Gamma=2,5. \quad 563. F=-20 \text{ см; } D=-5 \text{ дптр; } \Gamma=0,25.$$

$$564. f=20 \text{ см. } 565. f=40 \text{ см. } 566. d=1,2 \text{ м. } 567. d=6 \text{ см. } 568. D=-2 \text{ дптр.}$$

$$569. d=16 \text{ см. } 570. D=-6 \text{ дптр. } 571. l=9 \text{ см. } 572. l=10 \text{ см. } 573. d=20 \text{ см;}$$

$$F=25 \text{ см. } 574. l=18 \text{ см. } 575. D=-10 \text{ дптр. } 576. f=72 \text{ мм; } |F|=90 \text{ мм.}$$

$$577. D = \frac{(\Gamma+1)^2}{\Gamma L} = 2,4 \text{ дптр. } 578. \Gamma = \frac{F}{l} = 1,2. \quad 579. D_p = -5 \text{ дптр или}$$

$$D_c = 15 \text{ дптр. } 580. F=15 \text{ см или } F=30 \text{ см. } 581. d=50 \text{ см или } d=30 \text{ см.}$$

$$582. d_c = 0,6 \text{ м — собирающая линза; } d_p = 0,4 \text{ м — рассеивающая линза.}$$

$$583. H_1 = 21 \text{ см. } 584. F=6 \text{ см. } 585. D=-0,5 \text{ дптр. } 586. \text{В } \alpha = 1,2 \text{ раза.}$$

$$587. \Gamma_2 = 2,6. \quad 588. \frac{D_2}{D_1} = 0,6. \quad 589. D_1 = 3 \text{ дптр. } 590. F = \frac{2d_1(l-d_1)}{l} = 9 \text{ см.}$$

$$591. l=12 \text{ см. } 592. F=32 \text{ мм. } 593. F_2=36 \text{ см. } 594. \text{В три раза.}$$

$$595. \text{В } \frac{\Gamma_1}{\Gamma_2} = 2,2 \text{ раза. } 596. F=6 \text{ см. } 597. \text{В } \frac{H_2}{H_1} = \frac{d}{d-2\Delta d} = 3 \text{ раза.}$$

598. В $\frac{\Gamma_2}{\Gamma_1} = 2$ раза. 599. $f = \frac{\Gamma(\Gamma+1)\Delta l}{\Gamma^2 + 1} = 18$ см. 600. $\Gamma = 2$.

601. $*h = \sqrt{H_1 H_2} = 20$ см. 602. Уменьшится в $n = 3$ раза.

603. $F = \frac{\Gamma l}{2} = 8$ см. 604. $F = \frac{2}{9} L = 20$ см. 605. $a = \frac{F^2}{b} = 10$ см.

606. $\Gamma = 1,5$. 607. В $\frac{h}{H} = 2,5$ раза. 608. $*k = \Gamma_1 \Gamma_2 = 11$. 609. $\Gamma = 6$.

610. $d = \frac{d_0(l_2 - l_1)}{l_1 + l_2} = 12$ мм. 611. $d = 2$ см. 612. $F_2 = \frac{F_1 l}{2F_1 + l} = 6$ см.

613. $l = \frac{dr}{d - F} = 10$ см. 614. а) $\tau = 1,5$ нс; б) $\tau = 1,5$ нс.

616. $*l = \frac{F^2 \Delta l}{(d - F)(d + \Delta l - F)} = 2,0$ см. 617. $*L = \frac{dl}{d - F} = 6$ мм.

618. $*l = \frac{dr}{d - 2F} = 8$ см. 619. $*\omega = \sqrt{\frac{Fg \operatorname{tg} \alpha}{R(d - F)}}$. 620. $*L = 5,4F = 108$ см;

$\Gamma_1 = 2$; $\Gamma_2 = 0,4$. 621. $*\Delta t = \frac{2}{g} \sqrt{v_0^2 - \frac{2g}{D}} = 2,4$ с. 622. $*v_2 = 12 \frac{\text{мм}}{\text{с}}$.

623. а) $f = \frac{dF}{F + d} = 10$ см; б) $f = \frac{dF}{F - d} = 30$ см. 624. $l = 36$ см.

625. $r = 12$ см. 626. а) (2; 0,5) см; б) (4; 2) см. 627. 1. 628. $f_2 = 3$ см.

629. $x = 4$ см. 630. а) $F_1 = 3$ см; б) $F_2 = -2$ см; в) $x = 0$ см.

631. $*f_2 = 20$ см. 632. $*f_2 = 36$ см. 633. а) $l = 20$ см; б) в $n = 2$ раза.

634. $*f_2 = 1$ м. 635. $*d = 0,5$ м. 636. а) $l = 26$ см; б) $l = 8$ см.

637. $*f_2 = 2,4$ м. 638. $*d_1 = 30$ см. 639. $*b = 6$ см. 640. $*d_2 = 4$ мм.

641. $*f_2 = 25$ см. 642. $*l = 225$ см. 643. а) 1, 4, 6; б) 1, 4, 6; в) 2, 3, 5; г) 2, 4, 5. 644. А) $\gamma = 3$; Б) бесконечно большое; В) 2; Г) 3. 645. $\Gamma = 3$.

646. $F = 5$ см. 647. $\Gamma = 8$. 648. $\Gamma_2 = 6$. 649. $\gamma = 2$. 650. а) $x = 12,5$ см;

б) в $k = 1,6$ раза. 651. А2; Б5; В4; Г1. 652. 1. 653. 2.

654. $D_0 = -2,25$ дптр. 655. $D_0 = 4$ дптр. 656. $d = 10$ см. 657. $\Delta D = 4$ дптр.

658. а) 5; б) $\Gamma = 2$. 659. $*\Gamma = 4000$. 660. А) $\gamma = 4,5$; Б) а1, 61. 661. а) А) 3;

Б) 6. 662. а) 1; б) 8. 663. а) $F_2 = 25$ мм; б) $\gamma = 40$. 664. $*D = 500$ дптр.

