

## **Задачи для самостоятельного решения**

### **Интерференция света**

задачи 15.177-15.386

### **Дифракция света**

задачи 15.387 – 15.568

### **Поляризация света**

задачи 15.569 – 15.751

### **Тепловое излучение**

задачи 17.1 – 17.86

### **Фотоны. Давление света**

задачи 16.63 – 16.90

### **Фотоэффект**

задачи 16.7 – 16.62

### **Эффект Комптона**

задачи 16.91 – 16.118; 16.233 – 16.236

### **Волны де Броиля**

задачи 16.119 – 16.146; 16.237 – 16.239

### **Соотношение неопределенностей.**

**Уравнение Шредингера.**

### **Потенциальные ямы и барьеры**

задачи 16.147 – 16.230; 16.240 – 16.243

### **Элементы квантовой статистики и физики твердого тела**

задачи 17.87 – 17.192

### 14.3. Задачи для самостоятельного решения

**14.1.** Точка совершает колебания по закону  $x(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$ , где  $A = 2$  см . Определить начальную фазу  $\varphi$ , если  $x(0) = -\sqrt{3}$  см и  $x'(0) < 0$ . Построить векторную диаграмму для момента  $t = 0$ .

**14.2.** Материальная точка массой  $m = 5$  г совершает колебания с частотой  $v = 0,5$  Гц . Амплитуда колебаний  $A = 3$  см .

Определить: 1) скорость  $v$  точки в момент времени, когда смещение  $x = 1,5$  см ; 2) максимальную силу  $F_{\max}$ , действующую на точку; 3) полную энергию  $E$  колеблющейся точки.

**14.3.** Физический маятник представляет собой стержень длиной  $l = 1$  м и массой  $3m_1$  с прикрепленным к одному из его концов обручем диаметром  $d = \frac{l}{2}$  и массой  $m_1$ . Горизонтальная ось маятника проходит через середину стержня, перпендикулярно ему. Определить период  $T$  колебаний такого маятника.

**14.4.** Материальная точка совершает гармонические колебания вдоль оси  $x$ . По прошествии времени  $t_1 = 0,1$  с от начала движения смещение точки от положения равновесия  $x_1 = 5$  см , скорость  $v_{1x} = 62 \frac{\text{см}}{\text{с}}$ , ускорение  $a_{1x} = -540 \frac{\text{см}}{\text{с}^2}$ . Определить: 1) амплитуду  $A$ , круговую частоту  $\omega$  и начальную фазу колебаний  $\varphi_0$ ; 2) смещение  $x$ , скорость  $v_x$  и ускорение  $a_x$  в начальный момент времени  $t = 0$ .

**14.5.** Шарик массой  $m = 20$  г колеблется с периодом  $T = 2$  с . В начальный момент времени шарик обладал энергией  $E = 0,01$  Дж и находился от положения равновесия на расстоянии  $x_1 = 0,25$  м . Написать уравнение гармонического колебания шарика.

**14.6 – 14.30.** Тело совершают гармонические колебания по закону  $x = A \cos(\omega_0 t + \phi_0)$ . Определите период  $T$  и начальную фазу  $\phi_0$  колебаний по данным табл. 14.2. Постройте векторную диаграмму для момента времени  $t = 0$  и графики изменения координаты, скорости и ускорения от времени  $x(t)$ ,  $v_x(t)$ ,  $a_x(t)$ .

Таблица 14.2

**Условия к задачам 14.6 – 14.30**

Номер задачи	Амплитуда $A$ , см	Значения при $t = 0$		
		$x(0)$ , см	$v_x(0)$ , $\frac{\text{м}}{\text{с}}$	$a_x(0)$ , $\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$
14.6	4		-0,42	-6,36
14.7	4	3,46	0,20	
14.8	4	-2,83	<0	11,32
14.9	4		-0,60	0,00
14.10	4	-2,00	0,52	
14.11	5		-0,25	4,33
14.12	5	5,00		-5,00
14.13	4		0,00	16,00
14.14	6	4,24	-0,85	
14.15	4	-3,46	-0,30	
14.16	4	2,83	>0	-2,83
14.17	4	2,00	-0,35	
14.18	4	0,00	0,60	
14.19	4	-3,46	>0	13,84
14.20	5	2,50	8,66	
14.21	5		4,33	2,50
14.22	4	-4,00		9,00
14.23	4		0,40	0,00
14.24	6		0,00	-13,50
14.25	6		0,52	-3,00
14.26	4	2,83	<0	-6,37
14.27	4		-0,52	4,50
14.28	6		0,64	9,54
14.29	6		0,45	-11,69
14.30	4	0,00	-0,40	

**14.31 – 14.58.** Начальная фаза гармонического колебания материальной точки равна нулю. При смещении точки от положения равновесия  $x_1$  скорость ее составляет  $v_1$ , а при смещении  $x_2$  скорость равна  $v_2$ . Период колебаний равен  $T$ . Найти неизвестную величину согласно номеру задачи в табл. 14.3. Определить амплитуду колебания (с точностью до 0,01 см).

Таблица 14.3

**Условия к задачам 14.31 – 14.58**

Номер задачи	$x_1$ , см	$x_2$ , см	$v_1$ , см/с	$v_2$ , см/с	$T$ , с
14.31	?	1,5	4,2	2,5	2,08
14.32	3,0	?	8,	6,0	3,14
14.33	1,5	2,0	?	1,0	2,94
14.34	2,4	2,8	3,0	?	4,05
14.35	1,2	1,5	2,0	1,6	?
14.36	?	4,0	3,5	0,4	4,78
14.37	0,1	?	2,5	2,0	2,052
14.38	4,5	6,0	?	0,8	6,36
14.39	0,8	1,0	3,5	?	2,09
14.40	2,0	2,5	3,0	2,0	?
14.41	?	6,0	4,5	1,0	4,75
14.42	4,0	?	14,0	2,8	2,05
14.43	1,4	2,0	?	1,0	3,9
14.44	0,2	0,8	5,0	?	1,062
14.45	3,5	4,0	2,6	1,4	?
14.46	?	1,0	4,0	3,5	2,81
14.47	1,0	?	2,5	1,0	4,75
14.48	0,4	0,6	?	1,6	2,34
14.49	2,2	2,8	2,0	?	6,28
14.50	5,0	6,0	12,0	3,2	?
14.51	?	2,5	4,5	1,2	2,17
14.52	0,5	?	5,2	2,5	0,86
14.53	6,0	6,5	?	2,0	2,78
14.54	1,6	2,0	4,0	?	2,85
14.55	2,5	3,0	3,6	1,2	?
14.56	?	0,5	5,0	3,0	0,72
14.57	5,5	?	10,0	1,5	2,75
14.58	0,6	1,2	?	1,4	2,46

**14.59 – 14.86.** Физическое тело заданных форм и размеров, подвешенное на гвозде, вбитом в стену, совершают малые колебания в плоскости, параллельной стене. Найти период колебаний для заданного тела согласно номеру задачи в табл. 14.4. Размерами петли, за которую подвешено тело, пренебречь.

Таблица 14.4

**Условия к задачам 14.59 – 14.86**

Номер задачи	Физическое тело	Размеры тела		Длина нити $L$ , см
		радиус $r$ , см	длина $l$ , см	
14.59	Обруч	19,6		
14.60		4,9		
14.61		122,5		
14.62		44,1		
14.63	Диск	5,29		
14.64		26,13		
14.65		6,53		
14.66		4,14		
14.67	Диск на нити	6,0		10
14.68		5,0		5
14.69		10,0		5
14.70		8,0		12
17.71	Шар	5,67		
14.72		4,48		
14.73		2,52		
14.74		7,0		
14.75	Шар на нити	2,0		3
14.76		5,0		5
14.77		12,0		8
14.78		12,0		18
14.79	Стержень		20	
14.80			50	
14.81			80	
14.82			100	
14.83	Стержень на нити		20	10
14.84			50	20
14.85			80	50
14.86			100	50

**14.87 – 14.111.** Применяя графический метод сложения и соблюдая масштаб, постройте траекторию светящейся точки на экране осциллографа как результат сложения двух взаимно перпендикулярных колебаний  $x(t)$  и  $y(t)$ , которые совершают эта точка. Уравнения колебаний приведены в табл. 14.5.

Таблица 14.5

**Условия к задачам 14.87 – 14.111**

Номер задачи	Уравнения колебаний $x(t), y(t)$	Номер задачи	Уравнения колебаний $x(t), y(t)$
14.87	$x = A \sin \omega t, y = A \cos 2\omega t$	14.100	$x = 2A \sin \omega t, y = A \cos 3\omega t$
14.88	$x = A \sin 2\omega t, y = A \sin 3\omega t$	14.101	$x = A \sin 2\omega t, y = A \cos 3\omega t$
14.89	$x = A \cos 3\omega t, y = A \cos 2\omega t$	14.102	$x = 2A \cos 2\omega t, y = A \sin \omega t$
14.90	$x = 2A \cos \omega t, y = A \sin 2\omega t$	14.103	$x = A \cos \omega t, y = A \sin 3\omega t$
14.91	$x = 2A \cos 3\omega t, y = A \sin 2\omega t$	14.104	$x = 2A \sin 3\omega t, y = A \sin 2\omega t$
14.92	$x = A \sin 3\omega t, y = A \sin \omega t$	14.105	$x = A \sin 2\omega t, y = A \cos \omega t$
14.93	$x = 2A \sin \omega t, y = A \sin 2\omega t$	14.106	$x = 2A \sin \omega t, y = A \sin 3\omega t$
14.94	$x = 2A \cos 2\omega t, y = A \sin 3\omega t$	14.107	$x = A \cos 2\omega t, y = A \cos \omega t$
14.95	$x = A \cos \omega t, y = A \cos 3\omega t$	14.108	$x = 2A \cos 3\omega t, y = A \cos \omega t$
14.96	$x = 2A \sin 3\omega t, y = A \cos \omega t$	14.109	$x = A \sin 2\omega t, y = A \sin \omega t$
14.97	$x = A \cos 3\omega t, y = A \sin \omega t$	14.110	$x = 2A \cos \omega t, y = A \cos 2\omega t$
14.98	$x = 2A \cos 2\omega t, y = A \cos 3\omega t$	14.111	$x = 3A \sin 3\omega t, y = A \cos 3\omega t$
14.99	$x = 2A \cos 2\omega t, y = A \sin 2\omega t$		

**14.112 – 14.139.** Материальная точка, подвешенная на пружине, массой которой можно пренебречь, колеблется по гармоническому закону с амплитудой, равной  $A$ . Максимальная сила, действующая при этом на материальную точку, равна  $F_{\max}$ , полная энергия колеблющейся точки –  $E$ . Коэффициент жесткости пружины –  $k$ . Найти неизвестные величины согласно номеру задачи в табл. 14.6.

Таблица 14.6

**Условия к задачам 14.112 – 14.139**

Номер задачи	$A, \text{ см}$	$F_{\max}, \text{ Н}$	$k, \frac{\text{Н}}{\text{м}}$	$E, \text{ Дж}$
14.112	?	?	100	0,02
14.113	6	?	?	0,24
14.114	1	4	?	?
14.115	?	7	280	?
14.116	?	?	300	0,24
14.117	3	?	?	0,27
14.118	5	20	?	?
14.119	?	1,5	100	?
14.120	?	?	1400	0,07
14.121	0,8	?	?	0,012
14.122	1,5	8	?	?
14.123	?	5	200	?
14.124	?	?	200	$5,625 \cdot 10^{-3}$
14.125	2,5	?	?	$7,5 \cdot 10^{-2}$
14.126	0,9	2,5	?	?
14.127	?	12	300	?
14.128	?	?	100	0,125
14.129	4	?	?	0,18
14.130	6	30	?	?
14.131	?	1,6	320	?
14.132	?	?	233,3	$1,05 \cdot 10^{-3}$
14.133	2	?	?	0,16
14.134	3	6	?	?
14.135	?	6,4	800	?
14.136	?	?	416,7	$7,5 \cdot 10^{-3}$
14.137	0,7	?	?	$1,4 \cdot 10^{-2}$
14.138	0,5	0,9	?	?
14.139	?	18	600	?

**14.140 – 14.167.** Найти амплитуду и начальную фазу гармонического колебания, полученного при сложении одинаково направленных колебаний, описываемых уравнениями  $x_1 = f_1(t)$  и  $x_2 = f_2(t)$  согласно номеру задачи в табл. 14.7.

Записать уравнение результирующего колебания.

Таблица 14.7

**Условия к задачам 14.140 – 14.167**

Номер задачи	$x_1 = f_1(t)$ , см	$x_2 = f_2(t)$ , см
14.140	$x_1 = 2 \sin(5\pi t + \frac{\pi}{2})$	$x_2 = 3 \sin(5\pi t + \frac{\pi}{4})$
14.141	$x_1 = 3 \cos(10\pi t - \frac{\pi}{2})$	$x_2 = \cos(10\pi t + \frac{\pi}{4})$
14.142	$x_1 = 8 \cos(5\pi t - \frac{\pi}{4})$	$x_2 = 3 \cos(5\pi t + \frac{\pi}{4})$
14.143	$x_1 = \sin(0,5\pi t - \pi)$	$x_2 = 6 \sin(0,5\pi t + \frac{\pi}{2})$
14.144	$x_1 = 4 \sin(18\pi t + \frac{\pi}{6})$	$x_2 = 2 \sin(18\pi t - \frac{\pi}{3})$
14.145	$x_1 = 1,5 \sin(6\pi t - \frac{\pi}{6})$	$x_2 = \sin(6\pi t + \frac{\pi}{3})$
14.146	$x_1 = 6 \cos(25\pi t + \frac{\pi}{2})$	$x_2 = 5 \cos(25\pi t - \frac{\pi}{6})$
14.147	$x_1 = 12 \cos(40\pi t - \frac{\pi}{2})$	$x_2 = 9 \cos(40\pi t + \frac{\pi}{6})$
14.148	$x_1 = 14 \cos(8\pi t - \pi)$	$x_2 = 10 \cos(8\pi t + \frac{\pi}{3})$
14.149	$x_1 = 5 \sin(14\pi t + \pi)$	$x_2 = 3 \sin(14\pi t - \frac{\pi}{3})$
14.150	$x_1 = 9 \sin(30\pi t - \frac{\pi}{3})$	$x_2 = 6 \sin(30\pi t + \frac{\pi}{2})$
14.151	$x_1 = 10 \cos(2\pi t + \frac{\pi}{3})$	$x_2 = 12 \cos(2\pi t - \frac{\pi}{2})$
14.152	$x_1 = 3 \cos(24\pi t + \frac{\pi}{4})$	$x_2 = 4 \cos(24\pi t - \frac{\pi}{3})$
14.153	$x_1 = 10 \sin(9\pi t - \frac{\pi}{4})$	$x_2 = 9 \sin(9\pi t + \frac{\pi}{3})$
14.154	$x_1 = \cos(35\pi t - \frac{\pi}{6})$	$x_2 = 5 \cos(35\pi t - \frac{\pi}{4})$
14.155	$x_1 = 6 \sin(16\pi t + \frac{\pi}{6})$	$x_2 = 4 \sin(16\pi t + \frac{\pi}{4})$
14.156	$x_1 = 5 \cos(20\pi t - \pi)$	$x_2 = 8 \cos(20\pi t + \frac{\pi}{6})$

14.157	$x_1 = 1,2 \sin(3\pi t + \pi)$	$x_2 = \sin(3\pi t + \frac{\pi}{6})$
14.158	$x_1 = 8 \sin(28\pi t + \frac{\pi}{4})$	$x_2 = 3 \sin(28\pi t - \pi)$

Окончание табл. 14.7

Номер задачи	$x_1 = f_1(t)$ , см	$x_2 = f_2(t)$ , см
14.159	$x_1 = 12 \cos(12\pi t - \frac{\pi}{4})$	$x_2 = 10 \cos(12\pi t - \pi)$
14.160	$x_1 = \cos(45\pi t + \frac{\pi}{2})$	$x_2 = 2 \cos(45\pi t + \frac{\pi}{3})$
14.161	$x_1 = 10 \sin(4\pi t - \frac{\pi}{2})$	$x_2 = 7 \sin(4\pi t + \frac{\pi}{3})$
14.162	$x_1 = 4 \cos(15\pi t + \frac{\pi}{4})$	$x_2 = 6 \cos(15\pi t - \frac{\pi}{6})$
14.163	$x_1 = 8 \sin(60\pi t - \frac{\pi}{4})$	$x_2 = 12 \sin(60\pi t - \frac{\pi}{6})$
14.164	$x_1 = 3 \sin(22\pi t - \pi)$	$x_2 = 4 \sin(22\pi t - \frac{\pi}{4})$
14.165	$x_1 = 9 \cos(50\pi t + \pi)$	$x_2 = 8 \cos(50\pi t - \frac{\pi}{4})$
14.166	$x_1 = 12 \sin(7\pi t + \frac{\pi}{4})$	$x_2 = 7 \sin(7\pi t + \frac{\pi}{2})$
14.167	$x_1 = 1,5 \cos(34\pi t - \frac{\pi}{4})$	$x_2 = \cos(34\pi t + \frac{\pi}{2})$

**14.168 – 14.195.** Получить уравнение траектории, по которой движется материальная точка, участвующая одновременно в двух взаимно перпендикулярных колебательных движениях, описываемых уравнениями  $x = f_1(t)$  и  $y = f_2(t)$ , построить график траектории согласно номеру задачи в табл. 14.8.

