

**Некоторые знаменательные события
в истории развития техники**

№ рисунка на форзаце	Какое событие отображает рисунок	Дата события	Ученый, изобретатель, конструктор, с именем которого связано событие
1	Изобретение универсального теплового двигателя (универсальной паровой машины)	1784 г.	Д. Уатт
2	Изобретение первого электрохимического источника тока («вольтов столб»)	1799 г.	А. Вольта
3	Постройка первого парохода («Клермонт»)	1807 г.	Р. Фултон
4	Постройка паровоза, усовершенствованные модели которого нашли практическое применение	1814 г.	Г. Стефенсон
5	Изобретение электромагнитного телеграфа	1832 г.	П. Л. Шиллинг
6	Создание первого электродвигателя, пригодного для практических целей (на рисунке показана деталь двигателя)	1838 г.	Б. С. Якоби
7	Разработка гальванопластики	1838 г.	Б. С. Якоби
8	Разработка практически пригодного способа фотографирования	1839 г.	Л. Дагер, Ж. Ньепс
9	Создание электрогенератора, получившего практическое применение	1870 г.	З. Т. Грамм
10	Изобретение электрической лампы накаливания	1873 г.	А. Н. Лодыгин
11	Изобретение телефона	1879 г.	Т. Эдисон
12	Изобретение дуговой лампы — «свечи Яблочкова»	1876 г.	А. Белл
13	Создание трансформатора для питания током источников освещения — электрических свечей	1876 г.	П. Н. Яблочков
14	Постройка первого четырехтактного двигателя внутреннего сгорания (газового)	1878 г.	Н. Отто
15	Изобретение дуговой электросварки	1881 г.	Н. Н. Бенардос
16	Сооружение первой линии электропередачи	1882 г.	М. Депре

А.С.Енохович

**СПРАВОЧНИК
по физике
и технике**

**Учебное пособие
для учащихся**

Рекомендовано

Главным учебно-методическим управлением
общего среднего образования
Госкомитета СССР по народному образованию

Издание третье,
переработанное и дополненное

Москва
·ПРОСВЕЩЕНИЕ·
1989

ББК 22.3я72
Е63

Рецензенты: учитель физики, кандидат физико-математических наук Е. И. Аффрина; доцент Московского государственного педагогического института им. В. И. Ленина О. Д. Шебалин

Енохович А. С.

Е63 **Справочник по физике и технике: Учеб. пособие для учащихся.— 3-е изд., перераб. и доп.— М.: Просвещение, 1989.— 224 с.: ил.**

ISBN 5-09-000622-9

В справочнике приведены значения основных физических величин в различных областях науки и техники, в окружающей жизни, в природе, а также данные, характеризующие выдающиеся научные и технические достижения наших дней.

Е $\frac{4306020000-425}{103(03)-89}$ инф. письмо — 88

ББК 22.3я72 + 30я72

ISBN 5-09-000622-9

© Издательство «Просвещение», 1983
© Издательство «Просвещение», 1989,
с изменениями

Юный друг, ты взял в руки несколько необычную для себя книгу. Она не похожа на те, с которыми ты уже знаком, — в ней много таблиц, графиков, цифр. Но цифры тоже имеют свой язык, умеют говорить, рассказывать о различных вещах и явлениях природы, могут дать им точную характеристику.

Учебник и уроки физики знакомят тебя со многими физическими явлениями и законами, с их проявлениями и применениями в жизни, в технике. Однако в учебнике рассказывается лишь о самом главном, основном. Более подробные сведения из области физики и техники можно получить из книг, предназначенных для популярного чтения. Этой же цели служит и адресованный тебе «Справочник по физике и технике». Его назначение — помочь лучше усвоить, конкретизировать и расширить те знания, которые ты получаешь на уроках, факультативных и внеклассных занятиях.

В справочнике приведены сведения о Международной системе единиц (СИ), буквенные обозначения физических величин и единиц, числовые значения физических постоянных, характеризующих свойства различных веществ (например, плотность, температуру кипения, температуру плавления, удельную теплоемкость, удельное электрическое сопротивление, показатель преломления и т. д.). В нем также можно найти значения основных физических величин, встречающиеся в технике, быту, живой природе (например, значения скоростей движения различных объектов, значения силы тока и электрического напряжения в различных электрических устройствах и т. п.).

Из справочника ты можешь получить сведения о машинах, технических устройствах и сооружениях, которые видел, о которых слышал или читал. О физических законах и явлениях, лежащих в основе действия многих из них, говорится в учебниках. Так, в учебнике физики разъясняются физические основы движения ракет, полета самолетов. Но если у тебя появится желание поподробнее узнать о ракетах и самолетах, ознакомиться с их количественными параметрами, загляни в справочник. В таблицах 83–85 и 88 ты найдешь сведения о современных мощных ракетах, поднимавших и поднимающих в космос искусственные спутники Земли и различные космические объекты, а таблицы 94–96 расскажут о самолетах — о скорости их полета, числе и мощности установленных двигателей, размерах и о других характеристиках.

Справочник может стать твоим помощником при решении различных практических вопросов и задач, которые могут возникнуть и на уроке, и дома, и при работе в школьных мастерских или на производстве, и при конструировании и изготовлении различных приборов и моделей на кружковых занятиях. Чтобы найти, например, массу той или иной детали определенного объема, необходимо знать плотность материала, из которого она изготовлена; чтобы рассчитать вместимость бака или сосуда для хранения заданного объема жидкости, следует знать плотность этой жидкости; определить электрическое сопротивление провод-

ника данной длины и диаметра нельзя, если неизвестно значение удельного сопротивления материала проводника, и т. д. Для решения таких и подобных вопросов нужно иметь под рукой таблицы, в которых содержатся значения соответствующих физических величин: удерживать их в памяти не всегда просто, да и не всегда разумно. Справочник пригодится и при решении физических задач с неполными данными.

Наконец, из помещенных в книге таблиц могут быть заимствованы сведения, полезные при подготовке сообщений или рефератов для физического кружка, при организации выставок или стендов, посвященных развитию и успехам физики и техники, при подготовке вечеров.

Пользуясь справочником, обрати внимание на следующее.

Для отыскания интересующих тебя сведений можно воспользоваться помещенным в конце книги предметным указателем (все термины расположены в нем по алфавиту). Например, если нужно узнать параметры тех или иных технических объектов, то в указателе следует найти название этих объектов («Автомобили», «Мотоциклы» и др.) и посмотреть, на какой странице помещена соответствующая таблица.

Значения физических величин даны в единицах Международной системы (СИ), в кратных и дольных от них и в единицах, допущенных к применению наравне с единицами СИ. Но в жизни и литературе еще часто можно встретить некоторые внесистемные единицы (такие, как изъятые из употребления калория, лошадиная сила, миллиметр ртутного столба и др.), а также единицы системы СГС. Для перевода этих единиц в единицы Международной системы в справочнике имеются таблицы соотношений между единицами. Кроме того, в некоторых таблицах, помимо значения той или иной физической величины, выраженной в единицах СИ, приводится (в скобках или в отдельной графе) значение этой же величины, выраженное в других встречающихся единицах. Например, в таблице 170 «Данные о легковых автомобилях» мощность двигателя дана в киловаттах, а в скобках — в лошадиных силах.

В головке некоторых столбцов таблиц стоит множитель вида 10^n , где n — целое положительное или отрицательное число. Наличие такого множителя указывает на то, что помещенные в столбце числа следует умножить на этот множитель. Например, в таблице 184 «Температурные коэффициенты электрического сопротивления проводников» в головке стоит множитель 10^{-3} . Следовательно, температурный коэффициент электрического сопротивления, например, алюминия равен $4,2 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} = 0,0042 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

В отдельных таблицах вместо числового значения величины можно встретить знак «...» или «—». В справочниках такие знаки указывают: первый — на отсутствие данных (см., например, таблицы 216, 227), второй — на то, что данных не должно быть (см., например, таблицы 218, 219).

Хотелось бы выразить надежду, что, обращаясь к этой книге, ты обогатишь имеющиеся у тебя знания, заглянешь «за страницы учебника», полнее удовлетворишь свою любознательность и постепенно будешь приобретать и развивать весьма ценное для каждого человека умение самостоятельно искать и «добывать» нужные знания, работать с книгой, пользоваться справочной литературой.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ И ЕДИНИЦЫ ИХ ИЗМЕРЕНИЯ

1. Греческий и латинский алфавиты

Буквы		Название буквы	Буквы		Название буквы
печат- ные	рукопис- ные		печат- ные	рукопис- ные	
Греческий алфавит					
<i>A a</i>	<i>Α α</i>	альфа	<i>N ν</i>	<i>Ν ν</i>	ню
<i>B β</i>	<i>Β β</i>	бета	<i>Ξ ξ</i>	<i>Ξ ξ</i>	кси
<i>Γ γ</i>	<i>Γ γ</i>	гамма	<i>Ο ο</i>	<i>Ο ο</i>	омикрон
<i>Δ δ</i>	<i>Δ δ</i>	дельта	<i>Π π</i>	<i>Π π</i>	пи
<i>Ε ε</i>	<i>Ε ε</i>	эпсилон	<i>Ρ ρ</i>	<i>Ρ ρ</i>	ро
<i>Z ζ</i>	<i>Z ζ</i>	дзэта	<i>Σ σ</i>	<i>Σ σ ς</i>	сигма
<i>Η η</i>	<i>Η η</i>	эта	<i>Τ τ</i>	<i>Τ τ</i>	тау
<i>Θ θ</i>	<i>Θ θ</i>	тэта	<i>Υ υ</i>	<i>Υ υ</i>	ипсилон
<i>Ι ι</i>	<i>Ι ι</i>	йота	<i>Φ φ</i>	<i>Φ φ</i>	фи
<i>Κ κ</i>	<i>Κ κ</i>	каппа	<i>Χ χ</i>	<i>Χ χ</i>	хи
<i>Λ λ</i>	<i>Λ λ</i>	ламбда	<i>Ψ ψ</i>	<i>Ψ ψ</i>	пси
<i>Μ μ</i>	<i>Μ μ</i>	мю	<i>Ω ω</i>	<i>Ω ω</i>	омега
Латинский алфавит					
<i>A a</i>	<i>A a</i>	а	<i>N n</i>	<i>N n</i>	эн
<i>B b</i>	<i>B b</i>	бе	<i>O o</i>	<i>O o</i>	о
<i>C c</i>	<i>C c</i>	це	<i>P p</i>	<i>P p</i>	пе
<i>D d</i>	<i>D d</i>	де	<i>Q q</i>	<i>Q q</i>	ку
<i>E e</i>	<i>E e</i>	е	<i>R r</i>	<i>R r</i>	эр
<i>F f</i>	<i>F f</i>	эф	<i>S s</i>	<i>S s</i>	эс
<i>G g</i>	<i>G g</i>	ге, же	<i>T t</i>	<i>T t</i>	те
<i>H h</i>	<i>H h</i>	ха, аш	<i>U u</i>	<i>U u</i>	у
<i>I i</i>	<i>I i</i>	и	<i>V v</i>	<i>V v</i>	ве
<i>J j</i>	<i>J j</i>	йот, жи	<i>W w</i>	<i>W w</i>	дубль-ве
<i>K k</i>	<i>K k</i>	ка	<i>X x</i>	<i>X x</i>	икс
<i>L l</i>	<i>L l</i>	эль	<i>Y y</i>	<i>Y y</i>	игрек
<i>M m</i>	<i>M m</i>	эм	<i>Z z</i>	<i>Z z</i>	зет (зета)

2. Обозначения физических величин

Величина	
Наименование	Обозначение
Механические величины	
Вес	G, P, W
Время	t
Высота	h
Давление	p
Диаметр	d
Длина	l
Длина пути	s
Импульс (количество движения)	p
Количество вещества	ν, n
Коэффициент жесткости (жесткость)	k
Коэффициент запаса прочности	k, n
Коэффициент полезного действия	η
Коэффициент трения качения	k
Коэффициент трения скольжения	μ, f
Масса	m
Масса атома	m_a
Масса электрона	m_e
Механическое напряжение	σ
Модуль упругости (модуль Юнга)	E
Момент силы	M
Мощность	P, N
Объем, вместимость	V, v
Период колебания	T
Плотность	ρ
Площадь	A, S
Поверхностное натяжение	σ, γ
Постоянная гравитационная	G
Предел прочности	$\sigma_{\text{пр}}$
Работа	W, A, L
Радиус	r, R
Сила, сила тяжести	F, Q, R
Скорость линейная	v, u, c
Скорость угловая	ω
Толщина	d, δ
Ускорение линейное	a
Ускорение свободного падения	g
Частота	ν, f
Частота вращения	n
Ширина	b
Энергия	E, W
Энергия кинетическая	E_k, T, K
Энергия потенциальная	E_i, V

Величина	
Наименование	Обозначение
Акустические величины	
Длина волны	λ
Звуковая мощность	P
Звуковая энергия	W
Интенсивность звука	I
Скорость звука	c
Частота	ν, f
Тепловые величины и величины молекулярной физики	
Абсолютная влажность	a
Газовая постоянная (молярная)	R
Количество теплоты	Q
Коэффициент полезного действия	η
Относительная влажность	φ
Относительная молекулярная масса	M_r
Постоянная (число) Авогадро	N_A
Постоянная Больцмана	k
Постоянная (число) Лошмидта	N_L
Температура Кюри	T_C
Температура по шкале Цельсия	t, Θ
Температура термодинамическая (абсолютная температура)	T
Температурный коэффициент линейного расширения	α, α_l
Температурный коэффициент объемного расширения	β, α_v
Удельная теплоемкость	c
Удельная теплота парообразования	r
Удельная теплота плавления	λ
Удельная теплота сгорания топлива (сокращенно: теплота сгорания топлива)	q
Число молекул	N
Энергия внутренняя	U
Электрические и магнитные величины	
Диэлектрическая проницаемость вакуума (электрическая постоянная)	ϵ_0
Индуктивность	L
Коэффициент самоиндукции	L
Коэффициент трансформации	K
Магнитная индукция	B
Магнитная проницаемость вакуума (магнитная постоянная)	μ_0

Величина	
Наименование	Обозначение
Магнитный поток	Φ
Мощность электрической цепи	P
Напряженность магнитного поля	H
Напряженность электрического поля	E
Объемная плотность электрического заряда	ρ
Относительная диэлектрическая проницаемость	ϵ_r
Относительная магнитная проницаемость	μ_r
Плотность энергии магнитного поля удельная	w_m
Плотность энергии электрического поля удельная	w_s
Плотность заряда поверхностная	σ
Плотность электрического тока	J
Постоянная (число) Фарадея	F
Проницаемость диэлектрическая	ϵ
Работа выхода электрона	φ
Разность потенциалов	U
Сила тока	I
Температурный коэффициент электрического сопротивления	α
Удельная электрическая проводимость	γ
Удельное электрическое сопротивление	ρ
Частота электрического тока	f, ν
Число витков обмотки	N, w
Электрическая емкость	C
Электрическая индукция	D
Электрическая проводимость	G
Электрический момент диполя молекулы	p
Электрический заряд (количество электричества)	Q, q
Электрический потенциал	V, φ
Электрическое напряжение	U
Электрическое сопротивление	R, r
Электродвижущая сила	E, \mathcal{E}
Электрохимический эквивалент	k
Энергия магнитного поля	W_m
Энергия электрического поля	W_s
Энергия электромагнитная	W
Оптические величины	
Длина волны	λ
Освещенность	E
Период колебания	T
Плотность потока излучения	Φ
Показатель (коэффициент) преломления	n

Величина	
Наименование	Обозначение
Световой поток	Φ
Светосила объектива	f
Сила света	I
Скорость света	c
Увеличение линейное	β
Увеличение окуляра, микроскопа, лупы	$\bar{\Gamma}$
Угол отражения луча	e'
Угол падения луча	e
Фокусное расстояние	F
Частота колебаний	ν, f
Энергия излучения	Q, W
Энергия световая	Q
Величины атомной физики	
Атомная масса относительная	A_r
Время полураспада	$T_{1/2}$
Дефект массы	Δ
Заряд электрона	e
Масса атома	m_a
Масса нейтрона	m_n
Масса протона	m_p
Масса электрона	m_e
Постоянная Планка	h, \hbar
Радиус электрона	r_e
Величины ионизирующих излучений	
Поглощенная доза излучения (доза излучения)	D
Мощность поглощенной дозы излучения	\dot{D}
Активность нуклида в радиоактивном источнике	A

3. Обозначения единиц

Единица		
Наименование	Обозначение	
	русское	международное
Единицы пространства, времени и механических величин		
Ангстрем	Å	Å
Ар	а	а
Астрономическая единица	а. е.	ua
Атомная единица массы	а. е. м.	u
Атмосфера техническая	ат	at
Атмосфера физическая (нормальная)	атм	atm
Бар	бар	bar
Ватт	Вт	W
Гектар	га	ha
Гектолитр	гл	hl
Герц	Гц	Hz
Год	год	—
Грамм	г	g
Грамм-сила	гс	gf
Грамм на кубический сантиметр	г/см ³	g/cm ³
Джоуль	Дж	J
Дина	дин	dyn
Дина на квадратный сантиметр	дин/см ²	dyn/cm ²
Дина-секунда	дин·с	dyn·s
Икс-единица	икс-ед.	X
Карат	кар	—
Киловатт	кВт	kW
Киловатт-час	кВт·ч	kW·h
Килограмм-сила	кгс	kgf
Килограмм	кг	kg
Килограмм на кубический метр	кг/м ³	kg/m ³
Килограмм-сила-метр	кгс·м	kgf·m
Килограмм-сила-метр в секунду	кгс·м/с	kgf·m/s
Килограмм-сила на квадратный миллиметр	кгс/мм ²	kgf/mm ²
Килограмм-сила на квадратный сантиметр	кгс/см ²	kgf/cm ²
Километр	км	km
Километр в секунду	км/с	km/s
Километр в час	км/ч	km/h
Литр	л	l
Лошадиная сила	л. с.	—
Месяц	мес	—
Метр	м	m
Метр в секунду	м/с	m/s

Единица		
Наименование	Обозначение	
	русское	международное
Метр квадратный	м ²	m ²
Метр кубический	м ³	m ³
Метр на секунду в квадрате	м/с ²	m/s ²
Микрометр	мкм	μm
Миллибар	мбар	mbar
Миллилитр	мл	ml
Миллиметр	мм	mm
Миллиметр водяного столба	мм вод. ст.	mm H ₂ O
Миллиметр ртутного столба	мм рт. ст.	mm Hg
Миллисекунда	мс	ms
Микросекунда	мкс	μs
Миля морская	м. миля	n.mile
Минута	мин	min
Нанометр	нм	nm
Неделя	нед	—
Ньютон	Н	N
Ньютон-метр	Н·м	N·m
Ньютон на квадратный метр	Н/м ²	N/m ²
Ньютон-секунда	Н·с	N·s
Парсек	пк	pc
Паскаль	Па	Pa
Радян	рад	rad
Сантиметр	см	cm
Сантиметр в секунду	см/с	cm/s
Сантиметр квадратный	см ²	cm ²
Сантиметр кубический	см ³	cm ³
Сантиметр на секунду в квадрате	см/с ²	cm/s ²
Световой год	св. год	ly
Секунда	с	s
Стерadian	ср	sr
Сутки	сут	d
Тонна	т	t
Тонна-сила	тс	tf
Узел	уз	kn
Центнер	ц	q
Час	ч	h
Эрг	эрг	erg
Единицы тепловых величин		
Градус Цельсия	°С	°C
Гигаджоуль	ГДж	GJ
Джоуль	Дж	J

Единица		
Наименование	Обозначение	
	русское	международное
Джоуль на килограмм	Дж/кг	J/kg
Джоуль на килограмм-кельвин	Дж/(кг · К)	J/(kg · K)
Калория	кал	cal
Калория на грамм	кал/г	cal/g
Калория на грамм-градус Цельсия	кал/(г · °С)	cal/(g · °C)
Кельвин	К	K
Килоджоуль	кДж	kJ
Килокалория на килограмм	ккал/кг	kcal/kg
Килокалория на килограмм-градус Цельсия	ккал/(кг · °С)	kcal/(kg · °C)
Киломоль	кмоль	kmol
Мегаджоуль	МДж	MJ
Тераджоуль	ТДж	TJ
Эрг	эрг	erg

Единицы электрических и магнитных величин

Ампер	А	A
Ампер-секунда	А · с	A · s
Ватт	Вт	W
Ватт-час	Вт · ч	W · h
Вебер	Вб	Wb
Вольт	В	V
Гаусс	Гс	Gs
Генри	Гн	H
Герц	Гц	Hz
Гигаватт	ГВт	GW
Джоуль	Дж	J
Киловатт	кВт	kW
Киловатт-час	кВт · ч	kW · h
Килоэлектрон-вольт	кэВ	keV
Кулон	Кл	C
Максвелл	Мкс	Mx
Мегаватт	МВт	MW
Мегаэлектрон-вольт	МэВ	MeV
Микрофарад	мкФ	μF
Ом	Ом	Ω
Ом-метр	Ом · м	Ω · m
Пикофарад	пФ	pF
Сименс	См	S
Сименс на метр	См/м	S/m
Тераватт-час	ТВт · ч	TW · h

Единица		
Наименование	Обозначение	
	русское	международное
Тесла	Тл	T
Фарад	Ф	F
Фарад на метр	Ф/м	F/m
Электрон-вольт	эВ	eV
Эрг	эрг	erg
Эрстед	Э	Oe
Единицы оптических величин		
Диоптрия	дптр	—
Кандела	кд	cd
Люкс	лк	lx
Люмен	лм	lm
Единицы величин ионизирующих излучений		
Грэй	Гр	Gy
Грэй в секунду	Гр/с	Gy/s
Беккерель	Бк	Bq

4. Основные и дополнительные единицы Международной системы (СИ)

Основные единицы

метр	— единица длины
килограмм	— единица массы
секунда	— единица времени
ампер	— единица силы электрического тока
кельвин	— единица термодинамической температуры
моль	— единица количества вещества
кандела	— единица силы света

Дополнительные единицы

радиан	— единица плоского угла
стерадиан	— единица телесного угла

Наименование величины	Единица		
	Наименование	Обозначение	
		русское	международное
Длина	метр	м	m
Масса	килограмм	кг	kg
Время	секунда	с	s
Сила электрического тока	ампер	А	A
Термодинамическая температура	кельвин	К	K
Количество вещества	моль	моль	mol
Сила света	кандела	кд	cd
Плоский угол	радиан	рад	rad
Телесный угол	стерадиан	ср	sr

Определения основных и дополнительных единиц СИ

Метр равен длине пути, проходимого светом в вакууме за интервал времени $1/299\,792\,458$ секунды.

Килограмм равен массе международного прототипа килограмма.

Секунда равна $1/86\,400$ части средних солнечных суток*.

Ампер равен силе неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным проводникам бесконечной длины и ничтожно-малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 м один от другого, вызвал бы на каждом участке проводника длиной 1 м силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н.

Кельвин равен $1/273,16$ части термодинамической температуры тройной точки воды.

Моль равен количеству вещества системы, содержащей столько же структурных элементов, сколько содержится атомов в углероде-12 массой 0,012 кг.

Кандела равна силе света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет $1/683$ Вт/ср.

Радиан равен углу между двумя радиусами окружности, длина дуги между которыми равна радиусу.

стерадиан равен телесному углу с вершиной в центре сферы, вырезающему на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы.

* Приведено упрощенное определение секунды, которое разрешено применять в средней школе. Строгое определение секунды звучит так: «Секунда равна $9\,192\,631\,770$ периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия-133».

5. Производные единицы Международной системы

Наименование величины	Единица		
	Наименование	Обозначение	
		русское	международное
Производные единицы пространства и времени			
Площадь	квадратный метр	m^2	m^2
Объем	кубический метр	m^3	m^3
Скорость	метр в секунду	м/с	m/s
Ускорение	метр на секунду в квадрате	m/c^2	m/s^2
Частота периодического процесса	герц	Гц	Hz
Частота вращения	секунда в минус первой степени	c^{-1}	s^{-1}
Угловая скорость	радиан в секунду	рад/с	rad/s
Угловое ускорение	радиан на секунду в квадрате	$рад/c^2$	rad/s^2
Производные единицы механических величин			
Плотность	килограмм на кубический метр	$кг/m^3$	kg/m^3
Импульс (количество движения)	килограмм-метр в секунду	$кг \cdot м/c$	$kg \cdot m/s$
Сила, вес	ньютон	Н	N
Момент силы	ньютон-метр	Н · м	N · m
Давление, механическое напряжение	паскаль	Па	Pa
Поверхностное натяжение	ньютон на метр	Н/м	N/m
Работа, энергия	джоуль	Дж	J
Мощность	ватт	Вт	W
Производные единицы акустических величин			
Звуковая мощность	ватт	Вт	W
Интенсивность звука	ватт на квадратный метр	$Вт/m^2$	W/m^2
Звуковое давление	паскаль	Па	Pa
Производные единицы тепловых величин			
Количество теплоты	джоуль	Дж	J
Удельное количество теплоты; удельные			

Наименование величины	Единица		
	Наименование	Обозначение	
		русское	международное
теплоты плавления, парообразования, сгорания топлива	джоуль на килограмм	Дж/кг	J/kg
Удельная теплоемкость	джоуль на килограмм-кельвин	Дж/(кг · К)	J/(kg · K)
Температурный коэффициент	кельвин в минус первой степени	К ⁻¹	К ⁻¹
Производные единицы электрических и магнитных величин			
Плотность электрического тока	ампер на квадратный метр	А/м ²	A/m ²
Количество электричества; электрический заряд	кулон	Кл	С
Поверхностная плотность электрического заряда	кулон на квадратный метр	Кл/м ²	C/m ²
Электрическое напряжение; электрический потенциал, разность электрических потенциалов; ЭДС	вольт	В	V
Напряженность электрического поля	вольт на метр	В/м	V/m
Электрическая емкость	фарад	Ф	F
Абсолютная диэлектрическая проницаемость; электрическая постоянная	фарад на метр	Ф/м	F/m
Электрическое сопротивление	ом	Ом	Ω
Удельное электрическое сопротивление	ом-метр	Ом · м	Ω · m
Электрическая проводимость	сименс	См	S
Удельная электрическая проводимость	сименс на метр	См/м	S/m
Магнитный поток	вебер	Вб	Wb
Магнитная индукция	тесла	Тл	T

Наименование величины	Единица		
	Наименование	Обозначение	
		русское	между- народное
Индуктивность	генри	Гн	Н
Абсолютная магнитная проницаемость; магнитная постоянная	генри на метр	Гн/м	Н/м
Электромагнитная энер- гия	джоуль	Дж	J
Активная мощность	ватт	Вт	W
Полная мощность	вольт-ампер	В · А	V · A
Производные единицы оптических величин			
Световой поток	люмен	лм	lm
Освещенность	люкс	лк	lx
Яркость	кандела на квадрат- ный метр	кд/м ²	cd/m ²
Производные единицы величин ионизирующих излучений			
Поглощенная доза излу- чения	грэй	Гр	Gy
Мощность поглощен- ной дозы излучения	грэй в секунду	Гр/с	Gy/s
Активность нуклида в радиоактивном источ- нике	беккерель	Бк	Bq

6. Единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ

Наименование величины	Единица		
	Наименование	Обозначение	
		русское	между- народное
Масса	тонна	т	t
Время	минута	мин	min
	час	ч	h
	сутки	сут	d
	Плоский угол	градус	...°
	минута	...'	...'
	секунда	..."	..."

Наименование величины	Единица		
	Наименование	Обозначение	
		русское	международное
Объем, вместимость	литр	л	l
Температура Цельсия, разность температур	градус Цельсия	°C	°C

7. Внесистемные единицы, допускаемые к применению в специальных областях

Наименование величины	Единица			
	Наименование	Обозначение		Область применения
		русское	международное	
Длина	астрономическая единица	а. е.	ua	в астрономии
Площадь	световой год	св. год	ly	то же
	парсек	пк	pc	то же
Масса	гектар	га	ha	в сельском хозяйстве
	атомная единица массы	а. е. м.	u	в атомной физике
Энергия	электрон-вольт	эВ	eV	в физике
Оптическая сила	диоптрия	дптр	—	в оптике

8. Единицы, временно допускаемые к применению

Наименование величины	Единица		
	Наименование	Обозначение	
		русское	международное
Длина	морская миля	миля	n mile
Масса	карат	кар	—
Скорость	узел	уз	kn
Частота вращения	оборот в секунду	об/с	r/s
	оборот в минуту	об/мин	r/min
Давление	бар	бар	bar

9. Единицы, изъятые из употребления с 1 января 1980 г.