665. $*D = 1$ дптр. 666. $*\varphi_2 = 10^\circ$. 667. А5, Б4, В2, Г2. 668. $L = 46$ см.

669. $h = 36$ м. 670. $F = \frac{d_1 H_1 - d_2 H_2}{H_1 - H_2} = 20$ см. 671. 38 см. 672. $d = 1$ м.

673. а) $l = 7,5$ см; б) $F = 25$ см. 674. $*d_2 = 3$ м. 675. В $\Gamma = 32$ раза.

676. 2,25; 3,5 см.

Основы специальной теории относительности

VI. Элементы теории относительности

677. в. 678.*а) c ; б) $\frac{c}{\sqrt{2}}$; в) $\tau = \sqrt{2}\tau_0$. 679. Инерциальных,

не зависит, не зависит. 680.*2. 681.*2,1. 683.*В $n = 1,25$ раза.

684.* $l_0 = 90$ м. 685.* $v = 1,8 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. 686.* $P = 10,4l_0$. 687.* $S = 0,15 \text{ м}^2$.

688.* $v = 2,4 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. 689.* $v_2 = 0,6c$. 690.*В $n = 1,25$ раза. 691.* $\tau = 60$ нс.

692.* $\Delta t = t \left(1 - \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \right) = 4$ мин. 693.* $s = 2 \cdot 10^8$ м. 694.*а) 0,5 с;

б) 2,0 с. 695.* $s = c\sqrt{t^2 - t_0^2} = 1,1$ км. 696.* $v_2 = 40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. 697.* $t = 118$ с.

698.* $\Delta t = \frac{l \left(1 + \frac{v_0 v_1}{c^2} \right)}{v_0 + v_1} = 2$ мс. 700.* $v = 0,8c$. 701.* $v = c$. 702.* $v_2 = 0,50c$.

703.* $v_0 = 0,96c$. 704.*В 2 раза. 705.* $p = 1,5 \cdot 10^{-18} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$.

706.* $v = 1,8 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. 707.* $p = 8,0 \cdot 10^{11} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$. 708.* $F = 1,5 \cdot 10^{-5}$ Н.

709. $E_0 = 1,8 \cdot 10^{11}$ Дж. 710. $m = 853$ кг. 711. $\Delta m = 4,2 \cdot 10^{-10}$ кг.

712. а) $E_0 = 6 \cdot 10^{28}$ Дж; б) $\Delta m = 0,7$ кг. 713. $\tau = 7,1 \cdot 10^{12}$ лет.

714.*А1; Б8; В2; Г7. 715.*А6; Б7; В1. 716. $\Delta m = 3,1 \cdot 10^{15}$ кг.

717.*Не изменяется, уменьшается. 718.*а) 5; б) 6; в) 7. 719.*2, 4, 6.

720.*а) 8; б) 6. 721.* $\Delta v = 2,7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $R = 2,9$ км. 722.* $E = 3 \cdot 10^{-10}$ Дж.

723.*а) 4; б) 3. 724.* $E_{\kappa} = 4,5 \cdot 10^{-8}$ Дж. 725.* $n = 5$. 726.* $n = 2$.

727.* $v = 2,6 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. 728.* $l = l_0 \frac{m_0 c^2}{E}$. 729.* $\frac{l_0}{l} = \frac{E_{\kappa}}{mc^2} + 1$.

730.* $p = \frac{2\sqrt{13}m_e c}{3}$. 731.* $p = \frac{\sqrt{5}m_e c}{2}$. 732.* $t = \frac{t_0 E}{mc^2} = 1,1$ мкс.

733.* $A = 0,42mc^2$. 734.* $R = \frac{m_e c \sqrt{\alpha^2 + 2\alpha}}{eB} = 10$ см. 735.* $E = 0,65 \frac{\text{МВ}}{\text{м}}$.

736.* $\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{0,25m_p c^2}{q_p}$. 737.* $v = \frac{c\sqrt{eU(eU + 2m_e c^2)}}{eU + m_e c^2} = 2,6 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

$$738.*U = \frac{m_e c^2}{e} = 5,1 \cdot 10^5 \text{ В. } 739.*v = \frac{eEct}{\sqrt{(eEt)^2 + m_e^2 c^2}}.$$

$$740.*E_K = 1 \cdot 10^{-10} \text{ Дж. } 741.*E_K = 2 \cdot 10^{12} \text{ Дж, } \eta = 6 \text{ \%}.$$

Квантовая физика

VII. ФОТОНЫ. ДЕЙСТВИЯ СВЕТА

$$742. E = 1,3 \cdot 10^{-15} \text{ Дж. } 743. E = 7,8 \cdot 10^{-19} \text{ Дж. } 744. E_c > E_K.$$

$$745.*p_{\text{уф}} > p_{\text{ИК}}. 746.*E = 1,6 \cdot 10^{-24} \text{ Дж; } p = 5,4 \cdot 10^{-33} \frac{\text{КГ} \cdot \text{М}}{\text{с}}.$$

$$747.*\lambda = 0,71 \text{ мкм; } p = 9,3 \cdot 10^{-28} \frac{\text{КГ} \cdot \text{М}}{\text{с}}. 748.*p = 1,8 \cdot 10^{-22} \frac{\text{КГ} \cdot \text{М}}{\text{с}}.$$

$$749.*p = 2,7 \cdot 10^{-22} \frac{\text{КГ} \cdot \text{М}}{\text{с}}. 750. v = 1,2 \cdot 10^6 \frac{\text{М}}{\text{с}}. 751.*\lambda = 6,1 \cdot 10^{-8} \text{ м.}$$