Таблица 14.8

**Условия к задачам 14.168 – 14.195**

Номер задачи	$x = f_1(t)$ , см	$y = f_2(t)$ , см
14.168	$x = 2 \cos(2,5\pi t + \frac{3\pi}{2})$	$y = 2 \cos(2,5\pi t + \pi)$
14.169	$x = 2 \cos(2,5\pi t + \frac{3\pi}{2})$	$y = 4 \cos(2,5\pi t + \frac{\pi}{2})$
14.170	$x = 2 \cos(2,5\pi t + \frac{3\pi}{2})$	$y = 4 \cos(2,5\pi t + \frac{3\pi}{2})$
14.171	$x = 2 \cos(2,5\pi t + \frac{3\pi}{2})$	$y = 4 \cos(2,5\pi t + 2\pi)$
14.172	$x = \cos(5\pi t - \frac{\pi}{4})$	$y = 7 \cos(5\pi t + \frac{3\pi}{4})$
14.173	$x = \cos(5\pi t - \frac{\pi}{4})$	$y = 7 \cos(5\pi t + \frac{\pi}{4})$
14.174	$x = \cos(5\pi t - \frac{\pi}{4})$	$y = \cos(5\pi t - \frac{3\pi}{4})$
14.175	$x = \cos(5\pi t - \frac{\pi}{4})$	$y = 7 \cos(5\pi t - \frac{\pi}{4})$

Окончание табл. 14.8

Номер задачи	$x = f_1(t)$ , см	$y = f_2(t)$ , см
14.176	$x = 3 \cos(10\pi t + \frac{5\pi}{6})$	$y = 15 \cos(10\pi t + \frac{\pi}{3})$
14.177	$x = 3 \cos(10\pi t + \frac{\pi}{6})$	$y = 15 \cos(10\pi t + \frac{\pi}{6})$
14.178	$x = 3 \cos(10\pi t - \frac{5\pi}{6})$	$y = 15 \cos(10\pi t + \frac{\pi}{6})$
14.179	$x = 3 \cos(10\pi t + \frac{\pi}{6})$	$y = 3 \cos(10\pi t - \frac{\pi}{3})$
14.180	$x = 3 \cos(30\pi t + \frac{2\pi}{3})$	$y = 9 \cos(30\pi t - \frac{\pi}{3})$

14.181	$x = 9 \cos(30\pi t + \frac{2\pi}{3})$	$y = 9 \cos(30\pi t + \frac{7\pi}{6})$
14.182	$x = 3 \cos(30\pi t + \frac{2\pi}{3})$	$y = 9 \cos(30\pi t + \frac{\pi}{6})$
14.183	$x = 3 \cos(30\pi t + \frac{2\pi}{3})$	$y = 9 \cos(30\pi t + \frac{2\pi}{3})$
14.184	$x = 4 \cos(20\pi t - \frac{\pi}{6})$	$y = 6 \cos(20\pi t - \frac{\pi}{6})$
14.185	$x = 4 \cos(20\pi t - \frac{\pi}{6})$	$y = 6 \cos(20\pi t + \frac{\pi}{3})$
14.186	$x = 4 \cos(20\pi t - \frac{\pi}{6})$	$y = 6 \cos(20\pi t + \frac{5\pi}{6})$
14.187	$x = 4 \cos(20\pi t - \frac{\pi}{6})$	$y = 4 \cos(20\pi t - \frac{2\pi}{3})$
14.188	$x = 2 \cos(25\pi t - \frac{2\pi}{9})$	$y = 2 \cos(25\pi t + \frac{5\pi}{18})$
14.189	$x = 2 \cos(25\pi t + \frac{7\pi}{9})$	$y = 8 \cos(25\pi t + \frac{5\pi}{18})$
14.190	$x = 2 \cos(25\pi t - \frac{2\pi}{9})$	$y = 8 \cos(25\pi t - \frac{2\pi}{9})$
14.191	$x = 2 \cos(25\pi t + \frac{7\pi}{9})$	$y = 8 \cos(25\pi t - \frac{2\pi}{9})$
14.192	$x = 6 \cos(15\pi t + \frac{5\pi}{12})$	$y = 3 \cos(15\pi t - \frac{7\pi}{12})$
14.193	$x = 6 \cos(15\pi t + \frac{5\pi}{12})$	$y = 3 \cos(15\pi t + \frac{5\pi}{12})$
14.194	$x = 6 \cos(15\pi t + \frac{5\pi}{12})$	$y = 3 \cos(15\pi t - \frac{\pi}{12})$
14.195	$x = 3 \cos(15\pi t + \frac{5\pi}{12})$	$y = 3 \cos(15\pi t + \frac{11\pi}{12})$

**14.196 – 14.223.** За время  $t$  механическая система успевает совершить  $N$  колебаний. За это время амплитуда колебаний уменьшится в  $n$  раз. Коэффициент затухания колебаний равен  $\beta$ , логарифмический декремент затухания –  $k$ , добротность системы  $Q$ , относительная убыль энергии системы за период колебаний –  $\Delta W/W$ . Найти неизвестные величины согласно номеру задачи в табл. 14.9.

Таблица 14.9

**Условия к задачам 14.196 – 14.223**

Номер задачи	$t$ , с	$N$	$n$	$\beta$ , $\text{с}^{-1}$	$k$	$Q$	$\Delta W/W$
14.196	?	?	5,0	0,02	?	314	?
14.197	50	25	?	?	0,05	?	?
14.198	?	40	?	0,05	?	?	0,05
14.199	20	?	7,39	?	?	125,6	?
14.200	?	30	?	0,015	0,033	?	?
14.201	120	?	20,08	?	?	62,8	?
14.202	?	?	12,18	0,025	?	?	0,2
14.203	60	96	?	?	0,025	?	?
14.204	?	60	?	0,01	?	157	?
14.205	75	?	4,48	?	?	?	0,1
14.206	?	20	?	0,04	0,1	?	?
14.207	33	?	3,74	?	?	94,2	?
14.208	?	?	4,95	0,02	?	?	0,04
14.209	85	170	?	?	0,01	?	?
14.210	?	120	?	0,012	?	188,4	?
14.211	110	?	9,03	?	?	?	0,08
14.212	?	90	?	0,04	0,02	?	?
14.213	150	?	4,49	?	?	104,7	?
14.214	?	?	2,46	0,01	?	?	0,03
14.215	45	30	?	?	0,06	?	?
14.216	?	50	?	0,05	?	78,5	?
14.217	48	?	11,03	?	?	?	0,12
14.218	?	25	?	0,04	0,08	?	?
14.219	135	?	3,86	?	?	209	?
14.220	?	?	3,67	0,02	?	?	0,02
14.221	60	15	?	?	0,04	?	?
14.222	?	12	?	0,09	?	52,3	?
14.223	105	?	8,17	?	?	?	0,06

**14.224 – 14.251.** Колебательный контур имеет емкость  $C$  и индуктивность  $L$ . Логарифмический декремент затухания равен  $k$ . За время  $t'$  в контуре вследствие затухания теряется  $\Delta W/W_0$  энергии. Найти неизвестную величину согласно номеру задачи в табл. 14.10. Выполнить дополнительное задание.

Таблица 14.10

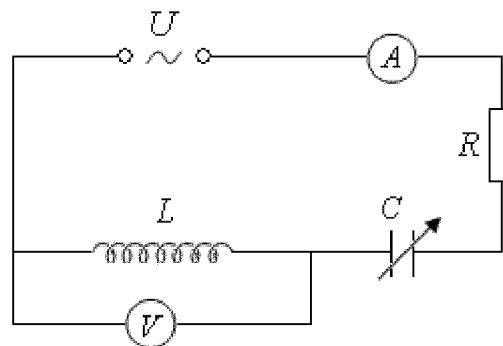
**Условия к задачам 14.224 – 14.251**

Номер задачи	$C$ , мкФ	$L$ , Гн	$k$	$t'$ , с	$\Delta W/W_0$ , %	Пояснить зависимость
14.224	12	0,03	0,006	0,15	?	$\frac{\Delta W}{W_0} = f(t')$
14.225				0,20	?	
14.226				0,25	?	
14.227				0,30	?	
14.228	14,4	0,1	0,001	0,8	?	$\frac{\Delta W}{W_0} = f(k)$
14.229					?	
14.230					?	
14.231					?	
14.232	18	0,5	0,01	90	$t'_{90\%} = f(k)$	
14.233						
14.234						
14.235						
14.236	80	0,2	0,005	60	$\frac{\Delta W}{W_0} = f(t')$	
14.237						
14.238						
14.239						
14.240	16	0,25	0,001	70	$\frac{\Delta W}{W_0} = f(t')$	
14.241						
14.242						
14.243						
14.244	40	0,4	0,01	80	$\frac{\Delta W}{W_0} = f(t')$	
14.245						
14.246						
14.247						
14.248	90	0,1	0,003	90	$t'_{99\%} = f(k)$	
14.249						
14.250						
14.251						

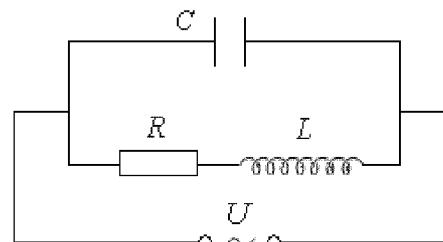
**14.252.** Колебательный контур радиоприемника состоит из катушки с индуктивностью  $L = 1,00$  мГн и переменного конденсатора, емкость которого может изменяться в пределах от  $C_{\min} = 9,7$  пФ до  $C_{\max} = 92$  пФ. В каком диапазоне длин волн  $\lambda_{\min} \dots \lambda_{\max}$  может принимать радиостанции этот приемник?

**14.253.** Активное сопротивление колебательного контура  $R = 0,33$  Ом. Какую мощность  $P$  потребляет контур при поддержании в нем незатухающих колебаний с амплитудой силы тока  $I_m = 30$  мА?

**14.254.** На зажимы цепи, изображенной на рисунке, подается переменное напряжение с действующим значением  $U = 220$  В и частотой  $v = 50$  Гц. Активное сопротивление цепи  $R = 22$  Ом, индуктивность  $L = 318$  мГн. Переменная емкость в цепи подбирается так, чтобы показание вольтметра, включенного параллельно индуктивности, стало максимальным. Найти показания  $U_1$  вольтметра и  $I$  амперметра в этих условиях. Полным сопротивлением амперметра и ответвлением тока в цепь вольтметра можно пренебречь.



**14.255.** Определить действующие значения силы тока  $I_C$ ,  $I_{RL}$  и  $I$  на всех участках цепи, изображенной на рисунке, если  $R = 1$  Ом,  $L = 1,00$  мГн,  $C = 0,111$  мкФ,  $U = 30$  В,  $\omega = 1,00 \cdot 10^5$   $\frac{\text{рад}}{\text{с}}$ .



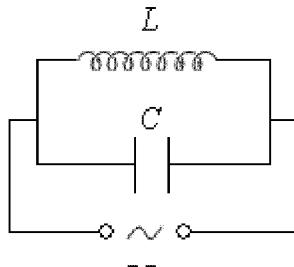
**14.256.** Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $C = 5,0$  мкФ и катушки индуктивности  $L = 0,2$  Гн. Определить максимальную силу тока  $I_m$  в контуре, если максимальная разность потенциалов на обкладках конденсатора  $U_m = 90$  В. Сопротивлением контура  $R$  пренебречь.

**14.257.** Разность потенциалов на обкладках конденсатора в колебательном контуре изменяется со временем по закону  $U = 100\sin 1000\pi t$ . Электроемкость конденсатора  $0,5$  мкФ. Определите: 1) период собственных колебаний; 2) индуктивность; 3) энергию контура; 4) максимальную силу тока, текущего по катушке индуктивности.

**14.258.** В цепь переменного тока с амплитудным значением напряжения  $U_m = 100$  В и частотой  $v = 50$  Гц последовательно включены резистор сопротивлением  $R = 1$  кОм, катушка индуктивностью  $L = 0,5$  Гн и конденсатор емкостью  $C = 1$  мкФ. Определите среднюю мощность  $\langle P \rangle$ , выделяемую в цепи.

**14.259.** В цепь переменного тока с действующим значением напряжения  $U = 220$  В и частотой  $v = 50$  Гц последовательно включены резистор с активным сопротивлением  $R = 5$  Ом и катушка индуктивности. Определите индуктивность  $L$  катушки, если амплитудное значение  $I_m$  силы тока в цепи равно  $2A$ .

**14.260.** Колебательный контур содержит катушку индуктивностью  $L = 5$  мГн и конденсатор емкостью  $C = 2$  мкФ. Добротность колебательного контура  $Q = 100$ . Какую среднюю мощность следует подводить для поддержания в колебательном контуре незатухающих гармонических колебаний с амплитудным значением напряжения на конденсаторе  $U_{Cm} = 2$  В?



**14.261.** В цепи переменного тока (см. рисунок) с частотой  $v = 50$  Гц амплитуда силы тока во внешней (неразветвленной) цепи равна нулю. Определите емкость  $C$  конденсатора, если индуктивность  $L$  катушки равна  $0,2$  Гн.

**14.262.** В цепь переменного тока с амплитудным значением внешнего напряжения  $U_m = 150$  В последовательно включены резистор, конденсатор емкостью  $C = 0,1$  мкФ и катушка индуктивностью  $L = 1$  мГн. Определите сопротивление  $R$  резистора, амплитудные значения напряжений на элементах цепи, если амплитуда силы тока при резонансе  $(I_m)_{рез} = 3$  А.

**14.263.** Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $C = 10$  нФ и катушки индуктивностью  $L = 4$  мкГн. Определите критическое сопротивление  $R_{kp}$  контура, при котором наступает апериодический процесс.

### 15.3. Задачи для самостоятельного решения

**15.1 – 15.28.** Колебания частотой  $v$  и амплитудой  $A$  распространяются в однородной среде. Длина волны равна  $\lambda$ , фазовая скорость –  $c$ , максимальная скорость частиц воздуха –  $v_{\max}$ . Найти неизвестные величины согласно номеру задачи в табл. 15.1.

Таблица 15.1

Условия к задачам 15.1 – 15.28

Номер задачи	$v$ , Гц	$A$ , мм	$\lambda$ , м	$c$ , м/с	$v_{\max}$ , м/с
15.1	?	0,3	0,825	?	0,754
15.2	?	0,5	1,1	330	?
15.3	450	?	0,75	?	0,68
15.4	5000	0,46	?	350	?
15.5	3500	?	0,4	?	3,3
15.6	2200	?	?	836	4,15
15.7	?	0,28	0,08	320	?
15.8	80	0,25	5,0	?	?
15.9	?	0,42	0,12	?	7,92
15.10	140	0,56	?	910	?
15.11	1100	?	0,64	?	3,456
15.12	?	0,32	0,525	420	?
15.13	?	0,26	0,5	600	?
15.14	?	0,15	0,84	?	0,707
15.15	630	?	?	756	1,425
15.16	4800	0,2	?	720	?
15.17	?	0,4	0,26	520	?
15.18	86	?	4,2	?	0,433
15.19	100	1,15	?	330	?
15.20	?	0,6	1,2	?	1,131
15.21	750	0,7	?	825	?
15.22	5000	?	0,125	?	3,14
15.23	?	0,45	3,2	?	0,34
15.24	?	?	0,9	405	0,99
15.25	500	0,25	0,7	?	?
15.26	?	0,8	1,6	?	1,257
15.27	4000	?	?	480	2,01
15.28	90	0,6	?	378	?

**15.29 – 15.56.** Уравнение незатухающих колебаний источника имеет вид  $\xi = f_1(t)$ . Найти смещение  $\xi_1$  точки, находящейся на расстоянии  $x_1$  от источника колебаний, спустя время  $t_1$  после начала колебаний, если скорость распространения колебаний равна  $c$ . На какое расстояние продвинется фронт волны к моменту времени  $t_2$ ? Решить согласно номеру задачи в табл. 15.2, выполнить дополнительное задание.

**Таблица 15.2**

**Условия к задачам 15.29 – 15.56**

Номер задачи	$\xi = f_1(t)$ , см	$x_1$ , м	$t_1$ , с	$t_2$ , с	$c$ , м/с	Построить график
15.29			$1,1 \cdot 10^{-2}$	0,2		
15.30			$1,2 \cdot 10^{-2}$	0,4		
15.31	$\xi = 3 \cos 500\pi t$	6,4	$1,3 \cdot 10^{-2}$	0,6	320	$\xi = f(t)$ при $x = \text{const}$
15.32			$1,4 \cdot 10^{-2}$	0,8		
15.33		5,2		1,0		
15.34	$\xi = 3 \cos 500\pi t$	5,6		1,2	320	$\xi = f(x)$ при $t = \text{const}$
15.35		6,0		1,4		
15.36		6,4		1,6		
15.37				2,0		
15.38	$\xi = 4 \sin 600\pi t$	0,75		3,0	300	$\xi = f(t)$ при $x = \text{const}$
15.39				4,0		
15.40				5,0		
15.41		0,6		0,5		
15.42	$\xi = 4 \sin 600\pi t$	0,8		1,0	300	$\xi = f(x)$ при $t = \text{const}$
15.43		1,0		1,5		
15.44		1,2		2,0		
15.45			0,10	0,2		
15.46	$\xi = 5 \cos 66\pi t$	9,9	0,11	0,4	330	$\xi = f(t)$ при $x = \text{const}$
15.47			0,12	0,6		
15.48			0,13	0,8		
15.49		2		1,0		
15.50	$\xi = 5 \cos 66\pi t$	4		1,2	330	$\xi = f(x)$ при $t = \text{const}$
15.51		6	0,1	1,4		
15.52		8		1,6		
15.53			$1,25 \cdot 10^{-2}$	2,0		
15.54			$1,5 \cdot 10^{-2}$	3,0		
15.55	$\xi = 2 \sin 160\pi t$	1,28	$1,75 \cdot 10^{-2}$	4,0	320	$\xi = f(t)$ при $x = \text{const}$
15.56			$2,0 \cdot 10^{-2}$	5,0		

**15.57 – 15.84.** Разность фаз двух колеблющихся точек, находящихся соответственно на расстоянии  $x_1$  и  $x_2$  от источника колебаний, составляет  $\Delta\phi$ . Волновое число, соответствующее данной волне, равно  $\kappa$ .

