

ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

Основные законы и формулы

1 Скорость света в среде с электрической проницаемостью ε (магнитная проницаемость $\mu \approx 1$) и показателем преломления n

$$v = c / n \quad \text{и} \quad v = c / \sqrt{\varepsilon}$$

2 Длина световой волны в среде

$$\lambda = vT, \quad \lambda = c / \nu, \quad \lambda = cT / n = \lambda_0 / n$$

3 Оптическая длина пути световой волны (оптический ход)

$$L = l \cdot n$$

4 Оптическая разность хода

$$\Delta = l_2 n_2 - l_1 n_1$$

5 Условие интерференционного

а) максимума

$$\Delta = \pm m\lambda, \quad (m=0,1,2,3,\dots)$$

б) минимума

$$\Delta = \pm(2m+1)\frac{\lambda}{2} \quad (m=0,1,2,3,\dots)$$

6 Оптическая разность хода в тонких пленках

а) в проходящем свете

$$\Delta = 2 d \sqrt{n^2 - \sin^2 i}$$

б) в отраженном свете

$$\Delta = 2 d \sqrt{n^2 - \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2}$$

7 Координаты интерференционных максимумов и минимумов в опыте Юнга

$$x_{\max} = \pm \frac{L}{d} m \lambda; \quad x_{\min} = \pm \frac{L}{d} (2m+1) \frac{\lambda}{2} \quad (m=0,1,2,3,\dots)$$

8 Радиусы светлых и темных колец Ньютона в проходящем свете (или темных и светлых - в отраженном свете)

$$r_m = \sqrt{\frac{R}{n} m \lambda} \quad \text{и} \quad r_m = \sqrt{(2m-1) \frac{\lambda R}{2 n}}, \quad (m=0,1,2,3,\dots)$$

n -показатель преломления среды между линзой и пластинкой.

9 Радиус m -ой зоны Френеля:

а) для сферического фронта волны

$$r_m = \sqrt{\frac{ab}{a+b} m \lambda}$$

б) для плоского волнового фронта

$$r_m = \sqrt{b m \lambda}, \quad (m=1,2,3,\dots)$$

10 Условие дифракционного

а) максимума от одной щели

$$a \sin \varphi = (2m+1) \frac{\lambda}{2},$$

б) минимума от одной щели

$$a \sin \varphi = m \lambda, \quad (m=1,2,3,\dots)$$

в) максимума от дифракционной решетки

$$d \sin \varphi = m \lambda$$

г) минимума от дифракционной решетки

$$d \sin \varphi = (2m+1) \frac{\lambda}{2}, \quad (m=0,1,2,3,\dots)$$

11 Формула Вульфа – Брегга

$$2 d \sin \theta = m \lambda, \quad (m=0,1,2,3,\dots)$$

12 Разрешающая способность дифракционной решетки

$$R = \frac{\lambda}{\Delta \lambda}$$

13 Степень поляризации света

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} \pm I_{\min}}$$

14 Закон Малюса

$$I = I_0 \cos^2 \alpha$$

15 Закон Брюстера

$$\operatorname{tg} i_0 = \frac{n_2}{n_1}$$

16 Угол поворота плоскости поляризации

а) в растворах с концентрацией C

$$\varphi = [\alpha] C l$$

б) в кристаллах

$$\varphi = \alpha l$$

Примеры решения задач

Задача 1. Расстояние L от щелей до экрана в опыте Юнга равно 1 м. Определить расстояние между щелями, если на отрезке длиной $l=1$ см укладывается $N=10$ темных интерференционных полос. Длина волны $\lambda=0,1$ мкм.