$$752. N_0 = \frac{P \Delta t n \lambda}{hc} = 1,2 \cdot 10^{10}. 753. n = \frac{hc}{\lambda E} = 1,5. 754.*p = 1,1 \cdot 10^{-27} \frac{\text{КГ} \cdot \text{М}}{\text{с}}.$$

$$755. \langle P \rangle = 3,1 \text{ кВт. } 756. \lambda = 0,44 \text{ мкм. } 757. \lambda = 0,54 \text{ мкм. } 758. \eta = 2,0 \text{ \%}.$$

$$759. N = 1,2 \cdot 10^{19}. 760. \Delta t = 11 \text{ }^\circ\text{C. } 761. U = \frac{2h\nu}{e} = 5,0 \text{ В.}$$

$$762. \lambda = 6,2 \cdot 10^{-7} \text{ м. } 763. \lambda = 6,2 \cdot 10^{-7} \text{ м. } 764. N = 1,1 \cdot 10^6.$$

$$765. N = 5 \cdot 10^{22}. 766. 1) \text{ увеличится; } 2) \text{ уменьшится; } 3) \text{ увеличится; } 4) \text{ уменьшится. } 767. \text{ Плюс. } 773. \text{ А) а4, б3, в4, г4, д3; Б) а4, б4, в4, г4, д1.}$$

$$774. \text{ А1, Б3, В2, Г1. } 775. \text{ А) 5; Б) 8. } 776. \text{ а) } \eta = 60 \text{ \%; б) } E_{\text{max}} = 2 \text{ эВ.}$$

$$777. \text{ а) } U_3 = -4 \text{ В; б) } I_H = 8 \text{ мА. } 778. \text{ а)*3; б) 2; в) 6; г) 8.}$$

$$779. v_{\text{min}} = 9,7 \cdot 10^{14} \text{ Гц. } 780. A_{\text{вых}} = 2,1 \text{ эВ. } 781. \lambda_{\text{max}} = 5,7 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

$$782. \text{ Будет. } 783. E_K^{\text{max}} = 1,4 \cdot 10^{-19} \text{ Дж. } 784. E = 3,6 \text{ эВ.}$$

$$785. A_{\text{вых}} = 2,1 \text{ эВ. } 786. v_{\text{max}} = 6,3 \cdot 10^5 \frac{\text{М}}{\text{с}}. 787. \Delta r_{\text{max}} = 9,4 \text{ км.}$$

$$788. \lambda = \frac{2hc\lambda_{\text{max}}}{2hc + m_e v_{\text{max}}^2 \lambda_{\text{max}}} = 94 \text{ нм. } 789. v_{\text{max}} = 2,4 \cdot 10^6 \frac{\text{М}}{\text{с}}.$$

$$790.*v_{\text{max}} = 2,7 \cdot 10^8 \frac{\text{М}}{\text{с}}. 791. p_{\text{max}} = \sqrt{2m_e \left(\frac{hc}{\lambda} - A_{\text{вых}} \right)} = 7,0 \cdot 10^{-25} \frac{\text{КГ} \cdot \text{М}}{\text{с}}.$$

$$792.*B n = \frac{\sqrt{2m_e (pc - A_{\text{вых}})}}{p} = 350 \text{ раз. } 793. A_{\text{вых}} = 8,2 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$$

$$794. B \beta = 1,4 \text{ раза. } 795. h = \frac{\Delta E_K}{\Delta v} = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с.}$$

$$796. A_{\text{ВЫХ}} = \frac{4h\nu_2 - h\nu_1}{3} = 2,2 \cdot 10^{-19} \text{ Дж. } 797. A_{\text{ВЫХ}} = 1,7 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$$

$$798. \Delta E = 9,2 \text{ эВ. } 799. \Delta v = v_{\text{min}} + n^2(v_1 - v_{\text{min}}) - v_1 = 3,0 \cdot 10^{14} \text{ Гц.}$$

$$800. \lambda_2 = \frac{9\lambda_1\lambda_{\text{max}}}{16\lambda_{\text{max}} - 7\lambda_1} = 540 \text{ нм. } 801. A_{\text{ВЫХ}} = \frac{hc}{3} \cdot \frac{4\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_1\lambda_2} = 2,5 \text{ эВ.}$$

$$802. \lambda_{\text{max}} = \frac{hc\lambda}{hc - eU_3\lambda} = 6,3 \cdot 10^{-7} \text{ м. } 803. v_{\text{min}} = 3,9 \cdot 10^{14} \text{ Гц.}$$

$$804. |U_3| = 1,2 \text{ В. } 805. \text{ На } \Delta U_3 = 0,50 \text{ В. } 806. E = 3,6 \text{ эВ.}$$

$$807. v = v_{\text{min}} + \frac{e|U_3|}{h} = 1,3 \cdot 10^{15} \text{ Гц. } 808. A_{\text{ВЫХ}2} = 4,8 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$$

$$809. A_{\text{ВЫХ}2} = h\nu_{\text{min}} - e\Delta U_3 = 3,3 \text{ эВ. } 810. A_{\text{ВЫХ}} = 0,4h\nu = 2,5 \text{ эВ.}$$

$$811. \lambda_{\text{max}} = \frac{2c}{v} = 5,0 \cdot 10^{-7} \text{ м. } 812. h = \frac{5e\Delta|U_3|\lambda}{c} = 6,64 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с.}$$

$$813. h = \frac{e(|U_{32}| - |U_{31}|)}{v_2 - v_1} = 6,64 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с.}$$

$$814. *v_1 = \frac{e\varphi_{\text{max}2} - e\varphi_{\text{max}1}}{h} = 8 \cdot 10^{14} \text{ Гц.}$$

$$815. *A_{\text{ВЫХ}} = \frac{hc}{\lambda} - e\varphi_{\text{max}} = 3,2 \text{ эВ. } 816. *\varphi_2 = 2,2 \text{ В. } 817. *B n = 1,8 \text{ раза.}$$