Найти неизвестную величину согласно номеру задачи в табл. 15.3. Определить длину волны.

**Таблица 15.3**  
**Условия к задачам 15.57 – 15.84**

Номер задачи	$x_1$ , м	$x_2$ , м	$\Delta\phi$ , рад	$\kappa$ , рад/м
15.57	?	12,0	$\pi$	0,628
15.58	0,4	?	$\pi/4$	12,566
15.59	11,0	16,0	?	0,314
15.60	0,2	0,7	$1,5\pi$	?
15.61	?	6,5	$2\pi$	1,571
15.62	3,75	?	$\pi/2$	6,283
15.63	6,0	8,5	?	1,257
15.64	5,0	5,667	$\pi/6$	?
15.65	?	6,0	$3\pi$	3,14
15.66	4,1	?	$\pi/2$	15,708
15.67	2,0	3,25	?	1,257
15.68	1,2	1,755	$\pi/3$	?
15.69	?	1,2625	$\pi/2$	25,133
15.70	5,2	?	$0,1\pi$	0,942
15.71	2,1	2,5167	?	37,699
15.72	5,5	6,75	$\pi$	?
15.73	?	3,933	$5\pi$	18,849
15.74	6,25	?	$\pi/4$	0,628
15.75	0,7	0,8	?	31,416
15.76	8,2	9,867	$\pi/6$	?
15.77	?	1,325	$\pi/4$	6,283
15.78	1,4	?	$2\pi$	15,708
15.79	3,1	4,35	?	1,257
15.80	0,8	1,2	$\pi$	?

15.81	?	1,7	$4\pi$	12,566
15.82	0,55	?	$\pi/2$	31,416
15.83	10,0	14,0	?	1,57
15.84	11,5	12,75	$\pi/4$	?

**15.85 – 15.112.** Стоячая волна, образованная при сложении двух одинаковых волн, имеющих длину волны  $\lambda$  и амплитуду  $A$ , распространяющихся навстречу одна другой, на расстоянии  $x$  от одного из источников колебаний имеет амплитуду  $B$ . Найти неизвестную величину согласно номеру задачи в табл. 15.4.

**Таблица 15.4**

**Условия к задачам 15.85 – 15.112**

Номер задачи	$\lambda, \text{ м}$	$A, \text{ см}$	$x, \text{ м}$	$B, \text{ см}$
15.85	?	3,0	0,5	4,243
15.86	8,0	?	4,0	10,0
15.87	1,5	2,5	?	2,5
15.88	5,0	4,0	0,625	?
15.89	?	1,5	0,25	2,598
15.90	0,8	?	0,1	2,828
15.91	1,2	2,5	?	3,535
15.92	2,0	1,0	0,25	?
15.93	?	3,0	0,2	4,243
15.94	0,6	?	0,1	2,0
15.95	0,4	0,5	?	1,0
15.96	4,0	2,0	0,5	?
15.97	?	0,5	0,1	0,5
15.98	0,3	?	0,05	1,0
15.99	6,0	2,0	?	3,464
15.100	3,2	1,5	0,4	?
15.101	?	1,0	0,2	1,0
15.102	1,8	?	0,15	5,196
15.103	6,0	3,5	?	6,062
15.104	0,9	0,2	0,075	?
15.105	?	5,0	1,25	7,07
15.106	8,0	?	1,0	5,657
15.107	1,5	4,2	?	4,2
15.108	2,4	1,5	0,2	?
15.109	?	2,0	0,75	3,464
15.110	6,0	?	0,5	5,196
15.111	0,8	0,2	?	0,283
15.112	3,0	0,5	0,25	?

**15.113 – 15.140.** Найти, согласно номеру задачи в табл. 15.5., положение узлов и пучностей и начертить график стоячей волны, образованной сложением падающей и отраженной от границы раздела двух сред бегущей волны, если известно, что расстояние между  $n$ -ной и  $k$ -той пучностями стоячей волны равно  $\Delta x$  и отражение происходит в точке, находящейся на расстоянии  $x$  от источника. Учесть условия отражения от границы двух сред.

**Таблица 15.5**

**Условия к задачам 15.113 – 15.140**

Номер задачи	$n$	$k$	$\Delta x, \text{ м}$	$x, \text{ м}$	Плотность среды, от которой происходит отражение
15.113 15.114	2	5	0,75	1,5	Более плотная Менее плотная
15.115 15.116	4	8	0,4	1,0	Более плотная Менее плотная
15.117 15.118	3	7	2,4	4,8	Более плотная Менее плотная
15.119 15.120	2	6	4,0	7,0	Более плотная Менее плотная
15.121 15.122	1	4	0,24	0,4	Более плотная Менее плотная
15.123 15.124	1	5	1,2	1,5	Более плотная Менее плотная
15.125 15.126	2	4	0,28	0,7	Более плотная Менее плотная
15.127 15.128	1	7	4,8	7,2	Более плотная Менее плотная
15.129 15.130	1	3	0,4	1,2	Более плотная Менее плотная
15.131 15.132	3	5	0,8	2,0	Более плотная Менее плотная
15.133 15.134	2	6	0,64	0,96	Более плотная Менее плотная
15.135 15.136	1	5	16,0	32,0	Более плотная Менее плотная
15.137 15.138	3	6	6,0	14,0	Более плотная Менее плотная
15.139 15.140	2	3	0,32	1,6	Более плотная Менее плотная

**15.141 – 15.157.** В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна, уравнения которой имеют вид:  $\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}_0 \cos(\omega t - \vec{k}\vec{r})$ ,  $\vec{B}(\vec{r}, t) = \vec{B}_0 \cos(\omega t - \vec{k}\vec{r})$ . Некоторые параметры волны заданы в табл. 15.6. Определите величины и направления характеристик волны, приведенные в последнем столбце таблицы. Сделайте рисунок с указанием направления векторов относительно декартовой системы координат и найдите разность фаз электромагнитной волны в точках  $\vec{r}_1 = \{0; 0; 0\}$  м,  $\vec{r}_2 = \{3; 4; 5\}$  м и модуль вектора напряженности  $\vec{E}$  во второй точке в момент времени  $t = 30$  нс.

Принятые обозначения:  $T$  – период;  $v$  – частота;  $\lambda$  – длина волны;  $I$  – интенсивность волны;  $\omega_0$  и  $\vec{S}_0$  – плотность энергии и вектор плотности потока энергии в точке с радиусом-вектором  $\vec{r} = 0$  в момент времени  $t = 0$ ;  $\uparrow\uparrow$  – односторонние векторы;  $\uparrow\downarrow$  – противоположно направленные векторы.

Таблица 15.6

Условия к задачам 15.140 – 15.157

Номер задачи	Заданные параметры электромагнитной волны	Найти
15.141	$\vec{E}_0 = \{50; 0; 0\}$ мВ/м, $\vec{B}_0 \uparrow\uparrow \vec{e}_z$ , $\omega = 6 \cdot 10^8$ рад/с	$\vec{k}, \lambda, I$
15.142	$\vec{B}_0 = \{1; 0; 0\}$ нТл, $\vec{k} = \{0; 0; -1\}$ м $^{-1}$	$\vec{E}_0, T, \omega_0$
15.143	$\vec{B}_0, T$ , $\vec{k} = \{0; 1; 0\}$ м $^{-1}$	$\vec{B}_0, T, \vec{S}_0$
15.144	$\vec{B}_0 = \{0; 0; 1\}$ нТл, $v = 100$ МГц, $\vec{E}_0 \uparrow\downarrow \vec{e}_y$	$\vec{k}, \omega, \omega_0$
15.145	$\vec{B}_0 = \{-5; 0; 0\}$ нТл, $\vec{k} = \{0; -\pi; 0\}$ м $^{-1}$	$\vec{E}_0, v, \vec{S}_0$
15.146	$\vec{E}_0 = \{-20; 0; 0\}$ мВ/м, $\vec{k} = \{0; 0; -2\}$ м $^{-1}$	$\vec{B}_0, v, I$
15.147	$\vec{E}_0 = \{0; 50; 0\}$ мВ/м, $\vec{B}_0 \uparrow\uparrow \vec{e}_x$ , $T = 10$ нс	$\vec{k}, \lambda, \vec{S}_0$
15.148	$\vec{E}_0 = \{0; 70; 0\}$ мВ/м, $\vec{k} = \{0; 0; \pi\}$ м $^{-1}$	$\vec{B}_0, \lambda, \omega_0$
15.149	$\vec{B}_0 = \{-0,5; 0; 0\}$ нТл, $\vec{E}_0 \uparrow\uparrow \vec{e}_y$ , $\lambda = 3$ м	$\vec{k}, \omega, I$
15.150	$\vec{E}_0 = \{0; 30; 0\}$ мВ/м, $\vec{B}_0 \uparrow\downarrow \vec{e}_z$ , $\omega = 3 \cdot 10^8$ рад/с	$\vec{k}, \lambda, \omega_0$
15.151	$\vec{B}_0 = \{0; -1; 0\}$ нТл, $\vec{k} = \{\pi; 0; 0\}$ м $^{-1}$	$\vec{E}_0, \lambda, I$
15.152	$\vec{B}_0 = \{0; 0,5; 0\}$ нТл, $\vec{k} = \{0; 0; 1\}$ м $^{-1}$	$\vec{E}_0, \omega, \omega_0$
15.153	$\vec{E}_0 = \{0; -50; 0\}$ мВ/м, $\vec{k} = \{-\pi; 0; 0\}$ м $^{-1}$	$\vec{B}_0, \omega, \vec{S}_0$
15.154	$\vec{B}_0 = \{0; 0; -0,3\}$ нТл, $\vec{E}_0 \uparrow\downarrow \vec{e}_y$ , $v = 150$ МГц	$\vec{k}, \lambda, \vec{S}_0$
15.155	$\vec{E}_0 = \{0; 0; 30\}$ мВ/м, $\vec{k} = \{2; 0; 0\}$ м $^{-1}$	$\vec{B}_0, T, I$

15.156	$\vec{E}_0 = \{0; 0; 70\} \text{ мВ/м}$ , $\vec{B}_0 \uparrow \uparrow \vec{e}_y$ , $T = 7 \text{ нс}$	$\vec{\kappa}, \omega, I$
15.157	$\vec{B}_0 = \{0; 0; 1\} \text{ нТл}$ , $\vec{\kappa} = \{-\pi; 0; 0\} \text{ м}^{-1}$	$\vec{E}_0, T, \vec{S}_0$

**15.158.** Определите энергию, переносимую плоской синусоидальной электромагнитной волной, распространяющейся в вакууме, за 1 с сквозь поверхность площадью  $1 \text{ м}^2$ , расположенную перпендикулярно к направлению распространения волны. Амплитуда напряженности электрического поля волны  $5 \text{ мВ/м}$ . Период волны  $T \ll t$ .

**15.159.** Определите разность фаз двух точек, лежащих на луче и отстоящих друг от друга на расстоянии  $\Delta x = 40 \text{ см}$ , если при частоте  $v = 500 \text{ Гц}$  волны распространяются со скоростью  $v = 400 \text{ м/с}$ .

**15.160.** Источник незатухающих колебаний совершает колебания по закону  $x = 0,4 \cos 60\pi t, \text{ м}$ . Скорость распространения колебаний  $v = 90 \text{ м/с}$ . Запишите уравнение плоской волны, распространяющейся вдоль прямой, совпадающей с положительным направлением оси  $X$ , в среде, не поглощающей энергию. Определите: 1) длину  $\lambda$  бегущей волны; 2) смещение  $\xi_1$  и  $\xi_2$  точек среды, находящихся на этой прямой на расстояниях  $x_1 = 20 \text{ м}$  и  $x_2 = 21 \text{ м}$  от источника, через  $t = 2 \text{ с}$  от момента начала колебаний источника; 3) разность фаз  $\Delta\phi$  колебаний точек 1 и 2.

**15.161.** Бегущая плоская звуковая волна описывается уравнением вида  $\xi(x, t) = 6 \cdot 10^{-5} \cos(1800t - 5,3x), \text{ м}$ . Определите: 1) отношение амплитуды смещения частиц среды к длине волны; 2) отношение амплитуды колебаний скорости частиц среды к скорости распространения волны.

**15.162.** Определите длину  $\lambda$  бегущей волны, если в стоячей волне расстояние между первой и девятой пучностями равно 20 см.

**15.163.** Расстояние между соседними узлами стоячей волны, создаваемой камертоном в воздухе,  $l = 42 \text{ см}$ . Принимая скорость звука в воздухе  $v = 332 \text{ м/с}$ , определите частоту колебаний  $v$  камертона.

**15.164.** Колебательный контур содержит плоский конденсатор площадью пластин  $S = 150 \text{ см}^2$ , расстояние между которыми  $d = 1,5 \text{ мм}$ , и катушку индуктивностью  $L = 0,2 \text{ мГн}$ . Пренебрегая активным сопротивлением контура, определите диэлектрическую проницаемость  $\epsilon$  диэлектрика, заполняющего пространство между пластинами конденсатора, если контур резонирует на волну длиной  $\lambda = 663 \text{ м}$ .

**15.165.** В однородной изотропной среде с диэлектрической проницаемостью, равной 2, и магнитной проницаемостью, равной 1, распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрического поля волны  $50 \frac{\text{В}}{\text{м}}$ . Найти амплитуду напряженности магнитного поля и фазовую скорость волны.

**15.166.** В вакууме вдоль оси  $X$  распространяется плоская электромагнитная волна. Определите амплитуду напряженности электрического поля волны, если амплитуда  $H_0$  напряженности магнитного поля волны равна  $5 \frac{\text{А}}{\text{м}}$ .

**15.167.** Плоская электромагнитная волна распространяется в однородной и изотропной среде с  $\epsilon = 2$  и  $\mu = 1$ . Амплитуда напряженности электрического поля волны  $E_0 = 12 \frac{\text{В}}{\text{м}}$ . Определите: 1) фазовую скорость волны; 2) амплитуду напряженности магнитного поля волны.

**15.168.** В вакууме вдоль оси  $X$  распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрического поля волны равна  $10 \frac{\text{В}}{\text{м}}$ . Определить амплитуду напряженности магнитного поля волны.

**15.169.** В вакууме вдоль оси  $X$  распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрического поля волны составляет  $50 \frac{\text{мВ}}{\text{м}}$ . Определить интенсивность волны  $I$ .

**15.170.** Скорость распространения электромагнитных волн в некоторой среде составляет  $v = 250 \frac{\text{Мм}}{\text{с}}$ . Определите длину волны электромагнитных волн в этой среде, если их частота в вакууме  $v_0 = 1 \text{ МГц}$ .

**15.171.** В упругой среде распространяется волна со скоростью  $20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Частота колебаний  $2 \text{ с}^{-1}$ , амплитуда 0,02 м. Определить фазу

колебаний, смещение, скорость, ускорение точки, отстоящей на расстоянии 60 м от источника, в момент времени  $t = 4$  с, и длину волны.

**15.172.** Волна распространяется по прямой со скоростью  $20 \text{ м/с}$ . Две точки, находящиеся на этой прямой на расстоянии 12 и 15 м от источника колебаний, колеблются по закону синуса с амплитудами, равными 0,1 м и с разностью фаз  $135^\circ$ . Найти длину волны, написать ее уравнение и найти смещение указанных точек в момент времени  $t = 1,2$  с.

**15.173.** Колеблющиеся точки, находящиеся на одном луче, удалены от источника колебаний на 6 и 8,7 м и колеблются с разностью фаз  $\frac{3\pi}{4}$ . Период колебания источника  $10^{-2}$  с. Чему равны длина волны и скорость распространения колебаний в данной среде? Составить уравнение волны для первой и второй точек, считая амплитуды колебаний точек равными 0,5 м.

**15.174.** Изменение разности потенциалов на обкладках конденсатора в колебательном контуре происходит в соответствии с уравнением  $U = 50 \cos 10^4 \pi t$ . Емкость конденсатора равна 0,1 мкФ. Найти период колебаний, индуктивность контура, закон изменения силы тока со временем и длину волны.

**15.175.** В вакууме распространяется плоская электромагнитная волна, амплитуда напряженности электромагнитного поля которой  $100 \text{ В/м}$ . Какую энергию переносит эта волна через площадку  $50 \text{ см}^2$ , расположенную перпендикулярно к направлению распространения волны, за 1 мин? Период волны  $T \ll t$ .

**15.176.** Уравнение плоской электромагнитной волны, распространяющейся в среде с магнитной проницаемостью, равной 1, имеет вид  $E = 10 \sin(6,28 \cdot 10^8 t - 4,19x)$ . Определить диэлектрическую проницаемость среды и длину волны.