Наименование величины	Единица		
	Наименование	Обозначение	
		русское	международное
Длина	ангстрем	Å	Å
Масса	икс-единица	икс-ед.	X
Сила, вес	центнер	ц	q
	килограмм-сила	кгс	kgf
	грамм-сила	гс	gf
	тонна-сила	тс	tf
Момент силы	дина	дин	dyn
	килограмм-сила-метр	кгс · м	kgf · m
Давление	килограмм-сила на квадратный сантиметр	кгс/см ²	kgf/cm ²
	миллиметр водяного столба	мм вод. ст.	mm H ₂ O
	миллиметр ртутного столба	мм рт. ст.	mm Hg
Напряжение (механическое)	килограмм-сила на квадратный миллиметр	кгс/мм ²	kgf/mm ²
Работа, энергия	килограмм-сила-метр	кгс · м	kgf · m
	эрг	эрг	erg
Мощность	килограмм-сила-метр в секунду	кгс · м/с	kgf · m/s
	лошадиная сила	л. с.	—
Количество теплоты	калория	кал	cal
	килокалория	ккал	kcal
Удельная теплота плавления, парообразования	калория на грамм	кал/г	cal/g
	килокалория на килограмм	ккал/кг	kcal/kg
Удельная теплоемкость	калория на грамм-градус Цельсия	кал/(г · °С)	cal/(g · °С)
	килокалория на килограмм-градус Цельсия	ккал/(кг · °С)	kcal/(kg · °С)
Удельное электрическое сопротивление	ом-квадратный миллиметр на метр	Ом · мм ² /м	Ω · mm ² /m
Магнитный поток	максвелл	Мкс	Mx
Магнитная индукция	гаус	Гс	Gs
Напряженность магнитного поля	эрстед	Э	Oe

10. Перевод различных единиц в единицы СИ

Наименование величины	Единица			Значение в единицах СИ
	Наименование	Обозначение		
		русское	международное	
Длина	ангстрем	Å	Å	10^{-10} м
	икс-единица	икс-ед.	X	$1,00206 \cdot 10^{-13}$ м
	сантиметр	см	cm	10^{-2} м
	кабельтов	кб	—	185,2 м
	астрономическая единица	а. е.	ua	$1,496 \cdot 10^{11}$ м
	световой год	св. год	ly	$9,4605 \cdot 10^{15}$ м
Площадь	парсек	пк	рс	$3,086 \cdot 10^{16}$ м
	квадратный сантиметр	см ²	cm ²	10^{-4} м ²
	ар	а	a	100 м ²
Объем	гектар	га	ha	10 ⁴ м ²
	кубический сантиметр	см ³	cm ³	10 ⁻⁶ м ³
Масса	литр	л	l	10 ⁻³ м ³
	грамм	г	g	10 ⁻³ кг
	атомная единица массы (углеродная шкала)	а. е. м.	u	$1,6605 \cdot 10^{-27}$ кг
Время	карат метрический	кар	—	$2 \cdot 10^{-4}$ кг
	центнер	ц	q	100 кг
	тонна	т	t	1000 кг
	минута	мин	min	60 с
	час	ч	h	3600 с
	сутки	сут	d	86 400 с
Плоский угол	секунда	...''	...''	$\approx 4,85 \cdot 10^{-6}$ рад
	минута	...'	...'	$\approx 2,91 \cdot 10^{-4}$ рад
	градус	...°	...°	$\approx 0,0175$ рад
	прямой угол	└	└	1,57 рад
Линейная скорость	полный угол (оборот)	об	r	6,28 рад
	сантиметр в секунду	см/с	cm/s	10^{-2} м/с
	километр в час	км/ч	km/h	0,278 м/с
	узел (морской)	уз	kn	$\approx 0,514$ м/с
Линейное ускорение	километр в секунду	км/с	km/s	1000 м/с
	сантиметр на секунду в квадрате	см/с ²	cm/s ²	10^{-2} м/с ²

Наименование величины	Единица			Значение в единицах СИ
	Наименование	Обозначение		
		русское	международное	
Частота вращения	оборот в секунду оборот в минуту	об/с об/мин	r/s r/min	1 с^{-1} $1/60 \text{ с}^{-1} =$ $= 0,0167 \text{ с}^{-1}$
Плотность	грамм на кубический сантиметр	г/см ³	g/cm ³	10^3 кг/м^3
Сила	дина	дин	dyn	10^{-5} Н
Напряжение (механическое)	килограмм-сила на квадратный миллиметр	кгс/мм ²	kgf/mm ²	$\approx 9,81 \cdot 10^6 \text{ Па}$
Давление	дина на квадратный сантиметр	дин/см ²	dyn/cm ²	0,1 Па
	техническая атмосфера	ат	at	} $\approx 9,81 \cdot 10^4 \text{ Па}$
	килограмм-сила на квадратный сантиметр	кгс/см ²	kgf/cm ²	
	физическая (нормальная) атмосфера	атм	atm	101 325 Па
	миллиметр водяного столба	мм вод. ст.	mm H ₂ O	$\approx 9,81 \text{ Па}$
миллиметр ртутного столба	мм рт. ст.	mm Hg	$\approx 133,3 \text{ Па}$	
Работа, энергия	бар	бар	bar	10^5 Па
	эрг	эрг	erg	10^{-7} Дж
	ватт-час	Вт·ч	W·h	3600 Дж
	киловатт-час	кВт·ч	kW·h	$3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$
	электрон-вольт	эВ	eV	$\approx 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
	килограмм-сила-метр	кгс·м	kgf·m	$\approx 9,81 \text{ Дж}$
Мощность	эрг в секунду	эрг/с	erg/s	10^{-7} Вт
	лошадиная сила	л. с.	—	$\approx 736 \text{ Вт}$
Поверхностное натяжение	килограмм-сила-метр в секунду	кгс·м/с	kgf·m/s	$\approx 9,81 \text{ Вт}$
	дина на сантиметр	дин/см	dyn/cm	10^{-3} Н/м

Наименование величины	Единица			Значение в единицах СИ
	Наименование	Обозначение		
		русское	международное	
Момент силы	дина-сантиметр	дин · см	din · cm	10^{-7} Н · м
	килограмм-сила-метр	кгс · м	kgf · m	$\approx 9,81$ Н · м
Интенсивность звука	эрг в секунду на квадратный сантиметр	эрг/(с · см ²)	erg/(s · cm ²)	10^{-3} Вт/м ²
Количество теплоты	эрг	эрг	erg	10^{-7} Дж
	калория	кал	cal	$\approx 4,19$ Дж
	килокалория	ккал	kcal	$\approx 4,19 \cdot 10^3$ Дж
Удельная теплота плавления, удельная теплота парообразования, удельная теплота сгорания топлива	калория на грамм килокалория на килограмм эрг на грамм	кал/г	cal/g	$\approx 4,19 \cdot 10^3$ Дж/кг
		ккал/кг	kcal/kg	$\approx 4,19 \cdot 10^3$ Дж/кг
		эрг/г	erg/g	10^{-4} Дж/кг
Удельный расход топлива	грамм на лошадиную силу в час	г/(л. с. · ч)	—	$\approx 3,78 \cdot 10^{-12}$ кг/Дж
Удельная теплоемкость вещества	эрг на грамм-градус Цельсия	эрг/(г · °С)	erg/(g · °С)	$\approx 1 \cdot 10^{-4}$ Дж/(кг · К)
	калория на грамм-градус Цельсия	кал/(г · °С)	cal/(g · °С)	$\approx 4,19 \cdot 10^3$ Дж/(кг · К)
	килокалория на килограмм-градус Цельсия	ккал/(кг × °С)	kcal/(kg × °С)	$\approx 4,19 \cdot 10^3$ Дж/(кг · К)
Сила тока	ед. силы тока СГС	—	—	$\approx 3,33 \cdot 10^{-10}$ А

Наименование величины	Единица		Значение в единицах СИ	
	Наименование	Обозначение		
		русское	международное	
Количество электричества	ед. заряда СГС	—	—	$\approx 3,33 \cdot 10^{-10}$ Кл
ЭДС, разность потенциалов, электрическое напряжение	ед. ЭДС СГС; единица разности потенциалов СГС; ед. эл. напряжения СГС	—	—	≈ 300 В
Напряженность электрического поля	ед. напряженности СГС	—	—	$\approx 3 \cdot 10^4$ В/м
Электрическая емкость	ед. эл. емкости СГС	см	см	$\approx 1,11 \cdot 10^{-12}$ Ф
Электрическое сопротивление	ед. эл. сопр. СГС	—	—	$8,99 \cdot 10^{11}$ Ом \approx $\approx 9 \cdot 10^{11}$ Ом
Удельное электрическое сопротивление	ом-квадратный миллиметр на метр	Ом · мм ² /м	Ω · mm ² /m	10^{-6} Ом · м
	ед. уд. эл. сопр. СГС	—	—	$8,99 \cdot 10^9$ Ом · м \approx $\approx 9 \cdot 10^9$ Ом · м
Электрическая проводимость	ед. эл. пров. СГС	—	—	$\approx 1,11 \cdot 10^{-12}$ См

Наименование величины	Единица			Значение в единицах СИ
	Наименование	Обозначение		
		русское	международное	
Удельная электрическая проводимость	ед. уд. эл. пров. СГС	—	—	$\approx 1,11 \cdot 10^{-10}$ См/м
Магнитный поток	ед. магн. потока СГС	Мкс	Мх	10^{-8} Вб
Магнитная индукция	ед. магн. индукции СГС (гаусс)	Гс	Gs	10^{-4} Тл
Напряженность магнитного поля	ед. напр. магн. поля СГС (эрстед)	Э	Oe	$\approx 79,6$ А/м
Электрическая энергия и работа	эрг	эрг	erg	10^{-7} Дж
Яркость	стильб апостильб	сб асб	sb asb	10^4 кд/м ² $\approx 0,323$ кд/м ²
Освещенность	фот	ф	ph	10^4 лк

11. Множители и приставки СИ для образования десятичных кратных и дольных единиц*

Наименование приставки	Обозначение приставки		Множитель	Наименование множителя
	русское	международное		
екса	Э	E	$1000000000000000000 = 10^{18}$	квинтиллион
пета	П	P	$1000000000000000 = 10^{15}$	квадриллион
тера	Т	T	$1000000000000 = 10^{12}$	триллион
гига	Г	G	$1000000000 = 10^9$	миллиард
мега	М	M	$1000000 = 10^6$	миллион
кило	к	k	$1000 = 10^3$	тысяча
гекто	г	h	$100 = 10^2$	сто
дека	да	da	$10 = 10^1$	десять
деци	д	d	$0,1 = 10^{-1}$	одна десятая
санти	с	c	$0,01 = 10^{-2}$	одна сотая
милли	м	m	$0,001 = 10^{-3}$	одна тысячная
микро	мк	μ	$0,000001 = 10^{-6}$	одна миллионная
нано	н	n	$0,00000001 = 10^{-9}$	одна миллиардная
пико	п	p	$0,000000000001 = 10^{-12}$	одна триллионная
фемто	ф	f	$0,000000000000001 = 10^{-15}$	одна квадриллионная
атто	а	a	$0,00000000000000001 = 10^{-18}$	одна квинтиллионная

* В таблице приведены десятичные приставки СИ, обозначающие увеличение (кратные) или уменьшение (дольные) единиц.

Примеры

- 1 ТГц (1 терагерц) = 10^{12} Гц (триллион герц)
- 1 МВт (1 мегаватт) = 10^6 Вт (миллион ватт)
- 1 кВ (1 киловольт) = 10^3 В (тысяча вольт)
- 1 мкА (1 микроампер) = 10^{-6} А (миллионная ампера)
- 1 пФ (1 пикофарад) = 10^{-12} Ф (триллионная фарада)
- 1 фс (1 фемтосекунда) = 10^{-15} с (квадриллионная секунды)

12. Происхождение наименований приставок СИ

Первые приставки были введены в 1793–1795 гг. при узаконении во Франции метрической системы мер. Было принято для кратных единиц наименования приставок брать из греческого языка, для дольных – из латинского. В те годы были приняты следующие приставки: *кило...* (от греч. *chilioi* – тысяча), *гекто...* (от греч. *hekaton* – сто), *дека...* (от греч. *deka* – десять), *деци...* (от лат. *decem* – десять), *санти...* (от лат. *centum* – сто), *милли...* (от лат. *mille* – тысяча).

В последующие годы число кратных и дольных единиц увеличилось; наименования приставок для их обозначения заимствовались иногда и из других языков.

Появились следующие приставки: *мега...* (от греч. *megas* – большой), *гига...* (от греч. *gigas, gigantos* – великан), *тера...* (от греч. *teras, teratos* – огромный, чудовище), *микро...* (от греч. *mikros* – малый, маленький), *нано...* (от греч. *nanos* – карлик), *пико...* (от итал. *piccolo* – небольшой, мелкий), *фемто...* (от датск. *femten* – пятнадцать), *атто...* (от датск. *atten* – восемнадцать). Последние две приставки – *пета...* и *экса...* – были приняты в 1975 г.: «*пета*»... (от греч. *pete* – пять, что соответствует пяти разрядам по 10^5), «*экса*»... (от греч. *hex* – шесть, что соответствует шести разрядам по 10^6).

13. Единицы для измерения малых длин

Для измерения малых линейных размеров и расстояний (например, в оптике, молекулярной и атомной физике) часто применяют следующие единицы длины: микрометр, нанометр, пикометр, ангстрем*, икс-единицу и ферми**.

В таблицах приведены обозначения названных единиц, их числовые значения и соотношения между ними.

Единица длины	Обозначение единицы	
	русское	между- народ- ное
Микрометр	мкм	μm
Нанометр	нм	nm
Ангстрем	Å	Å
Пикометр	пм	pm
Икс-единица	икс-ед.	X
Ферми	фм	fm

$$\begin{aligned}
 1 \text{ микрометр} &= 10^{-6} \text{ м} \\
 1 \text{ нанометр} &= 10^{-9} \text{ м} \\
 1 \text{ пикометр} &= 10^{-12} \text{ м} \\
 1 \text{ ангстрем} &= 10^{-10} \text{ м} \\
 1 \text{ икс-единица} &= 1,00206 \times \\
 &\quad \times 10^{-13} \text{ м} \approx 10^{-13} \text{ м} \\
 1 \text{ ферми (фемтометр)} &= \\
 &= 10^{-15} \text{ м}
 \end{aligned}$$

Единица	мкм	нм	Å	пм	икс-ед.	фм
1 мкм	1	10^3	10^4	10^6	10^7	10^9
1 нм	10^{-3}	1	10	10^3	10^4	10^6
1 Å	10^{-4}	10^{-1}	1	10^2	10^3	10^5
1 пм	10^{-6}	10^{-3}	10^{-2}	1	10	10^3
1 икс-ед.	10^{-7}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-1}	1	10^2
1 фм	10^{-9}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-3}	10^{-2}	1

* В честь шведского физика А. Ангстрема (1814–1874).

** В честь итальянского физика Э. Ферми (1901–1954).

14. Единицы для измерения больших расстояний

Для измерения больших расстояний (например, в астрономии, космонавтике) часто применяют следующие единицы длины: астрономическую единицу, световой год и парсек.

Астрономическая единица длины (а. е.) — среднее расстояние между Землей и Солнцем:

$$1 \text{ а. е.} = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ м.}$$

Световой год (св. год) — расстояние, проходимое световым лучом в течение одного года:

$$1 \text{ св. год} = 9,460 \cdot 10^{15} \text{ м.}$$

Парсек (пк) — расстояние, с которого радиус орбиты Земли виден под углом, равным одной секунде:

$$1 \text{ ПК} = 3,086 \cdot 10^{16} \text{ м.}$$

В таблице приведены обозначения этих единиц, их числовые значения и соотношения между ними.

Единица	а. е.	св. год	ПК	км
1 а. е.	1	$1,57 \cdot 10^{-5}$	$4,848 \cdot 10^{-6}$	$1,496 \cdot 10^8$
1 св. год	$6,324 \cdot 10^4$	1	0,3066	$9,460 \cdot 10^{12}$
1 ПК	206 265	3,262	1	$3,086 \cdot 10^{13}$
1 км	$6,684 \cdot 10^{-9}$	$1,057 \cdot 10^{-13}$	$3,241 \cdot 10^{-14}$	1

Примеры

Время, в течение которого свет проходит расстояние в 1 а. е.—499 с.

Среднее расстояние от Луны до Земли—0,00257 а. е.

Наименьшее расстояние от Венеры до Земли—0,27 а. е.

Наибольшее расстояние от Венеры до Земли—1,73 а. е.

Расстояние от Земли до Млечного Пути—8000 ПК (8 кпк).

Радиус наблюдаемой части Вселенной—1040 Мпк.

15. Старые русские единицы и их перевод в единицы СИ (или в кратные и дольные от них)

Единицы длины	
Точка	0,254 мм
Линия	2,54 мм
Дюйм	25,4 мм
Вершок	44,4 мм
Фут	304,8 мм
Аршин	≈ 71,1 см
Сажень	≈ 213,4 см
Верста	= 500 саженям = = 1500 аршинам = = 1066,8 м ≈ 1,07 км

<i>Единицы площади</i>		Кубический фут	≈ 28,3 дм ³
Квадратная линия	≈ 6,45 мм ²	Четверть (для сыпучих тел)	0,21 м ³
Квадратный дюйм	≈ 6,45 см ²	Четверик	≈ 0,26 м ³
Квадратный вершок	≈ 19,76 см ²	Кубический аршин	≈ 0,36 м ³
Квадратный фут	≈ 9,29 дм ²	Кубическая сажень	≈ 9,7 м ³
Квадратный аршин	≈ 0,51 м ²	<i>Единицы массы</i>	
Квадратная сажень	≈ 4,55 м ²	Доля	≈ 44,4 мг
Десятина	10 925 м ²	Золотник	≈ 4,27 г
Квадратная верста	1,138 км ²	Лот	≈ 12,8 г
<i>Единицы объема, вместимости</i>		Фунт	= 96 золотника ≈ 409,5 г
Кубическая линия	≈ 16,4 мм ³	Пуд	= 40 фунтам ≈ 16,4 кг
Кубический дюйм	≈ 16,4 см ³	Берковец	≈ 163,8 г
Кубический вершок	≈ 87,8 см ³	<i>Единица скорости</i>	
Штоф (1/10 ведра)	≈ 1,23 л	Верста в час	≈ 1,07 км/ч ≈ 0,30 м/с
Гарнец	3,28 л		
Ведро	≈ 12,3 л		

16. Некоторые древнерусские меры

Десятина хозяйственная (мера земельной площади). Числовое значение меры — 1,45 га.

Куль (мера массы сыпучих тел). В зависимости от сорта сыпучих тел мера имела разное числовое значение. Например, для ржи куль был равен 151,5 кг, для овса — 100,3 кг.

Локоть (мера длины, равная длине локтевой кости). Числовое значение меры колебалось от 38 до 46 см.

Сажень косая (мера длины, равная расстоянию от пальцев левой ноги до конца пальцев правой руки, вытянутой по диагонали). Мера имела два числовых значения — 216 или 248 см.

Сажень простая (мера длины, равная размаху рук от концов пальцев одной руки до концов пальцев другой). Мера имела два числовых значения — 152 или 176 см.

Пядь — мера длины, равная расстоянию между концами растянутых пальцев одной руки — большого и указательного. Числовое значение пяди колебалось от 18 до 23 см.

**17. Единицы, применяемые в Англии и США,
и их перевод в единицы СИ (или в кратные и дольные от них)**

<i>Единицы длины</i>			
Миля	≈ 1,609 км	Баррель нефтяной (США)	≈ 159 л
Морская миля	1,852 км (точно)	Галлон сухой (США)	≈ 4,4 л
Кабельтов	185,2 м (точно)	Пинта (Англия)	≈ 568,3 мл
Ярд	914,4 мм (точно)	Сухая пинта (США)	≈ 550,6 мл
Фут	304,8 мм (точно)	Жидкостная пинта (США)	≈ 473,2 мл
Дюйм	25,4 мм (точно)		
Большая линия	2,54 мм (точно)		
Малая линия	≈ 2,12 мм		
<i>Единицы площади</i>		<i>Единицы массы</i>	
Акр	≈ 4046,9 м ²	Тонна (длинная)	≈ 1,016 т
Квадратный ярд	≈ 0,836 м ²	Тонна (короткая)	≈ 0,907 т
Квадратный фут	≈ 929 см ²	Центнер (длинный)	≈ 50,8 кг
Квадратный дюйм	≈ 645,2 мм ²	Центнер (короткий)	≈ 45,4 кг
Квадратная линия (большая)	≈ 6,45 мм ²	Фунт (торговый)	≈ 453,6 г
<i>Единицы объема, вместимости</i>		Фунт (аптекарский)	≈ 373,2 г
Тонна регистровая	≈ 2,8 м ³	Унция	≈ 28,35 г
Кубический ярд	≈ 0,76 м ³	Драхма (Англия)	≈ 1,77 г
Кубический фут	≈ 28,3 дм ³	Гран	≈ 64,8 мг
Кубический дюйм	≈ 16,4 см ³		
Бушель (Англия)	≈ 36,4 л	<i>Единицы скорости</i>	
Бушель (США)	≈ 35,2 л	Фут в секунду	≈ 0,30 м/с
Галлон (Англия)	≈ 4,5 л	Миля в час	≈ 1,609 км/ч
Галлон жидкостный (США)	≈ 3,8 л	Узел (морская миля в час)	1,852 км/ч (точно) ≈ ≈ 0,51 м/с

ТАБЛИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

18. Физические постоянные (константы)

Физическая постоянная	Обозначение	Значение постоянной
Скорость распространения электромагнитных волн (скорость света) в вакууме (в свободном пространстве)	c	299 792 458 м/с
Элементарный заряд (заряд электрона)	e	$1,60219 \cdot 10^{-19}$ Кл
Масса покоя электрона	m_e	$9,10953 \cdot 10^{-31}$ кг
Масса покоя нейтрона	m_n	$1,67495 \cdot 10^{-27}$ кг
Масса покоя протона	m_p	$1,67265 \cdot 10^{-27}$ кг
Постоянная Больцмана	k	$1,381 \cdot 10^{-23}$ Дж/К
Газовая постоянная (молярная)	R	$8,314$ Дж/(моль · К)
Гравитационная постоянная	G	$6,672 \cdot 10^{-11}$ Н·м ² /кг ²
Постоянная Планка	h	$6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
	$\hbar = \frac{h}{2\pi}$	$1,055 \cdot 10^{-34}$ Дж·с
Постоянная Фарадея	F	96484,56 Кл/моль
Молярный объем идеального газа при нормальных условиях ($t = 0^\circ\text{C}$, $p = 101,325$ кПа)	V_m	$2,241 \cdot 10^{-2}$ м ³ /моль
Постоянная Авогадро	N_A	$6,022 \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹
Постоянная Лошмидта	N_L	$2,687 \cdot 10^{25}$ м ⁻³
Температурный коэффициент объемного расширения газов	β	$1/273,16$ К ⁻¹ = $= 0,00367$ К ⁻¹
Абсолютный нуль температуры	T_0	0 К = -273,15 °С
Температура замерзания воды (плавления льда)		0 °С = 273,15 К
Атомная единица массы	u	$1,66057 \cdot 10^{-27}$ кг
Электрон-вольт	eV	$1,602 \cdot 10^{-19}$ Дж
Нормальное атмосферное давление	$p_{\text{атм н}}$	101 325 Па
Скорость звука в воздухе при нормальных условиях	c	331,5 м/с
Ускорение свободного падения (нормальное)	g_n	9,806 65 м/с ²
Радиус первой электронной орбиты в атоме водорода	a_0	$5,29 \cdot 10^{-11}$ м
Электрохимический эквивалент серебра	k_{Ag}	$1,118 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл
Плотность ртути при нормальных условиях ($t = 0^\circ\text{C}$, $p = 101,325$ кПа)	ρ_{Hg}	13595 кг/м ³
Плотность воздуха при нормальных условиях ($t = 0^\circ\text{C}$, $p = 101,325$ кПа)	$\rho_{\text{возд}}$	1,293 кг/м ³

МЕХАНИКА

19. Линейные размеры

Длины, размеры, расстояния

Диаметр молекулы кислорода, нм	0,3
Среднее расстояние, проходимое молекулами воздуха между двумя последовательными соударениями (при $t = 20^\circ\text{C}$), нм	62
Длина фильтрующегося вируса (табачной мозаики), нм	300
Длина волны оранжевой линии в спектре газа криптона-86 (в вакууме), нм	605,8
Длина типичной бактериальной клетки, мкм	3
Средний диаметр красных кровяных телец (эритроцитов), мкм	7,5
Диаметр белых кровяных телец (лейкоцитов), мкм	8–20
Длина инфузории-туфельки, мкм	300
Толщина Олимпийской медали, мм	3
Диаметр пули автомата Калашникова, мм	7,62
Диаметр 1-копеечной монеты, мм	15
Длина звуковой волны в воздухе при частоте колебаний 20 кГц ($t = 0^\circ\text{C}$), мм	17
Диаметр 3-копеечной монеты, мм	22
Диаметр 5-копеечной монеты, мм	25
Ширина спичечной коробки, мм	37
Диаметр мячика для настольного тенниса, мм	37,2–38,2
Длина спичечной коробки, мм	50
Диаметр Олимпийской медали, см	6
Диаметр теннисного мяча, см	6,4
Длина карандаша, см	18
Диаметр футбольного мяча, см	29
Локоть (старинная мера длины), см	≈ 46
Калибр ствола Царь-пушки, см	89
Размер обыкновенного кирпича, см	$25 \times 12 \times 6,5$
Ширина железнодорожной колеи, см:	
в США, Канаде, большинстве стран Западной Европы	143,5
в СССР	152,4
Размер стола для настольного тенниса, см	$152,5 \times 274$
Ширина хоккейных ворот, м	1,8
Длина железнодорожной шпалы (железобетонной), м	2,7
Длина железнодорожной шпалы (деревянной), м	2,75
Длина автомобиля «Жигули», м	4,1
Диаметр воздушного винта самолета Ил-18, м	4,5
Длина ствола Царь-пушки, м	5,34
Ширина футбольных ворот, м	7,3
Длина рекордного прыжка человека в длину, м	8,9
Длина четырехосного грузового вагона, м	13,5

Длины, размеры, расстояния

Длина лодки «Ра» из папируса, м	15
Длина звуковой волны при частоте колебаний 16 Гц ($t = 0^\circ\text{C}$), м	20,8
Диаметр несущего винта вертолета Ми-4, м	21
Длина цельнометаллического пассажирского вагона, м	23,6
Длина железнодорожного рельса, м	25
Длина (и такая же ширина) зрительного зала Большого театра СССР, м	30
Длина кита синего (самого крупного из современных животных), м	до 33
Расстояние между телеграфными столбами, м	50–60
Длина самолета Ил-86, м	59,5
Ширина футбольного поля, м	64–75
Ширина зрительного зала Дворца спорта в Лужниках (Москва), м	78
Длина футбольного поля, м	100–110
Длина зрительного зала Дворца спорта в Лужниках (Москва), м	114
Средняя ширина Красной площади в Москве, м	130
Длина танкера «Крым» (водоизмещение 181,2 тыс. т), м	277
Протяженность Красной площади в Москве, м	695
Длина бетонной плотины Днепровской ГЭС им. В. И. Ленина, м	760
Длина бетонной плотины Саяно-Шушенской ГЭС, м	1066
Длина реки Волги, км	3530
Длина реки Нила (самой протяженной реки мира), км	6670
Расстояние от Земли до ближайшей звезды (не считая Солнца) α -Центавра, св. лет	4,2