Дано:

$$L=1 \text{ м}$$

$$l=1 \text{ см} = 0,01 \text{ м}$$

$$N=10$$

$$\lambda = 0,1 \text{ мкм} = 0,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$d - ?$$

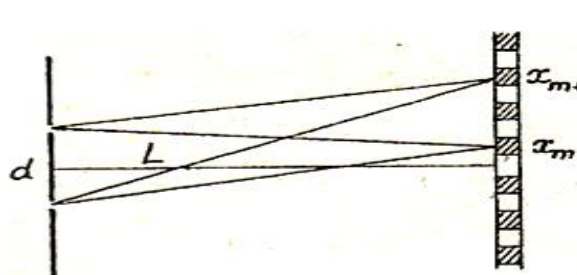


Рисунок 9.1

Решение: В результате прохождения монохроматического света через щели Юнга, на экране наблюдается интерференционная картина – чередующиеся светлые и темные полосы. Координата m -го минимума определяется условием:

$$x_m = (2m+1) \frac{\lambda}{2} \cdot \frac{L}{d}, \quad m=0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

По условию задачи на экране на расстоянии $l = 10$ см наблюдается $N=10$ темных полос, следовательно,

$$x_{m+10} - x_m = l,$$

т.е.

$$\left[2((m+10)+1) \frac{\lambda}{2} \cdot \frac{L}{d} \right] - (2m+1) \frac{\lambda}{2} \cdot \frac{L}{d} = l$$

$$10\lambda \frac{L}{d} = l; \quad d = 10\lambda \frac{L}{l}$$

$$d = 10 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{0,01} = 7 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 0,7 \text{ мм.}$$

Ответ: $d=0,7$ мм.

Задача 2. От двух S_1 и S_2 когерентных источников ($\lambda = 0,8$ мкм) лучи попадают на экран. На экране наблюдается интерференционная картина. Когда на пути одного из лучей перпендикулярно ему поместили мыльную пленку ($n=1,33$), интерференционная картина изменилась на противоположную. При какой наименьшей толщине d_{\min} пленки это возможно?

Дано:

$$\lambda = 0,8 \text{ мкм} = 0,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$n = 1,33$$

d_{\min} - ?

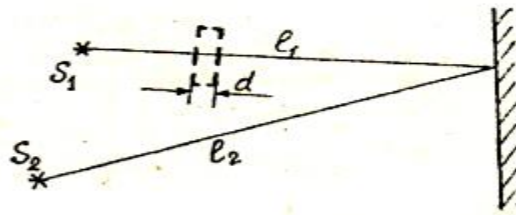


Рисунок 9.2

Решение: Изменение интерференционной картины на противоположную означает, что на тех участках экрана, где наблюдались интерференционные максимумы, стали наблюдаться интерференционные минимумы. Такой сдвиг интерференционной картины возможен при изменении оптической разности хода лучей на нечетное число половин длин волн, т.е.

$$\Delta_2 - \Delta_1 = (2m+1) \frac{\lambda}{2}, \quad (9.1)$$

где Δ_1 – оптическая разность хода лучей до внесения пленки; Δ_2 – оптическая разность хода тех же лучей после внесения пленки; $m=0, \pm 1, \pm 2, \dots$

Наименьшей толщине d_{\min} пленки соответствует $m=0$. При этом формула (9.1) примет вид

$$\Delta_2 - \Delta_1 = \frac{\lambda}{2}. \quad (9.2)$$

Выразим оптические разности хода Δ_2 и Δ_1 . Из рисунка 9.2 следует:

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= l_1 - l_2, \\ \Delta_2 &= [(l_1 - d_{\min}) + n d_{\min}] - l_2 = (l_1 - l_2) + d_{\min} (n - 1). \end{aligned}$$

Подставим выражения Δ_2 и Δ_1 в формулу (9.2):

$$(l_1 - l_2) + d_{\min} (n - 1) - (l_1 - l_2) = \frac{\lambda}{2},$$

или

$$d_{\min} (n - 1) = \frac{\lambda}{2}.$$

Отсюда получим

$$d_{\min} = \frac{\lambda}{2(n - 1)}. \quad (9.3)$$

Подставив числовые значения в формулу (9.3), найдем

$$d_{min} = \frac{0,8 \cdot 10^{-6}}{2(1,33-1)} = 1,21 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 1,21 \text{ мкм}.$$

Ответ: $d_{min} = 1,21$ мкм.