**15.177.** Два когерентных источника, расстояние между которыми 0,2 мм, расположены от экрана на расстоянии 1,5 м. Найти длину световой волны, если 3-й интерференционный минимум расположен на расстоянии 12,6 мм от центра картины.

**15.178.** Расстояние между двумя когерентными источниками  $d = 0,9$  мм. Источники посылают монохроматический свет с длиной волны  $6,4 \cdot 10^{-7}$  м на экран, расположенный от них на расстоянии 3,5 м. Определить число световых полос на 1 см длины.

**15.179.** Найти угловое расстояние между соседними светлыми полосами в опыте Юнга, если известно, что экран отстоит от когерентных источников света на 1 м, а пятая светлая полоса на экране расположена на расстоянии 1,5 мм от центра интерференционной картины.

**15.180.** Для устранения отражения света от поверхности линзы на нее наносится тонкая пленка вещества с показателем преломления 1,25, меньшим, чем у стекла (просветление оптики). При какой наименьшей толщине пленки отражение света с длиной волны 0,72 мкм не будет наблюдаться, если угол падения лучей  $60^\circ$ ?

**15.181.** В опыте Юнга щели освещаются монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda = 600$  нм, расстояние  $d$  между щелями равно 1 мм, и расстояние  $l$  от щелей до экрана 1,2 м. Определите положение первой темной полосы и положение третьей светлой полосы.

**15.182 – 15.209.** Расстояние между щелями в опыте Юнга равно  $d$ , расстояние от щелей до экрана –  $l$ . Расстояние между двумя соседними полосами, соответствующее длине волны  $\lambda$ , равно  $\Delta X$ . Найти неизвестную величину согласно номеру задачи в табл. 15.7.

**Таблица 15.7**

**Условия к задачам 15.182 – 15.209**

Номер задачи	$d$ , мм	$l$ , м	$\lambda$ , мкм	$\Delta X$ , мм
15.182	0,7	0,32	0,35	?
15.183	4,0	2,0	?	0,23
15.184	3,1	?	0,62	0,30
15.185	?	4,6	0,40	0,92
15.186	1,5	3,5	0,66	?
15.187	7,0	28	?	1,36
15.188	4,5	?	0,55	1,10
15.189	?	5,0	0,38	1,00
15.190	10	30	0,65	?
15.191	2,1	4,2	?	0,84
15.192	2,6	?	0,52	1,20
15.193	?	24	0,34	2,04
15.194	1,6	6,2	0,48	?
15.195	3,0	18	?	3,12
15.196	2,4	?	0,60	2,50
15.197	?	4,4	0,54	2,97
15.198	0,2	0,8	0,50	?
15.199	2,1	2,2	?	0,66
15.200	4,0	?	0,36	0,72
15.201	?	7,5	0,44	2,20
15.202	1,8	4,5	0,64	?
15.203	6,5	26	?	2,28
15.204	2,7	?	0,45	2,50
15.205	?	40	0,58	4,64
15.206	4,0	25	0,32	?
15.207	0,9	3,6	?	1,80
15.208	3,4	?	0,68	4,00
15.209	?	4,8	0,56	3,84

**15.210 – 15.237.** В опыте Юнга на пути одного из интерферирующих лучей помещалась тонкая прозрачная пластиинка толщиной  $d$  и коэффициентом преломления  $n$ , вследствие чего интерференционная картина смешалась на  $m$  полос. Длина волны падающего света –  $\lambda$ , свет падает на пластиинку нормально. Найти неизвестную величину согласно номеру задачи в табл. 15.8, выполнить дополнительное задание.

**Условия к задачам 15.210 – 15.237**

**Таблица 15.8**

Номер задачи	$d$ , мкм	$n$	$m$	$\lambda$ , мкм	Построить градуировочный график
15.210	?		2		
15.211	?		5		
15.212	?	1,5	8	0,60	$m = f(d)$
15.213	?		10		
15.214		?	6		
15.215		?	10		
15.216		?	4	0,50	$m = f(n)$
15.217		?	8		
15.218		?	?	0,55	
15.219		?	?	0,45	
15.220		?	?	0,65	$m = f(\lambda)$
15.221		?	?	0,35	
15.222	?			0,55	
15.223	?			0,40	
15.224	?	1,4	5	0,65	$d = f(\lambda)$
15.225	?			0,35	
15.226	?	1,3			
15.227	?	1,4			
15.228	?	1,5	10	0,45	$d = f(n)$
15.229	?	1,6			
15.230		1,36		?	
15.231		1,75		?	
15.232		1,62	8	?	$n = f(\lambda)$
15.233		1,48		?	
15.234		?	4		
15.235		?	9,6		
15.236		?	7	0,55	$n = f(m)$
15.237		?	8,4		

**15.238 – 15.265.** Пучок параллельных лучей длиной волны  $\lambda$  падает в воздухе под углом  $\alpha$  на тонкую пленку с показателем преломления  $n_1$ , находящуюся на материале, показатель преломления которого  $n_2$ . Наименьшая толщина пленки, при которой отраженные лучи будут максимально ослаблены интерференцией, равна  $d_1$ , максимально усилены –  $d_2$ . Найти неизвестные величины согласно номеру задачи в табл. 15.9.

**Таблица 15.9**  
**Условия к задачам 15.238 – 15.265**

Номер задачи	$\lambda$ , мкм	$\alpha$ , град	$n_1$	$n_2$	$d_1$ , мкм	$d_2$ , мкм
15.238	?	45	1,10	1,30	?	0,6865
15.239	0,35	?	1,25	1,50	0,0971	?
15.240	0,66	60	?	1,10	?	0,1347
15.241	0,41	30	1,40	1,65	?	?
15.242	?	60	1,45	1,14	?	0,1397
15.243	0,44	?	1,30	1,15	0,2017	?
15.244	0,55	30	?	1,46	?	0,2521
15.245	0,38	45	1,20	1,40	?	?
15.246	?	45	1,15	1,45	?	0,2371
15.247	0,48	?	1,35	1,20	0,1914	?
15.248	0,40	60	?	1,65	?	0,2219
15.249	0,63	30	1,50	1,25	?	?
15.250	?	30	1,40	1,25	?	0,1109
15.251	0,54	?	1,20	1,35	0,1392	?
15.252	0,36	60	?	1,55	?	0,1856
15.253	0,46	45	1,55	1,15	?	?
15.254	?	60	1,60	1,30	?	0,0892
15.255	0,39	?	1,10	1,40	0,1437	?
15.256	0,43	45	?	1,60	?	0,1698
15.257	0,50	30	1,30	1,10	?	?
15.258	?	45	1,55	1,25	?	0,1160
15.259	0,37	?	1,15	1,35	0,102	?
15.260	0,56	60	?	1,55	?	0,2546
15.261	0,42	30	1,35	1,15	?	?
15.262	?	30	1,45	1,60	?	0,1286
15.263	0,45	?	1,50	1,20	0,1591	?
15.264	0,60	45	?	1,50	?	0,284
15.265	0,34	60	1,25	1,45	?	?

**15.266 – 15.293.** Для улучшения качества линз в оптических приборах широко используется «просветление» оптики, т.е. нанесение пленочного покрытия такой толщины  $d$ , чтобы при нормальном падении лучей в отраженном свете осуществлялся интерференционный минимум порядка  $m$  для света с длиной волны  $\lambda = 5,5 \cdot 10^{-7}$  м, соответствующей наибольшей чувствительности человеческого глаза к зеленому свету. Показатель преломления линзы –  $n_1$ , показатель преломления просветляющей пленки –  $n_2$ . Найти неизвестные величины согласно номеру задачи в табл. 15.10.

**Таблица 15.10**

**Условия к задачам 15.166 – 15.293**

Номер задачи	$n_1$	$n_2$	$m$	$d$ , мкм
15.266			0	?
15.267			1	?
15.268	1,6	1,5	2	?
15.269			3	?
15.270		?		0,825
15.271		?		0,728
15.272	1,75	?	4	0,884
15.273		?		0,773
15.274			?	1,233
15.275	1,5	1,45	?	0,8534
15.276			?	0,6638
15.277			?	1,043
15.278		1,35		?
15.279		1,40		?
15.280	1,3	1,45	2	?
15.281		1,50		?
15.282		?	5	
15.283		?	6	
15.284	1,15	?	7	1,375
15.285		?	8	
15.286		1,20	?	0,6875
15.287		1,25	?	0,44
15.288	1,15	1,30	?	0,6346
15.289		1,35	?	0,4074
15.290			0	?
15.291			1	?
15.292	1,35	1,4	2	?
15.293			3	?

**15.294 – 15.321.** Между двумя прозрачными пластинками с показателем преломления  $n_1$ , находящимися в жидкой или газообразной среде с показателем преломления  $n_2$ , попала нить диаметром  $d$  так, что образовался клин. Расстояние от нити до вершины клина –  $L$ . При нормальном падении на пластинку лучей с длиной волны  $\lambda$  в отраженном свете наблюдается  $m$  интерференционных минимумов и максимумов на  $l$  длины пластиинки. Найти неизвестную величину согласно номеру задачи в табл. 15.11.

Таблица 15.11

Условия к задачам 15.294 – 15.321

Номер задачи	$n_1$	$n_2$	$d$ , мкм	$L$ , см	$\lambda$ , мкм	$m$	$l$ , см
15.294	1,5	?	2	10	0,3472	5	3,1
15.295	1,75	1,0	?	12	0,4091	11	5,4
15.296	1,6	1,00077	16	?	0,4982	9	3,5
15.297	1,42	1,63	10	15	?	12	3,0
15.298	1,58	1,02	12	30	0,5814	?	5,7
15.299	1,65	1,16	2,5	17	0,4199	13	?
15.300	1,5	?	7	11	0,3733	6	1,6
15.301	1,47	1,2	?	15	0,6240	4	5,2
15.302	1,34	1,05	8	?	0,4536	10	5,4
15.303	1,62	1,0	15	22	?	8	3,1
15.304	1,49	1,1	3	14	0,4007	?	1,7
15.305	1,7	1,00038	5	16	0,6044	6	?
15.306	1,36	?	13	23	0,4845	7	2,5
15.307	1,55	1,54	?	8	0,5133	3	1,0
15.308	1,43	1,33	9	?	0,4309	5	0,9
15.309	1,8	1,12	10	18	?	8	3,9
15.310	1,45	1,0	17	21	0,5667	?	1,4
15.311	1,72	1,2	20	24	0,3500	4	?
15.312	1,38	?	4	9	0,5123	6	2,6
15.313	1,68	1,4	?	12	0,4480	10	3,2
15.314	1,76	1,08	4	?	0,6336	3	3,3
15.315	1,5	1,6	18	25	?	7	1,4
15.316	1,35	1,004	6	10	0,4016	?	1,0
15.317	1,44	1,1	11	19	0,5459	7	?
15.318	1,73	?	19	20	0,5146	6	1,3
15.319	1,48	1,005	?	11	0,4568	3	1,5
15.320	1,55	1,4	14	?	0,3733	7	0,8
15.321	1,64	1,18	5	13	?	9	5,3

**15.322 – 15.349.** В установке для наблюдения колец Ньютона пространство между линзой с показателем преломления  $n_1$  и пластинкой с показателем преломления  $n_3$  заполнено газом или жидкостью с показателем преломления  $n_2$ . При наблюдении в проходящем (отраженном) свете с длиной волны  $\lambda$  радиус  $m$ -ного светлого (темного) кольца равен  $r_m$ . Радиус кривизны линзы –  $R$ . Найти неизвестную величину согласно номеру задачи в табл. 15.12. Определить, светлое или темное пятно будет в центре интерференционной картины.

**Таблица 15.12**

**Условия к задачам 15.322 – 15.349**

Номер задачи	Условия наблюдения	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$\lambda, \text{ мкм}$	Кольцо	$m$	$r_m, \text{ мм}$	$R, \text{ м}$
15.322	В отраженном свете	1,5	1,0	1,8	0,70	Темное	2	?	0,5
15.323							3	?	
15.324							4	?	
15.325							5	?	
15.326	В проходящем свете	1,5	1,0	1,8	0,55	Темное	?	1,11	0,5
15.327							?	0,83	
15.328							?	0,64	
15.329							?	0,98	
15.330	В отраженном свете	1,8	1,63	1,5	?	Светлое	3	0,81	0,6
15.331								0,74	
15.332								0,88	
15.333								0,66	
15.334	В проходящем свете	1,5	1,63	1,5	0,4240 0,5477 0,6405 0,7232	Светлое	6	1,06	?
15.335								0,84	
15.336								2,06	
15.337								2,42	
15.338	В отраженном свете	1,5	1,63	1,7	0,50	Светлое	5	0,88	?
15.339								1,24	
15.340								2,77	
15.341								3,92	
15.342	В проходящем свете	1,5	1,63	1,7	0,64	Темное	2	?	8,0
15.343							4	?	
15.344							6	?	
15.345							8	?	
15.346	В отраженном свете	1,7	1,0 1,05 1,1 1,15	1,5	0,45	Светлое	?	0,80	0,4
15.347							?	0,66	
15.348							?	0,95	
15.349							?	0,84	

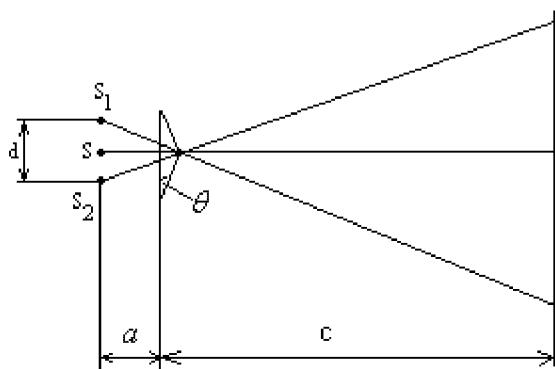
**15.350 – 15.377.** На зеркала Френеля, угол между которыми  $\varphi$ , от узкой щели, находящейся на расстоянии  $r$  от линии пересечения зеркал, падает монохроматический свет длиной волны  $\lambda$ . Отраженный от зеркал свет дает интерференционную картину на экране, отстоящем на расстоянии  $b$  от линии пересечения зеркал, расстояние между интерференционными полосами при этом равно  $\Delta x$ . Найти неизвестную величину в табл. 15.13.

**Таблица 15.13**  
**Условия к задачам 15.350 – 15.377**

Номер задачи	$\varphi$ , мин	$b$ , м	$r$ , м	$\lambda$ , мкм	$\Delta x$ , мм
15.350				0,45	?
15.351	10	2,5	0,12	0,51	?
15.352				0,60	?
15.353				0,68	?
15.354				?	7,67
15.355	5	3,0	0,10	?	6,82
15.356				?	5,86
15.357				?	4,26
15.358				?	19,18
15.359	2	2,0		?	10,72
15.360				0,65	8,01
15.361				?	6,77
15.362		?			6,87
15.363	8	?	0,07	0,55	5,86
15.364		?			3,83
15.365		?			2,65
15.366	?				6,82
15.367	?	4,0	0,15	0,43	4,09
15.368	?				2,56
15.369	?				1,70
15.370	10				?
15.371	20				?
15.372	30	3,5	0,05	0,70	?
15.373	40				?
15.374				?	1,87
15.375	20	5,0		?	2,24
15.376				?	3,17
15.377				?	5,52

**15.378.** В опыте Юнга угловое расстояние  $\Delta d$  между соседними светлыми полосами составляет  $10^{-3}$  рад. Определите расстояние  $l$  от щелей до экрана, если вторая светлая полоса на экране отстоит от центра интерференционной картины на 4 мм.

**15.379.** На экране наблюдается интерференционная картина в результате наложения лучей от двух когерентных источников ( $\lambda = 500$  нм). На пути одного из лучей перпендикулярно к нему поместили стеклянную пластинку ( $n = 1,6$ ) толщиной  $d = 5$  мкм. Определите, на сколько полос сместится при этом интерференционная картина.



равна 600 нм (см. рис.).

**15.380.** Расстояния от бипризмы Френеля до узкой щели и экрана соответственно равны  $a = 48$  см и  $c = 6$  м. Бипризма стеклянная ( $n = 1,5$ ) с преломляющим углом  $\theta = 10'$ . Определите число полос, наблюдаемых на экране, если длина волны  $\lambda$  монохроматического света

равна 600 нм (см. рис.).

**15.381.** На плоскопараллельную прозрачную пластинку с показателем преломления  $n = 1,5$  под углом  $\alpha = 30^\circ$  падает параллельный пучок белого света. Определите, при какой наименьшей толщине пленки зеркально отраженный свет наиболее сильно окрасится в красный свет ( $\lambda = 670$  нм).

**15.382.** На тонкую прозрачную плоскопараллельную пластинку ( $n = 1,5$ ) под углом  $\alpha = 30^\circ$  падает белый свет. Определите минимальную толщину пленки, если она в проходящем свете кажется желтой ( $\lambda = 600$  нм).

**15.383.** На стеклянный клин ( $n = 1,5$ ) с углом при вершине  $\alpha = 1'$  падает под углом  $\alpha = 18^\circ$  монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 600$  нм. Определите расстояние между двумя соседними минимумами при наблюдении интерференции в отраженном свете.

**15.384.** Установка для наблюдения колец Ньютона освещается монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda = 600$  нм, падающим нормально. Определите толщину  $d$  воздушного зазора, образованного

плоскопараллельной пластинкой и соприкасающейся с ней плосковыпуклой линзой в том месте, где наблюдается пятое светлое кольцо в отраженном свете.