Высоты

Неровности поверхности оконного стекла, мкм	0,2–0,6
Хоккейные ворота, м	1,2
Футбольные ворота, м	2,4
Страус, м	до 2,8
Железнодорожный вагон, м	3,5
Вертолет Ми-4, м	4,4
Жираф, м	до 6
Телеграфный столб, м	6
Падающая башня в Пизе (Италия), м	54,5
Бетонная плотина Днепровской ГЭС имени В. И. Ленина, м	60,5
Обелиск в честь покорителей космоса на ВДНХ (Москва), м	96
Пирамида Хеопса (в настоящее время), м	137

Высоты

Австралийские эвкалипты (самые высокие в мире деревья), м	до 150
Плотина Саяно-Шушенской ГЭС, м	244
Плотина Нурекской ГЭС, м	315
Дымовая труба Экибастузской ГРЭС-1, м	330
Наиболее высокая в мире башня (г. Торонто, Канада), м	550
Высочайшие горные вершины, м:	
СССР (пик Коммунизма)	7495
Европы (Монблан)	4807
мира (Эверест)	8848
Мировой рекорд высоты полета турбовинтового самолета, м	15549
Мировой рекорд высоты полета реактивного самолета, м	37650

Глубины

Искатели жемчуга при нырянии, м	до 30
Рекорд погружения человека в воду без акваланга, м	105
Водолаз в мягком скафандре, м	до 180
Водолаз в жестком скафандре, м	до 250
Подводная лодка (наибольшая глубина погружения), м	≈500
Глубочайшая пропасть мира (Жан-Бернар, Франция), м	1494
Рекорд погружения батискафа в море, м	10919
Наибольшая глубина океана (Марианская впадина, Тихий океан), м	11022
Наиболее глубокая (на 15.VI.1988 г.) пробуренная в Земле скважина (СССР, Кольский полуостров), м	12064

20. Соотношения между единицами длины

Единицы длины	м	км	см	мм	мкм	нм
1 м	1	10^{-3}	100	10^3	10^6	10^9
1 км	10^3	1	10^5	10^6	10^9	10^{12}
1 см	0,01	10^{-5}	1	10	10^4	10^7
1 мм	10^{-3}	10^{-6}	0,1	1	10^3	10^6
1 мкм	10^{-6}	10^{-9}	10^{-4}	10^{-3}	1	10^3
1 нм	10^{-9}	10^{-12}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-3}	1

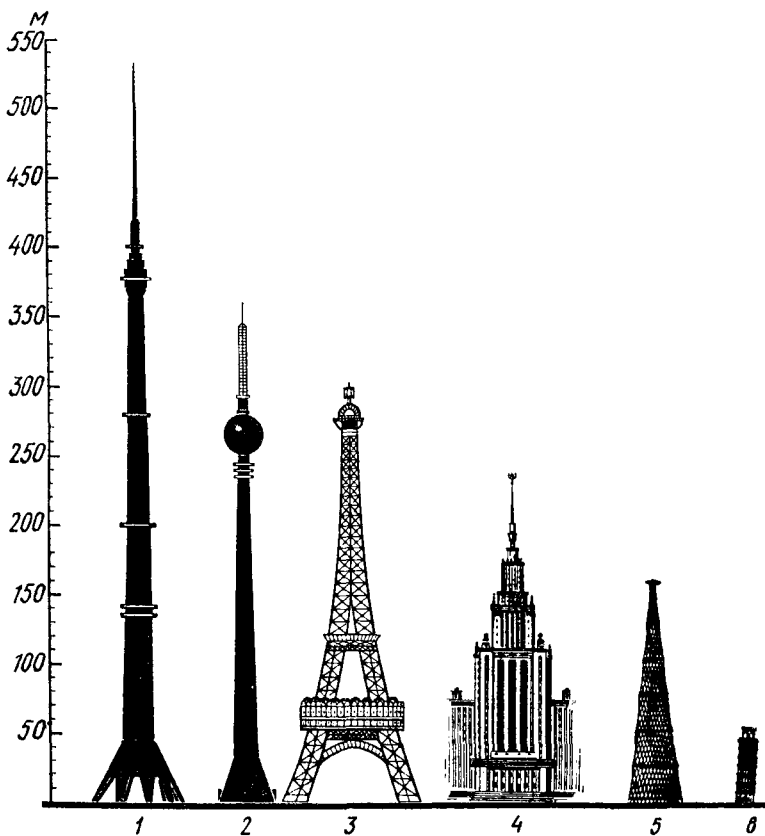


Рис. 1. Сооружения различной высоты:

1 — Останкинская башня Общесоюзного телецентра в Москве (540 м); 2 — телевизионная башня в Берлине (361,5 м); 3 — Эйфелева башня в Париже (305 м); 4 — высотное здание Московского университета (240 м); 5 — Шуховская башня в Москве (160 м); 6 — падающая башня в Пизе (54,5 м).

21. Массы некоторых тел, кг

Электрон . . .	$9,1 \cdot 10^{-31}$	Молекула пеницилина . . .	$5,0 \cdot 10^{-17}$
Атом водорода	$1,7 \cdot 10^{-27}$	Красное кровяное тельце	$1 \cdot 10^{-13}$
Атом изотопа углерода-12 . . .	$1,992 \cdot 10^{-26}$	Бактериальная клетка	$5 \cdot 10^{-12}$
Атом урана . . .	$4 \cdot 10^{-25}$	Крылышко мухи	$5 \cdot 10^{-8}$
Молекула воды	$3 \cdot 10^{-20}$		
Вирус гриппа	$6 \cdot 10^{-19}$		

Пуля пневматической винтовки	$5 \cdot 10^{-4}$	Автомобиль «Запорожец-966-B»	740
Колибри (наименьшая из птиц)	$1,7 \cdot 10^{-3}$	«Луноход-1»	756
Монета (2 коп.)	$2 \cdot 10^{-3}$	«Луноход-2»	840
» (3 коп.)	$3 \cdot 10^{-3}$	«Москвич-408»	1330
Мячик для настольного тенниса	$2,4 \cdot 10^{-3} - 2,5 \cdot 10^{-3}$	Автомобиль «Волга» (ГАЗ-24)	1420
Виноградина	$3 \cdot 10^{-3}$	Слон	до 4500
Монета (5 коп.)	$5 \cdot 10^{-3}$	Кабина космического корабля «Восход»	5320
Пуля автомата Калашникова	$7,9 \cdot 10^{-3}$	Трактор ДТ-75	6000
Хоккейная шайба	0,16—0,17	Трактор К-700	11 000
Футбольный мяч	0,4	Четырехосный железнодорожный грузовой вагон	22 600
Диск спортивный (мужской)	2,0	Цельнометаллический пассажирский вагон	54 000
Автомат Калашникова (АКМ)	3,6	Самый большой из добытых китов	$1,5 \cdot 10^5$
Молот спортивный	7,25	Электровоз ВЛ10	$1,84 \cdot 10^5$
Ядро спортивное (мужское)	7,26	Пизанская башня	$1,42 \cdot 10^7$
Ручной пулемет Дегтярева (РАП)	9	Останкинская телевизионная башня	$5,5 \cdot 10^7$
Велосипед для подростков («Ласточка», «Орленок»)	12,5—13,5	Высотное здание МГУ	$5 \cdot 10^8$
Мопед «Рига-5»	36	Атмосфера Земли	$5,1 \cdot 10^{18}$
Критическая масса чистого урана-235	≈ 48	Водная оболочка Земли	$1,4 \cdot 10^{21}$
Первый ИСЗ	83,6	Луна	$7,4 \cdot 10^{22}$
Мотороллер «Турист М»	145	Земля	$6,0 \cdot 10^{24}$
Мотоцикл «ИЖ-Юпитер-3»	158	Солнце	$2,0 \cdot 10^{30}$
		Наша Галактика	$2,2 \cdot 10^{41}$

22. Соотношения между единицами массы

Единицы массы	кг	Мт	т	ц	г	мг	а. е. м.
1 кг	1	10^{-9}	10^{-3}	0,01	10^3	10^6	$6,02 \cdot 10^{26}$
1 Мт	10^9	1	10^6	10^7	10^{12}	10^{15}	$6,02 \cdot 10^{35}$
1 т	10^3	10^{-6}	1	10	10^6	10^9	$6,02 \cdot 10^{29}$
1 ц	100	10^{-7}	0,1	1	10^5	10^8	$6,02 \cdot 10^{28}$
1 г	10^{-3}	10^{-12}	10^{-6}	10^{-5}	1	10^3	$6,02 \cdot 10^{23}$
1 мг	10^{-6}	10^{-15}	10^{-9}	10^{-8}	10^{-3}	1	$6,02 \cdot 10^{20}$
1 а. е. м.	$1,66 \times 10^{-27}$	$1,66 \times 10^{-36}$	$1,66 \times 10^{-30}$	$1,66 \times 10^{-29}$	$1,66 \times 10^{-24}$	$1,66 \times 10^{-21}$	1

Примечание. Более точное значение атомной единицы массы:
 1 а. е. м. = $1,66057 \cdot 10^{-27}$ кг.

23. Продолжительность некоторых процессов, с

Время жизни пи-нуль-мезона (элементарной частицы)	$8 \cdot 10^{-17}$
Продолжительность сгорания рабочей смеси в цилиндре карбюраторного двигателя	0,001 – 0,002
Период колебания крыльев комара	0,0016 – 0,0033
Продолжительность моргания	$\approx 0,4$
опускание век	0,04 – 0,05
веки закрыты	0,15
открывание век	0,20
Время прохождения света от Земли до Луны	$\approx 1,25$
Продолжительность вдоха у подростка (в покое)	3,0 – 3,3
» » у взрослого человека (в покое)	3,8
Время прохождения света от Солнца до Земли	≈ 499
Время жизни нейтрона, вылетевшего из ядра	1010
Промежуток времени между сходом с орбиты космического корабля «Союз-10» и его приземлением	≈ 2460
Начальный период обращения первого ИСЗ по орбите	5570
Период вращения Земли вокруг своей оси	86 400
Период обращения Земли вокруг Солнца	$\approx 3,16 \cdot 10^7$
Период полураспада урана-238	$\approx 1,4 \cdot 10^{17}$

24. Соотношение между единицами времени

Единицы времени	с	Мс	сут	ч	мин	мкс	нс
1 с	1	10^{-6}	$1,16 \cdot 10^{-5}$	$2,78 \cdot 10^{-4}$	$1,67 \cdot 10^{-2}$	10^6	10^9
1 Мс	10^6	1	11,6	278	$1,67 \cdot 10^4$	10^{12}	10^{15}
1 сут	86 400	$8,64 \cdot 10^{-2}$	1	24	1440	$8,64 \cdot 10^{10}$	$8,64 \cdot 10^{13}$
1 ч	3600	$3,6 \cdot 10^{-3}$	0,04167	1	60	$3,6 \cdot 10^9$	$3,6 \cdot 10^{12}$
1 мин	60	$6 \cdot 10^{-5}$	$6,9445 \cdot 10^{-4}$	$1,67 \cdot 10^{-2}$	1	$6 \cdot 10^7$	$6 \cdot 10^{10}$
1 мкс	10^{-6}	10^{-12}	$1,16 \cdot 10^{-11}$	$2,78 \cdot 10^{-10}$	$1,67 \cdot 10^{-8}$	1	10^3
1 нс	10^{-9}	10^{-15}	$1,16 \cdot 10^{-14}$	$2,78 \cdot 10^{-13}$	$1,67 \cdot 10^{-11}$	10^{-3}	1

Примечание. 1 год = 365,24219878 сут = 31556925,9747 с $\approx 3,16 \cdot 10^7$ с.

25. Скорости движения в технике*

	м/с
Эскалатор метрополитена	0,75; 0,90
Скоростные лифты высотной части Московского университета	3,5
Скоростные лифты башни Общесоюзного телецентра	7
Пуля при вылете из ствола автомата Калашникова	715
	км/ч
Зерноуборочный комбайн	от 1 до 18
Речной пассажирский дизель-электроход «Ленин»	до 26
Моторная лодка МКМ	до 30
Мопед «Рига-4»	до 50
Танк Т-34	до 55
Мотороллер В-150М	до 70
Мотоцикл М-106	до 85
Мотороллер «Турист»	до 85
Мотоцикл «Восход»	до 90
Поезд метрополитена	до 90
Тепловоз ТЭ10Л	до 100
Мотоцикл «ИЖ-Планета-3»	до 110
Электровоз ВЛ80 ^к	до 110
Автомобили «Москвич-407» и «Москвич-403»	до 115
Автомобили «Москвич-408», «Москвич-2138»	до 120
Автомобиль «Запорожец-968»	до 125
Мотоцикл «ИЖ-Юпитер-5»	до 125

* Скорости движения различных машин помещены также в табл. 93–99, 170–177, 217.

	км/ч
Автомобиль ВАЗ-2121 («Нива»)	до 132
Автомобили «Жигули» (ВАЗ-2101), «Москвич-412», «Москвич-2140»	до 140
Автомобиль «Волга» (ГАЗ-24)	до 147
Вертолет Ка-18	до 150
Автомобиль «Жигули» (ВАЗ-2106)	до 154
Пассажирский тепловоз ТЭП60	до 160
Вертолет Ми-4	до 210
Посадочная скорость самолетов Ил-18, Ан-10	190–220
Электропоезд ЭР-200	до 200
Вертолет Ми-8	до 250
Пассажирский самолет Ил-14	до 412
Пассажирский реактивный самолет Як-40	до 700
Мировые рекорды скорости (на 1 июля 1988 г.)	
поршневой самолет	832,12
турбовинтовой самолет	877,212
автомобиль (поршневой двигатель)	658,649
автомобиль (реактивная тяга)	1025,198
реактивный самолет	3529,56
Продукты сгорания из сопла баллистической ракеты	ок. 11 000
Ракета многоступенчатая	≈ 25 600
Космический корабль на орбите вокруг Земли	≈ 28 000

26. Космические скорости

Первая космическая скорость – скорость, необходимая для того, чтобы тело (космический корабль, ракета) смогло покинуть Землю и стать искусственным спутником Земли. При этой скорости орбита спутника лежит в пределах земного притяжения.

Первая космическая скорость впервые была достигнута при запуске первого в мире искусственного спутника Земли 4 октября 1957 г.

1-я космическая скорость (у поверхности Земли) равна 7,91 км/с.

Вторая космическая скорость – скорость, необходимая для того, чтобы тело смогло покинуть Землю и превратиться в искусственную планету – спутник Солнца. При этой скорости тело выходит за пределы земного притяжения.

Вторая космическая скорость впервые была достигнута при запуске первой космической ракеты в сторону Луны 2 января 1959 г.

2-я космическая скорость (у поверхности Земли) равна 11,19 км/с.

Третья космическая скорость – скорость, необходимая для того, чтобы тело могло покинуть пределы Солнечной системы и уйти в Галактику. При этой скорости тело выходит из сферы притяжения Солнца и покидает Солнечную систему.

3-я космическая скорость (у поверхности Земли) равна ≈ 16,67 км/с.

27. Средние скорости движения тел

	м/с
Пешеход	1,3
Слабый ветер	4—5
Стайер (бег на 10 000 м, мировой рекорд на 1.I.1989 г.)	6,12
Поршень трактора	6—7
Спринтер (бег на 100 м, мировой рекорд на 1.I.1989 г.)	10,16
Поршень двигателя грузового автомобиля	7—13
Поршень двигателя легкового автомобиля	8—16
Сильный ветер	10—12
Конькобежец (бег на 10 000 м, мировой рекорд на 1.I.1989 г.)	12,07
Конькобежец (бег на 500 м, мировой рекорд на 1.I.1989 г.)	13,72
Ветер при шторме	19—21
Молекула кислорода при $t = 0^\circ\text{C}$	425
» » при $t = 25^\circ\text{C}$	444
Молекула водорода при $t = 0^\circ\text{C}$	1693
» » при $t = 25^\circ\text{C}$	1770
	км/ч
Трамвай	16—17
Поезд метрополитена	40
Грузовой поезд, средняя участковая скорость* движения (1986 г.)	32,3
Грузовой поезд, средняя техническая скорость* движения (1986 г.)	44,1
Пассажирские самолеты	
Ил-14	320
Ан-10	550
Ил-18	575
	км/с
Луна по орбите вокруг Земли	≈ 1
Земля по орбите вокруг Солнца	29,8

* Участковая скорость — скорость движения поезда между конечными станциями участка с учетом времени стоянок поезда на промежуточных станциях; техническая скорость — скорость поезда без учета времени стоянок на промежуточных станциях.

28. Скорости, встречающиеся в военной технике

	м/с
Скорость реактивного снаряда боевой установки БМ-13 образца 1941 г.:	
начальная	70
наибольшая	355
Начальная скорость гранаты гранатомета РГП-2	87
Начальная скорость пули:	
пистолет Макарова	315
автомат Калашникова (АКМ)	715
ручной пулемет Калашникова (РПК и РПКС)	745
Начальная скорость:	
снаряд современного орудия (среднее значение)	1000
мина миномета (среднее значение)	100–350
Скорость газов в струе кумулятивного снаряда	до 15 000
	км/ч
Максимальная скорость танка:	
плавающий (ПТ-76) по шоссе	44
плавающий (ПТ-76) по грунтовой дороге	20–25
плавающий (ПТ-76) на плаву	10,2
Т-34	55
Т-54	50
Т-72	60
Максимальная скорость бронетранспортера БТР-60 по шоссе	80
Скорость артиллерийского тягача АТ-Т	до 35
Максимальная скорость военных судов (ориентировочные значения):	
авианосец	60
атомная подводная лодка (подводный ход)	60
крейсер	70
эсминец	75
торпедный катер	100
Скорость современного боевого самолета	до 3000
Скорость истребителя МиГ-21	2175
Скорость самолетов периода Великой Отечественной войны:	
штурмовик Ил-2	до 420
бомбардировщик Ту-2	547
истребитель Як-9	605
» Як-3	660*
» Ла-5	648
» МиГ-3	640

* Наиболее скоростной самолет того периода.

29. Некоторые характеристики полета пули стрелкового оружия Советской Армии

Показатели	Автомат Калашни- кова (АКМ, АКМС)	Ручной пу- лемет Ка- лашникова (РПК, РПКС)
Скорость пули, м/с:		
у дульного среза ствола (начальная)	715	745
на расстоянии 100 м от стрелка	623	650
» » 500 м » »	334	347
» » 1000 м » »	226*	240
Время, за которое пуля перемещается на 100 м от стрелка, с	0,15	0,14
Время, за которое пуля перемещается на 500 м от стрелка, с	1,04	1,00
Время, за которое пуля перемещается на 1000 м от стрелка, с	2,05*	2,76
Кинетическая энергия пули, Дж (кгс·м):		
в момент вылета из ствола	2030(207)	2206(225)
на расстоянии 100 м от стрелка	1540(157)	1680(171)
» » 500 м » »	461(47)	490(50)
» » 1000 м » »	284*(29*)	235(24)
Масса пули, г	7,9	7,9
Предельная дальность полета пули, м	3000	3000
Толщина пробиваемой пулей кирпичной кладки (на расстоянии 100 м от стрелка), см	12-15	12-15
Толщина пробиваемого пулей соснового бруса (на расстоянии 500 м от стрелка), см	25	25
Толщина пробиваемого пулей земляного вала (на расстоянии 500 м от стрелка), см	25-30	25-30
* Показатели относятся к дальности 800 м.		

30. Мировые спортивные рекорды (на 1.I.1989 г.)

Вид соревнова- ний и дистан- ция	Мужчины		Женщины	
	время, показанное на дистанции	средняя скорость, м/с	время, показанное на дистанции	* средняя скорость, м/с
<i>Бег</i>				
100 м	9,83 с	10,16	10,49 с	9,53
200 м	19,72 с	10,14	21,34 с	9,37

Вид состязаний и дистанция	Мужчины		Женщины	
	время, показанное на дистанции	средняя скорость, м/с	время, показанное на дистанции	средняя скорость, м/с
<i>Бег</i>				
400 м	43,29 с	9,24	47,60 с	8,40
800 м	1 мин 41,73 с	7,86	1 мин 53,28 с	7,06
1500 м	3 мин 29,46 с	7,16	3 мин 52,47 с	6,46
5000 м	12 мин 58,39 с	6,42	14 мин 37,33 с	5,70
10 000 м	27 мин 13,81 с	6,12	30 мин 13,75 с	5,51
<i>Марафонский бег</i>				
(42 км 195 м)*	2 ч 6 мин 50 с	5,5	2 ч 21 мин 0,6 с	5,0
<i>Бег на коньках</i>				
500 м	36,45 с	13,72	39,10 с	12,78
1500 м	1 мин 52,06 с	13,39	1 мин 59,30 с	12,57
5000 м	6 мин 43,59 с	12,38	7 мин 14,13 с	11,35
10 000 м	13 мин 48,20 с	12,07	—	—
<i>Плавание</i>				
100 м (вольный стиль)	48,74 с	2,05	54,79 с	1,83
200 м (вольный стиль)	1 мин 47,25 с	1,86	1 мин 57,55 с	1,70
400 м (вольный стиль)	3 мин 46,95 с	1,76	4 мин 3,85 с	1,64
100 м (брасс)	1 мин 1,65 с	1,62	1 мин 7,91 с	1,47
200 м (брасс)	2 мин 13,34 с	1,50	2 мин 26,71 с	1,36
100 м (баттерфляй)	52,84 с	1,89	57,93 с	1,73
200 м (баттерфляй)	1 мин 56,24 с	1,72	2 мин 5,96 с	1,59

* Официальные рекорды мира в марафонском беге не регистрируются, поэтому в таблице приведены высшие мировые достижения.

31. Скорости движения в живой природе*

Живое существо	Скорость		Живое существо	Скорость	
	м/с	км/ч		м/с	км/ч
Акула	8,3	30	Ласточка . . .	17,5	63
Бабочка-капустница	2,3	8,3	Муха комнатная	5	18
Борзая	16	58	Пчела со взятком	2,8-7,0	10-18
Ворона	13	47	Скворец	20,6	74
Гепард	31	112	Слон африканский	11	40
Жираф	14,6	51,2	Улитка	0,0014	0,005
Жук майский	3,0	11	Черепаша	0,05-0,14	0,2-0,5
Жук-навозник	7,0	25	Шмель	5-7	18-25
Заяц	16,7	60			

* Наука располагает недостаточным количеством точных данных о скоростях движения животных, птиц, насекомых. В таблице приведены ориентировочные значения максимальных скоростей движения некоторых живых существ.

32. Соотношения между единицами скорости

Единицы скорости	м/с	км/с	см/с	м/мин	км/ч	уз
1 м/с	1	10^{-3}	100	60	3,6	1,94
1 км/с	10^3	1	10^{-5}	$6 \cdot 10^4$	3600	1940
1 см/с	0,01	10^5	1	0,6	0,036	$1,94 \cdot 10^{-2}$
1 м/мин	$1,67 \cdot 10^{-2}$	$1,67 \cdot 10^{-5}$	1,67	1	0,06	$3,24 \cdot 10^{-2}$
1 км/ч	0,278	$2,78 \cdot 10^{-4}$	27,8	16,7	1	0,54
1 уз	0,514	$5,14 \cdot 10^{-4}$	51,4	30,9	1,85	1

Примечание. Перевод скорости, выраженной в м/с, в км/ч, осуществляется умножением числа (скорости в метрах в секунду) на 3,6 км/ч. Например, скорость 1,9 м/с, если ее выразить в км/ч, равна: $1,9 \cdot 3,6 \text{ км/ч} = 6,84 \text{ км/ч}$.

Перевод скорости, выраженной в км/ч, в м/с, осуществляется умножением числа (скорости в километрах в час) на 0,278 м/с. Например, скорость 3 км/ч равна: $3 \cdot 0,278 \text{ м/с} = 8,34 \text{ м/с}$.

33. Средние ускорения, м/с²

Лифт пассажирский при пуске	0,3–0,6	Снаряд 76-мм пушки образца 1942 г. в стволе орудия при выстреле	≈ 72 000
Пассажирский поезд при наборе скорости ≈ 0,35		Лифт пассажирский при остановке	0,3–0,6
Трамвай при наборе скорости	≈ 0,6	Троллейбус при остановке	1,0–1,3
Поезд метрополитена при наборе скорости ≈ 1		Самолет Ил-18 при пробеге	≈ 2,4
Грузовой автомобиль при наборе скорости ≈ 1		Самолет Ту-134А при пробеге	≈ 2,3
Самолет Ту-134А при разбеге	≈ 2,3	Самолет Ил-14М при пробеге	≈ 1,5
Самолет Ил-14М при разбеге	≈ 1,5	Аварийное торможение автомобиля:	
Троллейбус МТБ-82 при наборе скорости ..	≈ 1,8	легкового	5,8
Самолет Ил-18 при разбеге	≈ 1,6	грузового	5,0
Легковой автомобиль при наборе скорости ≈ 2		Параютрист в момент приземления	50–60

34. Ускорение свободного падения g в глубине Земли (r — расстояние от поверхности Земли)

r , км	g , м/с ²	r , км	g , м/с ²
0	9,81	2500	10,04
10	9,82	2900	10,37
33	9,85	4000	8,03
100	9,89	4500	6,96
600	10,01	5000	6,24
1000	9,95	5500	4,11
1500	9,87	6000	1,77
2000	9,86	6371	0

**35. Ускорение свободного падения g
в различных местах Земли, m/c^2**

На полюсе	9,83235	На экваторе	9,78049
На широте 45°	9,80612	Нормальное	9,80665
<i>Значение g для некоторых городов, m/c^2</i>			
Архангельск	9,8228	Одесса	9,8077
Будапешт	9,8085	Париж	9,8094
Вашингтон	9,8078	Рим	9,8037
Ленинград	9,8192	Токио	9,7880
Москва	9,8156		

**36. Ускорение свободного падения g на различной
высоте h над Землей**

h , км	g , m/c^2	h , км	g , m/c^2
0	9,8066	20	9,7452
0,05	9,8065	30	9,7147
0,1	9,8063	50	9,6542
0,5	9,8051	100	9,505
1	9,8036	500	8,45
2	9,8005	5000	3,08
3	9,7974	10 000	1,50
5	9,7912	50 000	0,13
10	9,7759	400 000	0,0025

**37. Ускорение свободного падения g на поверхности
некоторых небесных тел (для экватора), m/c^2**

Венера	8,8	Марс	3,8	Солнце	274,0
Земля	9,8	Меркурий	3,7	Уран	9,8
Луна	1,6	Нептун	13,5	Юпитер	23,5

38. Интенсивность разгона автомобилей

В таблице указано наименьшее время t разгона некоторых легковых автомобилей с места до скорости 100 км/ч (с переключением передач).

	„Москвич-2138“	„Москвич-2140“	„Жигули-2101“	„Жигули-2106“	„Жигули-2107“	„Волга-21“	„Волга-24“
t , с	30	19	20	16	15	25	19

39. Максимальное ускорение автомобилей, м/с²

	„Москвич-412„	„Жигули-2101“	„Жигули-2103“	„Волга-24“
На первой передаче	2,08	1,93	2,10	2,05
На второй передаче	1,42	1,43	1,50	1,53
На третьей передаче	0,94	0,90	0,97	0,79
На четвертой передаче	0,63	0,59	0,63	0,61

40. Тормозной путь автомобилей

В таблице указан тормозной путь* l некоторых легковых автомобилей со скорости 80 км/ч.

	„Москвич-2138, -2140“	„Жигули-2101, -2103, -2106“	„Волга-21“	„Волга-24“
l , м	42,6	38,0	39,0	43,2

* Тормозной путь — расстояние, проходимое автомобилем с момента начала торможения до остановки.