Задача 3. Для устранения отражения света от поверхности линзы на нее наносится тонкая пленка вещества с показателем преломления $n = 1,25$ меньшим, чем у стекла n (“просветление” оптики). При какой наименьшей толщине пленки отражение света с длиной волны $0,72$ мкм не будет наблюдаться, если угол падения луча 60° ?

Дано:

$$\lambda = 0,72 \text{ мкм} = 0,72 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$n = 1,25$$

$$i = 60^\circ$$

$$d_{min} - ?$$

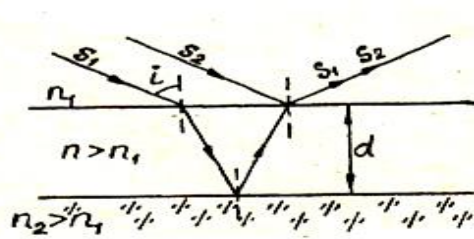


Рисунок 9.3

Решение: Оптическая разность хода лучей, отраженных от нижней и верхней поверхностей пленки:

$$\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i}, \quad (9.4)$$

где d – толщина пленки, n – показатель преломления пленки, i – угол падения лучей. В выражении (9.4) учтено, что отражение лучей S_1 и S_2 происходит на границах двух сред, I и II соответственно, от оптически более плотных сред, и поэтому «потери полуволн» в обоих случаях компенсируют друг друга. Условие интерференционного минимума:

$$\Delta = \pm (2m+1) \frac{\lambda}{2} \quad (m=0,1,2,3, \dots) \quad (9.5)$$

где λ – длина волны, m – порядок интерференционного минимума. Приравнявая (9.4) и (9.5) получим:

$$2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} = (2m+1) \frac{\lambda}{2}.$$

$d = d_{min}$ при $m = m_{min} = 0$, поэтому

$$2d_{min}\sqrt{n^2 - \sin^2 i} = \frac{\lambda}{2}$$

$$d_{min} = \frac{\lambda}{4\sqrt{n^2 - \sin^2 i}}$$

$$d_{min} = \frac{0,72 \cdot 10^6}{4\sqrt{1,25^2 - \sin^2 60}} = 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 0,2 \text{ мкм.}$$

Ответ: $d_{min} = 0,2 \text{ мкм.}$

Задача 4. На дифракционную решетку в направлении нормали к ее поверхности падает монохроматический свет. Период решетки $d = 2 \text{ мкм.}$ Определить наибольший порядок дифракционного максимума, который дает эта решетка в случае красного ($\lambda_1 = 0,7 \text{ мкм}$) и в случае фиолетового ($\lambda_2 = 0,41 \text{ мкм}$) света.

Дано:

$$d = 2 \text{ мкм}$$

$$\lambda_1 = 0,7 \text{ мкм}$$

$$\lambda_2 = 0,41 \text{ мкм}$$

$$m_{1 \max} - ? \quad m_{2 \max} - ?$$

Решение: Из формулы, определяющей положение главных максимумов дифракционной решетки, найдем порядок m дифракционного максимума:

$$m = d \sin \varphi / \lambda \quad (9.6)$$

где d – период решетки; φ – угол дифракции; λ – длина волны монохроматического света. Т.к. $\sin \varphi$ не может быть больше 1, то число m не может быть больше d / λ , т.е.

$$m \leq \frac{d}{\lambda} \quad (9.7)$$

Подставив в формулу (9.7) значения, заданные в условии, получим для красных и фиолетовых лучей соответственно:

$$m_1 \leq \frac{2}{0,7} = 2,86;$$

$$m_2 \leq \frac{2}{0,41} = 4,88.$$

Если учесть, что порядок максимумов является целым числом, то для красного света $m_{1 \max} = 2$ и для фиолетового $m_{2 \max} = 4$.