**15.385.** Установка для наблюдения колец Ньютона освещается монохроматическим светом, падающим нормально. Пространство между линзой и стеклянной пластинкой заполнено прозрачной жидкостью с показателем преломления  $n = 1,33$ . Определите длину волны падающего света, если радиус  $R$  кривизны линзы равен 10 м, радиус  $r$  третьего светлого кольца 3,65 мм, а наблюдение ведется в проходящем свете.

**15.386.** Плосковыпуклая линза ( $n = 1,5$ ) выпуклой стороной прижата к стеклянной пластинке. Расстояние между четвертым и третьим кольцами Ньютона, наблюдаемыми в отраженном свете, равно 0,4 мм. Определите оптическую силу линзы, если освещение производится монохроматическим светом с  $\lambda = 550$  нм, падающим нормально.

**15.387.** Постоянная дифракционной решетки равна 2,5 мкм. Определить наибольший порядок спектра, общее число главных максимумов в дифракционной картине и угол дифракции в спектре 2-го порядка при нормальном падении монохроматического света с длиной волны 0,62 мкм.

**15.388.** Дифракция наблюдается на расстоянии 1,2 м от точечного источника монохроматического света. Посередине между источником света и экраном находится диафрагма с круглым отверстием. Определите длину волны падающего света, если диаметр отверстия, при котором центр дифракционных колец на экране является наиболее темным, равен 1,2 мм.

**15.389.** Диафрагма с круглым отверстием расположена посередине между точечным источником  $S$  монохроматического света ( $\lambda = 500$  нм) и экраном. Расстояние между источником и экраном  $L = 4$  м. При каком радиусе отверстия центр дифракционных колец на экране будет наиболее темным?

**15.390.** На диафрагму с круглым отверстием падает нормально параллельный пучок света длиной волны 625 нм. Определите радиус четвертой зоны Френеля, если расстояние  $b$  от диафрагмы до точки наблюдения, находящейся на оси отверстия, составляет 2,5 м.

**15.391.** Зонная пластинка дает изображение источника, удаленного от нее на 2 м, на расстоянии 3 м от своей поверхности. Определите расстояние от зонной пластинки до изображения, если источник поместить в бесконечность.

**15.392.** Определите длину волны монохроматического света, нормально падающего на узкую щель шириной 0,05 мм, если направление света на первый дифракционный максимум (по отношению к первоначальному направлению света) составляет  $1^\circ$ .

**15.393.** На узкую щель нормально падает монохроматический свет. Определите его направление на вторую темную дифракционную полосу, если на ширине щели укладывается 100 длин волн.

**15.394.** На щель падает нормально параллельный пучок монохроматического света. Дифракционная картина проецируется на экран с помощью линзы с фокусным расстоянием  $F = 0,5$  м. Ширина центральной светлой полосы равна 5 см. Определите, как надо изменить ширину щели, чтобы центральная полоса занимала весь экран (при любой ширине экрана).

**15.395.** Наибольший порядок спектра, получаемый с помощью дифракционной решетки, равен 5. Определите постоянную дифракционной решетки, если известно, что монохроматический свет ( $\lambda = 0,5$  мкм) падает на нее нормально.

**15.396.** На дифракционную решетку, содержащую 200 штрихов на 1 мм, нормально к ее поверхности падает монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 500$  нм. Вблизи решетки помещена собирающая линза, в фокальной плоскости которой расположен экран, на который проецируется дифракционная картина. Определите расстояние  $L$  экрана от линзы, если первый главный максимум наблюдается на расстоянии  $b = 10$  см от центрального.

**15.397.** На дифракционную решетку, имеющую  $n = 500$  щелей на одном миллиметре ширины, нормально падает свет от разрядной трубки, наполненной гелием. Найти: 1) наибольший порядок дифракционного максимума, который дает эта решетка для фиолетового участка спектра с длиной волны  $\lambda = 410$  нм; 2) длину волны в спектре второго порядка, на которую накладывается синяя линия  $\lambda_c = 447$  нм спектра третьего порядка.

**15.398.** На дифракционную решетку нормально к ее поверхности падает монохроматический свет с длиной волны  $\lambda = 550$  нм. На экран, находящийся от линзы на расстоянии  $L = 1$  м, расположенный вблизи решетки, проецируется дифракционная картина, причем первый главный максимум наблюдается на расстоянии  $l = 12$  см от центрального. Определите:

1) период дифракционной решетки; 2) число штрихов на 1 см ее длины;

3) общее число максимумов, даваемых решеткой; 4) угол дифракции, соответствующий последнему максимуму.

**15.399.** Сравните наибольшую разрешающую способность для желтой линии натрия ( $\lambda = 589$  нм) двух дифракционных решеток одинаковой длины ( $l = 4$  мм), но разных периодов ( $d_1 = 5$  мкм;  $d_2 = 10$  мкм).

**15.400.** Угловая дисперсия  $D_\phi$  дифракционной решетки для  $\lambda = 600$  нм в спектре второго порядка составляет  $4 \cdot 10^5$  рад/м. Определите постоянную дифракционной решетки.

**15.401 – 15.428.** Свет от монохроматического источника длиной волны  $\lambda$  падает нормально на диафрагму с круглым отверстием радиусом  $r$ . За диафрагмой на расстоянии  $L$  от нее находится экран. Каким будет центр дифракционной картины на экране: темным или светлым? Число зон Френеля, укладывающихся в отверстии диафрагмы при наблюдении из центра дифракционной картины, равно  $m$ . Найти неизвестную величину согласно номеру задачи в табл. 15.14.

Таблица 15.14

Условия к задачам 15.401 – 15.428

Номер задачи	$\lambda$ , мкм	$r$ , мм	$L$ , м	$m$
15.401	0,500	0,4	0,08	?
15.402	0,577	1,5	?	3
15.403	0,408	?	0,2	6
15.404	?	0,9	1,8	1
15.405	0,416	0,8	0,22	?
15.406	0,641	1,0	?	2
15.407	0,533	?	0,54	5
15.408	?	0,5	0,16	4
15.409	0,457	1,1	0,53	?
15.410	0,643	0,6	?	7
15.411	0,485	?	1,32	1
15.412	?	1,4	1,45	2
15.413	0,706	1,2	0,34	?
15.414	0,544	0,7	?	5
15.415	0,440	?	1,94	3
15.416	?	0,9	0,23	6
15.417	0,676	0,5	0,37	?
15.418	0,402	1,3	?	3
15.419	0,538	?	0,52	7
15.420	?	0,8	0,47	4
15.421	0,521	1,0	0,96	?
15.422	0,457	0,4	?	5
15.423	0,417	?	1,20	2
15.424	?	1,2	3,0	1
15.425	0,571	0,6	0,21	?
15.426	0,620	1,4	?	2
15.427	0,483	?	0,70	5
15.428	?	0,9	0,39	4

**15.429 – 15.456.** На диафрагму с круглым отверстием радиусом  $r$  падает нормально параллельный пучок света длиной волны  $\lambda$ . При удалении экрана от диафрагмы последний минимум наблюдается на расстоянии  $b'_{\min}$  между диафрагмой и экраном, а последний максимум – на расстоянии  $b'_{\max}$ . Найти неизвестные величины согласно номеру задачи в табл. 15.15.

**Таблица 15.15**

**Условия к задачам 15.429 – 15.456**

Номер задачи	$r$ , мм	$\lambda$ , мкм	$b'_{\min}$ , м	$b'_{\max}$ , м
15.429	1,2	0,45	?	?
15.430	0,4	?	?	0,291
15.431	?	0,67	?	1,21
15.432	?	0,53	0,236	?
15.433	1,8	?	3,857	?
15.434	0,7	0,46	?	?
15.435	1,3	?	?	3,38
15.436	?	0,51	?	1,255
15.437	?	0,64	0,125	?
15.438	1,4	?	2,04	?
15.439	0,3	0,40	?	?
15.440	1,0	?	?	1,667
15.441	?	0,47	0,0957	?
15.442	?	0,70	?	1,428
15.443	1,6	0,62	?	?
15.444	0,5	?	0,236	?
15.445	?	0,44	?	2,75
15.446	?	0,58	0,4225	?
15.447	0,9	?	?	1,246
15.448	1,5	?	2,5	?
15.449	0,6	0,50	?	?
15.450	?	0,38	?	0,948
15.451	?	0,55	1,31	?
15.452	1,1	?	?	1,73
15.453	1,7	?	2,26	?
15.454	0,8	0,48	?	?
15.455	?	0,60	?	2,82
15.456	?	0,42	0,048	?

**15.457 – 15.484.** Круглое отверстие радиусом  $r$  в диафрагме освещается монохроматическим светом длиной волны  $\lambda$ . Дифракционная картина рассматривается в точке, находящейся на расстоянии  $L$  от источника света. Сколько раз в центре дифракционной картины будет наблюдаться полное затемнение при перемещении диафрагмы с расстояния  $a_1$  до расстояния  $a_2$  от источника света? Данные в табл. 15.16. согласно номеру задачи.

**Таблица 15.16**

**Условия к задачам 15.457 – 15.484**

Номер задачи	$r$ , мм	$\lambda$ , мкм	$L$ , м	$a_1$ , м	$a_2$ , м
15.457					0,5
15.458					1,0
15.459					1,5
15.460					2,0
15.461				0,2	
15.462				0,3	
15.463				0,4	
15.464				0,5	
15.465	0,8				
15.466	0,9				
15.467	1,0				
15.468	1,1				
15.469		0,4			
15.470		0,5			
15.471		0,6			
15.472		0,7			
15.473					0,8
15.474					1,0
15.475					1,2
15.476					1,4
15.477				0,6	
15.478				1,0	
15.479				1,2	
15.480				1,6	
15.481		0,43			
15.482		0,52			
15.483		0,66			
15.484		0,72			
			1,0	0,1	0,7

**15.485-15.512.** На щель шириной  $b$  нормально падает параллельный пучок монохроматического света длиной волны  $\lambda$ . Ширина изображения щели на экране, удаленном на расстояние  $L$  от линзы, равна  $\Delta x$ . Найти неизвестную величину согласно номеру задачи в табл. 15.17. Шириной изображения считать расстояние между первыми дифракционными минимумами, расположенными по обе стороны от главного максимума освещенности.

**Таблица 15.17**

**Условия к задачам 15.485 – 15.512**

Номер задачи	$b$ , мкм	$\lambda$ , мкм	$L$ , м	$\Delta x$ , см
15.485	?	0,50	0,65	8,14
15.486	10	?	1,20	16,36
15.487	6	0,58	?	17,48
15.488	21	0,44	0,90	?
15.489	?	0,57	1,05	4,79
15.490	18	?	1,35	10,51
15.491	13	0,40	?	8,00
15.492	11	0,66	0,75	?
15.493	?	0,60	1,30	5,20
15.494	15	?	0,55	3,30
15.495	20	0,42	?	3,36
15.496	19	0,51	1,00	?
15.497	?	0,45	0,85	7,66
15.498	35	?	0,70	2,40
15.499	20	0,64	?	4,48
15.500	8	0,56	1,40	?
15.501	?	0,52	0,60	2,71
15.502	12	?	0,95	9,04
15.503	14	0,48	?	7,55
15.504	16	0,63	1,10	?
15.505	?	0,43	0,80	5,74
15.506	13	?	1,45	10,27
15.507	22	0,55	?	3,85
15.508	27	0,67	1,15	?
15.509	?	0,65	0,50	1,91
15.510	17	?	0,72	4,41
15.511	9	0,47	?	1,05
15.512	14	0,54	0,25	?

**15.513 – 15.540.** Дифракционная решетка шириной  $l$  имеет число щелей  $N$  и постоянную решетки  $d$ . Разрешающая способность решетки для длины волны  $\lambda$  в порядке  $m$  равна  $R = \lambda / (\Delta\lambda)$ , ее угловая дисперсия  $D = \Delta\phi / (\Delta\lambda)$ , где  $\Delta\lambda$  – разница в длинах волн двух соседних максимумов, которые может разрешить дифракционная решетка. Найти неизвестные величины в табл. 15.18. согласно номеру задачи.

**Таблица 15.18**

**Условия к задачам 15.513 – 15.540**

Номер задачи	$l$ , см	$d$ , см	$N$	$m$	$\overset{\circ}{\lambda}$ , Å	$\overset{\circ}{\Delta\lambda}$ , Å	$R$	$D$ , см $^{-1}$
15.513	?	?	?	2	?	0,2	20000	4000
15.514	?	$2 \cdot 10^{-3}$	5000	2	5500	?	?	?
15.515	4,0	?	5000	3	?	0,3	?	?
15.516	6,0	?	4000	3	6000	?	?	?
15.517	4,5	$5 \cdot 10^{-4}$	?	?	?	0,2	?	6000
15.518	3,0	?	?	4	6000	?	?	2500
15.519	?	$6 \cdot 10^{-4}$	?	3	5000	?	25000	?
15.520	?	$5 \cdot 10^{-4}$	7500	?	?	0,3	?	4000
15.521	2,0	?	?	1	6400	?	8000	?
15.522	2,5	?	12500	2	5000	?	?	?
15.523	6,3	$1,5 \cdot 10^{-3}$	?	2	?	0,5	?	?
15.524	?	$1,25 \cdot 10^{-3}$	3200	?	?	0,75	6400	?
15.525	2,0	$5 \cdot 10^{-4}$	?	3	6000	?	?	?
15.526	1,4	$7 \cdot 10^{-4}$	?	4	?	0,7	?	?
15.527	?	?	8750	?	?	0,25	17500	5000
15.528	1,8	?	2700	?	4050	?	?	4500
15.529	?	$7 \cdot 10^{-4}$	?	1	?	0,6	10000	?
15.530	?	?	?	2	?	0,4	12600	6300
15.531	2,8	?	7000	2	?	0,35	?	?
15.532	3,2	?	?	3	?	0,3	?	4800
15.533	5,0	$10^{-3}$	?	?	?	0,25	?	3000
15.534	1,5	$1,25 \cdot 10^{-3}$	?	3	4200	?	?	?
15.535	2,5	?	?	2	5250	?	5000	?
15.536	2,4	?	3000	?	?	0,9	6000	?
15.537	?	$2 \cdot 10^{-3}$	1500	1	4800	?	?	?
15.538	?	?	4500	?	?	0,6	9000	6000
15.539	?	$5 \cdot 10^{-4}$	6500	1	?	1,0	?	?
15.540	1,6	?	?	2	?	1,5	3000	?

**15.541 – 15.568.** На грань кристалла падает параллельный пучок рентгеновских лучей длиной волны  $\lambda$ . Расстояние между атомными плоскостями равно  $d$ . Когда лучи падают под углом  $\theta$  к поверхности кристалла, наблюдается интерференционный максимум порядка  $m$ . Найти неизвестную величину согласно номеру задачи в табл. 15.19.

Таблица 15.19

Условия к задачам 15.541 – 15.568

Номер задачи	$\lambda$ , нм	$d$ , нм	$\theta$	$m$
15.541			?	1
15.542			?	2
15.543	0,075	0,28	?	3
15.544			?	4
15.545		?	7°25'	
15.546	0,062	?	7°25'	1
15.547		?	5°05'	
15.548		?	11°56'	
15.549	?		19°28'	
15.550	?		15°28'	2
15.551	?	0,3	15°28'	
15.552	?		7°40'	
15.553	0,045			?
15.554	0,060		7°50'	?
15.555	0,025		1°38'	?
15.556	0,037		4°49'	?
15.557		0,25	?	
15.558	0,05	0,30	?	2
15.559		0,35	?	
15.560		0,40	?	
15.561		?	10°29'	
15.562	0,08	?	5°06'	1
15.563		?	12°09'	
15.564		?	6°58'	
15.565	?		59°	
15.566	?		68°13'	3
15.567	?	0,21	16°36'	
15.568	?		25°23'	

**15.569.** На систему, состоящую из поляризатора и анализатора, у которых угол  $\alpha$  между главными плоскостями составляет  $60^\circ$ , падает естественный свет, интенсивность которого после прохождения системы ослабляется в  $n = 10$  раз. Пренебрегая потерями на отражение света, определите, какой процент интенсивности падающего света теряется при прохождении данной системы (потери в поляризаторе и анализаторе считать одинаковыми).

**15.570.** При прохождении естественного света с интенсивностью  $I_0$  через систему из двух поляризаторов его интенсивность уменьшилась в 2 раза. Когда на пути луча между поляризаторами поместили кварцевую пластинку, интенсивность уменьшилась еще в 2 раза. На какой угол повернулась плоскость колебаний луча в кварцевой пластинке? Поглощением пренебречь.

**15.571.** Интенсивность естественного света, прошедшего через поляризатор, уменьшилась в 2,3 раза. Во сколько раз она уменьшится, если за первым поставить второй такой же поляризатор так, чтобы угол между их главными плоскостями был равен  $60^\circ$  ?

**15.572.** Естественный свет падает на поверхность диэлектрика под углом полной поляризации. Степень поляризации преломленного луча составляет 0,124. Найти коэффициент пропускания света.

**15.573.** Какой угол образуют плоскости поляризации двух николей, если свет, вышедший из второго николя, был ослаблен в 5 раз? Учесть, что поляризатор поглощает 10, а анализатор 8 % падающего на них света.

**15.574.** Угол между плоскостями поляризации двух поляроидов  $70^\circ$ . Как изменится интенсивность прошедшего через них света, если этот угол уменьшится в 5 раз?

**15.575.** Луч света, проходя слой льда, падает на алмазную пластинку, частично отражается, частично преломляется. Определить, каким должен быть угол падения, чтобы отраженный луч был максимально поляризован.