41. Путь l и время t свободного качения автомобилей со скорости 50 км/ч

	„Жигули-2101“	„Жигули-2103“	„Волга-21“	„Волга-24“
t , с	72	73	...	81
l , м	450	435	533	547

42. Частота вращения некоторых тел

	с ⁻¹ (об/с)	мин ⁻¹ (об/мин)
Диск электропроигрывателя	0,55; 1,3	33,3; 78
Рабочее колесо гидротурбины Волжской ГЭС им. В. И. Ленина	1,1	68,2
Рабочее колесо гидротурбины Красноярской ГЭС им. 50-летия СССР	1,6	93,8
Рабочее колесо гидротурбины Братской ГЭС им. 50-летия Великого Октября	2,1	125

	c^{-1} (об/с)	$мин^{-1}$ (об/мин)
Колесо велосипеда ($d = 70$ см) при скорости 18 км/ч	2,3	136
Винт вертолета (легкого и среднего)	4,2–6,7	250–400
Активатор бытовой стиральной машины	9–10	540–600
Ветроколесо ветродвигателя:		
ВЭ-2М	10	600
«Ветерок»	4,5	270
«Сокол»	1,5	90
Колесо автомобиля «Москвич-408» ($d = 58$ см) при скорости 72 км/ч	8,8	526
Щетки электрополотера П-2	12–13	700–750
Воздушный винт самолета Ил-18	18	1080
Лопасты настольного вентилятора ВЭ-1	20	1200
Центрифуга для отжима белья бытовых стиральных машин	21–24	1250–1400
Гребной винт теплохода «Ракета» на подводных крыльях	31	1860
Ротор мощных паровых турбин	50	3000
Барaban молочного сепаратора	100–170	6000–10 000
Ротор электростригальной машинки МС-200	200	12 000
Ротор электродвигателей бытовых пылесосов	200	12 000
Ротор газовой турбины авиационного двигателя	200–300	12 000–18 000
Ротор гироскопа в системе управления баллистической ракеты	500–1000	30 000–60 000
Пуля при вылете из автомата Калашникова	≈ 3000	$\approx 180 000$

43. Линейная скорость при равномерном движении по окружности

Конец минутной стрелки Кремлевских курантов, м/с	$6 \cdot 10^{-3}$
Конец лопасти настольного вентилятора ВЭ-1, м/с	18,3
Точка на поверхности пули при ее вылете из автомата, м/с	≈ 72
Конец лопасти воздушного винта самолета Ил-18, м/с	254
Точка поверхности Земли, м/с	
на экваторе	465
на широте Москвы ($\varphi = 56^\circ$)	259
на широте Ленинграда ($\varphi = 60^\circ$)	230
1-й искусственный спутник Земли, км/с	7,9
Земля вокруг Солнца, км/с	29,8

44. Угловая скорость вращающихся тел, рад/с

Земля вокруг Солнца	$\approx 2 \cdot 10^{-7}$
Земля вокруг своей оси	$7,3 \cdot 10^{-5}$
Минутная стрелка часов	$1,7 \cdot 10^{-3}$
Диск проигрывателя	3,4 или 8,2
Несущий винт вертолета	26–43
Воздушный винт самолета Ил-18	113
Лопасть настольного вентилятора ВЭ-1	126
Коленчатый вал при максимальной мощности двигателя	
трактора Т-150К	220
автомобиля «Волга-24»	471
Ротор мощной паровой турбины	314
Ротор газовой турбины авиационного двигателя	1250–1900
Пуля при вылете из автомата Калашникова	$\approx 18\,800$

45. Центростремительное ускорение при равномерном движении тела (точки) по окружности, м/с²

Земля вокруг Солнца	$5,8 \cdot 10^{-3}$
Точки земной поверхности (на экваторе)	$3,4 \cdot 10^{-2}$
Точки земной поверхности (на широте Москвы, $\varphi = 56^\circ$)	$1,9 \cdot 10^{-2}$
Луна вокруг Земли	$2,7 \cdot 10^{-3}$
Конец лопасти настольного вентилятора ВЭ-1	335
Конец лопасти воздушного винта самолета Ил-18	12 840

46. Плотность ρ газов и паров при температуре 0°С и нормальном атмосферном давлении

Газ, пар	ρ , кг/м ³
Азот	1,250
Ацетилен	1,175
Водород	0,090
Водяной пар (насыщенный, при $t = 100^\circ\text{C}$)	0,598
Воздух сухой	1,293
Гелий	0,178
Кислород	1,429
Ксенон	5,851
Метан	0,717
Неон	0,900
Оксид углерода (II)	1,250
Оксид углерода (IV)	1,977
Природный газ (среднее значение)	0,800
Спирт (пар)	2,043
Хлор	3,214
Хлороформ (пар)	5,283

47. Плотность ρ сухого воздуха
при различной температуре t и нормальном
атмосферном давлении

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$
0	1,293	22	1,197
2	1,284	24	1,189
4	1,275	26	1,181
6	1,266	28	1,173
8	1,257	30	1,165
10	1,247	100	0,946
12	1,239	200	0,746
14	1,230	300	0,615
16	1,221	500	0,456
18	1,213	800	0,329
20	1,205	1000	0,277

48. Плотность ρ атмосферы на различной высоте h над Землей*

$h, \text{км}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$h, \text{км}$	$\rho, \text{кг/м}^3$
0	1,225	8	0,526
0,05	1,219	10	0,414
0,1	1,213	12	0,312
0,2	1,202	15	0,195
0,3	1,190	20	0,089
0,5	1,167	30	0,018
1	1,112	50	$1,027 \cdot 10^{-3}$
2	1,007	100	$5,550 \cdot 10^{-7}$
3	0,909	120	$2,440 \cdot 10^{-8}$
5	0,736		

Примечание. Давление и температура атмосферы на различной высоте приведены в табл. 64, 128. На уровне Земли температура принята равной 15°C , а давление 101 325 Па (760 мм рт. ст.).

* Плотность атмосферы подвержена изменениям, обусловленным различными факторами (широтой места, временем года, солнечной активностью и др.). В таблице приведены усредненные числовые значения плотности атмосферы для различных высот над Землей.

49. Плотность ρ жидкостей

Жидкость	ρ , кг/м ³	Жидкость	ρ , кг/м ³
Ацетон	781	Молоко сгущенное с сахаром	1280
Бензин	710—750	Молоко цельное	1028
Вода (при $t=0^\circ\text{C}$)	1000	Нефть	730—940
Вода морская	1010—1050	Ртуть (при $t=-10^\circ\text{C}$)	13 620
Вода в Кара-Богаз-Голе	1200	Ртуть (при $t=0^\circ\text{C}$)	13 595
Вода тяжелая	1105,6	Ртуть	13 546
Глицерин	1260	Ртуть (при $t=100^\circ\text{C}$)	13 351
Керосин	790—820	Рыбий жир	945
Кровь	1050	Скипидар	860
Мазут	890—1000	Сливки (60% жирности)	962
Масло касторовое	960	Спирт этиловый (при $t=0^\circ\text{C}$)	806
Масло машинное	900—920	Спирт этиловый	790
Масло подсолнечное	926	Эфир этиловый	710
Мед	1345		

Примечание. Значения плотностей жидкостей даны при нормальном атмосферном давлении и температуре 20°C (если не указана иная температура).

50. Плотность ρ металлов и сплавов при температуре 20°C

Металл или сплав	ρ , кг/м ³	Металл или сплав	ρ , кг/м ³
Алюминий	2700	Молибден	10 200
Баббит	7300—10 100	Натрий	968
Бронза	8700—8900	Нейзильбер	8400—8700
Ванадий	6110	Никелин	8500
Висмут	9800	Никель	8900
Вольфрам	19 300	Нихром	8100—8400
Германий	5350	Олово	7300
Дуралюмин	2700—2900	Осми (наиболее плотный металл)	22 610
Железо	7874	Платина	21 460
Золото	19 320	Платино-иридиевый сплав	21 620
Калий	862	Свинец	11 340
Константан	8900	Серебро	10 500
Кремний	2328	Сталь	7700—7900
Латунь	8300—8700	Уран	19 040
Литий (наиболее легкий металл)	539	Цинк	7133
Магний	1740	Чугун	7000—7800
Манганин	8400—8500	Хром	7190
Медь	8940		

51. Плотность ρ сжиженных газов и расплавленных металлов

Жидкий газ	$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	Расплавленный металл	$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$
Азот	-196	850	Алюминий	661	2 380
Водород*	-253	71,9	Золото	1300	17 000
Воздух	-194	861	Железо	1535	6 900
Гелий	-271	147	Олово	232	6 970
Кислорода	-183	1153	Свинец	328	10 880
Хлор	-50	1598	Серебро	962	9 300

* Жидкий водород — наименее плотная жидкость.

52. Плотность ρ твердых тел

Вещество	$\rho, \text{кг/м}^3$	Вещество	$\rho, \text{кг/м}^3$
Азот твердый (при $t = -252^\circ\text{C}$)	1026	Парафин	870—920
Алмаз	3400—3600	Пробка	220—260
Бетон	1800—2800	Резина	910—1400
Бумага	700—1200	Рубин	4000
Водород твердый (при $t = -262^\circ\text{C}$)	81	Сахар (рафинад)	1600
Воск пчелиный	960—980	Стеарин	970—1000
Канифоль	1070	Стекло зеркальное	2450—2800
Картон	690	Стекло оконное	2400—2700
Кирпич	1800	Стекло органическое	1180
Кислород твердый (при $t = -252^\circ\text{C}$)	1426	Соль поваренная	2200
Лед (при $t = 0^\circ\text{C}$)	880—920	Сургуч	1800
Мел	1800—2600	Фарфор	2200—2500
Нафталин	1150	Шифер	2800
		Янтарь	1100

Примечание. Значения плотностей даны при температуре 20°C (если не указана иная температура).

53. Плотность ρ некоторых сельскохозяйственных продуктов

Продукт	ρ , кг/м ³	Продукт	ρ , кг/м ³
Горох	1300–1500	Подсолнечное	
Картофель	1100	масло	926
Кукуруза (зерно)	1300	Рожь	1200–1500
Молоко снятое	1032	Сало	930
Молоко цельное	1028	Сахар	1600
Овес	1200–1400	Сливочное масло	900

54. Плотность ρ некоторых пластмасс

Пластмасса	ρ , кг/м ³	Пластмасса	ρ , кг/м ³
Гетинакс	1300–1400	Полихлорвинил	1200–1800
Капрон	1100–1200	Полиэтилен	920
Лавсан	1300–1400	Стеклотекстолит	1700–1800
Органическое		Текстолит	1300–1600
стекло	1200	Целлулоид	1300–1500
Пенопласт	40–220	Эбонит	1200–1400
Полистирол	1000–1100		

55. Плотность ρ различных пород дерева

Древесная порода	ρ , кг/м ³	Древесная порода	ρ , кг/м ³
Бакаут («железное дерево»)	1100–1400	Клен свежесрубленный	960
Бальза*	100–120	Красное дерево	600–800
Бамбук	400	Липа	450
Береза	650	Липа свежесрубленная	790
Береза свежесрубленная	880	Сосна	520
Дуб	760	Сосна свежесрубленная	860
Дуб свежесрубленный	1020	Тополь	480
Ель	450	Тополь свежесрубленный	750
Ель свежесрубленная	800	Черное дерево	1100–1300
Клен	750	Ясень	750
		Ясень свежесрубленный	920

* Из девяти бревен бальзового дерева был изготовлен плот «Кон-Тики».

56. Наиболее плотные вещества

Вещество	t, °C	ρ, кг/м ³	Вещество	t, °C	ρ, кг/м ³
<i>Газы</i>					
Ксенон	0	5,85	жидкость Клеричи*	20	4200—4900
Радон	0	9,73	Ртуть	20	13 546
Фторид вольфрама (VI)	0	12,9	Золото расплавленное	1100	17 240
<i>Жидкости</i>					
Наиболее плотный жидкий газ — жидкий ксенон	-109	3060	Платина расплавленная	1775	19 000
Наиболее плотные органические соединения: иодистый метилен (CH ₂ I ₂)	20	3320	<i>Твердые тела</i>		
			Иридий	20	22 400
			Осмий (наиболее плотный из металлов)	20	22 610
			Платина	20	21 450
			Платино-иридиевый сплав (90% Pt, 10% Ir)	20	21 500

* Жидкость Клеричи — водный раствор малоната-формиата таллия; химическая формула CH₂(COOTl)₂·НСOOTl.

57. Плотность ρ (средняя, насыпная) некоторых материалов и продуктов

Материал или продукт	ρ, кг/м ³	Материал или продукт	ρ, кг/м ³
Вата	80	картофель	670
Гравий	1500—1700	кукуруза (зерно)	700
Древесные опилки	150—200	мука	400—500
Земля влажная	1900—2000	пшеница	760
Земля сухая	1400—1600	рожь	720
Каменный уголь	800—850	свекла, морковь, брюква	650
Мох	130	Свежескошенное сено	50
Песок сухой	1200—1650	Слежавшееся сено	100
Рожь в снопах	75—100	Снег свежеснежавший	90—190
Сахарный песок	1600	Снег сырой	200—800
Сельскохозяйственные продукты:		Солома	40—100
горох	700	Соль поваренная	1100—1350

58. Соотношения между единицами силы

Единицы силы	Н	тс	кгс	гс	дин	мгс
1 Н	1	$1,02 \cdot 10^{-4}$	0,102	102	10^5	$1,02 \cdot 10^5$
1 тс	$9,81 \cdot 10^3$	1	10^3	10^6	$9,81 \cdot 10^8$	10^9
1 кгс	9,81	10^{-3}	1	10^3	$9,81 \cdot 10^5$	10^6
1 гс	$9,81 \cdot 10^{-3}$	10^{-6}	10^{-3}	1	981	10^3
1 дин	10^{-5}	$1,02 \cdot 10^{-9}$	$1,02 \cdot 10^{-6}$	$1,02 \cdot 10^{-3}$	1	1,02
1 мгс	$9,81 \cdot 10^{-6}$	10^{-9}	10^{-6}	10^{-3}	0,981	1

Примечание. 1 кгс = 9,80665 Н (точно) = $980,665 \cdot 10^3$ дин;
 1 гс = $9,80665 \cdot 10^{-3}$ Н (точно) =
 = 9,80665 мН (точно);
 1 тс = $9,80665 \cdot 10^3$ Н (точно);
 1 дин = 10^{-5} Н = $1,01972 \cdot 10^{-6}$ кгс.

59. Значения сил, встречающиеся в жизни

Сила притяжения между двумя телами массой 1 кг, находящимися на расстоянии 1 м друг от друга, Н	$6,67 \cdot 10^{-11}$														
Сила притяжения электрона к протону в атоме водорода, Н	$2,0 \cdot 10^{-8}$														
Сила давления на противотанковую мину, вызывающая ее взрыв, кН	2,0–5,0														
Сила удара боксера (средняя весовая категория), кН (кгс)	до 2 (до 200)														
Сила удара футболиста по мячу, кН (кгс)	до 7,8 (до 800)														
Максимально допустимая сила давления большого поршня школьного гидравлического пресса, кН (кгс)	≈ 39 (≈ 4000)														
Сила давления мощного современного гидропресса (СССР), МН	735														
Сила тяготения между Землей и Луной, МН	$\approx 2 \cdot 10^{14}$														
Сила тяготения между Землей и Солнцем, МН	$\approx 3,6 \cdot 10^{15}$														
Ручная сила* в различном возрасте (средние значения для правой руки), Н	<table style="display: inline-table; vertical-align: middle; border: none;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Мальчики и юноши</th> <th style="text-align: left;">Девочки и девушки</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>13 лет</td><td>227</td></tr> <tr><td>14 лет</td><td>277</td></tr> <tr><td>15 лет</td><td>305</td></tr> <tr><td>16 лет</td><td>298</td></tr> <tr><td>17 лет</td><td>340</td></tr> <tr><td>18 лет</td><td>330</td></tr> </tbody> </table>	Мальчики и юноши	Девочки и девушки	13 лет	227	14 лет	277	15 лет	305	16 лет	298	17 лет	340	18 лет	330
Мальчики и юноши	Девочки и девушки														
13 лет	227														
14 лет	277														
15 лет	305														
16 лет	298														
17 лет	340														
18 лет	330														
13 лет	296														
14 лет	334														
15 лет	428														
16 лет	447														
17 лет	488														
18 лет	485														

* Ручную силу определяют, сжимая динамометр кистью руки.

60. Тяга некоторых машин и двигателей

В таблице помещены примерные значения силы, развиваемой некоторыми машинами и реактивными двигателями. Числа в скобках обозначают скорость (в км/ч), при которой реализуется указанная тяга.

Название машины, двигателя	Тяга	
	кН	кгс
Турбовинтовой двигатель самолета Ил-18 на земле (режим малого газа)	2,5–3,0	250–300
Трактор колесный МТЗ-50 (5,18)	12,8	1 380
» гусеничный Т-150 (7,6)	42,5	4 250
» колесный К-700 (2,6)	60	6 000
» гусеничный ДЭТ-250 (2,3)	200	20 700
Двухсекционный тепловоз 2ТЭ10(24)	510	52 000
» » ТЭ3(20)	400	40 400
» » » при трогании с места	610	62 000
Электровоз ВЛ80* (51,6)	460	47 100
» ВЛ10 (47,3)	390	39 500
Мощный ракетный двигатель на твердом топливе	$2 \cdot 10^5$ и более	$2 \cdot 10^5$ и более
Мощный жидкостно-ракетный двигатель	10^4 и более	10^6 и более
Турбореактивный двигатель современного самолета	30–300	3000–30000
Турбореактивный двигатель самолета Ан-124	225,6	23 000
Двигатели реактивного самолета Ил-62	410	42 000
Ракетный двигатель РД-107*	1000	102 000
Суммарная максимальная тяга семи двигателей ракеты-носителя корабля «Восход»	6400	650 000
Суммарная тяга двигателей ракеты-носителя «Энергия» в начале полета	ок. $3,53 \cdot 10^5$	ок. $3,6 \cdot 10^6$

* Такие двигатели были установлены на первой ступени ракеты-носителя космического корабля «Восток» (см. табл. 90).

61. Перегрузки*

Перегрузка неподвижно стоящего человека	1
Пассажир при взлете самолета	до 1,5
Парашютист во время раскрытия парашюта	
при скорости падения 30 м/с	1,8
» » » 40 м/с	3,3
» » » 50 м/с	5,2
Летчик в момент катапультирования из самолета	до 16

* Перегрузка определяется отношением веса человека при движении с ускорением к весу его тела в покое.

Кратковременные перегрузки, относительно безболезненно переносимые тренированным человеком:

в направлении «спина — грудь» и «грудь — спина»	до 30
в направлении «голова — ноги»	до 20
в направлении «ноги — голова»	до 8

Длительная перегрузка, соответствующая пределу физиологических возможностей человека 8

Перегрузки при спуске космических кораблей «Восток», «Восход» до 8–10

Перегрузка при спуске космических кораблей «Союз» до 3–4

62. Давления

Объект, среда	Давление	
	кПа	кгс/см ²
<i>Газы</i>		
Воздух в шинах легковых автомобилей . . .	150–250	1,5–2,5
Воздух в шинах грузовых автомобилей . . .	290–540	3,0–5,5
Воздух в тормозной системе поезда	500	5
Воздух в тормозной системе автомобиля ЗИЛ-130	550–730	5,6–7,4
Воздух в баллонах акваланга	15 000	150
Воздух в пневматических инструментах . . .	800–900	8–9
Природный газ в магистральном газопроводе	7500	75
Атмосфера на поверхности планеты Венера (по измерениям советских межпланетных станций «Венера-9» и «Венера-10»)	9000–9200	90–92
Пороховые газы в канале современного орудийного ствола	до 390 000	до 4000
Газы в центре взрыва термоядерной бомбы	до 10 ¹¹	до 10 ⁹
<i>Жидкости</i>		
Масло в магистрали смазки автомобилей и тракторов	200–500	2–5
Максимально допустимое давление масла в школьном гидравлическом прессе	15 000	150
Внутреннее молекулярное давление в воде	≈ 1 700 000	≈ 17 000
Внутреннее молекулярное давление в ртути	≈ 4 000 000	≈ 40 000
Наибольшее давление, достигнутое сжатием в лабораторных условиях	41 700 000	425 000
<i>Твердые тела</i>		
Гусеничные тракторы с уширенными гусеницами (болотные) на почву	20–30	0,2–0,3
Гусеничные тракторы на почву	40–50	0,4–0,5
Колеса легкового автомобиля на почву	230–300	2,3–3,0
Колеса железнодорожного вагона на рельсы	≈ 300 000	≈ 3000

**63. Давления ниже нормального атмосферного, встречающиеся
в природе и технике**

	Давление	
	Па	мм рт. ст.
Нормальное атмосферное давление	101 325	760
На высоте Останкинской телебашни в Москве (540 м)	94 880	711,7
В пассажирской кабине самолета Ан-10 при полете на высоте 8 км*	85 600	642
В колбе газонаполненной электрической лампы	80 000	600
Наименьшее давление, допускаемое в гермети- ческих кабинах пассажирских самолетов**	75 600	567
На высочайшей в СССР горной вершине (пик Коммунизма, высота 7495 м)	38 200	287
На наибольшей высоте суши над уровнем моря (вершина горы Эверест, высота 8848 м)	31 500	236
На высоте 8 км***	35 650	267
» » 9 км***	30 800	231
» » 10 км***	26 500	199
» » 11 км***	22 700	170
В камере бытового пылесоса	11 000– 12 100	82–90
Наименьшее давление, которое можно полу- чить, пользуясь школьным насосом Комов- ского	40–67	0,3–0,5
В пространстве между двойными стенками сосуда Дьюара	10^{-1} – 10^{-3}	10^{-3} – 10^{-5}
В колбе вакуумной электрической лампы нака- ливания	10^{-2} – 10^{-3}	10^{-4} – 10^{-5}
В колбе рентгеновской трубки	10^{-3} – 10^{-5}	10^{-5} – 10^{-7}
На высоте 250 км****	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-7}$
В колбе радиолампы	10^{-5}	10^{-7}
В вакуумной камере современного ускорителя заряженных частиц	10^{-4} – 10^{-6}	10^{-6} – 10^{-8}
В камере установки для термоядерных реакций	до 10^{-11}	до 10^{-13}

* Соответствует давлению воздуха на высоте 1400 м над Землей.
 ** Соответствует давлению воздуха на высоте 2400 м над Землей.
 *** Высота, на которой совершаются обычно полеты турбовинтовых и тур-
 бореактивных пассажирских самолетов.
 **** Средняя высота полета космического корабля «Восток».

64. Давление p атмосферы на различной высоте h над Землей

h , км	p		h , км	p	
	Па	мм рт. ст.		Па	мм рт. ст.
0	101 325	760,0	12	19 399	145,5
0,05	100 726	755,0	15	12 112	90,8
0,1	100 129	751,0	20	5529	41,5
1	89 876	674,1	30	1197	8,98
2	79 501	596,3	50	79,8	0,59
5	54 048	405,4	100	$3,19 \cdot 10^{-2}$	$2,4 \cdot 10^{-4}$
8	35 652	267,4	120	$2,67 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-5}$
10	26 500	198,8			

Примечание. Плотность и температура атмосферы на различной высоте приведены в табл. 48 и 128.

65. Давление колес автомобилей при полной нагрузке на поверхность дороги

Показатели	„Жигули-2101“	„Москвич-412“	„Волга-21“	„Волга-24“
Масса автомобиля, кг				
приходящаяся на переднюю ось . . .	615	645	890	870
приходящаяся на заднюю ось	740	695	985	950
Площадь поверхности отпечатка одной шины, см ²				
передней	177	186	256	251
задней	180	200	284	274
Давление на дорогу, МПа (кгс/см ²)				
передних колес . .	0,17(1,7)	0,17(1,7)	0,17(1,7)	0,17(1,7)
задних колес . . .	0,18(1,8)	0,17(1,7)	0,17(1,7)	0,17(1,7)

66. Параметры внутренних слоев Земли

На рисунке 2 приведена схема строения Земли и предположительные значения плотностей и давлений внутренних ее слоев: земной коры (твердый слой Земли от поверхности до глубины ≈ 33 км), мантии, состоящей из твердых каменистых пород (слой глубиной от ≈ 33 до ≈ 2900 км), ядра, состоящего из жидкого металлизированного вещества или металла (слой глубиной от ≈ 2900 до ≈ 5000 км) и предполагаемого твердого слоя — внутреннего ядра (слой глубиной от ≈ 5000 до 6371 км). На условной границе раздела каждого из двух соседних слоев Земли указаны два различных значения плотности, относящихся к различным слоям Земли.

Примечание. Температуру внутренних слоев Земли на различной глубине см. в табл. 129.

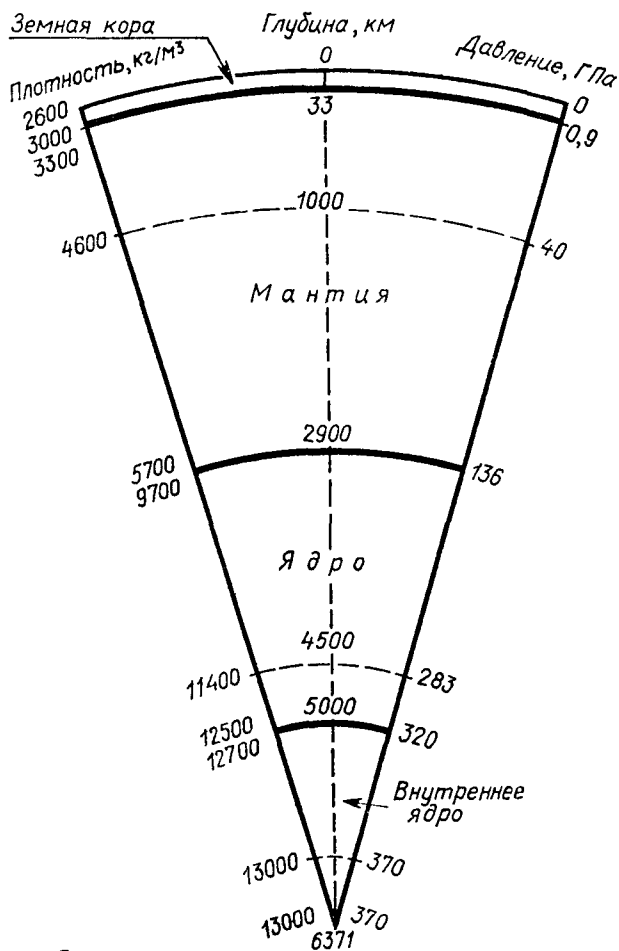


Рис. 2. Схема строения Земли.

67. Перевод миллиметров ртутного столба в паскали

мм рт. ст.										
мм рт. ст.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Па									
0	0	133,322	266,64	339,97	533,29	666,61	799,93	933,25	1066,58	1190,90
10	1333,22	1466,54	1599,86	1733,19	1866,51	1999,83	2133,15	2266,47	2399,80	2533,12
20	2666,44	2799,76	2933,08	3066,41	3199,73	3333,05	3466,37	3599,69	3733,02	3866,34
30	3999,66	4132,98	4266,30	4399,63	4532,95	4666,27	4799,59	4932,91	5066,24	5199,56
40	5332,88	5466,20	5599,52	5732,85	5866,17	5999,49	6132,81	6266,13	6399,46	6532,78
50	6666,10	6799,42	6932,74	7066,07	7199,39	7332,71	7466,03	7599,35	7732,68	7866,00
60	7999,32	8132,64	8265,96	8399,29	8532,61	8665,93	8799,25	8932,57	9065,90	9199,22
70	9332,54	9465,86	9599,18	9732,51	9865,83	9999,15	10132,5	10265,8	10399,1	10532,4
80	10665,8	10799,1	10932,4	11065,7	11199,0	11332,4	11465,7	11599,0	11732,3	11865,7
90	11999,0	12132,3	12265,6	12398,9	12532,3	12665,6	12798,9	12932,2	13065,6	13198,9

Примеры.

1. 43 мм рт. ст. = 5732,85 Па.
2. 0,51 мм рт. ст. = 51 мм рт. ст. $\cdot 10^{-2}$ = 6799,42 $\cdot 10^{-2}$ Па = 67,9942 Па \approx 68 Па.
3. 182 мм рт. ст. = 180 мм рт. ст. + 2 мм рт. ст. = 18 мм рт. ст. $\cdot 10 + 2$ мм рт. ст. = 2399,8 Па $\cdot 10 + 266,64$ Па = 24 264,64 Па \approx 24,3 кПа.
4. 1055 мм рт. ст. = 1000 мм рт. ст. + 55 мм рт. ст. = 10 мм рт. ст. $\cdot 100 + 55$ мм рт. ст. = 1333,22 Па $\cdot 100 + 7332,71$ Па = 133322 Па + 7332,71 Па = 140654,71 Па \approx 140,7 кПа.