$$818. *A_{\text{ВЫХ}} = 4,9 \text{ эВ. } 819. \lambda = 4,5 \cdot 10^{-7} \text{ м. } 820. A_{\text{ВЫХ}} = \frac{hc}{\lambda} - \frac{m_e v_{\text{max}1}^2}{2} + eU.$$

$$821. \text{ Нет. } 822. l_{\text{max}} = \frac{hc(\lambda_{\text{max}} - \lambda)}{eE\lambda_{\text{max}}\lambda} = 1,5 \text{ см. } 823. l_{\text{max}} = 4h.$$

$$824. A_{\text{ВЫХ}} = \frac{hc}{\lambda} - \frac{(eBR)^2}{2m_e}. 825. l = \frac{1}{eB} \sqrt{2m_e hc \cdot \frac{\lambda_{\text{max}} - \lambda}{\lambda_{\text{max}}\lambda}} = 6,3 \text{ мм.}$$

$$826. h_{\text{max}} = 4,9 \text{ мм. } 827. I_{\text{H}} = \frac{P\lambda e}{hcn} = 3,2 \cdot 10^{-4} \text{ А. } 828. \eta = 0,0008 \text{ \% .}$$

$$829. n = \frac{P\lambda e}{I_{\text{H}} hc} = 12. 830. A_{\text{ВЫХ}} = 1,8 \text{ эВ; } \frac{N}{\Delta t} = 1,25 \cdot 10^{18}. 831. U_3 = -2 \text{ В;}$$

$$E_{\text{K}}^{\text{max}} = 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ Дж; } I_{\text{H}} = 30 \text{ мкА. } 832. v_{\text{min}} = 0,5 \cdot 10^{15} \text{ Гц;}$$

$$A_{\text{ВЫХ}} = 3,31 \cdot 10^{-19} \text{ Дж; } h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с. } 833. h = 6,61 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с.}$$

$$834. A_{\text{ВЫХ}} = 1,7 \text{ эВ. } 835. E = 3,6 \text{ эВ. } 836. A = 2,7 \text{ эВ. } 837. б) U = 2,1 \text{ В.}$$

$$838. \frac{I_2}{I_1} = 1,4. 839. а) U = 2,4 \text{ В; б) } \eta = 1 \text{ \% . } 840. а) \frac{P_2}{P_1} = 1,125; б) \eta = 50 \text{ \% .}$$

$$841. \eta = 33 \% . 842. N = 195. 843. *p = 5,6 \text{ мкПа}. 844. * \frac{p_1}{p_2} = 2.$$

$$845. *p = 6,0 \text{ мкПа}. 846. *N = 5 \cdot 10^{15}. 847. *p = (1+R) \frac{Nh\nu}{c} \cdot \frac{1}{S\Delta t} = 8,4 \text{ мкПа}.$$

$$848. *P = 1,5 \text{ Вт}. 849. *p = 60 \text{ нПа}. 850. *\lambda = \frac{Nh(1+R)}{\pi r^2 p \Delta t} = 546 \text{ нм}.$$

$$851. а) S = 29 \text{ км}^2; б) * \langle F \rangle = 13,3 \text{ Н}.$$

VIII. Физика атома

$$853. а) \text{Ba, Ca, He}; б) \text{нет}. 854. а) \text{Na}; б) \text{да}. 857. E_{13} = E_{32} + E_{21}.$$

$$860. а) E_{51} = 13,06 \text{ эВ}; б) \nu = 3,15 \cdot 10^{15} \text{ Гц}. 861. \lambda = 1,9 \text{ мкм}.$$

$$862. \nu = 1,2 \cdot 10^{15} \text{ Гц}. 863. \lambda_{\max} = 86 \text{ нм}. 865. \Delta E = 5,4 \text{ эВ}.$$

$$866. E_8 = -3,4 \cdot 10^{-20} \text{ Дж}. 867. а) \text{Увеличится в 9 раз}; б) \text{уменьшится в 4 раза}. 868. В \alpha = 5,4 \text{ раза}. 869. 1) 3, 1; 2) 5, 4; 3) 1 и 6; 4) 5, 4; 5) 3, 1; 6) 4, 5; 7) 1, 3; 8) 4. 870. а) *2; б) *4; в) в 16 раз; г) *в 81 раз;$$

$$д) \text{ультрафиолетовой}. 871. *N = \frac{n(n-1)}{2}. 872. \lambda_{\max} = 91 \text{ нм}.$$

$$873. \nu_{\max} = 3,3 \cdot 10^{15} \text{ Гц}. 874. *p = 1,6 \cdot 10^{-28} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}. 875. \text{На } n = 5.$$

$$876. \nu = 8,2 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}. 877. \nu = 1,1 \cdot 10^{15} \text{ Гц}. 878. \lambda_{\alpha} = 658 \text{ нм}; \lambda_{\beta} = 488 \text{ нм};$$

$$\lambda_{\gamma} = 435 \text{ нм}; \lambda_{\delta} = 411 \text{ нм}. 879. 6. 880. 3. 881. \text{На } \Delta E = 12,75 \text{ эВ}.$$

$$882. \Delta E = -hc \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{\lambda_1 \cdot \lambda_2}. 883. \lambda_{54} = \frac{\lambda_{42} \lambda_{52}}{\lambda_{42} - \lambda_{52}} = 2,62 \text{ мкм}. 884. *\lambda = 488 \text{ нм};$$

$$p = 1,4 \cdot 10^{-28} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}; \text{да}. 885. \frac{\lambda_{\text{в}}}{\lambda_{\text{уф}}} = 4. 886. |\Delta E| = 2,8 \text{ эВ}. 887. n = 4.$$

$$888. n = 3. 889. \nu_{\max} = 8,4 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}. 890. E_{\text{к}}^{\max} = 3 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}.$$

$$891. l_{\max} = 11 \text{ мм}. 892. l_{\max} = 20 \text{ мм}. 893. R = \frac{1}{eB} \sqrt{\frac{2m_e hc}{\lambda} - \frac{2m_e |E_1|}{n^2}} = 2,2 \text{ мм}.$$

$$894. R = 1,4 \text{ мм}. 895. A_{\text{вых}} = 8,7 \text{ эВ}. 896. E_{\min} = 20,4 \text{ эВ}.$$

$$897. \Delta t = \frac{1}{2eE} \sqrt{(E_8 - E_1 - A_{\text{вых}}) 2m_e}. 898. *E_n = E_1 + A_{\text{вых}} + pc.$$

$$899. \nu = \frac{3m_p v_1^2}{32h} = 3,8 \cdot 10^{14} \text{ Гц}; \lambda = 0,79 \text{ мкм}. 900. а) n = 400;$$