**15.576.** Определить, во сколько раз уменьшится интенсивность естественного света, прошедшего через два николя, плоскости поляризации которых составляют угол  $45^\circ$ . Каждый николь поглощает 8 % света, падающего на него.

**15.577.** Степень поляризации  $P$  света, представляющего собой смесь естественного света с плоскополяризованным, равна 0,5. Определить отношение интенсивности поляризованного света к интенсивности естественного.

**15.578.** Пучок естественного света, идущий в воздухе, отражается от поверхности некоторого вещества, скорость  $v$  распространения света в котором равна  $1,5 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ . Определите угол падения, при котором отраженный свет полностью поляризован.

**15.579.** Определите минимальную толщину пластинки исландского шпата, вырезанной параллельно оптической оси, чтобы падающий на нее нормально плоскополяризованный свет выходил циркулярно поляризованным. Показатели преломления для необыкновенного и обыкновенного лучей  $n_e = 1,489$ ,  $n_o = 1,664$ , длина световой волны 527 нм.

**15.580.** При падении естественного света на некоторый поляризатор проходит  $\eta_1 = 30\%$  светового потока, а через два таких поляризатора –  $\eta_2 = 13,5\%$ . Найти угол  $\phi$  между плоскостями пропускания этих поляризаторов.

**15.581.** На пути частично поляризованного света поместили поляризатор. При повороте поляризатора на угол  $\phi = 60^\circ$  из положения, соответствующего максимуму пропускания, интенсивность прошедшего света уменьшилась в  $\eta = 3,0$  раза. Найти степень поляризации падающего света.

**15.582.** Два николя  $N_1$  и  $N_2$  расположены так, что угол между плоскостями колебаний составляет  $60^\circ$ . При прохождении света через каждый из николей потери на отражение и поглощение составляют 5 %. Найти, во сколько раз уменьшится интенсивность света при прохождении через один и через оба николя.

**15.583.** Определить наименьшую толщину кристаллической пластинки в четверть длины волны для  $\lambda = 530 \text{ нм}$ , если для данной длины волны разность показателей преломления обыкновенного и необыкновенного лучей  $n_o - n_e = 0,01$ .

**15.584-15.611.** Естественный свет, интенсивность которого равна  $I_0$ , проходит два идеальных николя, плоскости поляризации которых составляют угол  $\alpha$ . Интенсивность света, прошедшего первый николь, –  $I_P$ , интенсивность света после второго николя –  $I_A$ . Найти неизвестные величины согласно номеру задачи в табл. 15.20.

**Таблица 15.20**

**Условия к задачам 15.584 – 15.611**

Номер задачи	$I_0, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	$I_P, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	$I_A, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	$\alpha, \text{град}$
15.584	?	?	0,0582	10
15.585	0,28	?	?	60
15.586	?	0,05	0,025	?
15.587	?	0,34	?	80
15.588	?	0,18	0,1479	?
15.589	?	?	0,0362	55
15.590	0,10	?	0,0293	?
15.591	0,34	?	?	65
15.592	?	0,09	0,0795	?
15.593	0,40	?	0,0234	?
15.594	?	0,20	?	20
15.595	0,16	?	?	35
15.596	0,36	?	0,0592	?
15.597	?	0,10	?	40
15.598	?	?	0,1068	25
15.599	?	0,08	0,0776	?
15.600	?	0,16	?	75
15.601	?	?	0,029	50
15.602	?	0,12	0,09	?
15.603	0,32	?	?	15
15.604	?	?	0,03	30
15.605	?	0,06	0,0248	?
15.606	0,30	?	?	70
15.607	?	0,09	?	20
15.608	0,06	?	0,028	?
15.609	0,20	?	?	10
15.610	?	0,15	0,0375	?
15.611	?	0,07	?	45

**15.612 – 15.639.** Естественный свет проходит через несовершенные анализатор и поляризатор, расположенные так, что угол между их плоскостями равен  $\alpha$ . При этом поляризатор отражает и поглощает  $\beta_P$  падающего на него света, а анализатор –  $\beta_A$ . Интенсивность света, прошедшего анализатор, равна к интенсивности света, падающего на поляризатор. Найти неизвестную величину согласно номеру задачи в табл. 15.21.

**Таблица 15.21**

**Условия к задачам 15.612 – 15.639**

Номер задачи	$\alpha$ , град	$\beta_P$ , %	$\beta_A$ , %	$\kappa$ , %
15.612	?	4	2	23,52
15.613	40	?	9	25,36
15.614	65	11	?	7,31
15.615	10	16	3	?
15.616	?	5	7	7,89
15.617	70	?	4	5,28
15.618	30	12	?	26,70
15.619	45	17	15	?
15.620	?	10	15	15,62
15.621	20	?	5	39,00
15.622	50	15	?	15,45
15.623	75	6	8	?
15.624	?	18	17	22,83
15.625	80	?	6	1,37
15.626	40	13	?	23,23
15.627	15	2	4	?
15.628	?	20	14	4,02
15.629	50	?	7	17,29
15.630	25	7	?	36,28
15.631	60	21	13	?
15.632	?	9	12	23,50
15.633	30	?	8	31,74
15.634	55	14	?	12,59
15.635	70	19	10	?
15.636	?	8	11	13,47
15.637	35	?	9	26,26
15.638	75	22	?	2,22
15.639	60	3	5	?

**15.640 – 15.667.** Естественный свет проходит через два идеальных николя, плоскости поляризации которых расположены под углом  $\theta$ . После прохождения через второй николь свет падает на зеркало с коэффициентом отражения  $\kappa$  таким образом, что при отражении плоскость поляризации не меняется. Отразившись, свет проходит опять оба николя. Интенсивность света после обратного прохождения через оба николя стала в  $m$  раз меньше интенсивности падающего естественного света. Найти неизвестную величину согласно номеру задачи в табл. 15.22.

Таблица 15.22

**Условия к задачам 15.640 – 15.667**

Номер задачи	$\theta$ , град	$\kappa$	$m$
15.640	20		?
15.641	30		?
15.642	40	0,75	?
15.643	50		?
15.644		?	9,87
15.645		?	7,41
15.646		?	14,81
15.647		?	6,35
15.648	?		30,8
15.649	?		9,68
15.650	?	0,6	4,94
15.651	?		7,4
15.652		0,1	?
15.653		0,2	?
15.654		0,3	?
15.655		0,4	?
15.656		?	7,41
15.657		?	5,93
15.658		?	4,56
15.659		?	3,95
15.660	?		3,28
15.661	?		89,57
15.662	?	0,7	3,67
15.663	?		8,3
15.664	15		?
15.665	30		?
15.666	45	0,5	?
15.667	60		?

**15.668 – 15.695.** Пластиинка, вырезанная из одноосного кристалла параллельно оптической оси, помещена между двумя поляризаторами так, что ее оптическая ось составляет угол  $45^\circ$  с плоскостями поляризации обоих поляризаторов. Минимальная толщина пластиинки, при которой свет с длиной волны  $\lambda_1$  будет максимально усилен, а с длиной волны  $\lambda_2$  – максимально ослаблен, равна  $d$ . Разница показателей преломления обычновенного и необыкновенного лучей в кристалле для света с длиной волны  $\lambda_1$  равна  $\Delta n_1$ , для света с длиной волны  $\lambda_2$  равна  $\Delta n_2$ . Найти неизвестную величину согласно номеру задачи в табл. 15.23.

Таблица 15.23

**Условия к задачам 15.668 – 15.695**

Номер задачи	Плоскости поляризации поляризаторов	$\alpha$ , мм	$\lambda_1$ , мкм	$\lambda_2$ , мкм	$\Delta n_1$	$\Delta n_2$
15.668	Параллельны	?	0,62	0,68	0,013	0,014
15.669		0,238	?	0,65	0,024	0,027
15.670		0,325	0,52	?	0,008	0,009
15.671		0,143	0,43	0,56	?	0,028
15.672	Перпендикулярны	0,344	0,47	0,60	0,014	?
15.673		?	0,35	0,55	0,019	0,026
15.674		0,130	?	0,52	0,030	0,037
15.675		10,675	0,61	?	0,007	0,008
15.676	Параллельны	0,062	0,45	0,58	?	0,034
15.677		1,408	0,58	0,68	0,013	?
15.678		?	0,37	0,50	0,020	0,025
15.679		0,052	?	0,63	0,029	0,032
15.680	Перпендикулярны	0,560	0,48	?	0,018	0,022
15.681		0,329	0,40	0,51	?	0,026
15.682		0,729	0,53	0,66	0,010	?
15.683		?	0,49	0,64	0,025	0,031
15.684	Параллельны	1,358	?	0,53	0,028	0,036
15.685		0,843	0,46	?	0,017	0,020
15.686		0,737	0,55	0,67	?	0,030
15.687		2,79	0,54	0,62	0,021	?
15.688	Перпендикулярны	?	0,50	0,61	0,016	0,019
15.689		1,307	?	0,51	0,009	0,011
15.690		0,285	0,38	?	0,026	0,030
15.691		0,66	0,44	0,54	?	0,018
15.692	Параллельны	0,3	0,36	0,45	0,011	?
15.693		?	0,60	0,70	0,027	0,031
15.694		0,442	?	0,59	0,015	0,019
15.695		14,790	0,51	?	0,022	0,025

**15.696 – 15.723.** В установке по наблюдению эффекта Керра к конденсатору, длина пластин которого  $l$  и расстояние между ними  $d$ , приложена разность потенциалов  $U$ . Разность показателей преломления обыкновенного и необыкновенного лучей в жидкой среде для длины волны

0,6 мкм равна  $n_o - n_e$ , а постоянная Керра для данной длины волны при комнатной температуре –  $2,2 \cdot 10^{-12} \frac{\text{м}}{\text{В}^2}$ . При прохождении ячейки Керра

между обыкновенным и необыкновенным лучами возникает разность хода, равная  $\Delta$ , и разность фаз, равная  $\delta$ . Найти неизвестные величины согласно номеру задачи в табл. 15.24.

Таблица 15.24

Условия к задачам 15.696 – 15.723

Номер задачи	$l$ , см	$d$ , мм	$U$ , В	$n_o - n_e$	$\Delta$ , мкм	$\delta$
15.696	?	2,67	?	$4,17 \cdot 10^{-7}$	0,05	?
15.697	10	1,41	?	$1,2 \cdot 10^{-6}$	?	?
15.698	?	?	1150	$9 \cdot 10^{-7}$	?	$0,225\pi$
15.699	5	2,0	1200	?	?	?
15.700	?	?	1500	$3 \cdot 10^{-6}$	0,11	?
15.701	8	?	1340	$1,8 \cdot 10^{-6}$	?	?
15.702	?	1,2	?	$4,1 \cdot 10^{-6}$	?	$\pi/2$
15.703	7,5	?	900	?	?	$\pi/4$
15.704	?	2,1	1050	?	0,09	?
15.705	16	?	1400	?	0,13	?
15.706	?	1,0	850	?	?	$0,2\pi$
15.707	?	1,3	?	$7,5 \cdot 10^{-7}$	?	$0,4\pi$
15.708	12	1,8	?	?	0,07	?
15.709	?	2,2	?	$8 \cdot 10^{-7}$	0,15	?
15.710	?	1,6	800	?	0,12	?
15.711	9	?	1400	?	?	$0,3\pi$
15.712	15	1,46	?	$2,5 \cdot 10^{-6}$	?	?
15.713	12,5	?	750	?	0,1	?
15.714	?	?	1100	$7 \cdot 10^{-7}$	?	$0,15\pi$
15.715	?	1,7	1450	?	?	$0,45\pi$
15.716	10,5	1,9	?	?	0,08	?
15.717	18,5	?	1000	?	0,16	?
15.718	13	?	1300	?	?	$0,35\pi$
15.719	?	?	1360	$2 \cdot 10^{-6}$	0,14	?
15.720	11	1,5	1250	?	?	?
15.721	14	?	950	$1,5 \cdot 10^{-6}$	?	?
15.722	?	1,1	?	$8,5 \cdot 10^{-7}$	0,06	?
15.723	?	0,9	?	$9,5 \cdot 10^{-7}$	?	$0,55\pi$

**15.724 – 15.751.** Поляризованный в вертикальной плоскости дневной свет проходит через вырезанную перпендикулярно к оптической оси правовращающую кварцевую пластинку толщиной  $l$ , за которой установлен поляризатор. Длина волны света, который преобладает в луче, вышедшем из поляризатора, если плоскость поляризатора составляет с вертикалью угол  $\varphi$ , равна  $\lambda$ . Найти неизвестную величину согласно номеру задачи в табл. 15.25, считая постоянную вращения  $\alpha$  кварца изменяющейся линейно с длиной волны от  $\alpha_1 = 31^\circ$  на 1 мм при  $\lambda_1 = 0,5 \text{ мкм}$  до  $\alpha_2 = 17^\circ$  на 1 мм при  $\lambda_2 = 0,65 \text{ мкм}$ .

**Таблица 15.25**

**Условия к задачам 15.724 – 15.751**

Номер задачи	$l$ , мм	$\varphi$	$\lambda$ , мкм	Цвет
15.724	1,0	30°	?	?
15.725		26°	?	?
15.726		21°	?	?
15.727		19°	?	?
15.728	0,75	?	0,650	Красный
15.729		?	0,590	Желтый
15.730		?	0,555	Зеленый
15.731		?	0,510	Зелено-голубой
15.732	?	16°	0,505	Зелено-голубой
15.733	?	23°		
15.734	?	27°30'		
15.735	?	36°30'		
15.736	1,25	21°	?	?
15.737	1,05		?	?
15.738	0,81		?	?
15.739	0,7		?	?
15.740	0,6	?	0,6	Оранжевый
15.741	0,7			
15.742	0,8			
15.743	0,9			
15.744	?	24°	0,650	Красный
15.745	?		0,625	Красный
15.746	?		0,595	Оранжевый
15.747	?		0,552	Зеленый

15.748		17°	?	?
15.749		15°	?	?
15.750	0,65	13°30'	?	?
15.751		11°	?	?

### **16.3. Задачи для самостоятельного решения**

**16.1.** Давление света с длиной волны  $0,55 \text{ мкм}$ , нормально падающего на зеркальную поверхность, равно  $9 \text{ мкПа}$ . Определите концентрацию фотонов вблизи поверхности.

**16.2.** Красная граница фотоэффекта для никеля равна  $0,257 \text{ мкм}$ . Найти длину волны света, падающего на никелевый электрод, если фототок прекращается при задерживающей разности потенциалов, равной  $1,5 \text{ В}$ .

**16.3.** Определите, с какой скоростью  $v$  должен двигаться электрон, чтобы его кинетическая энергия  $T$  была равна энергии  $\varepsilon$  фотона с длиной волны  $\lambda = 1 \text{ пм}$ .

**16.4.** Определите длину волны  $\lambda$  фотона, импульс  $P$  которого в два раза меньше импульса  $P_e$  электрона, движущегося со скоростью  $0,1 \text{ Мм/с}$ .

**16.5.** Некоторый металл, работа выхода электронов из которого составляет  $4 \text{ эВ}$ , освещается монохроматическим светом с длиной волны  $220 \text{ нм}$ . Определите, какое напряжение следует приложить, чтобы фотоэффект прекратился.

**16.6.** Короткий импульс света с энергией  $E = 10 \text{ Дж}$  в виде узкого параллельного монохроматического пучка фотонов падает на пластинку под углом падения  $\alpha = 60^\circ$ . При этом  $K = 30\%$  фотонов поглощаются пластинкой, а остальные зеркально отражаются. С какой силой действует этот импульс на пластинку, если его длительность  $\Delta t = 5 \cdot 10^{-2} \text{ с}$ ?

**16.7 – 16.34.** Красная граница фотоэффекта равна  $\lambda_0$ , максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона  $T_{\max}$ , при этом доля энергии фотона, израсходованная на работу вырывания фотоэлектрона, составляет  $K$ . Найти неизвестную величину согласно номеру задачи в табл. 16.2.

Таблица 16.2

## Условия к задачам 16.7 – 16.34

Номер задачи	$\lambda_0$ , мкм	$T_{\max}$ , эВ	$K$
16.7	0,66		?
16.8	0,473		?
16.9	0,276	0,5	?
16.10	0,545		?
16.11		?	0,9
16.12		?	0,8
16.13	0,621	?	0,7
16.14		?	0,6
16.15	?	0,767	
16.16	?	0,465	
16.17	?	1,48	0,75
16.18	?	0,637	
16.19		0,074	?
16.20		0,209	?
16.21	0,5176	0,327	?
16.22		0,457	?
16.23	0,887	?	
16.24	0,776	?	
16.25	0,276	?	0,8
16.26	0,234	?	
16.27	?		0,95
16.28	?		0,85
16.29	?	0,65	0,75
16.30	?		0,70
16.31	0,472	0,054	?
16.32	0,621	0,105	?
16.33	0,262	0,772	?
16.34	0,776	0,478	?

**16.35 – 16.62.** При фотоэфекте с поверхности металла, освещаемого излучением с длиной волны  $\lambda$ , вырываются электроны, работа выхода которых из металла равна  $A_{вых}$ . Фотоэффект наблюдается для излучения с длиной волны  $\lambda < \lambda_0$ , где  $\lambda_0$  – красная граница фотоэффекта. Задерживающая разность потенциалов равна  $U_3$ . Определить неизвестные величины согласно номеру задачи в табл. 16.3.