68. Соотношения между единицами энергии (работы)

Единицы энергии (работы)	Дж	кгс·м	эрг	кал	Вт·ч	эВ
1 Дж	1	0,102	10^7	0,239	$2,78 \cdot 10^{-4}$	$6,24 \cdot 10^{18}$
1 кгс·м	9,81	1	$9,81 \cdot 10^7$	2,34	$2,72 \cdot 10^{-3}$	$6,12 \cdot 10^{19}$
1 эрг	10^{-7}	$1,02 \cdot 10^{-8}$	1	$2,39 \cdot 10^{-8}$	$2,78 \cdot 10^{-11}$	$6,24 \cdot 10^{11}$
1 кал	4,19	0,427	$4,19 \cdot 10^7$	1	$1,16 \cdot 10^{-3}$	$2,61 \cdot 10^{19}$
1 Вт·ч	3600	367	$3,60 \cdot 10^{10}$	860	1	$2,25 \cdot 10^{22}$
1 эВ	$1,60 \cdot 10^{-19}$	$1,63 \cdot 10^{-20}$	$1,60 \cdot 10^{-12}$	$3,83 \cdot 10^{-20}$	$4,45 \cdot 10^{-23}$	1

Примечание. 1 кВт·ч = 3,6 МДж (точно) = $3,6 \cdot 10^6$ Дж = $3,6 \cdot 10^{13}$ эрг =
 = 367098 кгс·м = $224,71 \cdot 10^{23}$ эВ = 859,845 ккал = 1,3596 л. с.·ч;
 1 ккал = 4186,8 Дж (точно) = 10^{-3} Мкал = $4,1868 \cdot 10^{10}$ эрг (точно) =
 = 426,935 кгс·м = $2,6147 \cdot 10^{22}$ эВ = $1,163 \cdot 10^{-3}$ кВт·ч = $1,5812 \cdot 10^{-3}$ л. с.·ч;
 1 кгс·м = 9,80665 Дж (точно) = $9,80665 \cdot 10^7$ эрг = $2,72407 \cdot 10^{-6}$ кВт·ч =
 = 2,34228 кал = $3,70370 \cdot 10^{-6}$ л. с.·ч;
 1 эВ = 10^{-6} МэВ = $1,60219 \cdot 10^{-19}$ Дж = 0,160219 аДж = $4,4502 \cdot 10^{-26}$ кВт·ч.

69. Соотношения между единицами мощности

Единицы мощности	Вт	кВт	МВт	кгс·м/с	эрг/с	л. с.
1 Вт	1	10^{-3}	10^{-6}	0,102	10^7	$1,36 \cdot 10^{-3}$
1 кВт	10^3	1	10^{-3}	102	10^{10}	1,36
1 МВт	10^6	10^3	1	$1,02 \cdot 10^5$	10^{13}	$1,36 \cdot 10^3$
1 кгс·м/с	9,81	$9,81 \cdot 10^{-3}$	$9,81 \cdot 10^{-6}$	1	$9,81 \cdot 10^7$	$1,33 \cdot 10^{-2}$
1 эрг/с	10^{-7}	10^{-10}	10^{-13}	$1,02 \cdot 10^{-8}$	1	$1,36 \cdot 10^{-10}$
1 л. с.	735,5	0,7355	$7,355 \cdot 10^{-4}$	75	$7,355 \cdot 10^9$	1

Примечание. 1 Вт = 0,101972 кгс·м/с = 10^{-3} кВт = 10^{-6} МВт =
 = $1,3596 \cdot 10^{-3}$ л. с. = 0,238846 кал/с;
 1 кВт = 10^{-3} МВт = 1000 Вт = 101,972 кгс·м/с = 1,3596 л. с. = 367 098 кгс·м/ч;
 1 кгс·м/с = 9,80665 Вт (точно) = $9,80665 \cdot 10^7$ эрг/с (точно);
 1 л. с. = 735,499 Вт = 75 кгс·м/с = 270 000 кгс·м/ч;
 1 кал/с = 4,1868 Вт (точно) = $4,1868 \cdot 10^6$ эрг/с (точно) = 0,0426935 кгс·м/с.

70. Мощность некоторых тепловых двигателей

	Мощность	
	кВт	л. с.
Веломотор Д-5	0,88	1,2
Мотороллер В-150М	4,4	6
Мотороллер «Турист»	7,4	10
Лодочный мотор «Ветерок-12»	8,8	12

	Мощность	
	кВт	л. с.
Мотоцикл «ИЖ-Планета-3»	13	18
Трактор Т-16	11,2	16
Лодочный мотор «Москва-25»	18	25
Мотоцикл «ИЖ-Юпитер-3»	18	25
Трактор ДТ-20	13	18
Лодочный мотор «Вихрь»	22	30
Колесный трактор МТЗ-50	37	50
Автомобиль «Жигули» (ВАЗ-2101)	46	64
Автомобиль «ГАЗ-51»	50	70
Автомобили «Москвич-412» и «Волга» (ГАЗ-21), тракторы ДТ-75 и ДТ-74	55	75
Автомобили «Жигули» (ВАЗ-2106, ВАЗ-2121), трактор МТЗ-80	59	80
Автомобиль «Волга» (ГАЗ-24)	70	95
Зерноуборочные комбайны СК-45М, СК-5, «Нива», «Сибиряк»	73,5	100
Автомобиль ЗИЛ-130	110	150
Вертолет Ка-18	206	280
Дизель трактора «Кировец-701»	220	300
Самолет Ан-2	740	1000
Судно на подводных крыльях «Ракета»	883	1200
Вертолет Ми-4П	1200	1700
Дизель тепловоза ТЭ10Л	2200	3000
Вертолет Ми-8	2 × 1100	2 × 1500
Самолет Ил-14М	2 × 1400	2 × 1900
Дизель тепловоза ТЭП75	4400	6000
Дизели пассажирского теплохода «Иван Франко»	2 × 7720	2 × 10500
Атомная установка ледокола «Сибирь»	55 100	75 000
Ракета-носитель космической станции «Про- тон» (суммарная мощность двигателей)	> 4,4 · 10 ⁷	> 6 · 10 ⁷
Ракета-носитель «Энергия» (суммарная мощ- ность двигателей)	1,25 · 10 ⁸	1,7 · 10 ⁸

Примечание. Данные о мощности двигателей других машин и устройств см. в табл. 83, 92–95, 97–99, 170–177.

71. Рост единичной мощности машин

Оптимальное повышение единичных мощностей машин – важное направление научно-технического прогресса – предусмотрено решениями XXVII съезда КПСС. Оно позволяет, в частности, уменьшать удельную металлоемкость* машин, ведет к экономии металла.

* Удельная металлоемкость – масса металла, приходящаяся на единицу мощности машины.

В таблицах на примере таких машин, как тракторы и паровые турбины, показана тенденция уменьшения удельной металлоемкости машин при увеличении их единичных мощностей.

Показатели	Колесные тракторы				Гусеничные тракторы		
	МТЗ-50	МТЗ-80	Т-150К	К-701	Т-74	ДТ-75М	Т-150
Мощность двигателя, кВт . . .	40	59	122	220	55	66	110
Собственная («сухая») масса машины, кг . . .	2750	2900	7275	12 000	5500	6300	6750
Удельная металлоемкость, кг/кВт . . .	68	49	60	54	100	80	61

Мощность турбины, кВт	200 000	300 000	500 000	800 000	1 200 000
Удельная металлоемкость, кг/кВт	2,7	2,4	1,8	1,7	1,6

На рисунке 3 изображена диаграмма, иллюстрирующая увеличение в стране единичной мощности паровых турбин.

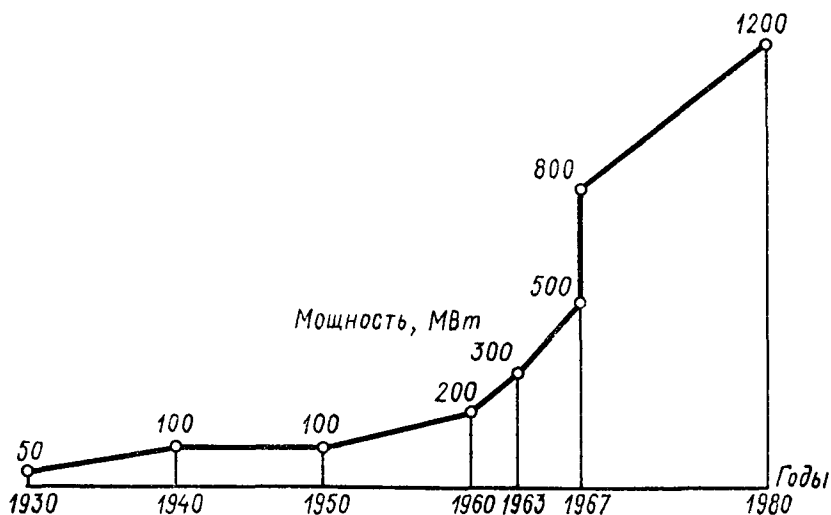


Рис. 3. Рост максимальной единичной мощности паровых турбин на тепловых электростанциях страны.

72. Персвоа лошадиных сил в килловатты

л. с.	л. с.									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0,735	1,47	2,21	2,94	3,68	4,41	5,15	5,88	6,62
10	7,35	8,09	8,83	9,56	10,30	11,03	11,77	12,50	13,24	13,97
20	14,71	15,45	16,18	16,91	17,65	18,39	19,12	19,86	20,59	21,33
30	22,07	22,80	23,53	24,27	25,01	25,74	26,48	27,21	27,95	28,68
40	29,42	30,16	30,89	31,63	32,36	33,10	33,83	34,57	35,30	36,04
50	36,77	37,51	38,25	38,98	39,71	40,45	41,19	41,92	42,66	43,39
60	44,13	44,87	45,60	46,33	47,07	47,81	48,54	49,28	50,01	50,75
70	51,49	52,22	52,95	53,69	54,43	55,16	55,90	56,63	57,37	58,10
80	58,84	59,57	60,31	61,05	61,78	62,52	63,25	63,99	64,72	65,46
90	66,19	66,93	67,67	68,40	69,14	69,87	70,61	71,34	72,08	72,81

кВт

Примеры.

- 43 л. с. = 31,63 кВт \approx 32 кВт.
- 0,51 л. с. = 51 л. с. $\cdot 10^{-2}$ = 37,51 кВт $\cdot 10^{-2}$ = 0,3751 кВт \approx 0,38 кВт.
- 182 л. с. = 180 л. с. + 2 л. с. + 2 л. е. = 18 л. с. $\cdot 10$ + 2 л. с. = 13,24 кВт $\cdot 10$ + 1,47 кВт = 132,4 кВт + 1,47 кВт = 133,87 кВт \approx 134 кВт.
- 1055 л. с. = 1000 л. с. + 55 л. с. = 10 л. с. $\cdot 10^2$ + 55 л. с. = 7,35 кВт $\cdot 10^2$ + 40,45 кВт = 735 кВт + 40,45 кВт \approx 775 кВт.

**73. Механизация труда в отдельных отраслях
народного хозяйства, %**

	1970 г.	1975 г.	1980 г.	1985 г.
Механизация трудовых процессов в сельском хозяйстве*:				
сев овощей	62	90	93	...
посадка овощей		52	63	68
копка картофеля		79	92	93
копнение сена		70	79	86
Механизация работ на животноводческих фермах крупного рогатого скота:				
доение коров	56	83	90	94
подача воды	68	81	89	92
раздача кормов	12	29	45	58
очистка помещений от навоза	30	56	75	84
Механизация работ в строительстве:				
земляные работы	98,9	99,3	99,5	99,6
погрузка и разгрузка камня, песка, гравия, щебня	96,7	98,2	98,7	99,1
штукатурные работы	67,2	71,1	76,1	78,1
малярные работы	72,3	75,6	78,1	79,9
Механизация погрузочно-разгрузочных работ:				
на морском транспорте	100	100	100	100
на речном транспорте	99,6	99,9	99,97	99,99
на подъездных железнодорожных путях предприятий и организаций	92	95	94	95

* В настоящее время основные полевые работы в сельском хозяйстве (пахота, сев и уборка зерновых, сев хлопка, сахарной свеклы, уборка силосных культур) полностью механизированы. Механизация посадки картофеля, сенокосения, погрузки зерна и удобрений близка к завершению.

В Продовольственной программе СССР на период до 1990 г. указывается, что завершение в основном в период до 1990 г. комплексной механизации земледелия и животноводства является важнейшей задачей. За десятилетие предусматривается поставить сельскому хозяйству, в частности, 3740—3780 тыс. тракторов, 3000—3060 тыс. грузовых автомобилей, 1170 тыс. зерноуборочных комбайнов, не менее 200 тыс. экскаваторов, 215 тыс. бульдозеров, большое количество других машин.

74. Коэффициент полезного действия некоторых простых механизмов, %

Блок (подвижный или неподвижный)	94—98	Клин*	10—30
Полиспаst, состоящий из 4 блоков	91	Домкрат винтовой	30—40
6 блоков	86	Домкрат рычажно-реечный (автомобильный)	95—97
8 блоков	82	Домкрат гидравлический	75—80
10 блоков	78	Пресс гидравлический	80—90
Лебедка ручная (одна пара шестерен)	80	Рычаг	до 99

* Более острый клин (т. е. дающий больший выигрыш в силе) имеет меньший КПД.

75. Коэффициенты трения скольжения

Металл по металлу	0,15—0,20
Дерево по дереву	0,20—0,50
Металл по металлу при смазке	0,07—0,10
Полосья деревянные по льду	0,035
Полосья деревянные, обитые железом, по льду	0,020
Сталь по льду (коньки)	0,015
Лед по льду	0,028
Сталь по стали	0,03—0,09
Шина по сухому асфальту	0,50—0,70
Шина по мокрому асфальту	0,35—0,45
Шина по сухой грунтовой дороге, сухому булыжнику	0,40—0,50
Шина по мокрой грунтовой дороге, мокрому булыжнику	0,30—0,40
Шина (резина) по гладкому льду	0,15—0,20
Точильный камень по стали	0,94
Подшипник скольжения (при смазке)	0,02—0,08

76. Коэффициенты трения качения, см*

Колесо со стальным бандажом по стальному рельсу	0,05
Деревянный каток по дереву	0,05—0,08
Стальное колесо по дереву	0,15—0,25

* Французский физик Ш. Кулон в 1781 г. на основе опытов нашел, что сила трения качения $F_{\text{кач}}$ пропорциональна прижимающей силе F_N и обратно пропорциональна радиусу r катка:

$$F_{\text{кач}} = k \frac{F_N}{r},$$

где k — коэффициент трения качения.

Из формулы видно, что коэффициент трения качения k выражается в единицах длины.

Резиновая пневматическая шина по асфальту	0,02
Дерево по стали	0,03–0,04
Подшипник качения (шарикоподшипник)	0,001–0,004
Подшипник качения (роликподшипник)	0,0025–0,010С
Шарик из закаленной стали по стали	0,0005–0,0010

77. «Физика» человека (механические параметры)

Средняя плотность тела человека, кг/м ³	1036
Плотность крови, кг/м ³	1050–1064
Средняя скорость движения крови в сосудах, м/с	
в артериях	0,2–0,5
в венах	0,10–0,20
в капиллярах	0,0005–0,0020
Скорость распространения раздражения по двигательным и чувствительным нервам, м/с	40–100
Нормальное избыточное давление в артерии руки взрослого человека*	
нижнее (т. е. в начальной фазе сокращения сердца), кПа (мм рт. ст.)	≈ 9,3 (70)
верхнее (т. е. в конечной фазе сокращения сердца), кПа (мм рт. ст.)	16,0 (120)
Сила, развиваемая работающим сердцем, Н	
в начальной фазе сокращения	≈ 90
в конечной фазе сокращения	≈ 70
Масса крови, выбрасываемая сердцем в 1 мин**, кг ..	≈ 3,6
Работа сердца при одном сокращении, Дж (кгс·м) ..	≈ 1 (≈ 0,1)
Мощность, развиваемая взрослым человеком, Вт	
при обычной ходьбе по ровной дороге при слабом ветре	60–65
при быстрой ходьбе (7 км/ч) по ровной дороге при слабом ветре	200
при езде на велосипеде со скоростью 10 км/ч в безветренную погоду	40
при езде на велосипеде со скоростью 20 км/ч в безветренную погоду	320

* Избыточное давление крови измеряют от условного нуля, за который принимают атмосферное давление. Поэтому давление крови, например, в 9,3 кПа (70 мм рт. ст.) означает, что давление крови на 9,3 кПа (на 70 мм рт. ст.) превышает атмосферное давление.

** За одно сокращение сердце выбрасывает примерно 60 см³ крови, за 1 мин – 3,6 л (при 60 сокращениях в минуту), за 1 ч – 216 л, а за сутки ≈ 5200 л крови. Во время напряженной работы организма (например, при беге на лыжах) сердце человека за 1 мин «перекачивает» до 25–35 л крови (при 165–196 сокращениях в минуту). Для сравнения – расход воды полностью открытого водопроводного крана за 1 мин составляет примерно 20 л.

78. Характеристики больших планет Солнечной системы

Физические параметры планеты	Меркурий	Венера	Марс	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун	Плутон
Масса, т	$3,3 \cdot 10^{20}$	$4,9 \cdot 10^{21}$	$6,4 \cdot 10^{20}$	$1,9 \cdot 10^{24}$	$5,7 \cdot 10^{23}$	$8,7 \cdot 10^{22}$	$1,0 \cdot 10^{23}$	$1,0 \cdot 10^{19}$
Радиус экваториальный, км	2440	6052	3394	71 400	60 000	25 400	22 300	≈ 1500
Средняя плотность, кг/м ³	5440	5240	3950	1330	680	1270	2220	≈ 700
Ускорение свободного падения, м/с ²	3,7	8,8	3,8	23,5	9,0	9,8	13,5	(?)
Расстояние от Земли, млн. км								
наименьшее	82	38	56	588	1200	2580	4300	4280
наибольшее	217	261	399	967	1650	3150	4680	7510
Среднее расстояние от Солнца, млн. км	58	108	228	778	1427	2870	4500	5910
Средняя скорость движения по орбите вокруг Солнца, км/с	48	35	24,1	13	9,6	6,8	5,4	4,7
2-я космическая скорость, км/с	4,3	10,2	5	61,7	37	22	24,6	(?)
1-я космическая скорость, км/с	3	6,2	3,6	43,6	25	15,6	16,6	(?)

Примечание. Физические характеристики Земли см. в табл. 79.

79. Характеристики Солнца, Земли, Луны

Физические параметры	Солнце	Земля	Луна
Масса, т	$2 \cdot 10^{27}$	$6 \cdot 10^{21}$	$7,3 \cdot 10^{19}$
Радиус, км	696 000	6371	1738
Объем, км ³	$1,4 \cdot 10^{18}$	$1 \cdot 10^{12}$	$2,2 \cdot 10^{10}$
Средняя плотность, кг/м ³	1410	5518	3340
Плотность в центре, кг/м ³	100 000	14 500—18 000	...
Среднее ускорение свободно- го падения на поверхности, м/с ²	274	9,81	1,62
Расстояние от Земли, км			
наименьшее	$1,471 \cdot 10^8$	—	356 400
наибольшее	$1,521 \cdot 10^8$	—	406 800
среднее	$1,496 \cdot 10^8$	—	384 401
Средняя скорость движения по орбите, км/с	250	30	1
2-я космическая скорость на поверхности, км/с	618	11,2	2,4

Примечание. В Солнце сосредоточено 99,87% массы всей Солнечной системы.

80. Первый искусственный спутник Земли

Дата запуска	4.X.1957 г.
Масса, кг	83,6
Первоначальная высота полета над Землей, км	
наибольшая	947
наименьшая	228
Период обращения вокруг Земли, мин	96,2
Число витков вокруг Земли, совершенных при полете	≈ 1400
Дата вхождения в плотные слои атмосферы	4.I.1958 г.
Пройденное расстояние, млн. км	ок. 60

Примечание. Другие страны запустили ИСЗ позже, чем СССР: США — в 1958 г., Франция — в 1965 г., Япония — в 1970 г., КНР — в 1970 г., Англия — в 1971 г.

81. Искусственные спутники Земли серии «Космос»

«Космос» — наименование серии советских ИСЗ, регулярно запускаемых с нескольких космодромов для исследования космического пространства и верхних слоев атмосферы, отработки конструкции и систем космических аппаратов, проведения медико-биологических экспериментов и др. Некоторые спутники этой серии снабжены спускаемым аппаратом.

Для запуска ИСЗ используются двух-, трех- и четырехступенчатые ракеты-носители. Первый представитель этой серии ракет-носителей —

двухступенчатая ракета «Космос» (см. табл. 90) имела длину 30 м, диаметр 1,6 м и использовалась до середины 1977 г. Некоторые из спутников «Космос» выводятся на орбиту одновременно в количестве от 2 до 8 одной ракетой-носителем. Орбиты ИСЗ охватывают область высот от 145 км до 60 тыс. км.

Первый спутник серии «Космос» был запущен 16 марта 1962 г.; на 1.I.1989 г. на орбиты выведено 1986 спутников этой серии, и запуски их продолжаются.

82. Космический корабль «Восток»

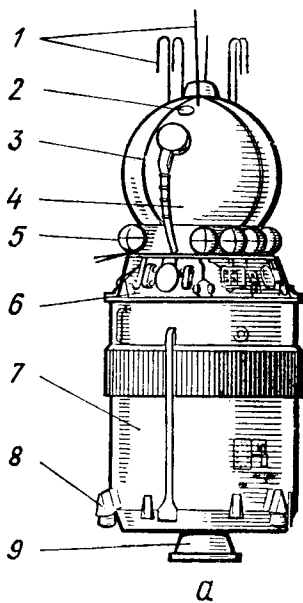
Диаметр спускаемого аппарата, внутри которого размещался космонавт, м	2,3
Масса корабля (спускаемого аппарата и приборного отсека), т	4,73
Масса спускаемого аппарата, т	2,4
Масса последней ступени ракеты-носителя, т	1,4
Число иллюминаторов кабины	3
Высота, на которой раскрылся тормозной парашют спускаемого аппарата, м	7000
Высота, на которой раскрылся основной парашют (и отделился тормозной парашют), м	4500

На космическом корабле «Восток» 12.IV.1961 г. Ю. А. Гагарин (1934–1968) совершил первый в истории человечества космический полет, облетев земной шар за 1 ч 48 мин. Длина траектории полета составила 41 000, а наибольшая высота над Землей – 327 км.

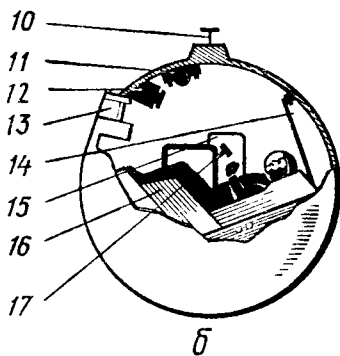
83. Ракета-носитель космического корабля «Восток»

Число ступеней ракеты	3	головным обтекателем), м	10
Максимальный диаметр ракеты (у основания, по воздушным рулям), м	10,3	Суммарная мощность двигателей установки ракеты, кВт (л. с.)	$1,5 \cdot 10^7$ ($2 \cdot 10^7$)
Общая длина ракеты, м	38	Тип двигателей	жидкостные
Диаметр центрального корпуса, м	2,95	Топливо	жидкий кислород и керосин
Длина центрального корпуса (от основания до третьей ступени), м	28	Число двигателей	6*
Длина третьей ступени (с кораблем и		Тяга одного двигателя первой ступени, МН (кгс)	≈ 1 ($\approx 102\ 000$)
		Тяга двигателя второй ступени, МН (кгс)	$\approx 0,94$ ($\approx 96\ 000$)

* Из них 4 двигателя первой ступени, двигатель второй ступени, расположенный у основания центрального корпуса ракеты (запускался одновременно с ускорителями), и двигатель третьей ступени.



a



b

Рис. 4. Космический корабль «Восток» с последней ступенью ракеты-носителя:

a — общий вид корабля; *b* — спускаемый аппарат: 1 — антенны; 2 — иллюминатор с жаропрочными стеклами; 3 — стяжные ленты; 4 — спускаемый аппарат сферической формы; 5 — баллоны пневматической системы; 6 — приборный отсек; 7 — последняя ступень ракеты-носителя; 8 — рулевые двигатели; 9 — сопло двигателя последней ступени; 10 — антенна; 11 — приборная доска с глобусом; 12 — телевизионная камера; 13 — иллюмина-

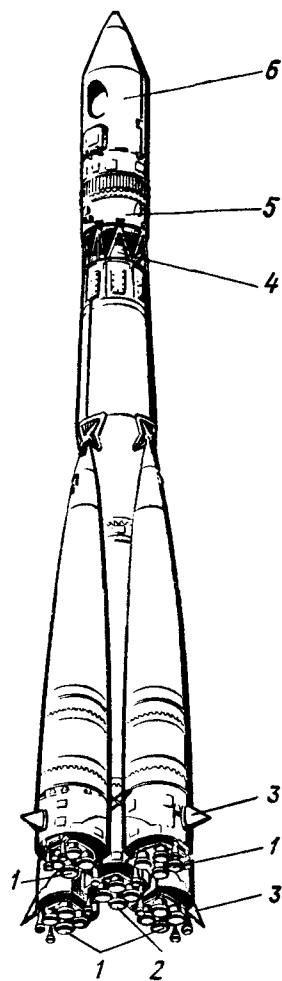


Рис. 5. Ракета-носитель космического корабля «Восток»:

1 — двигатель первой ступени ракеты (каждый двигатель имеет по 4 сопла); 2 — двигатель с 4 соплами второй ступени (расположен в конце центрального корпуса ракеты); 3 — оперение; 4 — сопло двигателя третьей ступени ракеты; 5 — третья ступень ракеты; 6 — предохранительный обтекатель космического корабля.

тор; 14 — входной люк; 15 — контейнер с пищей; 16 — катапультируемое кресло; 17 — ручка управления.

84. Космический корабль «Союз Т» и его ракета-носитель

«Союз Т» — наименование серии трехместных космических кораблей. Предназначаются они для полетов по орбите вокруг Земли и используются в качестве транспортных кораблей, обслуживающих орбитальные станции «Салют», «Мир» (см. табл. 86, 88): доставляют на станции сменные экипажи и возвращают их на Землю. Корабли «Союз Т» созданы на основе разработки и эксплуатации 1–2-местных кораблей серии «Союз», которые запускались с 1967 г. по май 1981 г. Новые корабли отличаются от кораблей «Союз» (при внешней схожести) рядом усовершенствований — у них усилена конструкция корпуса, установлена цифровая вычислительная машина с дисплеем, используются скафандры новой конструкции и др.

Первые полеты кораблей «Союз Т» в пилотируемом режиме начались в 1980 г.

Корабль «Союз Т» (как и корабль «Союз») состоит из трех отсеков: двух герметичных, обитаемых — спускаемого аппарата и орбитального (бытового), и третьего — приборно-агрегатного отсека.

Спускаемый аппарат (кабина космонавта) предназначен для экипажа при выведении корабля на орбиту, при маневрировании на орбите и спуске на Землю. На корпусе аппарата установлены реактивные двигатели системы управления спуском и двигатели мягкой посадки. Внутри кабины размещены кресла космонавтов, оборудование и аппаратура систем управления кораблем, связи, жизнеобеспечения и др.

Орбитальный отсек — научная лаборатория, в которой космонавты проводят научные наблюдения, отдыхают, принимают пищу и др. В приборно-агрегатном отсеке находится бортовая аппаратура (аппаратура связи, системы терморегулирования, приборы системы ориентации и др.). В негерметичной части отсека установлено два (основной и дублирующий) жидкостных реактивных двигателя, используемых, в частности, для спуска корабля на Землю. Двигательная установка включается за несколько тысяч километров от территории Советского Союза и, работая в течение 140–150 с, создает силу тяги, направленную в сторону, противоположную движению корабля. Это уменьшает скорость корабля, и он переходит на траекторию спуска. На участке подхода к плотным слоям атмосферы производится разделение отсеков корабля. Орбитальный и приборно-агрегатный отсеки сгорают в плотных слоях атмосферы, а спускаемый аппарат продолжает спуск: на его поверхности имеется слой теплозащитного материала; последний, постепенно плавясь и испаряясь, предохраняет спускаемый аппарат от воздействия потока раскаленных газов.