б) $E = 8,5 \cdot 10^{-5}$ эВ; в) $T = 0,7$ К. **901.** $\eta = 80 \%$. **902.** $N = 1,3 \cdot 10^{17}$.
903. $P = 3,6$ МВт. **904.*** В 3 раза. **905.*** а) 1,44; б) 1,05.

IX. Ядерная физика и элементарные частицы

906. 2, 5. **907.** 1, 2, 5. **908.** 2, 3, 6, 7. **911.** а) ${}^{14}_7\text{N}$; б) ${}^{122}_{51}\text{Sb}$; в) ${}^{257}_{101}\text{Md}$.

913. $N_{\text{ал}} > N_{\text{м}} > N_{\text{кр}}$. **914.** $Z_0 = 1,4 \cdot 10^{24}$; $N_0 = 2,2 \cdot 10^{24}$. **915.** 1) ${}^{58}_{24}\text{Cr}$,
 ${}^{60}_{24}\text{Cr}$ и ${}^{61}_{27}\text{Co}$, ${}^{61}_{27}\text{Co}$; 2) ${}^{58}_{24}\text{Cr}$, ${}^{61}_{27}\text{Co}$; 3) ${}^{58}_{24}\text{Cr}$, ${}^{60}_{24}\text{Cr}$, ${}^{61}_{27}\text{Co}$. **916.** $Z = 88$;
 $N = 132$. **917.** $Z = 72$; $N = 108$. **918.** $q = 4 \cdot 10^5$ Кл. **919.** $N_0 = 1,1 \cdot 10^{23}$.
920. $N_{\text{выш.}} = 4,8 \cdot 10^{20}$. **921.** а) $q = 4,0 \cdot 10^{-18}$ Кл; б) $q = 7,2 \cdot 10^{-18}$ Кл.
922.* $v_0 = 50$ км/с. **923.** А) 5; Б) 4; В) 3.

924. 4. **925.** 5. **926.** $\Delta m_{11\text{B}} = 0,082$ а.е.м. = $1,4 \cdot 10^{-28}$ кг;

$\Delta m_{206\text{Pb}} = 1,7$ а.е.м. = $2,9 \cdot 10^{-27}$ кг.

927. а) $E_{\text{св1}} = 931,5$ МэВ = $1,49 \cdot 10^{-10}$ Дж;

б) $E_{\text{св2}} = 354$ МэВ = $5,7 \cdot 10^{-11}$ Дж. **928.** $E = (M - Zm_e)c^2$.

929. 1) $E_{\text{св1}} = 2,2$ МэВ; 2) $E_{\text{св2}} = 39,3$ МэВ; 3) $E_{\text{св3}} = 256$ МэВ;

4) $E_{\text{св4}} = 65,0$ МэВ. **930.** 1) $\varepsilon_1 = 2,84 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}$; 2) $\varepsilon_2 = 7,93 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}$;

3) $\varepsilon_3 = 7,57 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}$; 4) $\varepsilon_4 = 7,67 \frac{\text{МэВ}}{\text{нуклон}}$. **931.** $E_{188\text{Os}} > E_{56\text{Fe}} > E_{16\text{O}}$;

$\varepsilon_{56\text{Fe}} > \varepsilon_{16\text{O}} = \varepsilon_{188\text{Os}}$. **932.** $E_{\text{св}} = 1,5$ ГэВ. **933.** На $\eta = 0,86 \%$.

934. $E = 1,1$ МВт · ч. **935.** 3. **936.** $E = 8,3 \cdot 10^{11}$ Дж. **937.** $n = 6,3 \cdot 10^5$.

938. $E = 2,73 \cdot 10^{12}$ Дж. **939.** $n_{\phi} = 3,9 \cdot 10^{30}$. **940.** а) А–2, Б–4, В–2; б) А1,
 Б0, В–1; в) *А–1, Б0, В1; г) А0, Б0, В0. **941.*** А5; Б3; В7; Г9; Д6.

942. возбужденном; не изменяется; уменьшается. **943.*** 4. **944.** 4.

945. а) ${}^{222}_{86}\text{Rn}$; б) ${}^{216}_{84}\text{Po}$. **946.** а) ${}^{73}_{32}\text{Ge}$; б) ${}^{209}_{82}\text{Pb}$. **947.** а) ${}^{11}_5\text{B}$; б) ${}^{15}_7\text{N}$.

948. $Z = 82$; $N = 126$. **949.** $m_{\text{общ}} = 1,5 \cdot 10^{-25}$ кг. **950.** α -распада.

951. β^- -распада. **952.** ${}^{229}_{90}\text{Th}$. **953.** ${}^{213}_{84}\text{Po}$. **954.** ${}^{216}_{84}\text{Po}$. **955.** $N = 135$.

956. $n_{\alpha} = 5$; $n_{\beta} = 4$. **957.** $m_{\text{общ.}} = 2,3 \cdot 10^{-25}$ кг. **958.** ${}^{238}_{92}\text{U}$. **959.** $n = 14$.