Таблица 16.3

**Условия к задачам 16.35 – 16.62**

Номер задачи	$\lambda$ , мкм	$A_{вых}$ , эВ	$\lambda_0$ , мкм	$U_3$ , В
16.35	?	?	0,565	0,9
16.36	?	1,9	?	0,36
16.37	0,2	4,74	?	?
16.38	0,3	?	?	0,34
16.39	0,25	?	0,289	?
16.40	0,46	2,3	?	?
16.41	?	?	0,522	0,1
16.42	?	1,4	?	0,37
16.43	?	?	0,621	0,07
16.44	0,42	?	?	0,16
16.45	0,23	?	0,282	?
16.46	0,21	5,3	?	?
16.47	?	?	0,284	0,41
16.48	?	2,4	?	0,135
16.49	0,72	?	0,776	?
16.50	0,26	4,5	?	?
16.51	0,31	?	0,327	?
16.52	0,22	?	?	0,33
16.53	?	?	0,259	0,38
16.54	?	2,63	?	0,13
16.55	0,28	4,25	?	?
16.56	0,32	?	0,341	?
16.57	0,48	?	?	0,24
16.58	?	2,49	?	0,61
16.59	?	?	0,376	0,25
16.60	0,54	?	?	0,14
16.61	0,29	3,92	?	?
16.62	?	4,7	?	0,95

**16.63 – 16.90.** Пучок монохроматического света длиной волны  $\lambda$  падает нормально на плоскую поверхность с отражательной способностью  $\rho$ . При этом за время  $\Delta t$  на поверхность падает  $N$  фотонов. Поток энергии равен  $\Phi$ , а сила давления, испытываемая этой поверхностью, –  $F$ . Найти неизвестные величины согласно номеру задачи в табл. 16.4.

Таблица 16.4

**Условия к задачам 16.63 – 16.90**

Номер задачи	$\lambda, \text{ мкм}$	$\rho$	$\Delta t, \text{ с}$	$N, 10^{20}$	$\Phi, \text{ Вт}$	$F, 10^{-7} \text{ н}$
16.63	?	?	1,0	0,823	36,36	2
16.64	0,46	?	8,5	93,2	?	30
16.65	0,60	0,7	?	5,33	88,24	?
16.66	0,53	?	5,0	?	154,8	8
16.67	?	0,95	6,5	1,685	?	0,5
16.68	0,55	0,3	3,0	?	92,3	?
16.69	0,48	?	?	6,79	56,25	3
16.70	?	0,75	4,5	17,5	154,3	?
16.71	0,58	0,45	?	0,796	?	0,6
16.72	0,44	0,6	2,0	4,98	?	?
16.73	0,65	?	?	3,817	116,7	7
16.74	0,52	0,9	1,5	?	31,58	?
16.75	0,43	0,35	9,0	?	?	0,3
16.76	?	?	5,5	14,05	92,3	6
16.77	0,50	0,5	?	0,176	2,0	?
16.78	?	0,25	8,0	5,41	?	0,8
16.79	0,62	?	10,0	?	180	9
16.80	?	0,65	2,5	6,4	127,3	?
16.81	0,45	0,8	?	0,795	?	0,7
16.82	0,59	?	7,0	16,85	?	5
16.83	0,54	0,2	6,0	?	?	0,4
16.84	?	?	9,5	106,52	342,85	20
16.85	0,42	0,85	3,5	3,6	?	?
16.86	0,64	0,15	?	2,1	26,1	?
16.87	0,68	?	1,0	?	70,6	4
16.88	?	0,55	4,0	2,1	?	0,9
16.89	0,56	1,0	?	0,338	?	0,2
16.90	0,40	0,4	7,5	?	171,4	?

**16.91 – 16.118.** Часть фотонов при рассеянии на электронах, которые можно считать свободными, в результате эффекта Комптона была отклонена от первоначального направления на угол  $\theta$ . Кинетическая энергия и импульс электронов до соударения с фотонами были пренебрежимо малы. Энергия фотонов  $\epsilon$  до рассеяния соответствует излучению с длиной волны  $\lambda$ . Энергия  $\epsilon'$  рассеянных фотонов соответствует излучению с длиной волны  $\lambda'$ . Найти неизвестные величины согласно номеру задачи в табл. 16.5. Выполнить дополнительное задание.

Таблица 16.5

**Условия к задачам 16.91 – 16.118**

Номер задачи	$\theta$ , град	$\epsilon$ , МэВ	$\lambda^{\circ}$ , Å	$\epsilon'$ , МэВ	$\lambda'^{\circ}$ , Å	Построить график
16.91	30	0,5	0,5	?	?	$\Delta\lambda = f(\theta)$
16.92	60					
16.93	90					
16.94	120					
16.95	?	0,2	0,2	0,2087	0,2398	$\lambda' = f(\theta)$
16.96	?					
16.97	?					
16.98	?					
16.99	?	0,4	0,4	0,2757	0,1653	$\epsilon' = f(\theta)$
16.100	?					
16.101	?					
16.102	?					
16.103	60	0,7	0,7	?	?	$\Delta\epsilon = f(\theta)$
16.104	90					
16.105	120					
16.106	150					
16.107	120	120	0,2	?	?	$\Delta\lambda = f(\lambda)$
16.108			0,4			
16.109			0,6			
16.110			0,8			
16.111	40	?	?	?	0,65	$\Delta\lambda = f(\theta)$
16.112	80					
16.113	120					
16.114	160					
16.115	40	?	?	?	0,1	$\Delta\epsilon = f(\theta)$
16.116	80					
16.117	120					
16.118	160					

**16.119 – 16.146.** Частица, ускоренная разностью потенциалов  $U$ , имеет длину волны де Броиля, равную  $\lambda$ . Найти неизвестную величину согласно номеру задачи в табл. 16.6.

Таблица 16.6

**Условия к задачам 16.119 – 16.146**

Номер задачи	Движущаяся частица	$U, \text{ В}$	$\lambda, \text{ \AA}^\circ$
16.119	Электрон	1	?
16.120		$10^2$	?
16.121		$10^3$	?
16.122		$10^4$	?
16.123	Протон	?	0,064
16.124		?	0,045
16.125		?	0,037
16.126		?	0,032
16.127	?	1000	0,3873
16.128	?	100	0,0286
16.129	?	10	0,0905
16.130	?	1	0,2862
16.131	$\alpha$ -частица	5	?
16.132		10	?
16.133		50	?
16.134		100	?
16.135	Электрон	?	1,83
16.136		?	1,0
16.137		?	0,5
16.138		?	0,316
16.139	?	5	0,128
16.140	?	50	1,734
16.141	?	75	1,416
16.142	?	15	0,074
16.143	Протон	25	?
16.144		50	?
16.145		75	?
16.146		100	?

**16.147 – 16.174.** Возбужденный атом испускает фотон в течение промежутка времени  $\Delta t$ . Длина волны излучения равна  $\lambda$ , ширина спектральной линии –  $\Delta\lambda$ . Энергия фотона равна  $\epsilon$ , неопределенность в определении энергии и положения фотона –  $\Delta\epsilon$  и  $\Delta x$  соответственно. Найти неизвестные величины согласно номеру задачи в табл. 16.7. Проанализировать полученные результаты.

Таблица 16.7

**Условия к задачам 16.147 – 16.174**

Номер задачи	$\lambda, \text{ \AA}^\circ$	$\Delta\lambda, \text{ \AA}^\circ$	$\Delta t, \text{ с}$	$\epsilon, \text{ эВ}$	$\Delta\epsilon, \text{ эВ}$	$\Delta x, \text{ см}$
16.147	6000	?	$10^{-8}$	?	?	?
16.148	6000	?	$10^{-9}$	?	?	?
16.149	4500	?	$10^{-8}$	?	?	?
16.150	4500	?	$10^{-9}$	?	?	?
16.151	?	?	?	0,9	$10^{-7}$	?
16.152	?	?	?	0,9	$10^{-6}$	?
16.153	?	?	?	1,2	$10^{-7}$	?
16.154	?	?	?	1,2	$10^{-6}$	?
16.155	5500	0,1	?	?	?	?
16.156	5500	0,01	?	?	?	?
16.157	7000	0,1	?	?	?	?
16.158	7000	0,01	?	?	?	?
16.159	?	?	?	1,0	?	0,1
16.160	?	?	?	1,0	?	10
16.161	?	?	?	3,0	?	0,1
16.162	?	?	?	3,0	?	10
16.163	?	?	$10^{-8}$	1,5	?	?
16.164	?	?	$10^{-10}$	1,5	?	?
16.165	?	?	$10^{-8}$	2,5	?	?
16.166	?	?	$10^{-10}$	2,5	?	?
16.167	2500	?	?	?	$10^{-5}$	?
16.168	2500	?	?	?	$10^{-8}$	?
16.169	6500	?	?	?	$10^{-5}$	?
16.170	6500	?	?	?	$10^{-8}$	?
16.171	7500	?	?	?	?	200
16.172	7500	?	?	?	?	0,2
16.173	4000	?	?	?	?	200

16.174	4000	?	?	?	?	0,2
--------	------	---	---	---	---	-----

**16.175 – 16.202.** В электронно–лучевой трубке ускоряющее напряжение пучка электронов равно  $U$ , диаметр пучка –  $d$ , длина пути электрона –  $l$ . Определить неопределенность в значении импульса  $\Delta P_x$  и неконтролируемое смещение  $\Delta S$  электронов на экране, вызываемое квантовым эффектом, согласно номеру задачи в табл. 16.8.

Таблица 16.8

**Условия к задачам 16.175 – 16.202**

Номер задачи	$U$ , кВ	$d$ , м	$l$ , м	Пояснить зависимость
16.175	1	$10^{-5}$	0,5	$\Delta S = f(U)$
16.176	5			
16.177	10			
16.178	15			
16.179	10	$10^{-5}$	0,3	$\Delta S = f(d)$
16.180		$5 \cdot 10^{-5}$		
16.181		$10^{-4}$		
16.182		$5 \cdot 10^{-4}$		
16.183	15	$2 \cdot 10^{-5}$	0,2	$\Delta S = f(l)$
16.184			0,4	
16.185			0,6	
16.186			0,8	
16.187	8	$10^{-5}$	0,45	$\Delta P_x = f(U)$
16.188	10			
16.189	12			
16.190	14			
16.191	7,5	$10^{-6}$	0,35	$\Delta P_x = f(d)$
16.192		$4 \cdot 10^{-6}$		
16.193		$8 \cdot 10^{-6}$		
16.194		$1,2 \cdot 10^{-5}$		
16.195	13	$2,5 \cdot 10^{-5}$	0,25	$\Delta P_x = f(l)$
16.196			0,5	
16.197			0,75	
16.198			1,0	
16.199	16	$2 \cdot 10^{-5}$	0,65	$\Delta S = f(\Delta P_x)$
16.200		$4 \cdot 10^{-5}$		
16.201		$6 \cdot 10^{-5}$		
16.202		$8 \cdot 10^{-5}$		

**16.203 – 16.230.** Пучок электронов с энергией  $W$  встречает на своем пути полубесконечный потенциальный барьер высотой  $U$ . Относительная плотность вероятности пребывания электрона на расстоянии  $x$  от начала барьера равна  $\eta$ . Найти неизвестную величину согласно номеру задачи в табл. 16.9.

Таблица 16.9

**Условия к задачам 16.203 – 16.230**

Номер задачи	$W$ , эВ	$U$ , эВ	$x, \text{ \AA}^\circ$	$\eta$
16.203	?	22	0,5	0,48
16.204	25	?	1,9	0,14
16.205	40	45	?	0,25
16.206	31	33	1,0	?
16.207	?	30	1,5	0,11
16.208	21	?	2,6	0,02
16.209	33	35	?	0,56
16.210	28	32	0,8	?
16.211	?	22	1,2	0,12
16.212	36	?	2,0	0,016
16.213	18	20	?	0,23
16.214	24	26	1,8	?
16.215	?	28	0,7	0,29
16.216	29	?	2,2	0,006
16.217	22	25	?	0,41
16.218	34	37	1,3	?
16.219	?	24	0,9	0,27
16.220	26	?	1,4	0,057
16.221	32	35	?	0,1
16.222	19	20	2,5	?
16.223	?	31	0,6	0,42
16.224	23	?	2,4	0,085
16.225	37	39	?	0,175
16.226	30	35	1,6	?
16.227	?	40	0,4	0,44
16.228	20	?	1,7	0,049
16.229	35	36	?	0,44
16.230	27	29	2,2	?

**16.231.** Цезий освещается монохроматическим светом с длиной волны 500 нм. Определите максимальную скорость фотоэлектронов, зная, что красная граница для цезия 658 нм.

**16.232.** Определите, во сколько раз максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, вырываемых с поверхности цинка (работа выхода 4,0 эВ)

монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda = 220$  нм, превосходит среднюю энергию теплового движения электронов при температуре 27 °C.

**16.233.** Определить энергию электрона отдачи при эффекте Комптона, если фотон ( $\lambda = 100$  пм) был рассеян на угол  $\theta = 180^\circ$ .

**16.234.** Узкий пучок монохроматического рентгеновского излучения падает на рассеивающее вещество. Оказалось, что длины волн рассеянного под углами  $\theta_1 = 60^\circ$  и  $\theta_2 = 120^\circ$  излучения отличаются в  $n = 1,5$  раза. Определите длину волны падающего излучения, предполагая, что рассеяние происходит на свободных электронах.

**16.235.** Фотон с энергией  $\varepsilon = 0,23$  МэВ рассеялся на первоначально покоявшемся свободном электроне. Определите кинетическую энергию электрона отдачи, если длина волны рассеянного фотона изменилась на 15 %.

**16.236.** В результате эффекта Комптона фотон рассеялся на покоявшемся свободном электроне на угол  $\theta = 90^\circ$ . Энергия рассеянного фотона  $\varepsilon' = 216$  кэВ. Определите: 1) энергию фотона до рассеяния; 2) кинетическую энергию электрона отдачи; 3) угол  $\varphi$ , под которым движется электрон отдачи.

**16.237.** Определите длину волны де Бройля электронов, бомбардирующих анод рентгеновской трубы, если коротковолновая граница сплошного рентгеновского спектра  $\lambda_{\min} = 2$  нм.

**16.238.** Определите кинетическую энергию протона и электрона, для которых длина волны де Бройля равна 0,06 нм.

**16.239.** Какой кинетической энергией должен обладать протон, чтобы длина волны де Бройля протона равнялась его комптоновской длине волны?

**16.240.** Считая, что электрон находится внутри атома диаметром  $d = 1$  нм, определите (в электрон-вольтах) неопределенность кинетической энергии данного электрона.

**16.241.** Электронный пучок ускоряется в электронно-лучевой трубке разностью потенциалов  $U = 0,5$  кВ. Принимая, что неопределенность импульса равна 0,1 % от его числового значения, определите неопределенность координаты электрона.

**16.242.** Электрон находится в одномерной потенциальной яме шириной  $l$  с бесконечно высокими стенками. Определите среднее значение координаты  $\langle x \rangle$  электрона.

**16.243.** Определите ширину  $l$  одномерной прямоугольной потенциальной ямы с бесконечно высокими стенками, при которой дискретность энергетического спектра электрона, находящегося в

возбужденном состоянии ( $n = 3$ ), вдвое больше его средней кинетической энергии при температуре  $T = 300$  К.

### 17.3. Задачи для самостоятельного решения

**17.1.** Металлическая поверхность площадью  $S = 10 \text{ см}^2$ , нагретая до температуры  $T = 2,5 \text{ кК}$ , излучает в одну минуту  $60 \text{ кДж}$ . Определите: 1) энергию, излучаемую этой поверхностью, считая ее черной; 2) отношение энергетических светимостей этой поверхности и черного тела при данной температуре.

**17.2.** Максимум спектральной плотности энергетической светимости Солнца приходится на длину волны  $\lambda = 0,48 \text{ мкм}$ . Считая, что Солнце излучает как черное тело, определите: 1) температуру его поверхности; 2) мощность, излучаемую его поверхностью.

**17.3.** Черное тело находится при температуре  $1,5 \text{ кК}$ . При остывании этого тела длина волны, соответствующая максимуму спектральной плотности энергетической светимости, изменилась на  $5 \text{ мкм}$ . Определите температуру, до которой тело охладилось.

**17.4.** В результате охлаждения черного тела длина волны, отвечающая максимуму спектральной плотности энергетической светимости, сместилась с  $\lambda_{1\max} = 0,8 \text{ мкм}$  до  $\lambda_{2\max} = 2,4 \text{ мкм}$ . Определите, во сколько раз изменилась: 1) энергетическая светимость тела; 2) максимальная спектральная плотность энергетической светимости.

**17.5.** Используя формулу Планка, определите энергетическую светимость  $\Delta R_\vartheta$  черного тела, приходящуюся на узкий интервал длин волн  $\Delta\lambda = 1 \text{ нм}$ , соответствующий максимуму спектральной плотности энергетической светимости, если температура черного тела  $T = 3,2 \text{ кК}$ .

**17.6-17.30.** Вакуумированный контейнер имеет небольшое окно, изготовленное из прозрачного материала (см рис. 17.1). Объем контейнера  $V$ , температура его стенок  $T$  и площадь окна  $S$  заданы в табл. 17.1. Определите среднее число фотонов, приходящихся на моду электромагнитного излучения в контейнере с частотой  $\omega_1$ , соответствующей длине волны  $\lambda_1$ , и число мод электромагнитного поля в

диапазоне длин волн от  $\lambda_1$  до  $\lambda_2$ . Определите мощность теплового излучения из окна контейнера согласно номеру задачи в табл. 17.1.