Форма спускаемого аппарата такова, что при спуске в атмосфере на него начинает действовать подъемная сила, и это позволяет управлять спуском: увеличивать протяженность траектории спуска и тем самым уменьшать (до 3–4 единиц) перегрузку, действующую на космонавтов, повышать точность приземления.

Примерно за 30 мин снижения корабль уменьшает свою скорость до 200 м/с, а высота полета уменьшается при этом примерно с 350 до 9,5–10 км. На этой высоте распускается небольшой парашют, который, погасив скорость спускаемого аппарата до 90 м/с, вытягивает основной парашют. Парашютная система подводит спускаемый аппарат к Земле со скоростью 7–8 м/с. На высоте около 1 м автоматически включаются двигатели мягкой посадки, и аппарат с экипажем мягко касается поверхности Земли.

В таблице приведены данные, характеризующие космический корабль «Союз Т»* и его ракету-носитель.

Масса корабля, кг	6850	Число ступеней ракеты-носителя «Союз»	3
в том числе:		Число двигателей первой ступени	4
масса спускаемого аппарата, кг	3000	Тяга одного двигателя первой ступени, кН (тс)	1000(102)
масса орбитального отсека, кг	1100	Число двигателей второй ступени	1
масса приборно-агрегатного отсека, кг	2750	Тяга двигателя второй ступени, кН (тс)	940 (96)
Длина корабля, м	6,98	Число двигателей третьей ступени	1
Максимальный диаметр, м	2,72	Тяга двигателей третьей ступени, кН (тс)	290 (30)
Размах солнечных батарей, м	10,6	Стартовая масса ракеты, т	310
Свободный объем жилых отсеков, м ³	6,5	Максимальный диаметр, м	10,3
Скорость приземления спускаемого аппарата (при мягкой посадке), м/с	2–3	Длина, м	39,3
Даты запуска на орбиту:		Время полета на активном участке, мин	9
первого корабля «Союз Т» (беспилотный)	16.XII.1979 г.	Жидкое топливо для ракеты:	
корабля «Союз Т» (с экипажем)	5.VI.1980 г.	горючее	керосин
		окислитель	кислород

На рисунке 6 показан общий вид корабля, а на рисунке 7 – схема, поясняющая спуск корабля с орбиты.

* 21.V.1986 г. совершил первый полет (без экипажа) космический корабль новой серии «Союз ТМ», созданный на базе корабля «Союз Т». По внешней форме «Союз ТМ» повторяет своего предшественника, но на нем установлены новые системы, в том числе сближения, стыковки, радиосвязи, новая парашютная система и др. «Союз ТМ» 23.V.1986 г. состыковался с орбитальной станцией «Мир», а 30.V.1986 г. благополучно приземлился в казахстанской степи.

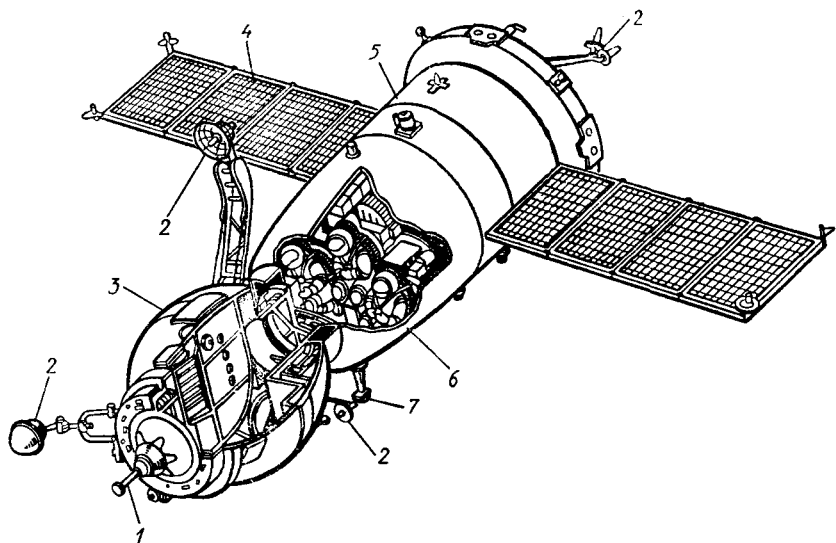


Рис. 6. Общий вид космического корабля «Союз Т»:

1 — стыковочный агрегат; 2 — антенны радиотехнической системы сближения; 3 — орбитальный отсек; 4 — солнечные батареи; 5 — приборно-агрегатный отсек; 6 — спускаемый аппарат (кабина космонавтов); 7 — визир-ориентатор (служит для визуальной ориентации при управлении кораблем).

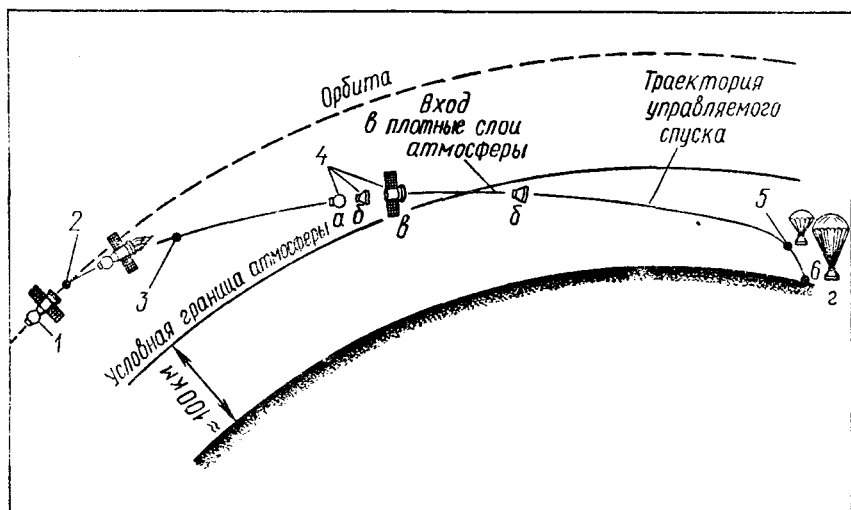


Рис. 7. Схема спуска космического корабля с орбиты искусственного спутника Земли:

1 — корабль «Союз Т» на орбите ИСЗ; 2 — включение тормозного двигателя; 3 — точка выключения тормозного двигателя; 4 — разделение отсеков корабля (а — орбитальный отсек, б — спускаемый аппарат, в — приборно-агрегатный отсек); 5 — начало работы парашютной системы; 6 — приземление спускаемого аппарата (г — основной парашют).

85. Космический корабль «Аполлон»

«Аполлон» — наименование серии американских трехместных космических кораблей, разработанных для полетов космонавтов на Луну.

Масса корабля, т	до 47	Стартовая масса ракеты-носителя, т	2950
в том числе масса лунной кабины, т	14,7	Длина ракеты-носителя, м	110,7
Длина корабля, м	17,7	Диаметр ракеты-носителя, м	10,1
в том числе длина лунной кабины, м	7	Число ступеней ракеты-носителя	3
Наибольший диаметр корабля, м	4,3	Общая тяга ракеты-носителя, МН	40

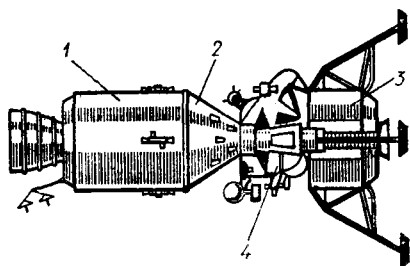


Рис. 8. Схема устройства космического корабля «Аполлон»:

1 — двигательный отсек корабля; 2 — отсек экипажа; 3 — посадочная ступень лунной кабины; 4 — взлетная ступень лунной кабины.

Первым космическим кораблем, доставившим людей на Луну, стал корабль «Аполлон-11» (см. рис. 8). Схема его полета выглядела следующим образом.

Корабль с тремя космонавтами стартовал с Земли 16.VII.1969 г. После его выхода на орбиту искусственного спутника Луны (ИСЛ) от корабля отделилась лунная кабина с двумя космонавтами — Н. Армстронгом и Э. Олдрином, которая 20.VII.1969 г. осуществила посадку на Луну (третий космонавт — М. Коллинз оставался на корабле «Аполлон-11», продолжавшем полет по орбите ИСЛ). На Луне космонавты совершили по одному выходу из лунной кабины (21.VII.1969 г.); первым человеком, ступившим на поверхность Луны, стал Н. Армстронг. После почти суточного пребывания на Луне космонавты стартовали на взлетной ступени лунной кабины и на орбите ИСЛ, по которой совершал свой полет корабль «Аполлон-11», состыковали лунную кабину с кораблем. Корабль перешел на траекторию полета к Земле. 24.VII.1969 г. космонавты благополучно приводнились в Тихом океане.

86. Орбитальная станция «Салют»

«Салют» — наименование серии орбитальных станций* для длительных полетов по орбите вокруг Земли. Предназначаются для решения многих задач в околоземном космическом пространстве (медико-биологических, изучения в интересах народного хозяйства Земли, проведения

* Орбитальная станция — космический аппарат, длительное время функционирующий на околоземной, окололунной или околопланетной орбите. Высота орбит околоземных орбитальных станций — 200–500 км.

научно-технических и технологических экспериментов и др.). Осуществляют полеты с космонавтами на борту и в автоматическом режиме; выводятся на орбиту без экипажей с помощью мощной ракеты-носителя «Протон» (см. табл. 87).

Станция имеет три основных отсека. Переходный отсек со стыковочным агрегатом служит для перехода экипажа на орбите из транспортного корабля в орбитальную станцию, проведения научных исследований и экспериментов; из него может осуществляться выход космонавтов в космическое пространство. Внутри отсека установлены система терморегулирования, жизнеобеспечения, научная аппаратура и др.

Рабочий отсек, как и переходный, — герметичный. Он состоит из двух соединенных цилиндров разного диаметра. Рабочий отсек несет основные бытовые функции (здесь космонавты отдыхают, принимают пищу, занимаются физическими упражнениями) и предназначен для осуществления основных операций по управлению полетом, научно-технических исследований. Внутри отсека установлены основные приборы и агрегаты систем управления станцией, жизнеобеспечения, терморегулирования, энергопитания, радиосвязи, основная аппаратура для проведения исследований и наблюдений. Рабочий отсек — главное помещение станции.

Третий отсек — агрегатный — негерметичный. В нем располагаются двигательные установки с запасами топлива и ряд других агрегатов и приборов.

Кроме того, на орбитальной станции «Салют-7» установлена промежуточная камера, которая приваривается к днищу рабочего отсека. В конце этой камеры размещен второй стыковочный агрегат, к которому могут причаливать как корабли «Союз Т», так и грузовые транспортные корабли серии «Прогресс»*.

Станция «Салют-7» активно работала на орбите более четырех лет (она была запущена 19.IV.1982 г.). С ней было осуществлено 25 стыковок, ее посетило 10 экспедиций космонавтов, к ней летало 11 кораблей «Союз» и 15 грузовых кораблей «Прогресс». Для исследования влияния космического полета на бортовые системы, на оборудование и элементы конструкции станции в условиях их длительной эксплуатации станция 19–22.VIII.1986 г. была переведена на высокую орбиту (высотой ≈ 500 км), где она сейчас совершает космический полет (высота орбиты обеспечивает существование станции примерно до 2000 года).

Первая орбитальная станция серии «Салют» была запущена 19.IV.1971 г.

* «Прогресс» — серия грузовых автоматических транспортных кораблей, предназначенных для обеспечения длительной работы на орбите орбитальных станций. Они созданы на базе космических кораблей «Союз» (см. табл. 84). С их помощью доставляются на орбитальные станции необходимые грузы (аппаратура, продовольствие, вода, воздух, топливо и др.). Масса укомплектованного «Прогресса» приблизительно равна 7 т, из них 2,3 т — масса доставляемого груза; длина корабля — 7 м. Возвращение кораблей на Землю не предусматривается. Первый корабль «Прогресс» выведен на околоземную орбиту 20.1.1978 г.

Ниже приведены данные об орбитальных научных станциях серии «Салют».

Масса полностью заправленной станции после выведения на орбиту ИСЗ, т	18,9	Длина рабочего отсека, м	9,1
Численность экипажа, человек	до 6	Свободный объем рабочего отсека, м ³	39
Длина станции, м	16	Максимальный диаметр агрегатного отсека, м	4,15
Поперечный размер по раскрытым солнечным батареям, м	16,5	Длина агрегатного отсека, м	3,5
Диаметр переходного отсека, м	2	Максимальный диаметр промежуточной камеры, м	2
Длина переходного отсека со стыковочным узлом, м	3	Объем промежуточной камеры, м ³	4,5
Свободный объем переходного отсека, м ³	> 7	Длина промежуточной камеры, м	1,6
Максимальный диаметр рабочего отсека, м	4,15	Площадь поверхности трех панелей солнечной батареи, м ²	60
		Число стыковочных узлов станции	2

Общий вид станции «Салют» показан на рисунке 9.

87. Мощные ракеты-носители

Показатели	«Протон»	«Энергия»
Число ступеней ракеты-носителя	3	2
Число двигателей первой ступени	6	4
Число двигателей второй ступени	4	4
Число двигателей третьей ступени	1	—
Суммарная тяга двигателей первой ступени, МН (тс)	≈9,0 (≈920)	≈31,6 (≈3220)
Суммарная тяга двигателей второй ступени, МН (тс)	≈2,4 (245)	≈7,8 (800)
Суммарная тяга двигателей третьей ступени, МН (тс)	0,6 (61,2)	—
Стартовая масса ракеты-носителя . . . . .	...	до 2400
Масса полезного груза, выводимого на орбиту, т	> 20	> 100
Длина ракеты-носителя, м	44,3	60
Максимальный поперечный размер, м	7,4	18
Год начала полетов	1965	1987

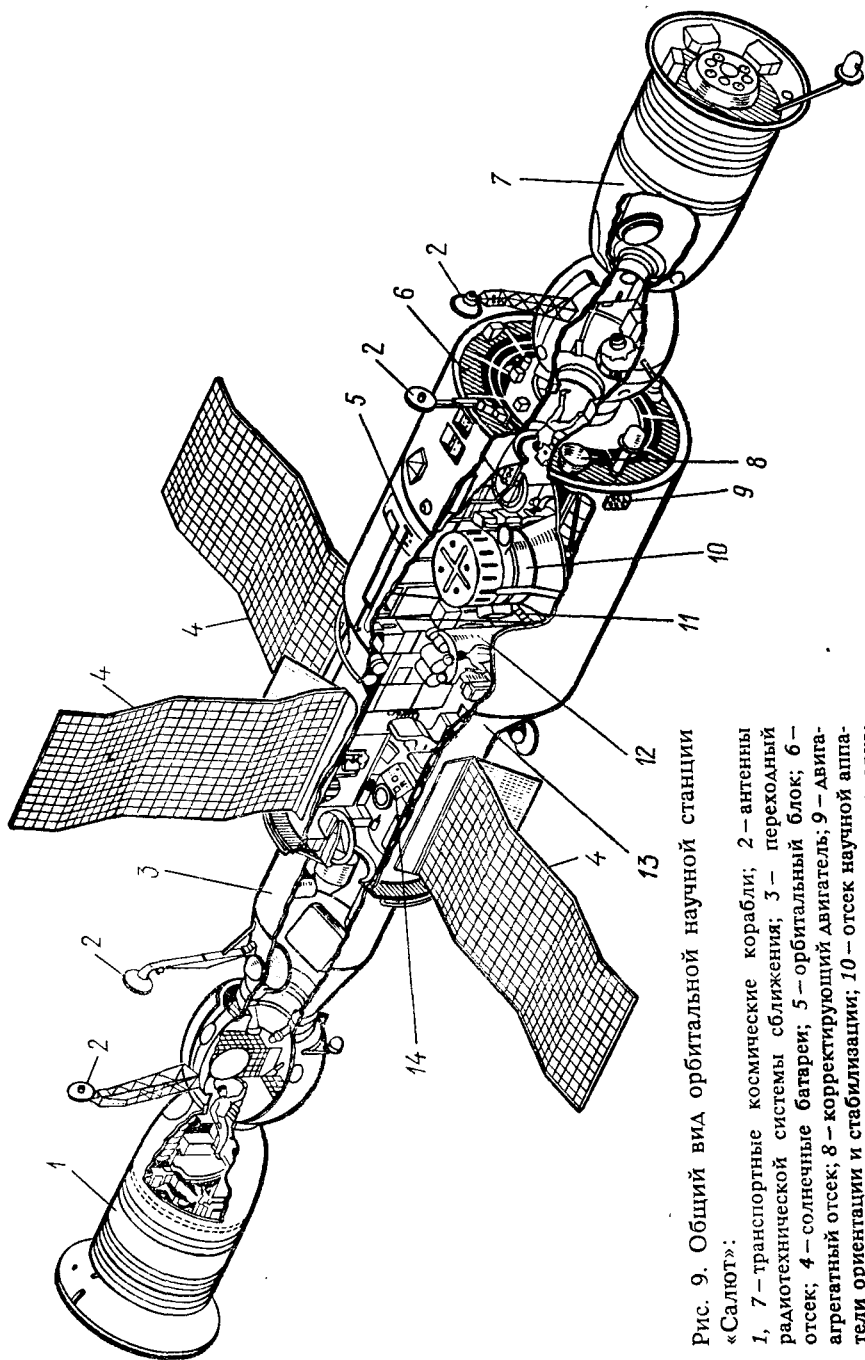


Рис. 9. Общий вид орбитальной научной станции «Салют»:

- 1, 7 — транспортные космические корабли; 2 — антенны радиотехнической системы сближения; 3 — переходный отсек; 4 — солнечные батареи; 5 — орбитальный блок; 6 — агрегатный отсек; 8 — корректирующий авиателе; 9 — авиателе ориентации и стабилизации; 10 — отсек научной аппаратуры; 11 — «белушая лоржжа»; 12 — душевая установка; 13 — рабочий отсек; 14 — центральный пост управления.

88. Орбитальная станция «Мир»

Космическая станция нового поколения — «Мир» была выведена на околоземную орбиту 20.II.1986 г. Внешне она напоминает орбитальную станцию «Салют» (см. табл. 86) и также состоит из трех герметичных отсеков — переходного, рабочего, промежуточной камеры — и одного негерметичного — агрегатного отсека. Переходный отсек, однако, выполнен по-новому — в виде шара диаметром 2,2 м. На нем размещено пять стыковочных узлов: основной (центральный) расположен по продольной оси станции, а четыре боковых повернуты на 90° относительно основного. («Мир» в полете показан на переплете книги.) Шестой стыковочный узел находится в хвостовой части станции (на агрегатном отсеке).

К станции «Мир» могут пристыковываться транспортные и грузовые корабли, а также специализированные орбитальные модули научного или народнохозяйственного назначения*. Корабль или модуль причаливает сначала к основному стыковочному узлу станции, а затем специальное механическое устройство (манипулятор) переводит модуль на один из свободных боковых стыковочных узлов.

Геометрические размеры «Мира» примерно такие же, как и «Салюта», — длина 13,1 м, наибольший диаметр 4,2 м, масса после выведения на орбиту 21 т; увеличена мощность системы энергоснабжения — площадь солнечных батарей доведена до 76 м². Рабочий отсек станции более просторный: отсутствует отсек научной аппаратуры (необходимое научное оборудование можно размещать на пристыковывающихся модулях).

На станции максимально автоматизированы процессы управления ее движением и работой научной аппаратуры на базе современной электронно-вычислительной техники (на борту станции находится семь вычислительных машин).

Станция выводится на орбиту многоступенчатой ракетой «Протон» (см. табл. 87).

* 5.IV.1987 г. к орбитальной станции был пристыкован первый специализированный модуль — «Квант». Он предназначен для проведения внеатмосферных астрофизических исследований и решения других научных и народнохозяйственных задач.

Внешне «Квант» представляет собой цилиндрическую конструкцию длиной 5,8 м и максимальным диаметром 4,15 м; его масса составляет 11 т.

В лабораторном, герметичном, отсеке модуля расположены приборы и агрегаты, обеспечивающие функционирование модуля и поддерживающие жизнедеятельность экипажа. В негерметичном отсеке научных приборов, размещенном снаружи модуля, установлена международная астрофизическая обсерватория с телескопами, спектрометрами и другими приборами. Модуль имеет два стыковочных узла; передний служит для стыковки модуля с орбитальной станцией, а к заднему стыковочному узлу могут пристыковываться транспортные космические корабли «Союз ТМ» или «Прогресс».

89. Пилотируемые полеты на советских космических кораблях

Корабль и дата его запуска	Экипаж корабля и его позывные	Число витков вокруг Земли	Корабль возвращения, дата его приземления с экипажем	Продолжительность полета экипажа
«Восток», 12.IV.1961	Ю. А. Гагарин («Кедр»)	1	«Восток», 12.IV.1961	1 ч 48 мин
«Восток-2», 6.VIII.1961	Г. С. Титов («Орел»)	17	«Восток-2», 7.VIII.1961	1 сут 1 ч 18 мин
«Восток-3», 11.VIII.1962	А. Г. Николаев («Сокол»)	64	«Восток-3», 15.VIII.1962	3 сут 22 ч 22 мин
«Восток-4», 12.VIII.1962	П. Р. Попович («Беркут»)	48	«Восток-4», 15.VIII.1962	2 сут 22 ч 57 мин
«Восток-5», 14.VI.1963	В. Ф. Быковский («Ястреб»)	81	«Восток-5», 19.VI.1963	4 сут 23 ч 6 мин
«Восток-6», 16.VI.1963	В. В. Терешкова («Чайка»)	48	«Восток-6», 19.VI.1963	2 сут 22 ч 50 мин
«Восход», 12.X.1964	В. М. Комаров, К. П. Фоктистов, Б. Б. Егоров («Рубин»)	16	«Восход», 13.X.1964	1 сут 17 мин
«Восход-2», 18.III.1965	П. И. Беляев, А. А. Леонов («Алмаз»)	18	«Восход-2», 19.III.1965	1 сут 2 ч 2 мин
«Союз-1», 23.IV.1967	В. М. Комаров («Рубин»)	18	«Союз-1», 24.IV.1967	1 сут 2 ч 48 мин
«Союз-3», 26.X.1968	Г. Т. Береговой («Аргон»)	64	«Союз-3», 30.X.1968	3 сут 22 ч 51 мин
«Союз-4», 14.I.1969	В. А. Шаталов («Амур»)	48	«Союз-4», 17.I.1969	2 сут 23 ч 21 мин
«Союз-5», 15.I.1969	Б. В. Вольнов, А. С. Елисеев**, Е. В. Хрунов** («Байкал»)	49	«Союз-5», 18.I.1969	3 сут 54 мин
«Союз-6», 11.X.1969	Г. С. Шонин, В. Н. Кубасов («Антей»)	80	«Союз-6», 16.X.1969	4 сут 22 ч 43 мин
«Союз-7», 12.X.1969	А. В. Филиппенко, В. Н. Волков, В. В. Горбатко («Буран»)	80	«Союз-7», 17.X.1969	4 сут 22 ч 40 мин
«Союз-8», 13.X.1969	В. А. Шаталов, А. С. Елисеев («Гранит»)	80	«Союз-8», 18.X.1969	4 сут 22 ч 51 мин
«Союз-9», 1.VI.1970	А. Г. Николаев, В. И. Севастьянов («Сокол»)	286	«Союз-9», 19.VI.1970	17 сут 16 ч 59 мин

«Союз-10», 23.IV.1971	В. А. Шаталов, А. С. Елисеев, Н. Н. Рукавишников («Гранит»)	32	«Союз-10», 25.IV.1971	1 сут 23 ч 46 мин
«Союз-11», 6.VI.1971	Г. Т. Добровольский, В. Н. Волков, В. И. Пацаев («Янтарь»)	384	«Союз-11», 30.VI.1971	23 сут 18 ч 22 мин
«Союз-12», 27.IX.1973	В. Г. Лазарев, О. Г. Макаров («Урал»)	31	«Союз-12», 29.IX.1973	1 сут 23 ч 16 мин
«Союз-13», 18.XII.1973	П. И. Климук, В. В. Лебедев («Кавказ»)	127	«Союз-13», 26.XII.1973	7 сут 20 ч 56 мин
«Союз-14», 3.VII.1974	П. Р. Попович, Ю. П. Артюхин («Беркут»)	32	«Союз-14», 19.VII.1974	15 сут 17 ч 30 мин
«Союз-15», 26.VIII.1974	Г. В. Сарафанов, Л. С. Демина («Дунай»)	32	«Союз-15», 28.VIII.1974	2 сут 12 мин
«Союз-16», 2.XII.1974	А. В. Филитченко, Н. Н. Рукавишников («Буран»)	96	«Союз-16», 8.XII.1974	5 сут 22 ч 24 мин
«Союз-17», 11.I.1975	А. А. Губарев, Г. М. Гречко («Зенит»)	466	«Союз-17», 9.II.1975	29 сут 13 ч 20 мин
«Союз-18», 24.V.1975	П. И. Климук, В. И. Севастьянов («Кавказ»)	993	«Союз-18», 26.VII.1975	62 сут 23 ч 20 мин
«Союз-19», 15.VII.1975	А. А. Леонов, В. Н. Кубасов («Союз»)	96	«Союз-19», 21.VII.1975	5 сут 22 ч 31 мин
«Союз-21»***, 6.VII.1976	Б. В. Вольнов, В. М. Жолобов («Байкал»)	791	«Союз-21», 24.VIII.1976	49 сут 6 ч 23 мин
«Союз-22», 15.IX.1976	В. Ф. Быковский, В. В. Аksenov («Ястреб»)	127	«Союз-22», 23.IX.1976	7 сут 21 ч 52 мин

* Продолжительность полета беспилотного корабля «Союз-2» — 4 сут (25–28.X.1968 г.).