960. На 58. **961.** а) ${}^{233}_{90}\text{Th}$; б) 2α и $1\beta^-$; в) ${}^{233}_{91}\text{Pa}$, ${}^{233}_{92}\text{U}$. **962.** $Z = 92$;

$A = 207$. **963.** На 36. **964.** 10. **965.** 12. **966.** $q = 9,3 \cdot 10^{-18}$ Кл.

967. $m = 32$ г. **968.** $Z = 83$; $N = 124$. **969.** $Z = 91$; $N = 141$. **970.** $I = \frac{eN}{t}$.

971. $N = 21000$. **972.** 2. **973.*** 21. **974.** 3. **975.** $N = 1 \cdot 10^{20}$.

- 976.** $N = 7,5 \cdot 10^{23}$. **977.** $|\Delta N| = 7 \cdot 10^{20}$. **978.** $\sim 10^{-17}$. **979.** а) $N = 2,2 \cdot 10^{21}$;
 б) $m_{\text{ост}} = 0,5 \text{ г}$. **980.** $T_{1/2} = 8 \text{ сут}$ **981.** $t = 40 \text{ сут}$. **982.** В $n_2 = 16$ раз;
 $T_{1/2} = 27 \text{ сут}$. **983.** $t_2 = 200 \text{ с}$. **984.** $t = 17 \text{ 100 лет}$. **986.** $|\Delta N| = 1,9 \cdot 10^{21}$.
987. $T_{1/2} = 10 \text{ с}$; $|\Delta N| = 7,0 \cdot 10^{22}$. **988.** $N = 9,3 \cdot 10^{27}$. **989.** $\Delta t = 24 \text{ сут}$.
990. $q = -3,6 \cdot 10^3 \text{ Кл}$. **991.** $I = 0,31 \text{ А}$. **992.** $\Delta m = 1,0 \text{ мг}$. **993.** $V = 0,60 \text{ мм}^3$.
994. $p = 75 \text{ кПа}$. **995.** $q = 84 \text{ Кл}$. **996.** $T_{1/2} = 27 \text{ мин}$. **997.** $\Delta t = 88 \text{ мин}$.
998. $m = 638 \text{ кг}$. **1000.** $v = 19 \text{ с}^{-1}$. **1001.** *А) 0,42 г; Б) 4; В) ${}_{20}^{40}\text{Ca}$;
 Г) 17,5 млн. лет; Д) 1,2 млрд. лет. **1002.** а) 101 Вт; б) ${}_{92}^{234}\text{U}$;
 в) 5 %. **1003.** 6, 7. **1004.** 3. **1007.** ${}_{30}^{63}\text{Zn}$; ${}_{30}^{62}\text{Zn}$; ${}_{29}^{62}\text{Cu}$.
1009. А) ${}_{12}^{23}\text{Mg} + {}_0^1n \rightarrow {}_{11}^{23}\text{Na} + {}_1^1p$, $Q = 1,3 \text{ МэВ}$; Б) 3,0 МэВ. **1010.** ${}_{92}^{235}\text{U}$.
1011. ${}_{94}^{239}\text{Pu}$. **1014.** 3. **1015.** $A = 90$. **1016.** $N = 2$. **1019.** $N_n = 5$; $N_e = 3$.
1020. $N = 1$. **1021.** На 2. **1022.** 1) $Q = -1,2 \text{ МэВ}$; 2) $Q = 15 \text{ МэВ}$;
 3) $Q = 4,0 \text{ МэВ}$; 4) $Q = -2,8 \text{ МэВ}$; 5) $Q = 4,4 \text{ МэВ}$; 6) $Q = 4,5 \text{ МэВ}$.
1023. 1) $Q = 2,8 \cdot 10^{-12} \text{ Дж}$; 2) $Q = 6,4 \cdot 10^{-13} \text{ Дж}$; 3) $Q = 1,8 \cdot 10^{-12} \text{ Дж}$.
1024. 1) $n_\alpha = 5$; $n_\beta = 4$; 2) $Q = 32 \text{ МэВ}$; 3) $P = 19 \text{ мкВт}$.
1025. $Q = 357,53 \text{ МэВ}$. **1026.** $Q = 2,3 \cdot 10^{15} \text{ Дж}$; достаточно.
1027. $m = 238 \text{ кг}$. **1028.** $m = 2,9 \text{ т}$. **1029.** $Q = 3,2 \text{ кДж}$. **1030.** $N = 2,7 \cdot 10^{22}$.
1031. $E = 3,6 \cdot 10^{17} \text{ МэВ}$. **1032.** $R = 5 \text{ см}$. **1033.** $Q = 3,1 \cdot 10^{11} \text{ Дж}$;
 $m = 7,3 \cdot 10^5 \text{ кг}$. **1034.** $Q = 1,37 \cdot 10^{11} \text{ Дж}$; в $k = 3 \cdot 10^6$ раза.
1035. $N = 1,8 \cdot 10^4 \frac{\text{КВ}}{\text{сут}}$. **1036.** $E_k = 16,8 \text{ МэВ}$. **1037.** $E_k = 5,7 \text{ МэВ}$.
1038. $v_1 = 3,7 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. **1039.** $p_{\text{Rn}} = p_{\text{He}}$; $E_{\text{He}} = 55,5 E_{\text{Rn}}$.
1040. $(E_k)_{\text{H}}^{\text{I}} = \frac{5(E_k)_{\text{H}}^{\text{I}} + 4Q}{2} = 80 \text{ МэВ}$. **1041.** $m = \frac{PM\Delta t \cdot 100 \%}{\eta N_A E_1} = 583 \text{ кг}$;
 $\frac{m_{\text{уг}}}{m} = 3,3 \cdot 10^6$. **1042.** $\eta = 25 \%$. **1043.** 60 %. **1044.** $Q = 175 \text{ МэВ}$.
1045. Лептон. **1046.** Закон сохранения заряда. **1048.** $\lambda = 2,4 \text{ пм}$.
1049. $E_{\text{min}} = 2,2 \text{ МэВ}$. **1050.** $E_k = 1,6 \text{ МэВ}$. **1051.** $v = 1,6 \cdot 10^{22} \text{ Гц}$.
1052. а) ${}_{8}^{17}\text{O}$; б) 3,2; в) *2,5. **1053.** А) 2; Б) 5; В) *2,3.
1054. $E_k = 0,78 \text{ МэВ}$. **1055.** $Z = 8$; $N = 10$.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1

Десятичные приставки к названиям единиц

Приставка	Обозначение	Десятичный множитель
экса	Э	10^{18}
пета	П	10^{15}
тера	Т	10^{12}
гига	Г	10^9
мега	М	10^6
кило	к	10^3
деци	д	10^{-1}
санти	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}

Таблица 2.