Ответ: $m_{1 \max} = 2; \quad m_{2 \max} = 4.$

Задача 5. Какое наименьшее число N_{\min} штрихов должна содержать дифракционная решетка, чтобы в спектре второго порядка можно было видеть раздельно две желтые линии натрия с длиной волн $\lambda_1 = 589 \text{ нм}$ и $\lambda_2 = 589,6 \text{ нм}$? Какова длина l такой решетки, если постоянная решетки $d = 5 \text{ мкм}$?

Дано:

$$d = 5 \text{ мкм} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$m = 2$$

$$\lambda_1 = 589,0 \text{ нм} = 589 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$$\lambda_2 = 589,6 \text{ нм} = 589,6 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

$l = ?$

Решение:

Разрешающая
дифракционной
формулой:

Разрешающая
решетки

способность
определяется

$$\frac{\lambda}{\Delta\lambda} = mN, \quad (9.8)$$

где N – общее число щелей решетки, m – порядок спектра, λ и $\lambda + \Delta\lambda$ – длины волн двух близких спектральных линий, еще разрешаемых решеткой.

Из формулы (7.8) найдем число щелей решетки:

$$N = \frac{\lambda}{m\Delta\lambda}$$

Число штрихов (непрозрачных промежутков) должно быть на 1 больше, чем щелей. Таким образом

$$N_{\min} = N + 1 = \frac{\lambda}{m\Delta\lambda} + 1$$

$$N_{\min} = \frac{0,589 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 0,6 \cdot 10^{-9}} + 1 = 492$$

Длина решетки l определится как произведение постоянной решетки d на число щелей N :

$$l = d \cdot N$$

$$l = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 491 \approx 2,46 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 2,46 \text{ мм}$$

Ответ: $N_{\min} = 492$, $l = 2,46 \text{ мм}$

Задача 6. Естественный луч света падает на полированную поверхность стеклянной пластины, погруженной в жидкость. Отраженный от пластины луч образует угол $\varphi = 97^\circ$ с падающим лучом (рис.7.4). Определить показатель преломления n_1 жидкости, если отраженный свет максимально поляризован.

Дано:
 $\varphi = 97^\circ$
 $n_2 = 1,5$
 $n_1 = ?$

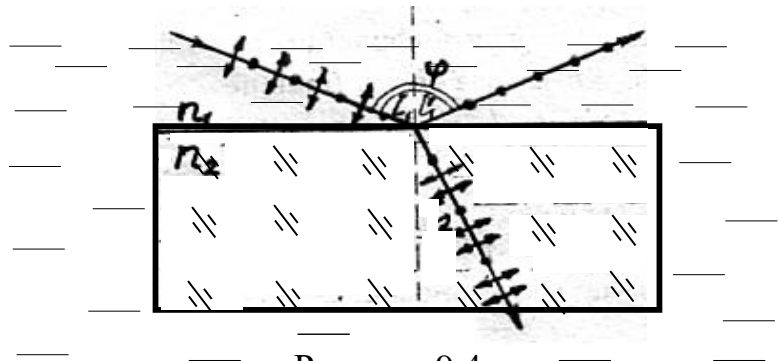


Рисунок 9.4

Решение: Согласно закону Брюстера луч света, отраженный от диэлектрика, максимально поляризован в том случае, если тангенс угла падения численно равен относительному показателю преломления:

$$\operatorname{tg} i_1 = n_{2,1},$$

где $n_{2,1}$ - показатель преломления второй среды (стекла) относительно первой (жидкости). Относительный показатель преломления равен отношению абсолютных показателей преломления. Следовательно,

$$\operatorname{tg} i_1 = \frac{n_2}{n_1}.$$

Так как угол падения равен углу отражения, то $i = \varphi / 2$, и, следовательно,

$$\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} = \frac{n_2}{n_1},$$

откуда

$$n_1 = \frac{n_2}{\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}}.$$

Сделав подстановку числовых значений, получим

$$n_1 = \frac{n_2}{\operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} = \frac{1,5}{\operatorname{tg} \frac{97^\circ}{2}} = 1,33.$$

Ответ: $n_1 = 1,33$.