** Космонавты вернулись на Землю в корабле «Союз-4», совершив полет общей продолжительностью 1 сут 23 ч 46 мин.

*** Продолжительность полета беспилотного корабля «Союз-20» — 92 сут (17.XI.1975 г. — 16.II.1976 г.).

Корабль и дата его запуска	Экипаж корабля и его позывные	Число витков вокруг Земли	Корабль возвращения, дата его привземления с экипажем	Продолжительность полета экипажа
«Союз-23», 14.X.1976	В. А. Зудов, В. И. Рождественский («Родон»)	32	«Союз-23», 16.X.1976	2 сут 7 мин
«Союз-24», 7.II.1977	В. В. Горбатко, Ю. Н. Глазков («Терек»)	285	«Союз-24», 25.II.1977	17 сут 17 ч 26 мин
«Союз-25», 9.X.1977	В. В. Коваленок, В. В. Рюмин («Фотон»)	32	«Союз-25», 11.X.1977	2 сут 45 мин
«Союз-26», 10.XII.1977	Ю. В. Романенко, Г. М. Гречко («Таймыр»)	1522	«Союз-27», 16.III.1978	96 сут 10 ч
«Союз-27», 10.I.1978	В. А. Ажанибеков, О. Г. Макаров («Памир»)	94	«Союз-26», 16.I.1978	5 сут 22 ч 59 мин
«Союз-28», 2.III.1978	А. А. Губарев, В. Ремек (ЧССР)	125	«Союз-28», 10.III.1978	7 сут 22 ч 16 мин
«Союз-29», 15.VI.1978	В. В. Коваленок, А. С. Иванченков («Фотон»)	2203	«Союз-31», 2.XI.1978	139 сут 14 ч 48 мин
«Союз-30», 27.VI.1978	П. И. Климук, М. Гермашевский (ПНР) («Кавказ»)	125	«Союз-30», 5.VII.1978	7 сут 22 ч 3 мин
«Союз-31», 26.VIII.1978	В. Ф. Быковский, З. Йен (ГАР) («Ястреб»)	124	«Союз-29», 3.IX.1978	7 сут 20 ч 49 мин
«Союз-32»*, 25.II.1979	В. А. Ляхов, В. В. Рюмин («Протон»)	2755	«Союз-34»**, 19.VIII.1979	175 сут 36 мин
«Союз-33», 10.IV.1979	Н. Н. Рукавишников, Г. Иванов (НРБ) («Сатурн»)	31	«Союз-33», 12.IV.1979	1 сут 23 ч 1 мин
«Союз-35», 9.IV.1980	Л. И. Попов, В. В. Рюмин («Анепр»)	2917	«Союз-37», 11.X.1980	184 сут 20 ч

«Союз-36», 26.V.1980	В. Н. Кубасов, Б. Фаркаш (ВНР) («Орион»)	124	«Союз-35», 3.VI.1980	7 сут 20 ч 46 мин
«Союз Т-2», 5.VI.1980	Ю. В. Мальшев, В. В. Аксенов («Юпитер»)	62	«Союз Т-2», 9.VI.1980	3 сут 22 ч 19 мин
«Союз-37», 23.VII.1980	В. В. Горбатко, Ф. Туан (СРВ) («Терек»)	124	«Союз-36», 31.VII.1980	7 сут 20 ч 42 мин
«Союз-38», 18.IX.1980	Ю. В. Романенко, А. Мендес (Куба) («Таймыр»)	124	«Союз-38», 26.IX.1980	7 сут 20 ч 43 мин
«Союз Т-3», 27.XI.1980	Л. А. Кизим, О. Г. Макаров, Г. М. Стрекалов («Маяк»)	204	«Союз Т-3», 10.XII.1980	12 сут 19 ч 8 мин
«Союз Т-4», 12.III.1981	В. В. Коваленок, В. П. Савиных («Фотон»)	1178	«Союз Т-4», 26.V.1981	74 сут 18 ч 37 мин
«Союз-39», 22.III.1981	В. А. Джанибеков, Ж. Гуррагча (МНР) («Памир»)	124	«Союз-39», 30.III.1981	7 сут 20 ч 42 мин
«Союз-40», 14.V.1981	Л. И. Попов, А. Прунариу (СРР) («Днепр»)	124	«Союз-40», 22.V.1981	7 сут 20 ч 42 мин
«Союз Т-5», 13.V.1982	А. Н. Березовой, В. В. Лебелев («Эльбрус»)	3344	«Союз Т-7», 10.XII.1982	211 сут 9 ч 4 мин
«Союз Т-6», 24.VI.1982	В. А. Аджанибеков, А. С. Иван-ченков, Ж.-Л. Кретьен (Франция) («Памир»)	125	«Союз Т-6», 2.VII.1982	7 сут 21 ч 51 мин
«Союз Т-7», 19.VIII.1982	Л. И. Попов, А. А. Серебров, С. Е. Савицкая («Днепр»)	126	«Союз Т-5», 27.VIII.1982	7 сут 21 ч 52 мин
«Союз Т-8», 20.IV.1983	В. Г. Титов, Г. М. Стрекалов, А. А. Серебров («Океан»)	32	«Союз Т-8», 22.IV.1983	2 сут 18 мин
«Союз Т-9», 27.VI.1983	В. А. Ляхов, А. П. Александров («Протон»)	2361	«Союз Т-9», 23.XI.1983	149 сут 10 ч 46 мин

* Корабль «Союз-32» возвращен на Землю без экипажа 13.VI.1979 г.

** Корабль «Союз-34» был запущен 6.VI.1979 г. к станции «Салют-6» без экипажа.

Корабль и дата его запуска	Экипаж корабля и его позывные	Число витков вокруг Земли	Корабль возвращения, дата его приземления с экипажем	Продолжительность полета экипажа
«Союз Т-10», 10.II.1984	Л. А. Кизим, В. А. Соловьев, О. Ю. Атьков («Маяк»)	3748	«Союз Т-11», 2.X.1984	236 сут 22 ч 49 мин
«Союз Т-11», 3.IV.1984	Ю. В. Малышев, Г. М. Стрекалов, Р. Шарма (Индия) («Юпитер»)	126	«Союз Т-10», 11.IV.1984	7 сут 21 ч 41 мин
«Союз Т-12», 17.VII.1984	В. А. Джанибеков, С. Е. Савицкая, И. П. Волк («Памир»)	186	«Союз Т-12», 29.VII.1984	11 сут 19 ч 14 мин
«Союз Т-13», 6.VI.1985	В. А. Джанибеков, В. П. Савиных («Памир»)	2645	«Союз Т-13», 21.XI.1985	168 сут 22 ч 51 мин
«Союз Т-14», 17.IX.1985	В. В. Васютин, Г. М. Гречко, А. А. Волков («Четет»)	1021	«Союз Т-14», 21.XI.1985	64 сут 21 ч 52 мин
«Союз Т-15», 13.III.1986	Л. А. Кизим, В. А. Соловьев («Маяк»)	1980	«Союз Т-15», 16.VII.1986	125 сут 1 мин
«Союз ТМ-2», 6.II.1987	Ю. В. Романенко, А. И. Лавейкин («Таймыр»)	...	«Союз ТМ-3», 29.XII.1987	326 сут 11 ч 38 мин
«Союз ТМ-3», 22.VII.1987	А. С. Викторенко, А. П. Александров, М. А. Фарис (САР) («Витязь»)	...	«Союз ТМ-2», 30.VII.1987	7 сут 23 ч 5 мин
«Союз ТМ-4», 21.XII.1987	В. Г. Титов, М. Х. Манаров, А. С. Левченко («Оксан»)	...	«Союз ТМ-6», 21.XII.1988	366 сут
«Союз ТМ-5», 7.VI.1988	А. Я. Соловьев, В. П. Савиных, А. П. Александров (НРБ) («Родник»)	...	«Союз ТМ-4», 17.VI.1988	9 сут 20 ч 10 мин

Корабль и дата его запуска	Экипаж корабля и его позывные	Число витков вокруг Земли	Корабль возвращения, дата его приземления с экипажем	Продолжительность полета экипажа
«Союз Т-10», 10.II.1984	Л. А. Кизим, В. А. Соловьев, О. Ю. Атьков («Маяк»)	3748	«Союз Т-11», 2.X.1984	236 сут 22 ч 49 мин
«Союз Т-11», 3.IV.1984	Ю. В. Малышев, Г. М. Стрекалов, Р. Шарма (Индия) («Юпитер»)	126	«Союз Т-10», 11.IV.1984	7 сут 21 ч 41 мин
«Союз Т-12», 17.VII.1984	В. А. Джанибеков, С. Е. Савицкая, И. П. Волк («Памир»)	186	«Союз Т-12», 29.VII.1984	11 сут 19 ч 14 мин
«Союз Т-13», 6.VI.1985	В. А. Джанибеков, В. П. Савиных («Памир»)	2645	«Союз Т-13», 21.XI.1985	168 сут 22 ч 51 мин
«Союз Т-14», 17.IX.1985	В. В. Васютин, Г. М. Гречко, А. А. Волков («Четет»)	1021	«Союз Т-14», 21.XI.1985	64 сут 21 ч 52 мин
«Союз Т-15», 13.III.1986	Л. А. Кизим, В. А. Соловьев («Маяк»)	1980	«Союз Т-15», 16.VII.1986	125 сут 1 мин
«Союз ТМ-2», 6.II.1987	Ю. В. Романенко, А. И. Лавейкин («Таймыр»)	...	«Союз ТМ-3», 29.XII.1987	326 сут 11 ч 38 мин
«Союз ТМ-3», 22.VII.1987	А. С. Викторенко, А. П. Александров, М. А. Фарис (САР) («Витязь»)	...	«Союз ТМ-2», 30.VII.1987	7 сут 23 ч 5 мин
«Союз ТМ-4», 21.XII.1987	В. Г. Титов, М. Х. Манаров, А. С. Левченко («Океан»)	...	«Союз ТМ-6», 21.XII.1988	366 сут
«Союз ТМ-5», 7.VI.1988	А. Я. Соловьев, В. П. Савиных, А. П. Александров (НРБ) («Родник»)	...	«Союз ТМ-4», 17.VI.1988	9 сут 20 ч 10 мин

90. Ракетные двигатели

В таблицах приведены данные о первой советской жидкостной ракете (ГИРД-Х) и ракете ГИРД-09, а также некоторые данные о мощных ЖРД, применявшихся для запуска советских космических кораблей «Восток» и искусственных спутников Земли серии «Космос».

Показатели	ГИРД-09	ГИРД-Х
Дата первого запуска ракеты	17.VIII.1933 г.	25.XI.1933 г.
Диаметр ракеты, см	18	14
Длина ракеты, см	240	220
Масса ракеты (при старте), кг	19	29,5
Тяга двигателя, Н (кгс)	325 (33)	640 (65)
Окислитель	Жидкий кислород	Жидкий кислород
Горючее	Бензин (отвержденный)	Спирт
Время работы двигателя, с	15-18	22
Максимальная высота полета, м	400	80

Показатели	Наименование ЖРД			
	РД-107	РД-108	РД-119	РД-214
Тяга (в вакууме), кН (кгс)	1000(102000)	940(96 000)	108(11 000)	726(74 000)
Число камер сгорания	4	4	1	4
Давление в камере сгорания, МПа (ат)	5,9(60)	5,1(52)	7,8(80)	4,4(45)
Внутренний диаметр цилиндрической части камеры сгорания, м	0,43	...	0,21	0,48
Горючее	Керосин		Несимметричный диметилгидразин	Продукты переработки керосина
Окислитель	Жидкий кислород			Азотно-кислотный
Применение двигателя	1-я ступень ракеты-носителя «Восток»	2-я ступень ракеты-носителя «Восток»	2-я ступень ракеты-носителя «Космос»	1-я ступень ракеты-носителя «Космос»

91. Боевая ракетная установка («Катюша») образца 1941 г.

Ракетный снаряд установки:		Топливо ракетного двигателя снаряда	порох
масса, кг	42,5	Скорость схода снаряда с направляющей балки, м/с	70
диаметр, см	13,2	Наибольшая скорость полета снаряда, м/с	355
длина, см	140	Наибольшая дальность полета снаряда, км	8,5
Число снарядов, размещавшихся на направляющих балках установки, шт.	16	Масса установки (вместе с автомобилем), т	7,2
Длительность залпа (т. е. время выпуска 16 снарядов), с	7,8		
Сила тяги двигателя снаряда:			
кН	19,6		
кгс	2000		

Примечание. Первый боевой залп установками был произведен 14 июля 1941 г. по крупному железнодорожному узлу г. Орша, занятому врагом.

92. Современные гидротурбины большой мощности

Показатели	Волжская ГЭС им. В. И. Ленина	Братская ГЭС им. 50-летия Великого Октября	Красноярская ГЭС им. 50-летия СССР
Мощность, кВт	118 000	255 000	508 000
Частота вращения рабочего колеса, с ⁻¹ (об/с)	1,0	2,1	1,6
мин ⁻¹ (об/мин)	68,2	125	93,8
Диаметр рабочего колеса, м	9,3	5,5	7,5
Масса турбины, т	1300	800	1300
Объемный расход воды через турбину, м ³ /с	713	257	615
Расчетный напор воды, м	19	96	93
КПД турбины, %	94	93,5	94

Примечание. Данные о гидрогенераторах, с которыми работают указанные в таблице турбины, см. в табл. 211.

93. Турбовинтовые и реактивные пассажирские самолеты

Показатели	Ил-18А	Ан-24	Як-42	Ту-134А	Ту-154А	Ил-62М	Ил-86
Число пассажиров	122	50	120	76	164	198	350
Коммерческая нагрузка самолета*, т	13,5	5	14,5	8,2	18	23	42
Взлетная масса самолета, т	64	21,0	52	47	94	165	206
Крейсерская скорость**, км/ч	650	450-475	820	850	850	900	850-950
Практический потолок полета, км	9,2	8,9	9,1	11,5	12,3	12	11,4
Дальность полета, км	6500	2000	1850	3000	4800	11050	3600-5800
Длина разбега при взлете, м	1300	550-700	750-900	1400-1500	1200-1370	2250	1200-1500
Скорость, при которой самолет отрывается от земли, км/ч	235	170-180	230	275-290	≈ 270	...	...
Длина пробега при посадке, м	800-900	550	1000-1200	600-800	1000	1000	1100-1200
Посадочная скорость, км/ч	260	170	230	235-250	240	265	260
Мощность одного авиателера, кВт (л. с.)	3130(4250)	1880(2550)	-	-	-	-	-
Тяга одного авиателера, кН	-	-	63,7	66,7	102,9	112,8	127,5
Число авиателера	4	2	3	2	3	4	4
Габариты самолета, м							
Длина	35,9	23,5	36,4	37,0	47,9	53,1	53,5
Высота	10,2	8,3	9,8	9,1	11,4	12,4	15,5
Размах крыла	37,4	29,2	34,9	29,0	37,5	42,5	48,1

* Коммерческую (полезную) нагрузку самолета составляет масса почты, грузов, багажа, пассажиров (в нее не входит масса топлива, смазочного масла, служебного снаряжения и др.).

** Крейсерская скорость — скорость полета самолета на наиболее экономичном режиме.

94. Поршневые пассажирские самолеты

Показатели	Ан-2	Ил-14М
Число пассажиров	10–12	24–36
Масса ненагруженного самолета, т	3,4	12,6
Взлетная масса самолета, т	5,25	17,5
Крейсерская скорость*, км/ч	180–210	280–350
Наибольшая высота полета, км	4,5	6,5
Наибольшая дальность полета, км	1200	1900
Длина разбега при взлете, м	160–190	530–650
Длина пробега при посадке, м	215–430	500
Посадочная скорость, км/ч	90	135–140
Скорость, при которой самолет от- рывается от земли, км/ч	80–90	140–150
Максимальная мощность двигателя, кВт (л. с.)	735(1000)	1400(1900)
Число двигателей	1	2
Габариты самолета, м		
длина	12,4	22,3
высота	5,4	7,8
размах крыла	18,2	31,7

* Крейсерская скорость — скорость полета на наиболее экономичном режиме. На этой скорости обычно совершают рейсы самолеты. Крейсерская скорость составляет 0,7–0,8 от максимальной скорости.

95. Самолеты-гиганты

В таблице приведены данные о транспортных самолетах Ан-22 и Ан-124, созданных конструкторским бюро им. О. К. Антонова. Самолеты получили название «Антей» и «Руслан».

Показатели	«Антей»	«Руслан»
Максимальная взлетная масса, т	250	405
Грузоподъемность, т	80	150
Крейсерская скорость, км/ч	740	800–850
Число двигателей	4	4
Тип двигателей	турбовинтовой	реактивный
Мощность одного двигателя, кН (л. с.)	11 000(15 000)	—
Тяга одного двигателя, кН (кгс)	—	230(23 000)
Максимальная дальность полета, км	11 000	16 500
Длина самолета, м	55,5	70

Примечание. «Руслан» — один из крупнейших в мире транспортных самолетов.

96. Новые самолеты Аэрофлота

Показатели	Турбореактивные		Турбовинтовые		
	Ил-96-300	Ту-204	Л-410	Ан-28	Ил-114
Число пассажиров	300	214	15	17	60
Крейсерская скорость, км/ч	850-900	810-850	365	350	500
Дальность полета, тыс. км	9-11	3,5	1,2	1,36	1
Число двигателей . .	4	2	2	2	2

97. Вертолеты

Показатели	Ми-1	Ми-4П	Ми-8	Ми-10	Ка-26
Максимальная скорость, км/ч . . .	170	180	250	235	170
Дальность полета, км	350	740	450	700	300
Взлетная масса, т	2,35	7,2	11	43	3,2
Число пассажиров	3	10-13	28	28	6
Диаметр винта, м	14,5	21	21,3	35	13
Число двигателей	1	1	2	2	2
Тип двигателя (п — поршневой, г — газотурбинный)	п	п	г	г	п
Мощность двигателя, кВт (л. с.) . . .	425(575)	1250(1700)	1100(1500)	4050(5500)	240(325)
Длина вертолета, м . .	17	25	25,3	42	7,7
Высота вертолета, м . .	3,3	4,4	4,7	9,9	4

98. Вертолет-гигант

В таблице приведены данные о крупнейшем в мире вертолете Ми-26, созданном конструкторским бюро им. М. Л. Миля.

Максимальная взлетная масса, т	56
Масса перевозимого груза, т	20
Максимальная скорость, км/ч	295
Тип двигателя	газотурбинный
Число двигателей	2
Мощность одного двигателя, кВт (л. с.)	7350(10 000)
Диаметр несущего винта вертолета, м	32
Число лопастей несущего винта	8
Число лопастей рулевого (хвостового) винта	5
Потолок полета, м	до 6500
Дальность полета, км	800

99. Данные о некоторых речных и морских судах

Показатели	Судно на подводных крыльях «Ракета»	Грузовое судно «Ленинский комсомол»	Пассажирский речной дизель-электроход «Ленин»	Теплоход «Александр Пушкин»	Теплоход «Россия»	Танкер «Крым»
Длина, м	27,0	170	121,4	176,1	182	295,2
Ширина, м	5,0	22	17	23,6	22,5	45
Осадка, м	1,8 (при движении 1,1)	9,7	2,4	8,3	7,1	17
Водоизмещение, т	25,0	22 200	2300	18 820	18 000	182 000
Число пассажиров	66	—	439	750	792	—
Мощность главной силовой установки:						
кВт	883	9560	3 × 660	2 × 7720	5 × 2200; 1650	22 000
л. с.	1200	13 000	3 × 900	2 × 10500	5 × 3000; 2250	30 000
Тип главной силовой установки	Дизель	Турбина	Дизель-генератор	Дизель	Дизель	Турбина
Скорость максимальная, км/ч	70	34	26,5	37	31,5	31

100. Скорость c звука в воздухе при различной температуре t

$t, ^\circ\text{C}$	c		$t, ^\circ\text{C}$	c	
	м/с	км/ч		м/с	км/ч
-150	216,7	780,1	30	348,9	1256,2
-100	263,7	949,2	50	360,3	1296,9
-50	299,3	1077,6	100	387,1	1393,7
-20	318,8	1147,8	200	436,0	1569,5
-10	325,1	1170,3	300	479,8	1727,4
0	331,5	1193,4	400	520,0	1872,1
10	337,3	1214,1	500	557,3	2006,4
20	343,1	1235,2	1000	715,2	2574,8

Примечание. Скорость звука в воздухе (как и в других газах) увеличивается с повышением температуры (рис. 10). При повышении температуры воздуха на 1°C скорость звука в нем увеличивается на $0,59$ м/с.

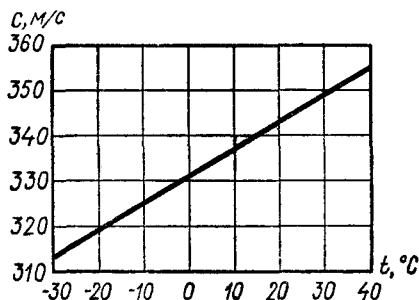


Рис. 10. Зависимость скорости звука в воздухе от температуры.

101. Скорость c звука в воздухе на различной высоте h над Землей

$h, \text{м}$	$c, \text{м/с}$	$h, \text{м}$	$c, \text{м/с}$	$h, \text{м}$	$c, \text{м/с}$
0	340,29	500	338,38	5 000	320,54
50	340,10	600	337,98	10 000	299,53
100	339,91	700	337,60	20 000	295,07
200	339,53	800	337,21	50 000	329,80
300	339,14	900	336,82	80 000	282,54
400	338,76	1000	336,43		

Примечание. Скорость звука, указанная в таблице, вычислена в предположении, что температура и давление воздуха на поверхности Земли равны соответственно 15°C и $101\,325$ Па (760 мм рт. ст.).

Зависимость скорости звука в воздухе от высоты в пределах высот от 1 до 10 км графически представлена на рисунке 11.

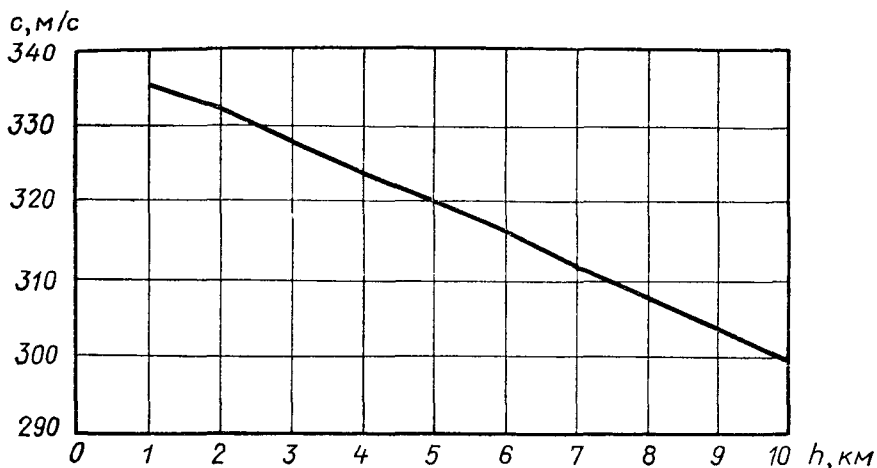


Рис. 11. Зависимость скорости звука от высоты над поверхностью Земли.

102. Скорость c звука в различных твердых веществах
(при $t = 20^\circ\text{C}$)

Вещество	c , м/с	Вещество	c , м/с
Алмаз	18 350	Сосна	5030
Бетон	4250–5250	Стеарин	1380
Графит	1470	Стекло оптическое:	
Дуб	4115	флинт	4450
Каменная соль	4400	крон	5220
Кирпич	3600	Стекло органическое	2550
Лед (при $t = -4^\circ\text{C}$)	3980	Шифер	4510
Пробка	430–530	Эбонит	2400

103. Скорость c звука в металлах и сплавах
(при $t = 20^\circ\text{C}$)

Металл или сплав	c , м/с	Металл или сплав	c , м/с
Алюминий	6260	Платина	3960
Дуралюмин	6400	Свинец	2160
Железо	5850	Серебро	3600
Золото	3200	Сталь	5000–6100
Латунь	4280–4700	Цинк	4170
Медь	4700	Чугун	≈ 3850
Олово	3320		

104. Скорость с звука в жидкостях

Жидкость	$t, ^\circ\text{C}$	$c, \text{ м/с}$	Жидкость	$t, ^\circ\text{C}$	$c, \text{ м/с}$
Азот жидкий	-199	962	Керосин	20	2330
Бензин	17	1170	Кислород жидкий	-182,9	912
Вода	0	1403	Олово расплавленное	232	2270
»	20	1483	Раствор поваренной соли (20%)	15	1650
»	30	1510	Ртуть	20	1450
»	74*	1555	Свинец расплавленный	330	1790
»	100	1543	Спирт	20	1180
» морская	20	1490	Эфир	25	985
» тяжелая	20	1400			
Водород жидкий	-256	1187			
Гелий жидкий	-269	180			
Глицерин	20	1923			

Примечание. Скорость звука для большинства жидкостей (кроме воды) уменьшается с повышением температуры.

* При температуре 74 °С скорость звука в воде наибольшая.

105. Скорость звука в газах и парах

Газ	Температура, °С	Скорость звука, м/с	Газ или пар	Температура, °С	Скорость звука, м/с
Азот	0	334	Пары воды	0	401
Азот	300	487	Пары воды	100	405
Водород	0	1284	Пары спирта	0	230
Гелий	0	965	Пары эфира	0	179
Кислород	0	316	Хлор	0	206
Оксид углерода (IV)	0	260			
Оксид углерода (IV)	100	300			

**106. Длина λ звуковых и ультразвуковых волн
в различных средах в зависимости от частоты ν колебаний**

ν		λ , см		
Гц	кГц	в воздухе	в воде	в стали
20		1700	7250	25 000
50		680	2900	10 000
100		340	1450	5 000
200		170	725	2 500
	1	34	145	500
	5	6,8	29	100
	10	3,4	14,5	50
	20	1,7	7,3	25
	50	0,7	2,9	10
	100	0,34	1,5	5
	300	—	0,5	1,7
	500	—	0,3	1
	1000	—	0,15	0,5

Примечание. Если встречающиеся на пути распространения звука размеры препятствий сравнимы с длиной волны или больше ее, то звук (волна) отражается от препятствий (препятствия меньшего размера огибаются волной). Это явление использовано в ультразвуковой дефектоскопии металлов. Из таблицы видно, что с уменьшением длины волны уменьшаются размеры пороков в металле (раковин, инородных включений), которые могут быть обнаружены пучком ультразвука. Например, ультразвук частотой 20 кГц позволяет обнаружить в массиве металла (стали) пороки размером не менее 12,5 см (половина длины волны); при частоте 200 кГц пороки размером 1–1,3 см, а при частоте 1 МГц — пороки, размеры которых порядка миллиметров.

107. Диапазоны слышимых звуков

В таблице приведены примерные диапазоны механических колебаний в упругой среде, воспринимаемых органами чувств некоторых живых организмов.

	Человек	Сверчок	Кузнечик	Лягушка
Диапазон частот, воспринимаемых органом слуха, Гц	16–20 000*	2–4000	10–100 000	50–30 000

* 20 000 Гц — верхняя граница частоты колебаний, воспринимаемых ухом человека в возрасте до 20 лет. В возрасте 35 лет эта граница составляет примерно 15 000, в возрасте 50 лет — примерно 12 000 Гц. Дети воспринимают звуки с частотой до 22 000 Гц.

Верхняя граница частот (в кГц), воспринимаемых органом слуха:

чайки	8	летучей мыши	150
собаки	60	бабочки	160
кошки	100	дельфина	200

108. Интенсивность звука, Вт/м²

В таблице приведены примерные значения интенсивности звука в различных случаях.

Порог слышимости	10^{-12}	Сильные раскаты грома	≈ 1
Тиканье ручных часов	10^{-10}	Порог болевого ощущения, реактивный двигатель	10–100
Разговор вполголоса	10^{-8} – 10^{-6}		
Громкая речь	10^{-5} – 10^{-4}		
Громкое пение	10^{-2}		

На рисунке 12 представлена область слухового восприятия, доступная нормальному уху человека.

$I, \text{Вт/м}^2$

10^3

10^{-1}

10^{-5}

10^{-9}

10^{-13}

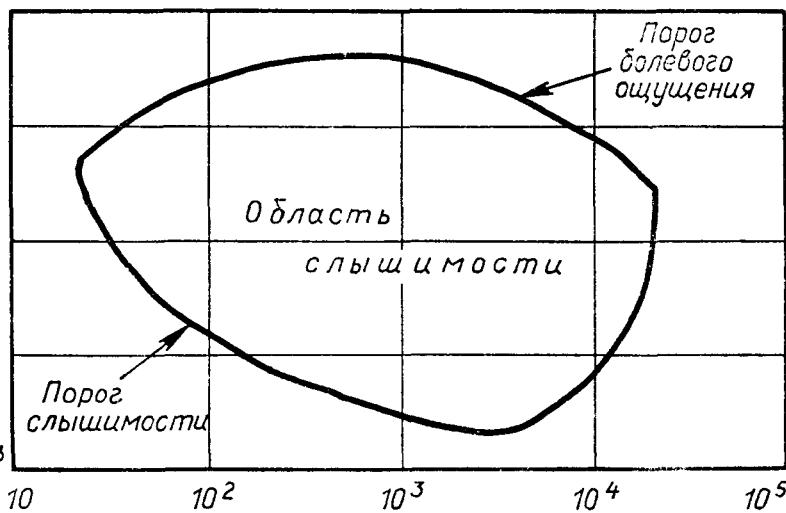


Рис. 12. Область слышимости человеческого уха в зависимости от интенсивности и частоты звуковых колебаний.