Основные физические постоянные

Величина	Обозначение и числовое значение
Атомная единица массы	$1 \text{ а. е. м.} = 1,6606 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Гравитационная постоянная	$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$

Величина	Обозначение и числовое значение
Заряд электрона	$q_e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Заряд протона	$q_p = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Магнитная постоянная	$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$
Масса электрона	$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Масса протона	$m_p = 1,672 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса нейтрона	$m_n = 1,674 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Модуль ускорения свободного падения	$g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
Постоянная Авогадро	$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$
Постоянная Планка	$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
Универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$
Электрическая постоянная	$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}$
Элементарный заряд	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$

Таблица 3.

Плотность веществ

Вещество	Плотность $\rho, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$
Алюминий	2,7
Ацетон	0,79
Бензин	0,71
Вода (пресная)	1,0
Вольфрам	19,3
Железо (сталь)	7,8
Золото	19,3
Калий	0,88
Керосин	0,80
Латунь	8,5
Лед	0,90
Масло (машинное)	0,90
Медь	8,9
Никель	8,8
Никелин	8,8
Нихром	8,3
Олово	7,39
Осмий	22,6
Платина	21,5

Вещество	Плотность $\rho, \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$
Полоний	9,4
Ртуть	13,6
Свинец	11,3
Серебро	10,5
Спирт	0,80
Титан	4,5
Уран	18,7
Хром	7,1
Цезий	1,9
Цинк	7,1
Чугун	7,0

Таблица 4.

Абсолютный показатель преломления n веществ

Вещество	n	Вещество	n
Алмаз	2,42	Серная кислота	1,43
Ацетон	1,36	Соляная кислота	1,25
Вода	1,33	Скипидар	1,47
Кварц	1,54	Спирт этиловый	1,36
Лед	1,31	Стекло (флинт)	1,70
Масло подсолнечное	1,5	Стекло (крон)	1,58
		Янтарь	1,55

Таблица 5.

Массы некоторых частиц и атомов

Название частицы или нуклида	Обозначение	Масса, а. е. м.
частицы		
Протон	1_1p	1,00728
Нейтрон	1_0n	1,00867
Электрон	${}^0_{-1}$	0,00055
нуклиды		
Азот	${}^{14}_7\text{N}$	14,00307
Азот	${}^{15}_7\text{N}$	15,00011
Алюминий	${}^{27}_{13}\text{Al}$	26,98146
Бериллий	${}^7_4\text{Be}$	7,01693
Бериллий	${}^8_4\text{Be}$	8,00531
Бериллий	${}^9_4\text{Be}$	9,0121822
Бериллий	${}^{10}_4\text{Be}$	10,01354
Бор	${}^{10}_5\text{B}$	10,01294
Бор	${}^{11}_5\text{B}$	11,00931
Водород	${}^1_1\text{H}$	1,00783

Название частицы или нуклида	Обозначение	Масса, а. е. м.
Водород	${}^2_1\text{H}$	2,01410
Водород	${}^3_1\text{H}$	3,01605
Гелий	${}^3_2\text{He}$	3,01602
Гелий	${}^4_2\text{He}$	4,00260
Железо	${}^{56}_{26}\text{Fe}$	55,934936
Кислород	${}^{16}_8\text{O}$	15,994914
Кислород	${}^{17}_8\text{O}$	16,99913
Кремний	${}^{30}_{14}\text{Si}$	29,97376
Литий	${}^6_3\text{Li}$	6,01512
Литий	${}^7_3\text{Li}$	7,01600
Магний	${}^{23}_{12}\text{Mg}$	22,989769
Магний	${}^{24}_{12}\text{Mg}$	23,9850417
Марганец	${}^{54}_{25}\text{Mn}$	53,940350
Молибден	${}^{95}_{42}\text{Mo}$	94,905854
Натрий	${}^{23}_{11}\text{Na}$	22,98976928
Платина	${}^{196}_{78}\text{Pt}$	195,9649515

Название частицы или нуклида	Обозначение	Масса, а. е. м.
Радий	$^{223}_{88}\text{Ra}$	223,0185022
Радий	$^{226}_{88}\text{Ra}$	226,02435
Рубидий	$^{90}_{37}\text{Rb}$	89,914802
Свинец	$^{206}_{82}\text{Pb}$	205,97445
Сера	$^{32}_{16}\text{S}$	31,972074
Углерод	$^{12}_6\text{C}$	12,00000
Углерод	$^{13}_6\text{C}$	13,003354
Уран	$^{235}_{92}\text{U}$	235,04394
Уран	$^{238}_{92}\text{U}$	238,05079
Фосфор	$^{32}_{15}\text{P}$	31,973900
Франций	$^{223}_{87}\text{Fr}$	223,20940
Цезий	$^{137}_{55}\text{Cs}$	136,9070895
Цезий	$^{144}_{55}\text{Cs}$	143,932077