Задача 7. Два поляризатора расположены так, что угол между главными плоскостями поляризаторов составляет $\alpha = 60^\circ$. Определить во сколько раз уменьшится интенсивность $J_{ест}$ естественного света при прохождении через

один поляризатор, через два поляризатора? Коэффициент поглощения света в каждом поляризаторе $k=0,05$. Потери на отражение не учитывать.

Дано:

$$\alpha=60^0$$

$$k=0,05$$

$$\frac{J_{ecm}}{J_0} - ? \quad \frac{J_{ecm}}{J_1} - ?$$

Решение: Естественный свет можно представить как результат наложения двух некогерентных волн, поляризованных во взаимно перпендикулярных плоскостях и имеющих одинаковую интенсивность. Идеальный поляризатор пропускает колебания, параллельные его главной плоскости и полностью задерживает колебания, перпендикулярные ей.

Обозначим интенсивность света, прошедшего через один поляризатор J_0 , через два поляризатора- J_1 .

С учетом потерь на поглощение интенсивность света на выходе из первого поляризатора будет

$$J_0=0,5 J_{ecm}(1- k). \quad (9.9)$$

Таким образом, после прохождения через один поляризатор интенсивность света уменьшится в

$$\frac{J_{ecm}}{J_0} = \frac{2}{1-k} \text{ раз.}$$

$$\frac{J_{ecm}}{J_0} = \frac{2}{1-0,05} = 2,1.$$

После прохождения через первый поляризатор поляризованный свет падает на второй поляризатор, причем угол между направлением колебаний поляризованного света и главной плоскостью второго поляризатора по условию задачи составляет $\alpha=60^0$. Интенсивность света, прошедшего через второй поляризатор, без учета поглощения определяется по закону Малюса:

$$J_1 = J_0 \cos^2 \alpha$$

С учетом поглощения во втором поляризаторе

$$J_1 = J_0 (1 - k) \cos^2 \alpha.$$

Подставим вместо J_1 выражение (9.9):

$$J_1 = 0,5J_0 (1 - k)^2 \cos^2 \alpha.$$

Найдем уменьшение интенсивности света после прохождения двух поляризаторов:

$$\frac{J_{ecm}}{J_1} = \frac{2}{(1-k)^2 \cos^2 \alpha}. \quad (9.10)$$

Подставим в формулу (9.10) числовые значения и произведём расчёты:

$$\frac{J_{\text{ест}}}{J_1} = \frac{2}{(1-0,05)^2 \cos^2 60^\circ} = 8,86.$$

Ответ: $\frac{J_{\text{ест}}}{J_0} = 2,1$; $\frac{J_{\text{ест}}}{J_1} = 8,86$.

Задача 8. Определить массовую концентрацию C сахарного раствора, если при прохождении света через трубку длиной $l = 20$ см с этим раствором плоскость поляризации света поворачивается на угол $\varphi = 10^\circ$. Удельное вращение $[\alpha]$ сахара равно $1,17 \cdot 10^{-2}$ рад \cdot м²/кг.

Дано:

$$l = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$$

$$\varphi = 10^\circ = 0,175 \text{ рад}$$

$$[\alpha] = 1,17 \cdot 10^{-2} \text{ рад}\cdot\text{м}^2/\text{кг}$$

$$C \text{ - ?}$$

Решение: Раствор сахара является оптически активной средой. Угол поворота плоскости поляризации поляризованного света оптически активными растворами определяется по формуле:

$$\varphi = [\alpha] C l \quad (9.11)$$

Из формулы (9.11) получим формулу для искомой величины:

$$C = \varphi / [\alpha] l \quad (9.12)$$

Проверим единицы массовой концентрации C согласно формуле (9.12):

$$[C] = \text{рад} \cdot \text{кг} / (\text{рад}\cdot\text{м}^2 \cdot \text{м}) = \text{кг} / \text{м}^3$$

Подставим числовые значения в формулу (9.12) и произведём расчёты:

$$C = \frac{0,175}{1,17 \cdot 10^{-2} \cdot 0,2} = 74,8 \text{ кг} / \text{м}^3.$$

Ответ: $C = 74,8 \text{ кг} / \text{м}^3$.