Таблица 17.1

**Условия к задачам 17.6 – 17.30**

Номер задачи	$V$ , л	$S$ , $\text{см}^2$	$T$ , К	$\lambda_1$ , нм	$\lambda_2$ , нм
17.6	1	0,09	1100	3000	3010
17.7	1000	1	3000	900	901
17.8	100	0,85	300	9660	9670
17.9	500	1,2	2500	1100	1110
17.10	2	0,15	1000	2900	2910
17.11	700	1,1	273	10000	10010
17.12	3	0,17	1500	2000	2010
17.13	0,5	0,1	4000	600	601
17.14	7	0,2	500	6000	6010
17.15	150	0,9	750	4000	4010
17.16	20	0,3	370	7900	7910
17.17	0,2	0,11	1800	1700	1710
17.18	25	0,4	400	7300	7310
17.19	0,6	0,12	2200	1300	1310
17.20	50	0,35	330	9000	9010
17.21	0,8	0,13	600	4900	4910
17.22	200	0,8	800	3600	3610
17.23	12	0,45	1400	2000	2010
17.24	70	0,7	3100	940	941
17.25	24	0,25	1600	1800	1810
17.26	0,7	0,14	3300	880	881
17.27	6	0,5	1900	1500	1510
17.28	36	1,1	2900	1000	1010
17.29	17	0,6	350	8300	8310

17.30	400	1,3	3400	850	851
-------	-----	-----	------	-----	-----

**17.31 – 17.58.** Определить, во сколько раз испускательная способность абсолютно черного тела вблизи длины волны  $\lambda_1$  при температуре  $T_1$  больше его испускательной способности вблизи длины волны  $\lambda_2$  при температуре  $T_2$ . Выполнить задание согласно номеру задачи в табл. 17.2.

Таблица 17.2

**Условия к задачам 17.31 – 17.58**

Номер задачи	$\lambda_1$ , мкм	$T_1$ , К	$\lambda_2$ , мкм	$T_2$ , К
17.31	1,2	1000	0,6	1000
17.32		2000		
17.33		3000		
17.34		4000		
17.35	0,75	2000	0,5	2000
17.36	1,25			
17.37	1,5			
17.38	1,75			
17.39	2,0	1500	0,5	1500
17.40			1,0	
17.41			1,5	
17.42			2,5	
17.43	2,2	1300	0,7	1300
17.44				1400
17.45				1500
17.46				1600
17.47	1,0	1700	0,45	1700
17.48	1,5			
17.49	1,7			
17.50	2,0			
17.51	0,45	6000	0,40	6000
17.52			0,55	
17.53			0,60	
17.54			0,70	
17.55	2,4	1200	0,65	1000
17.56				1200
17.57				1400
17.58				1600

**17.59 – 17.86.** Электрическая лампа мощностью  $P$  имеет площадь излучающей поверхности, равную  $S$ . Температура нити накала –  $T$ , излучение нити составляет  $k$  излучения абсолютно черного тела при данной температуре. Найти неизвестную величину согласно номеру задачи в табл. 17.3; потерями тепла, связанными с теплопроводностью, пренебречь.

Таблица 17.3  
Условия к задачам 17.59 – 17.86

Номер задачи	$P$ , Вт	$S$ , $\text{см}^2$	$T$ , К	$k$ , %
1.59	?	2,16	2430	70
17.60	25	?	2365	30
17.61	150	1,73	?	45
17.62	60	0,58	2390	?
17.63	?	1,56	2410	50
17.64	100	?	2400	55
17.65	50	0,42	?	65
17.66	200	1,65	2440	?
17.67	?	0,85	2360	40
17.68	500	?	2415	75
17.69	200	2,87	?	35
17.70	250	3,28	2405	?
17.71	?	0,57	2355	25
17.72	250	?	2425	60
17.73	100	1,44	?	40
17.74	150	2,50	2435	?
17.75	?	1,18	2397	45
17.76	60	?	2385	65
17.77	200	2,11	?	50
17.78	50	0,4	2370	?
17.79	?	3,75	2450	65
17.80	100	?	2380	60
17.81	60	0,98	?	30
17.82	300	3,33	2435	?
17.83	?	0,9	2300	35
17.84	25	?	2375	40
17.85	150	1,65	?	55
17.86	500	3,41	2420	?

**17.87 – 17.111.** Найдите среднее число фононов в моде упругих колебаний кристаллической решетки с дебаевской частотой при температуре  $T_1$  для материала, указанного в табл. 17.4 согласно номеру задачи.

**17.112 – 17.136.** Пользуясь теорией теплоемкости Дебая, по данным табл. 17.4 определите изменение внутренней энергии одного килограмма материала при нагревании от  $T_0 = 0$  К до  $T_2 = 0,1\theta_D$  согласно номеру задачи. Считать условие  $T < \theta_D$  выполненным.

Таблица 17.4

**Условия к задачам 17.87 – 17.136**

Номер задачи	Материал	Температура плавления $T_{пл}$ , К	Температура Дебая $\theta_D$ , К	$\frac{T_1}{T_{пл}}$	Молярная масса $M$ , $\frac{\text{г}}{\text{моль}}$
17.87	17.112	Литий	454	0,5	6,9
17.88	17.113	Натрий	371	0,3	23,0
17.89	17.114	Алюминий	933	0,3	27,0
17.90	17.115	Калий	336	0,2	39,1
17.91	17.116	Титан	1941	0,15	47,9
17.92	17.117	Ванадий	2163	0,15	50,9
17.93	17.118	Хром	2176	0,2	52,0
17.94	17.119	Железо	1808	0,2	55,8
17.95	17.120	Кобальт	1765	0,2	58,9
17.96	17.121	Вольфрам	3683	0,1	183,9
17.97	17.122	Медь	1356	0,2	63,5
17.98	17.123	Рений	3453	0,1	186,2
17.99	17.124	Ниобий	2760	0,1	92,9
17.100	17.125	Молибден	2898	0,15	95,9
17.101	17.126	Родий	2233	0,15	102,9
17.102	17.127	Палладий	1825	0,15	106,4
17.103	17.128	Серебро	1234	0,15	107,9
17.104	17.129	Иридий	2716	0,1	192,2
17.105	17.130	Платина	2042	0,1	195,1
17.106	17.131	Гафний	2500	0,1	178,5
17.107	17.132	Цирконий	2128	0,1	91,2
17.108	17.133	Золото	1336	0,1	197,0
17.109	17.134	Свинец	600	0,1	207,2
17.110	17.135	Титан	3269	0,05	180,9
17.111	17.136	Никель	1726	0,2	58,7

**17.137 – 17.164.** Определить согласно номеру задачи энергию и импульс электрона на уровне Ферми в металле, плотность которого равна  $\rho$ , считая, что на каждый атом металла приходится  $\beta$  свободных электронов, где  $\beta$  – число электронов на внешней оболочке отдельного атома элемента (экспериментально определенные значения  $\beta$  могут быть значительно ниже, например, у алюминия – 2,2). Зависимость энергии на уровне Ферми от температуры пренебречь (см. табл. 17.5).

Таблица 17.5

**Условия к задачам 17.137 – 17.164**

Номер задачи	Металл	$\rho, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\beta$
17.137	Алюминий	2698,9	3
17.138	Натрий	968,4	1
17.139	Ниобий	8570	1
17.140	Платина	21450	1
17.141	Медь	8960	1
17.142	Тантал	16600	2
17.143	Хром	7190	1
17.144	Калий	862	1
17.145	Вольфрам	19300	2
17.146	Цинк	7140	2
17.147	Иридий	22400	2
17.148	Железо	7874	2
17.149	Бериллий	1847,7	2
17.150	Молибден	10200	1
17.151	Литий	534	1
17.152	Никель	8900	2
17.153	Бор	2340	3
17.154	Уран	18950	2
17.155	Золото	19320	1
17.156	Титан	4500	2
17.157	Ванадий	6110	2
17.158	Оsmий	22570	2
17.159	Торий	11720	2
17.160	Кобальт	8900	2
17.161	Индий	7310	3
17.162	Серебро	10500	1
17.163	Цезий	1870	1
17.164	Магний	1738	2

**17.165 – 17.192.** Считая энергию электронов на уровне Ферми в заданном металле равной  $W_F$ , определить согласно номеру задачи в табл. 17.6 долю электронов (в процентах), которые при нагревании металла до температуры  $T$  выйдут за пределы уровня Ферми.

Таблица 17.6

**Условия к задачам 17.165 – 17.192**

Номер задачи	Металл	$W_F$ , эВ	$T$ , К
17.165	Медь	7,0	300
17.166			600
17.167			1000
17.168			1300
17.169	Золото	5,5	300
17.170			600
17.171			1000
17.172			1300
17.173	Кобальт	11,7	300
17.174			1000
17.175			1300
17.176			1700
17.177	Тантал	8,4	300
17.178			1000
17.179			1700
17.180			3000
17.181	Иридиум	9,8	300
17.182			1000
17.183			1700
17.184			2500
17.185	Платина	6,0	300
17.186			1000
17.187			1700
17.188			2000
17.189	Вольфрам	9,2	300
17.190			1000
17.191			2000
17.192			3600

### 18.3. Задачи для самостоятельного решения

**18.1 – 18.24.** Чему равно число различных квантовых состояний электрона в атоме водорода, которое удовлетворяет условиям, приведенным в табл. 18.1 согласно номеру задачи. Запишите квантовое состояние, в котором электрон будет иметь максимальный орбитальный момент импульса при таких условиях.

Таблица 18.1

Условия к задачам 18.1 – 18.24

Номер задачи	Информация о квантовых числах	Номер задачи	Информация о квантовых числах
18.1	$n < 5$	18.13	$n = 3, l \leq 1$
18.2	$n \leq 3, l = 1$	18.14	$n = 7, l > 2$
18.3	$n = 7, l = 3$	18.15	$n = 5, m = -3$
18.4	$n = 4, m \leq 2$	18.16	$n = 6, m < -3$
18.5	$n < 7, m = -4$	18.17	$n = 7, m \leq -2$
18.6	$n = 6, l \geq 4$	18.18	$n = 5, l = 3$
18.7	$n = 7$	18.19	$n < 7, m > 3$
18.8	$n = 4, l \leq 2$	18.20	$n \leq 3, l > 1$
18.9	$n = 6, l = 2$	18.21	$n = 4, m \geq -3$
18.10	$n = 6, l > 2$	18.22	$n = 6, l \leq 2$
18.11	$n = 7, l \leq 4$	18.23	$n = 5, m \geq 4$
18.12	$n \leq 6, m = 4$	18.24	$n \leq 4$

**18.25 – 18.48.** Оцените плотность ядерного вещества и концентрацию нуклонов в ядре атома, указанного в таблице вариантов 18.2 согласно номеру задачи.

Таблица 18.2

Условия к задачам 18.25 — 18.48

Номер задачи	Ядра атома	Номер задачи	Ядра атома	Номер задачи	Ядра атома
18.25	$^{40}_{20}Ca$	18.33	$^{56}_{26}Fe$	18.41	$^{48}_{22}Ti$
18.26	$^{103}_{47}Ag$	18.34	$^{127}_{50}Sn$	18.42	$^{65}_{30}Zn$
18.27	$^{50}_{23}V$	18.35	$^{141}_{55}Cs$	18.43	$^{82}_{35}Br$
18.28	$^{200}_{80}Hg$	18.36	$^{33}_{17}Cl$	18.44	$^{88}_{38}Sr$
18.29	$^{45}_{21}Sc$	18.37	$^{55}_{25}Mn$	18.45	$^{90}_{39}Y$
18.30	$^{96}_{42}Mo$	18.38	$^{53}_{27}Co$	18.46	$^{195}_{79}Au$
18.31	$^{33}_{16}S$	18.39	$^{65}_{29}Cu$	18.47	$^{51}_{23}V$
18.32	$^{51}_{24}Cr$	18.40	$^{58}_{28}Ni$	18.48	$^{37}_{18}Ar$

**18.49 – 18.72.** Какие изотопы образуются в цепочке радиоактивных распадов ядер, приведенных в табл. 18.3 согласно номеру задачи?

Таблица 18.3

**Условия к задачам 18.49 — 18.72**

Номер задачи	Исходное ядро	Последовательность распада	Номер задачи	Исходное ядро	Последовательность распада
18.49	$^{232}Th$	$\alpha \rightarrow \beta \rightarrow \beta \rightarrow \alpha$	18.61	$^{234}Th$	$\beta \rightarrow \beta \rightarrow \alpha \rightarrow \alpha$
18.50	$^{220}Rn$	$\alpha \rightarrow \alpha \rightarrow \beta \rightarrow \beta$	18.62	$^{214}Bi$	$\alpha \rightarrow \beta \rightarrow \beta \rightarrow \alpha$
18.51	$^{237}Np$	$\alpha \rightarrow \beta \rightarrow \alpha \rightarrow \alpha$	18.63	$^{210}Tl$	$\beta \rightarrow \beta \rightarrow \alpha \rightarrow \beta$
18.52	$^{238}U$	$\alpha \rightarrow \beta \rightarrow \beta \rightarrow \alpha$	18.64	$^{233}Pa$	$\beta \rightarrow \alpha \rightarrow \alpha \rightarrow \beta$
18.53	$^{226}Ra$	$\alpha \rightarrow \alpha \rightarrow \beta \rightarrow \alpha$	18.65	$^{216}Po$	$\alpha \rightarrow \beta \rightarrow \beta \rightarrow \alpha$
18.54	$^{235}U$	$\alpha \rightarrow \beta \rightarrow \alpha \rightarrow \beta$	18.66	$^{228}Ra$	$\beta \rightarrow \beta \rightarrow \alpha \rightarrow \alpha$
18.55	$^{227}Ac$	$\alpha \rightarrow \alpha \rightarrow \beta \rightarrow \alpha$	18.67	$^{219}Rn$	$\alpha \rightarrow \alpha \rightarrow \beta \rightarrow \alpha$
18.56	$^{215}Po$	$\alpha \rightarrow \beta \rightarrow \alpha \rightarrow \beta$	18.68	$^{214}Po$	$\alpha \rightarrow \beta \rightarrow \alpha \rightarrow \beta$
18.57	$^{217}At$	$\alpha \rightarrow \alpha \rightarrow \beta \rightarrow \beta$	18.69	$^{223}Fr$	$\alpha \rightarrow \beta \rightarrow \alpha \rightarrow \alpha$
18.58	$^{228}Ac$	$\beta \rightarrow \alpha \rightarrow \alpha \rightarrow \beta$	18.70	$^{219}At$	$\alpha \rightarrow \beta \rightarrow \beta \rightarrow \alpha$
18.59	$^{229}Th$	$\alpha \rightarrow \beta \rightarrow \alpha \rightarrow \alpha$	18.71	$^{223}Ra$	$\alpha \rightarrow \alpha \rightarrow \beta \rightarrow \alpha$
18.60	$^{234}Pa$	$\beta \rightarrow \alpha \rightarrow \alpha \rightarrow \alpha$	18.72	$^{231}Th$	$\beta \rightarrow \alpha \rightarrow \beta \rightarrow \alpha$

**18.73 – 18.96.** В табл. 18.4 приведены ядерные реакции, соответствующие номеру задачи. Определите недостающие в записи ядро или частицу и энергию реакции.

Таблица 18.4

**Условия к задачам 18.73 — 18.96**

Номер задачи	Ядерная реакция	Номер задачи	Ядерная реакция
18.73	${}^6Li + ? \rightarrow {}^8Be + {}^4He$	18.85	${}^{16}O + ? \rightarrow {}^{14}N + {}^4He$
18.74	${}^{12}C + {}^2H \rightarrow ? + {}^{11}B$	18.86	${}^9Be + {}^6Li \rightarrow ? + {}^4He$
18.75	${}^{16}O + {}^7Li \rightarrow ? + {}^3H$	18.87	${}^{15}N + {}^7Li \rightarrow ? + {}^3H$
18.76	${}^{14}N + {}^7Li \rightarrow {}^{18}F + ?$	18.88	${}^{12}C + {}^7Li \rightarrow {}^4He + ?$
18.77	${}^{11}B + {}^7Li \rightarrow ? + {}^3H$	18.89	${}^{11}B + {}^7Li \rightarrow ? + 2n$
18.78	${}^6Li + ? \rightarrow {}^8Be + {}^1H$	18.90	${}^{16}O + {}^6Li \rightarrow ? + {}^4He$
18.79	${}^{10}B + {}^6Li \rightarrow ? + {}^4He$	18.91	${}^{14}N + {}^6Li \rightarrow {}^{15}O + ? + n$
18.80	${}^{17}O + {}^1H \rightarrow ? + {}^4He$	18.92	${}^{11}B + {}^3He \rightarrow ? + {}^6Li$
18.81	${}^{18}O + {}^6Li \rightarrow ? + {}^4He + n$	18.93	${}^{12}C + {}^6Li \rightarrow {}^{16}O + ?$
18.82	$? + {}^4He \rightarrow {}^{14}N + n$	18.94	${}^{10}B + {}^6Li \rightarrow {}^{13}N + ?$
18.83	${}^6Li + ? \rightarrow {}^9Be + {}^4He$	18.95	$? + {}^6Li \rightarrow {}^{17}O + {}^2H$
18.84	${}^{11}B + {}^4He \rightarrow ? + {}^1H$	18.96	$? + {}^6Li \rightarrow {}^{15}N + {}^1H$