Периодическая система химических

Период	Ряд	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ						
		I	II	III	IV	V		
I	1	(H)						
II	2	Li 3 6,939 Литий	Be 4 9,0122 Бериллий	5 10,811 Бор	6 12,01115 Углерод	7 14,0067 Азот		
III	3	Na 11 22,9898 Натрий	Mg 12 24,312 Магний	13 26,9815 Алюминий	14 28,086 Кремний	15 30,9738 Фосфор		
IV	4	K 19 39,102 Калий	Ca 20 40,08 Кальций	Sc 21 44,956 Скандий	Ti 22 47,90 Титан	V 23 50,942 Ванадий		
	5	29 63,546 Cu Медь	30 65,37 Zn Цинк	31 69,72 Ga Галлий	32 72,59 Ge Германий	33 74,9216 As Мышьяк		
V	6	37 85,47 Rb Рубидий	38 87,62 Sr Стронций	39 88,905 Y Иттрий	40 91,22 Zr Цирконий	41 92,906 Nb Ниобий		
	7	47 107,868 Ag Серебро	48 112,40 Cd Кадмий	49 114,82 In Индий	50 118,69 Sn Олово	51 121,75 Sb Сурьма		
VI	8	55 132,905 Cs Цезий	56 137,34 Ba Барий	57 138,81 La* Лантан	72 178,49 Hf Гафний	73 180,948 Ta Тантал		
	9	79 196,967 Au Золото	80 200,59 Hg Ртуть	81 204,37 Tl Таллий	82 207,19 Pb Свинец	83 208,980 Bi Висмут		
VII	10	87 [223] Fr Франций	88 [226] Ra Радий	89 [227] Ac** Актиний	104 [261] Rf Резерфордий	105 [262] Db Дубний		
*ЛАНТАНОИДЫ		58 140,12 Ce Церий	59 140,907 Pr Празеодим	60 144,24 Nd Неодим	61 [145] Pm Прометий	62 150,35 Sm Самарий	63 151,96 Eu Европий	64 157,25 Gd Гадолиний
**АКТИНОИДЫ		90 232,038 Th Торий	91 [231] Pa Протактиний	92 238,03 U Уран	93 [237] Np Нептуний	94 [242] Pu Плутоний	95 [243] Am Америций	96 [247] Cm Кюрий

элементов Д. И. Менделеева

ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ									
VI		VII		VIII					
		1 1,00797 Водород H		Обозначение элемента Атомный номер Li3 Литий6,939 Относительная атомная масса				2 4,0026 Гелий He	
8 15,9994 Кислород O		9 18,9984 Фтор F						10 20,183 Неон Ne	
16 32,064 Сера S		17 35,453 Хлор Cl						18 39,948 Аргон Ar	
Cr24 51,996 Хром		Mn25 54,938 Марганец		Fe26 55,847 Железо		Co27 58,9332 Кобальт		Ni28 58,71 Никель	
34 78,96 Селен Se		35 79,904 Бром Br						36 83,80 Криптон Kr	
Mo42 95,94 Молибден		Tc43 [99] Технеций		Ru44 101,07 Рутений		Rh45 102,905 Родий		Pd46 106,4 Палладий	
52 127,60 Теллур Te		53 126,9044 Иод I						54 131,30 Ксенон Xe	
W74 183,85 Вольфрам		Re75 186,2 Рений		Os76 190,2 Осмий		Ir77 192,2 Иридий		Pt78 195,09 Платина	
84 [210] Полоний Po		85 210 Астат At						86 [222] Радон Rn	
Sg106 [263] Сиборгий		Bh107 [262] Борий		Hs108 [265] Хассий		Mt109 [266] Мейтнерий		110	
Tb65 158,924 Тербий		Dy66 162,50 Диспрозий		Ho67 164,930 Гольмий		Er68 167,26 Эрбий		Tm69 168,934 Тулий	
Yb70 173,04 Иттербий		Lu71 174,97 Лютеций							
Bk97 [247] Берклий		Cf98 [249] Калифорний		Es99 [254] Эйнштейний		Fm100 [253] Фермий		Md101 [256] Менделевий	
								No102 [255] Нобелий	
								Lr103 [257] Лоуренсий	

Содержание

<i>От авторов</i>	3
Колебания и волны	
I. Механические колебания и волны.	6
II. Электромагнитные колебания и волны.	51
Оптика	
III. Волновая оптика	88
IV. Геометрическая оптика	105
V. Линзы.	162
Основы специальной теории относительности	
VI. Элементы теории относительности	200
Квантовая физика	
VII. Фотоны. Действия света	218
VIII. Физика атома	245
IX. Ядерная физика и элементарные частицы	259
<i>Ответы</i>	292
<i>Приложения</i>	309

Учебное издание
Дорофейчик Владимир Владимирович
Силенков Михаил Анатольевич

СБОРНИК **задач** **по физике**

Учебное пособие для 11 класса
учреждений образования,
реализующих образовательные программы
общего среднего образования
с русским языком обучения и воспитания
(базовый и повышенный уровни)

Нач. редакционно-издательского отдела *С. П. Малякко*

Редактор *Е. А. Соколовская*

Художественный редактор *К. А. Тарасевич*

Художник *З. П. Болтикова*

Обложка художника *З. П. Болтиковой*

Компьютерная верстка *Я. И. Архиповой*

Корректоры *В. П. Шкредова, Г. М. Мазина*

Подписано в печать 15.06.2023. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 18,6. Уч.-изд. л. 12,0.

Тираж 45 975 экз. Заказ

Научно-методическое учреждение «Национальный институт образования»
Министерства образования Республики Беларусь.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/263 от 02.04.2014.

Ул. Короля, 16, 220004, г. Минск

Республиканское унитарное предприятие
«Издательство “Белорусский Дом печати”».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 2/102 от 01.04.2014.

Пр. Независимости, 79/1, 220013, г. Минск

Правообладатель Национальный институт образования

(Название учреждения образования)

Учебный год	Имя и фамилия учащегося	Состояние учебного пособия при получении	Оценка учащемуся за пользование учебным пособием
20 /			
20 /			
20 /			
20 /			
20 /			
20 /			
20 /			