П Р И Л О Ж Е Н И Е

Таблица 1. Основные физические постоянные (округленные значения)

Физическая постоянная	Обозначение	Значение
Ускорение свободного падения	g	9,81 м/с ²
Гравитационная постоянная	G	6,67·10 ⁻¹¹ м ³ /(кг·с ²)
Число Авогадро	N_A	6,02·10 ²³ моль ⁻¹
Универсальная газовая постоянная	R	8,31 Дж/(моль·К)
Постоянная Больцмана	k	1,38·10 ⁻²³ Дж/К
Элементарный заряд	e	1,60·10 ⁻¹⁹ Кл
Скорость света в вакууме	c	3,00·10 ⁸ м/с
Масса покоя электрона	m_e	9,1·10 ⁻³¹ кг
Масса покоя протона	m_p	1,67·10 ⁻²⁷ кг
Нормальные условия: давление	P	1,01·10 ⁵ Па
температура	T	273 К
Электрическая постоянная	ϵ_0	8,85·10 ⁻¹² Ф/м
Магнитная постоянная	μ_0	4π·10 ⁻⁷ Гн/м
Постоянная Стефана-Больцмана	σ	5,67·10 ⁻⁸ $\frac{Вт}{м^2 \cdot К^4}$
Постоянная Вина (первый закон)	b	2,9 ·10 ⁻³ м·К
Постоянная Вина (второй закон)	c	1,3 ·10 ⁻⁵ Вт/(м ³ ·К ⁵)
Постоянная Планка	h	6,63·10 ⁻³⁴ Дж·с
	\hbar	1,05·10 ⁻³⁴ Дж·с
Постоянная Ридберга	R	1,1·10 ⁷ м ⁻¹
	R'	3,3·10 ¹⁵ с ⁻¹
Энергия ионизации атома водорода	E_i	2,18·10 ⁻¹⁸ Дж (13,6эВ)
Атомная единица массы	$1a.e.m$	1,660·10 ⁻²⁷ кг
Радиус Бора	a_0	0,529·10 ⁻¹⁰ м
Модуль Юнга для стали	E	0,2 ТПа

Таблица 2. Плотность твердых тел

Твердое тело	Плотность кг/м ³	Твердое тело	Плотность кг/м ³	Твердое тело	Плотность кг/м ³
Алюминий	2,70·10 ³	Железо	7,88·10 ³	Свинец	11,3·10 ³
Барий	3,50·10 ³	Литий	0,53·10 ³	Серебро	10,5·10 ³
Ванадий	6,02·10 ³	Медь	8,93·10 ³	Цезий	1,90·10 ³
Висмут	9,80·10 ³	Никель	8,90·10 ³	Цинк	7,15·10 ³
Латунь	8,4·10 ³	Сталь	7,70·10 ³	Фарфор	2,3·10 ³

Таблица 3. Плотность жидкостей

Жидкость	Плотность кг/м ³	Жидкость	Плотность кг/м ³
Вода (при 4 °С)	1,00·10 ³	Сероуглерод	1,26·10 ³
Глицерин	1,26·10 ³	Спирт	0,80·10 ³
Ртуть	13,6·10 ³	Касторовое масло	0,9·10 ³
Машинное масло	0,9·10 ³	Нефть	0,85·10 ³

Таблица 4. Плотность газов (при нормальных условиях)

Газ	Плотность кг/м ³	Газ	Плотность кг/м ³
Аргон	1,78	Гелий	0,18
Водород	0,09	Кислород	1,43
Воздух	1,29	Азот	1,25

Таблица 5. Эффективный диаметр молекул, динамическая вязкость и теплопроводность газов при нормальных условиях

Вещество	Эффективный диаметр d·10 ¹⁰ , м	Динамическая вязкость η, мкПа·с	Теплопроводность α, мВт/(м·К)
Азот	0,38	16,6	24,3
Аргон	0,35	21,5	16,2
Водород	0,28	8,66	168
Воздух	0,27	17,2	24,1
Гелий	0,22	18,9	142
Кислород	0,29	19,8	24,4
Пары воды	0,30	8,32	15,8

Таблица 6. Динамическая вязкость η жидкостей при 20 °С

Вещество	Динамическая вязкость η, мПа·с	Вещество	Динамическая вязкость η, мПа·с
Вода	1,00	Масло машинное	100
Глицерин	1480	Ртуть	1,58
Масло касторовое	987		

Таблица 7. Молярные массы некоторых газов

Газ	Молярная масса $\mu \cdot 10^3$, кг/моль	Газ	Молярная масса $\mu \cdot 10^3$, кг/моль
Гелий	4	Углерод	24
Аргон	40	Азот	28
Неон	20	Воздух	29
Водород	2	Пары воды	18
Кислород	32		

Таблица 8. Удельная теплоемкость

Вещество	Удельная теплоемкость c , Дж/(кг·К)	Вещество	Удельная теплоемкость c , Дж/(кг·К)
Вода	4190	Нихром	220
Лед	2100	свинец	126

Таблица 9. Удельная теплота плавления

Вещество	Удельная теплота плавления λ , Дж/кг
Лед	$33,5 \cdot 10^4$
Свинец	$2,3 \cdot 10^4$

Таблица 10. Удельная теплота парообразования

Вещество	Удельная теплота парообразования r , Дж/кг
Вода	$22,5 \cdot 10^5$
Эфир	$6,68 \cdot 10^5$

Таблица 11. Диэлектрическая проницаемость

Вещество	Проницаемость	Вещество	Проницаемость
Парафин	2,0	Вода	81
Стекло	7,0	Масло трансформаторное	2,2

Таблица 12. Удельное сопротивление металлов

Металл	Удельное сопротивление металлов, Ом·м	Металл	Удельное сопротивление металлов, Ом·м
Железо	$9,8 \cdot 10^{-8}$	Медь	$1,72 \cdot 10^{-8}$
Нихром	$1,1 \cdot 10^{-6}$	Серебро	$1,6 \cdot 10^{-8}$
Никелин	$4 \cdot 10^{-7}$		

Таблица 13. Показатель преломления

Вещество	Показатель	Вещество	Показатель
Алмаз	2,42	Глицерин	1,47
Вода	1,33	Стекло	1,50

Таблица 14. Масса и энергия покоя некоторых частиц

Частица	m_0		E_0	
	кг	а.е.м.	Дж	МэВ
Электрон	$9,11 \cdot 10^{-31}$	0,00055	$8,16 \cdot 10^{-14}$	0,511
Протон	$1,672 \cdot 10^{-27}$	1,00728	$1,50 \cdot 10^{-10}$	938
Нейтрон	$1,675 \cdot 10^{-27}$	1,00867	$1,51 \cdot 10^{-10}$	939
Дейтрон	$3,35 \cdot 10^{-27}$	2,01355	$3,00 \cdot 10^{-10}$	1876
α -частица	$6,64 \cdot 10^{-27}$	4,00149	$5,96 \cdot 10^{-10}$	3733
Нейтральный мезон π -	$2,41 \cdot 10^{-28}$	0,14498	$2,16 \cdot 10^{-11}$	135

Таблица 15. Работа выхода электронов

Металл	Дж	эВ
Калий	$3,5 \cdot 10^{-19}$	2,2
Литий	$3,7 \cdot 10^{-19}$	2,3
Серебро	$7,5 \cdot 10^{-19}$	4,7
Цинк	$6,4 \cdot 10^{-19}$	4,0

Таблица 16. Относительные атомные массы (атомные веса) A и порядковые номера Z некоторых элементов

Элемент	Химический символ	A	Z
Азот	N	14	7
Алюминий	Al	27	13
Водород	H	1	1
Вольфрам	W	184	74
Гелий	He	4	2
Железо	Fe	56	26
Золото	Au	197	79
Калий	K	39	19
Кальций	Ca	40	20
Кислород	O	16	8
Магний	Mg	24	12
Марганец	Mn	55	25
Медь	Cu	64	29
Молибден	Mo	96	42
Натрий	Na	23	11
Никель	Ni	59	28
Платина	Pt	195	78
Сера	S	32	16
Серебро	Ag	108	47
Уран	U	238	92
Углерод	C	12	6
Хлор	Cl	35	17

Таблица 17. Периоды полураспада радиоактивных изотопов.

Изотоп	Символ	Период полураспада
Магний	${}_{12}\text{Mg}^{27}$	10 мин
Фосфор	${}_{15}\text{P}^{32}$	14,3 суток
Кобальт	${}_{27}\text{Co}^{60}$	5,3 года
Стронций	${}_{38}\text{Sr}^{90}$	27 лет
Йод	${}_{53}\text{I}^{131}$	8 суток
Актиний	${}_{89}\text{Ac}^{225}$	10 суток
Торий	${}_{90}\text{Th}^{229}$	$7 \cdot 10^3$ лет
Уран	${}_{92}\text{U}^{238}$	$4,5 \cdot 10^9$ лет
Радий	${}_{88}\text{Ra}^{219}$	10^{-3} сек
	${}_{88}\text{Ra}^{226}$	$1,62 \cdot 10^3$ лет

Таблица 18. Массы нейтрона и некоторых атомов

Изотоп	Символ	Масса (а.е.м)
Нейтрон	${}_0n^1$	1,00867
Водород	${}_1H^1$	1,00783
	${}_1H^2$	2,01410
	${}_1H^3$	3,01605
Гелий	${}_2He^3$	3,01603
	${}_2He^4$	4,00260
Литий	${}_3Li^6$	6,01513
	${}_3Li^7$	7,01601
Бериллий	${}_4Be^7$	7,01693
	${}_4Be^9$	9,01219
Бор	${}_5B^{10}$	10,01294
	${}_5B^{11}$	11,00930
Углерод	${}_6C^{12}$	12,00000
	${}_6C^{13}$	13,00335
	${}_6C^{14}$	14,00324
Азот	${}_7N^{14}$	14,00307
Кислород	${}_8O^{16}$	15,99491
	${}_8O^{17}$	16,99913
Магний	${}_{12}Mg^{23}$	22,99414

Таблица 19. внесистемные единицы, допущенные к применению наравне с единицами СИ, их связь с единицами СИ

Наименование величины	Единица		
	Название	Обозначение	Соотношение с единицей СИ
Масса	тонна	т	$1\text{т} = 10^3 \text{ кг}$
	атомная единица массы	а.е.м.	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Время	минута	мин	$1 \text{ мин} = 60 \text{ с}$
	час	ч	$1\text{ч} = 3600 \text{ с}$
	сутки	сут	$1 \text{ сут} = 86400 \text{ с}$
	год	год	$1 \text{ год} = 365,25 \text{ сут} = 3,16 \cdot 10^7 \text{ с}$
Работа, энергия	электрон -вольт	эВ	$1\text{эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

Таблица 20. Некоторые астрономические величины

Наименование	Значение
Радиус Земли	$6,37 \cdot 10^6 \text{ м}$
Масса Земли	$5,98 \cdot 10^{24} \text{ кг}$
Радиус Солнца	$6,95 \cdot 10^8 \text{ м}$
Масса Солнца	$1,98 \cdot 10^{30} \text{ кг}$

Таблица 21. Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименования

Приставка		Множитель	Приставка		Множитель
Наименование	Обозначение		Наименование	Обозначение	
экса	Э	10^{18}	деци	д	10^{-1}
пэта	П	10^{15}	санتي	с	10^{-2}
тера	Т	10^{12}	милли	м	10^{-3}
гига	Г	10^9	микро	мк	10^{-6}
мега	М	10^6	нано	н	10^{-9}
кило	к	10^3	пико	п	10^{-12}
гекто	г	10^2	фемто	ф	10^{-15}
дека	да	10^1	атто	а	10^{-18}