109. Диапазон частот ультразвуков, применяемых в практике, кГц

Дефектоскопия	500–5000
Измерение в воде расстояний (эхолоты) и обнаружение объектов (гидролокация)	18–30
Лечение заболеваний	800–1000
Механическая обработка твердых и хрупких материалов	18–30

110. Глубина проникновения ультразвука (частотой 1 МГц) в металлы, м

Алюминий литой	3,6–4,5
» прокатанный	6,6–7,5
Сталь литая	4,5–6,0
» прокатанная	6,6–7,5
Чугун литой	0,15–0,30

111. Частота колебаний крыльев насекомых и птиц в полете, Гц

Аисты	≈ 2	Комары	300–600
Бабочки-капустницы	до 9	Мухи комнатные	190–330
Воробьи	до 13	Пчелы	200–250
Вороны	3–4	Пчелы со взятком	до 440
Жуки майские	≈ 45	Слепни	≈ 100
Колибри	35–50	Стрекозы	38–100

112. «Физика» человека (звуковые параметры)

Мощность голоса, Вт:

тихий шепот	≈ 10 ⁻⁹
речь обычной громкости	≈ 7 · 10 ⁻⁶
предельная громкость	≈ 2 · 10 ⁻³

Интенсивность звука при пороге слышимости, Вт/м² 10⁻¹²

Интенсивность звука при пороге болевого ощущения*, Вт/м² 10–100

Частоты, к которым ухо имеет наибольшую чувствительность, Гц 1500–4000

Частотный диапазон при обычном разговоре, Гц:

у мужчин	85–200
у женщин	160–340

Примерное число колебаний голосовых связок при пении, Гц:

бас	80–350
баритон	110–400
тенор	130–520
сопрано	260–1050
детский голос	260–1050
колоратурное сопрано	330–1400

Длина голосовых связок у певцов, см:

бас	≈ 2,5
тенор	1,7–2,0
сопрано	≈ 1,5

Рекордная высота звука женского голоса (при пении), кГц 2,35

Скорость звука в тканях тела, м/с 1530–1600

* Диапазон интенсивности звуков, воспринимаемых ухом человека, необычайно велик: наиболее сильные звуки, воспринимаемые ухом (≈ 10–100 Вт/м²), отличаются от наиболее слабых, еще воспринимаемых звуков (10⁻¹² Вт/м²) в 10¹³–10¹⁴ раз.

113. Размеры молекул

Вещество	Диаметр молекулы, нм	Вещество	Диаметр молекулы, нм
Азот (N ₂)	0,32	Оксид серы (IV)	0,34
Вода (H ₂ O)	0,30	Оксид углерода (IV)	0,33
Водород (H ₂)	0,25	Оксид углерода (II)	0,32
Гелий (He)	0,20	Хлор (Cl ₂)	0,37
Кислород (O ₂)	0,30	Хлороводород (HCl)	0,30

- Размеры частиц пыли 0,1–0,001 мм (100–1 мкм)
 » » тумана 0,01–0,001 мм (10–1 мкм)
 » броуновской частицы ≈ 0,00004 мм (40 нм)
 » молекулы гемоглобина 6,4 нм

Если молекулу воды увеличить в миллион раз (10⁶), то она будет иметь размер точки (≈ 0,3 мм).

При таком же увеличении толщина волоса (0,1 мм) окажется равной 100 м, диаметр вишни (1 см) – 10 км, рост человека (170 см) – 1700 км, а высота Останкинской телебашни (540 м) – 540 000 км, т. е. она почти в полтора раза превысит расстояние от Земли до Луны.

114. Расстояние между атомами в молекулах

Вещество	Расстояние, нм	Вещество	Расстояние, нм
Азот (N ₂)	0,11	Ртуть (Hg ₂)	0,33
Водород (H ₂)	0,07	Сера (S ₂)	0,19
Гидрид натрия (NaH)	0,19	Фосфор (P ₂)	0,19
Кислород (O ₂)	0,12	Углерод (C ₂)	0,13
Натрий (Na ₂)	0,31		

Примечание. Расстояние между атомами в молекуле имеет строго определенное значение. Оно определяется равновесным расстоянием, на котором испытываемые каждым атомом силы притяжения уравновешиваются силами отталкивания.

115. Масса m молекул некоторых элементов и соединений

	$m, 10^{-27}$ кг		$m, 10^{-27}$ кг
Азот (N_2)	46,5	Карбонат кальция ($CaCO_3$)	166
Аммиак (NH_3)	28,3	Нафталин ($C_{10}H_8$)	213
Ацетон [$(CH_3)_2CO$]	96,5	Нитрат серебра ($AgNO_3$)	282
Вода (H_2O)	29,9	Оксид ртути (II)	360
Водород (H_2)	3,3	Серная кислота (H_2SO_4)	163
Едкий натр ($NaOH$)	66,4	Сульфат меди ($CuSO_4$)	265
Едкое кали (KOH)	93,2	Хлороводород (HCl)	60,6
Глицерин [$C_3H_5(OH)_3$]	153	Хлорид натрия ($NaCl$)	97
Кислород (O_2)	53,2		

116. Средняя скорость v движения молекул газа при различной температуре и нормальном атмосферном давлении

Газ	Водород	Кислород	Углекислый газ
$t, ^\circ C$	$v, м/с$		
0	1693	425	362
20	1755	440	376
100	1980	496	422
200	2232	556	475

Зависимость средних скоростей молекул различных газов и водяного пара от абсолютной температуры показана на рисунке 13.

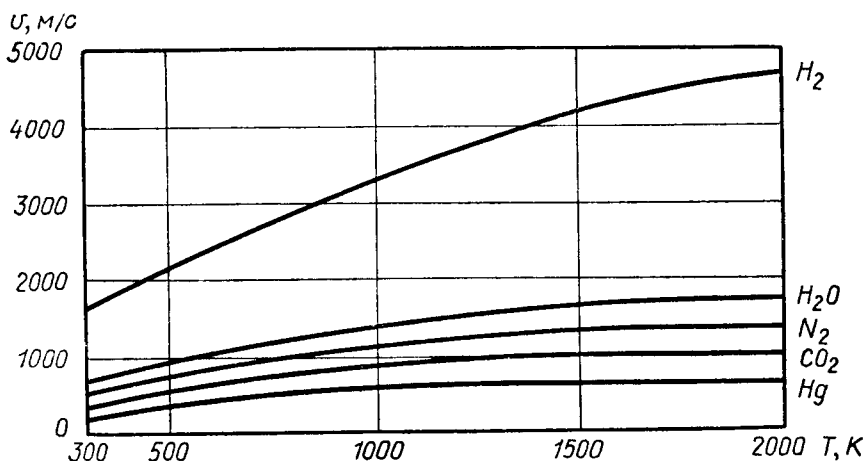


Рис. 13. Зависимость средней скорости движения молекул газа от температуры.

117. Распределение молекул по скоростям движения

В таблице приведены интервалы скоростей молекул и соответствующее им относительное число молекул (в процентах от их общего числа), имеющих скорость в данном интервале. Данные относятся к молекулам газообразного кислорода, находящегося при нормальных условиях ($t = 0^\circ\text{C}$, $p = 101\,325\text{ Па} = 760\text{ мм рт. ст.}$).

Интервал скоростей, м/с	Относительное число молекул, %	Интервал скоростей, м/с	Относительное число молекул, %
Менее 100	1,4	600–700	9,2
100–200	8,1	700–800	4,8
200–300	16,5	800–900	2,0
300–400	21,4	900–1000	0,6
400–500	20,6	Более 1000	0,3
500–600	15,1		

Характер распределения молекул кислорода по скоростям их движения при температурах 0 и -200°C показан на рисунке 14.

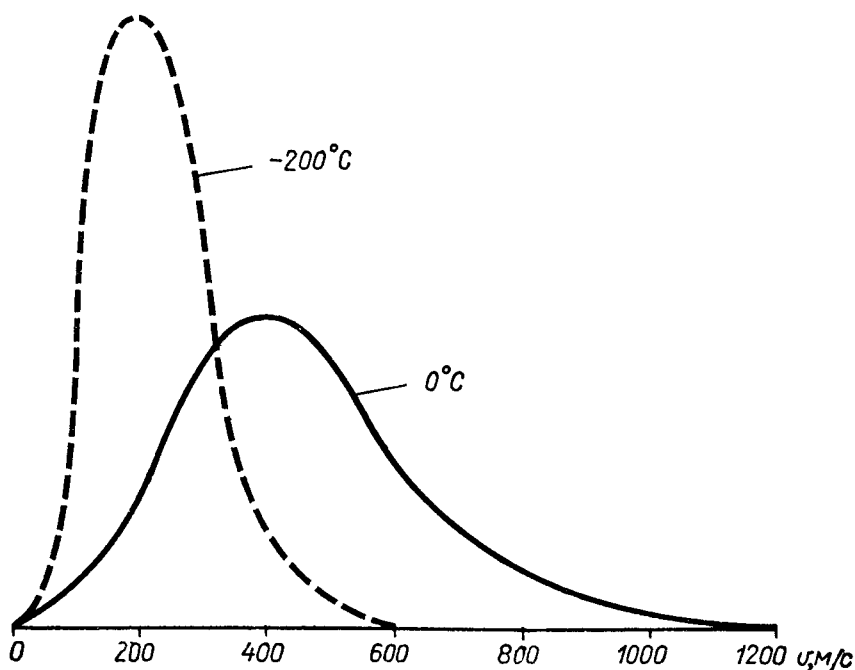


Рис. 14. Характер распределения молекул кислорода по скоростям движения при двух различных температурах газа.

118. Средняя длина свободного пробега молекул газа при различном давлении ($t = 20^\circ\text{C}$)

Давление		Средняя длина свободного пробега	Давление		Средняя длина свободного пробега
Па	мм рт. ст.		Па	мм рт. ст.	
101 325	760	$6,2 \cdot 10^{-8}$ м (62 нм)	10^{-2}	10^{-4}	$4,7 \cdot 10^{-1}$ м ($\approx 0,5$ м)
100	≈ 1	$4,7 \cdot 10^{-5}$ м (47 мкм)	10^{-3}	10^{-5}	4,7 м
50	0,4*	$1,9 \cdot 10^{-4}$ м (190 мкм)	10^{-4}	10^{-6}	47 м
10	10^{-1**}	$4,7 \cdot 10^{-4}$ м ($\approx 0,5$ мм)	10^{-5}	10^{-7}	$4,7 \cdot 10^2$ м ($\approx 0,5$ км)
1	10^{-2}	$4,7 \cdot 10^{-3}$ м (4,7 мм)	10^{-6}	10^{-8}	$4,7 \cdot 10^3$ м (4,7 км)
10^{-1}	10^{-3}	$4,7 \cdot 10^{-2}$ м (47 мм)	10^{-7}	10^{-9}	$4,7 \cdot 10^4$ м (47 км)

* Такое примерно максимальное разрежение создает под колоколом школьный вакуум-насос Комовского.

** Такое примерно максимальное разрежение создает под колоколом школьный ротационный вакуум-насос.

119. Средняя длина свободного пробега молекул различных газов при нормальных условиях ($t = 0^\circ\text{C}$, $p = 101\,325$ Па)

Газ	Азот	Водород	Водяной пар (100°C)	Воздух	Гелий	Кислород	Углекислый газ
Длина свободного пробега, нм	63	110	67	60	175	63	39

120. Средняя длина свободного пробега l молекул газа на различной высоте h над Землей

h , км	l	h , км	l
0	$6,63 \cdot 10^{-8}$ м (66,3 нм)	10	$1,96 \cdot 10^{-7}$ м (196 нм)
0,05	$6,66 \cdot 10^{-8}$ м (66,6 нм)	20	$9,14 \cdot 10^{-7}$ м (914 нм)
0,1	$6,70 \cdot 10^{-8}$ м (67,0 нм)	30	$4,41 \cdot 10^{-6}$ м (4410 нм)
0,2	$6,76 \cdot 10^{-8}$ м (67,6 нм)	50	$7,91 \cdot 10^{-5}$ м (≈ 79 мкм)
0,5	$6,96 \cdot 10^{-8}$ м (69,6 нм)	60	$2,62 \cdot 10^{-4}$ м ($\approx 0,26$ мм)
1	$7,31 \cdot 10^{-8}$ м (73,1 нм)	80	$4,40 \cdot 10^{-3}$ м (4,4 мм)
2	$8,07 \cdot 10^{-8}$ м (80,7 нм)	90	$2,38 \cdot 10^{-2}$ м (23,8 мм)
5	$1,10 \cdot 10^{-7}$ м (110 нм)	100	0,144 м (≈ 14 см)
8	$1,55 \cdot 10^{-7}$ м (155 нм)	120	2,93 м

Примечание. Плотность, давление и температуру воздуха на различных высотах см. в табл. 48, 64, 128.

121. Число столкновений молекулы газа с другими молекулами

В таблице приведено среднее число столкновений молекулы газа с другими молекулами этого же газа за 1 с при температуре 0 °С и нормальном атмосферном давлении (101,3 кПа).

Азот	$7,2 \cdot 10^9$	Кислород	$6,7 \cdot 10^9$
Водород	$1,5 \cdot 10^{10}$	Неон	$4,3 \cdot 10^9$
Воздух	$7,5 \cdot 10^9$	Углекислый газ	$9,3 \cdot 10^9$

122. Число молекул в 1 см³ воздуха при различных давлениях ниже атмосферного ($t = 20^\circ\text{C}$)

Диапазоны давлений		Примерное число молекул воздуха в 1 см ³	Область вакуума*
Па	мм рт. ст.		
101 325–133	760–1	10^{19} – 10^{16}	Низкий вакуум
133–0,13	1 – 10^{-3}	10^{16} – 10^{13}	Средний вакуум
$0,13$ – $1,3 \cdot 10^{-5}$	10^{-3} – 10^{-7}	10^{13} – 10^{10}	Высокий вакуум
$1,3 \cdot 10^{-5}$ и менее**	10^{-7} и ниже	10^{10} и менее	Сверхвысокий вакуум

Примечание. При нормальных условиях ($t = 0^\circ\text{C}$, $p = 101\,325$ Па) в 1 см³ воздуха находится примерно $2,69 \cdot 10^{19}$ молекул.

* В физике и технике принято называть вакуумом такое состояние газа, когда его давление меньше атмосферного. Давление от атмосферного до наименьшего достижимого условно делится на четыре области. Эти области вакуума характеризуются отношением средней длины свободного пробега l молекул газа к линейным размерам d сосуда, в котором находится газ.

В области низкого вакуума средняя длина свободного пробега молекул во много раз меньше линейного размера сосуда ($\frac{l}{d} \ll 1$).

В области среднего вакуума средняя длина свободного пробега молекул соизмерима с линейным размером сосуда ($\frac{l}{d} \approx 1$).

В области высокого вакуума средняя длина свободного пробега молекул значительно превосходит линейный размер сосуда ($\frac{l}{d} \gg 1$).

** В настоящее время наименьшее достигнутое давление составляет 10^{-13} – 10^{-14} Па (10^{-15} – 10^{-16} мм рт. ст.). При этом давлении в 1 см³ воздуха остается всего несколько десятков молекул.

123. Сжимаемость жидкостей

В таблице приведены цифры, показывающие, на какую долю уменьшается первоначальный объем жидкости при увеличении давления на 101,3 кПа. Эта доля зависит от температуры и давления, под которым находится жидкость: с повышением температуры она обычно возрастает, при увеличении давления уменьшается. Данные, приведенные в таблице, относятся к температуре 20 °С и к сравнительно небольшим давлениям (до 2,5 МПа).

Ацетон	0,000121	Ртуть	0,000004
Вода	0,000046	Спирт	0,000110
Глицерин	0,000025	Эфир	0,000183
Керосин	0,000077		

Примечание. Сжимаемость жидкостей, и в частности воды, весьма мала. Однако если вода была бы абсолютно несжимаема, то ее уровень в океане был бы примерно на 30 м выше существующего.

124. Сжимаемость твердых тел

В таблице приведены цифры, показывающие, на какую долю уменьшается первоначальный объем твердого тела при увеличении давления на 101,3 кПа. Эти данные относятся к температуре 20 °С.

Алюминий	0,00000138	Олово	0,00000182
Висмут	0,00000304	Платина	0,00000038
Железо	0,00000060	Свинец	0,00000223
Золото	0,00000062	Серебро	0,00000101
Калий	0,00003240	Углерод (алмаз)	0,00000023

125. Относительная теплопроводность некоторых веществ

Вода	1	Лед	3,7
Алюминий	370	Медь	677
Бензин	0,2	Пробка	0,07
Бумага	0,23	Ртуть	13,2
Вата	0,07	Серебро	755
Воздух	0,043	Снег свежеснеженный	0,17
Войлок	0,15	Спирт	0,3
Древесина	0,2–0,7	Сталь	76
Железо	118	Стекло	0,98
Земля	0,7–3,5	Ткань шерстяная	0,038–0,040
Золото	516	Фарфор	1,7
Кирпич	1,05	Фланель	0,022

Примечание. Значения относительной теплопроводности веществ, приведенные в таблице, определены по отношению к теплопроводности воды.

**126. Парциальное давление некоторых газов, входящих
в состав воздуха,
при нормальных условиях ($t = 0^\circ\text{C}$, $p = 101\,325\text{ Па}$)**

Газ	Объемная доля газа в воздухе, %	Парциальное давление газа	
		кПа	мм рт. ст.
Азот	78,09	79,1	593,4
Кислород	20,95	21,2	159,2
Аргон	0,93	0,94	7,07
Углекислый газ	0,03	0,031	0,23
Неон	0,0018	0,0019	0,014

127. Температуры, встречающиеся в природе и технике, $^\circ\text{C}$

Наиболее низкая температура, достигнутая в лаборатории	-273,148	Пламя при горении напалма	900–1100
Жидкий воздух при кипении	-192	Деталь при нагреве в закалочной печи	900–1000
Минимальная температура, зарегистрированная на Земле (Антарктида, 1983 г.)	-89,2	Лава, вытекающая из жерла вулкана Везувий	1100–1200
Ртуть при плавлении	-38,87	Заготовка при нагреве в кузнечной печи	1400–1500
Вода в Черном море (зимой)	6–8	Пламя газовой горелки	1600–1850
Вода в Черном море (летом)	20–30	Плазма в МГД-генераторе	2200–2600
Цезий при плавлении*	28,4	Нить накала газополной электрической лампочки	≈ 2500
Тело здорового человека	$\approx 36,7$	Пороховые газы в стволе орудия среднего калибра (70–75 мм) при выстреле	≈ 3000
Тело голубя	≈ 42	Термит в зажигательной бомбе	≈ 3000
Максимальная температура воздуха, зарегистрированная на Земле (Ливия, 1922 г.)	57,7	Вольфрам при плавлении**	3420
Атмосфера на поверхности планеты Венера по измерениям советских межпланетных станций «Венера-9» и «Венера-10»	465–485	Электрическая дуга	4000–6000
Пар в современных мощных турбинах	565–580	Поверхность Солнца	≈ 6000
Пламя горелки примуса	≈ 800	Наиболее высокая температура, достигнутая в лаборатории	$7 \cdot 10^7$

* Цезий — наиболее легкоплавкий металл.

** Вольфрам — наиболее тугоплавкий металл.

128. Температура атмосферы на различной высоте над Землей*

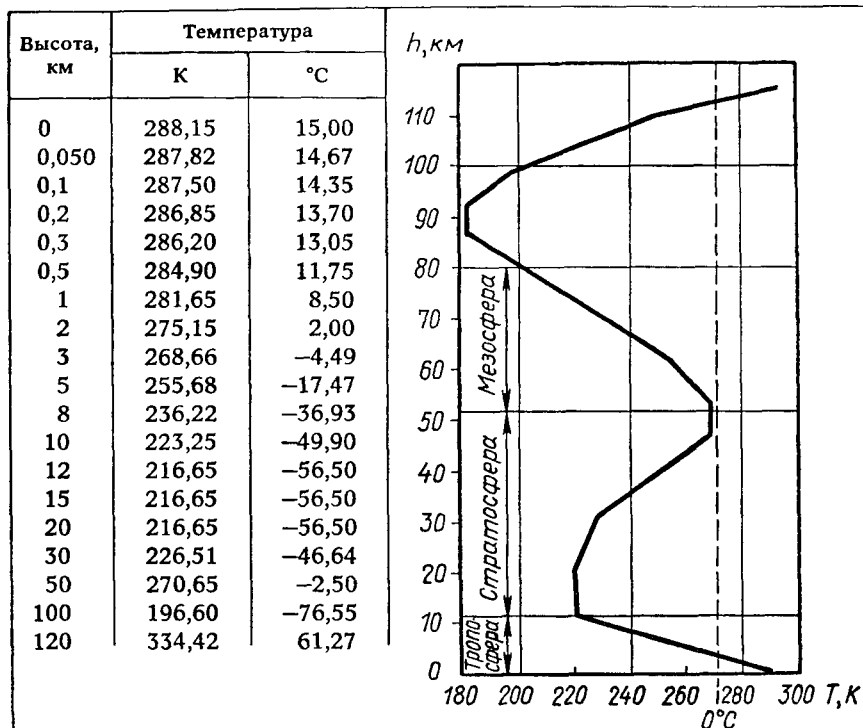


Рис. 15. Температура атмосферы на различной высоте над Землей.

Примечание. Плотность и давление атмосферы на различной высоте см. в табл. 48, 64.

* В зависимости от вертикального распределения температуры атмосферу делят на пять слоев: тропосферу (высота нижней и верхней границы тропосферы от 0 до 11–16 км), стратосферу (от 11–16 до 50–55 км), мезосферу (от 50–55 до 80 км), термосферу (от 80 до 600–800 км) и экзосферу (выше 600–800 км). Температура воздуха от поверхности Земли, где она принимается равной 15 °С, до верхней границы тропосферы понижается в среднем на 6 °С на 1 км подъема. В нижней части стратосферы (до высоты 20 км) температура атмосферы остается приблизительно постоянной, а затем повышается в среднем на 1–2 °С на 1 км подъема и на верхней границе (≈ 50 км) становится равной -2,5 °С. В мезосфере температура с высотой понижается, и у верхней границы мезосферы (≈ 80 км) температура атмосферы достигает -75 °С. По мере дальнейшего увеличения высоты вновь происходит повышение температуры. Это же характерно и для термосферы, где температура, возрастая с увеличением высоты, достигает очень больших значений (свыше 1000 °С). В малоизученной области атмосферы — экзосфере — температура с увеличением высоты возрастает предположительно до 2000 °С.

129. Температура внутренних слоев Земли

Предположительные значения температур внутренних слоев Земли на различной глубине приведены на рисунке 16.

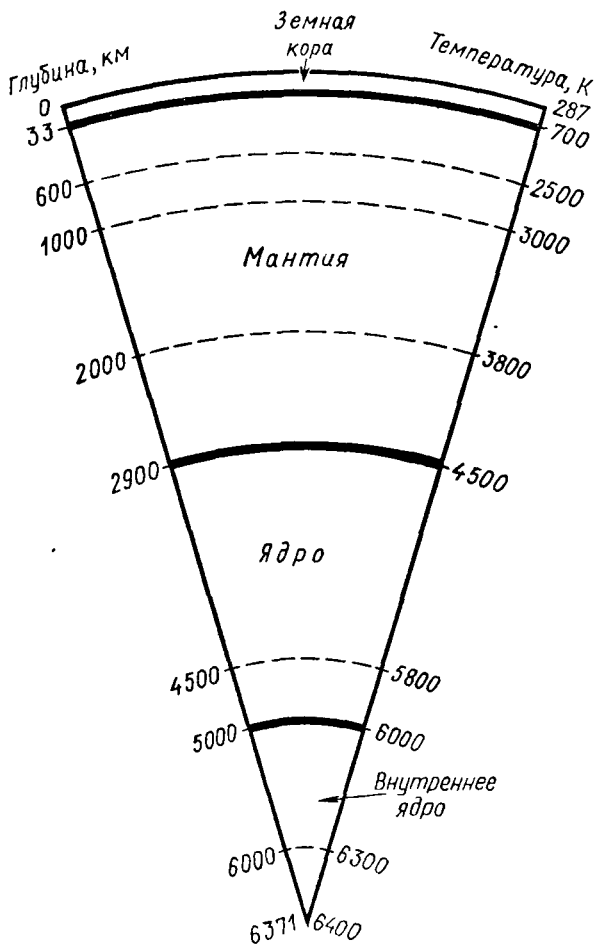


Рис. 16. Температура внутри Земли на различной глубине.

Примечание. Ориентировочные значения плотностей и давлений вещества Земли на различной глубине см. в табл. 66.

130. Давление p и плотность ρ насыщенных паров воды при различных температурах t

$t, ^\circ\text{C}$	p		$\rho, \text{г/м}^3$	$t, ^\circ\text{C}$	p		$\rho, \text{г/м}^3$
	кПа	мм рт. ст.			кПа	мм рт. ст.	
0	0,611	4,58	4,84	17	1,94	14,53	14,5
1	0,656	4,92	5,22	18	2,06	15,48	15,4
2	0,705	5,29	5,60	19	2,19	16,48	16,3
3	0,757	5,68	5,98	20	2,34	17,54	17,3
4	0,813	6,10	6,40	21	2,48	18,6	18,3
5	0,872	6,54	6,84	22	2,64	19,8	19,4
6	0,934	7,01	7,3	23	2,81	21,1	20,6
7	1,01	7,57	7,8	24	2,99	22,4	21,8
8	1,07	8,05	8,3	25	3,17	23,8	23,0
9	1,15	8,61	8,8	30	4,24	31,8	30,3
10	1,23	9,21	9,4	40	7,37	55,3	51,2
11	1,31	9,84	10,0	50	12,3	92,5	83,0
12	1,40	10,52	10,7	60	19,9	149,4	130
13	1,50	11,23	11,4	70	31,0	233,7	198
14	1,59	11,99	12,1	80	47,3	355,1	293
15	1,70	12,79	12,8	90	70,1	525,8	424
16	1,81	13,63	13,6	100	101,3	760,0	598

131. Психрометрическая таблица

Показание сухого термометра, $^\circ\text{C}$	Разность показаний сухого и влажного термометров, $^\circ\text{C}$					
	0	1	2	3	4	5
	Относительная влажность, %					
15	100	90	80	71	61	52
16	100	90	81	71	62	54
17	100	90	81	72	64	55
18	100	91	82	73	65	56
19	100	91	82	74	65	58
20	100	91	83	74	66	59
21	100	91	83	75	67	60
22	100	92	83	76	68	61
23	100	92	84	76	69	61
24	100	92	84	77	69	62
25	100	92	84	77	70	63
26	100	92	85	78	71	64
27	100	92	85	78	71	65
28	100	93	85	78	72	65
29	100	93	86	79	72	66
30	100	93	86	79	73	67

Пример. Сухой термометр показывает 22 °С, влажный – 19 °С. Разность показаний термометров 3 °С. Значение относительной влажности (в процентах) находят на пересечении строки, начинающейся числом 22, и столбца, в головке которого стоит число 3, т. е. относительная влажность равна 76%.

132. Удельная теплоемкость расплавленных металлов и сжиженных газов

Расплавленный металл или сжиженный газ	Температура, °С	Удельная теплоемкость	
		кДж/(кг · К)	ккал/(кг · °С)
Азот	-200,4	2,01	0,48
Алюминий	660–1000	1,09	0,26
Водород	-257,4	7,41	1,77
Воздух	-193,0	1,97	0,47
Гелий	-269,0	4,19	1,00
Золото	1065–1300	0,14	0,034
Кислорода	-200,3	1,63	0,39
Натрий	100	1,34	0,33
Олово	250	0,25	0,060
Свинец	327	0,16	0,039
Серебро	960–1300	0,29	0,069

133. Удельная теплоемкость металлов и сплавов

Металл или сплав	Температура, °С	Удельная теплоемкость	
		кДж/(кг · К)	ккал/(г · °С)
Алюминий	0–200	0,92	0,22
Вольфрам	0–1600	0,15	0,036
Железо	0–100	0,46	0,11
»	0–500	0,54	0,13
Золото	0–500	0,13	0,032
Иридий	0–1000	0,15	0,037
Магний	0–500	1,10	0,27
Медь	0–500	0,40	0,097
Никель	0–300	0,50	0,12
Олово	0–200	0,23	0,056
Платина	0–500	0,14	0,033
Свинец	0–300	0,14	0,033
Серебро	0–500	0,25	0,059
Сталь	50–300	0,50	0,12
Цинк	0–300	0,40	0,097
Чугун	0–200	0,54	0,13

134. Удельная теплоемкость твердых веществ

В таблице приведены средние значения удельной теплоемкости веществ в интервале температур от 0 до 100 °С (если не указана иная температура).

Вещество	Удельная теплоемкость		Вещество	Удельная теплоемкость	
	кДж/(кг·К)	кал/(г·°С)		кДж/(кг·К)	кал/(г·°С)
Азот твердый (при $t = -250$ °С)	0,46	0,11	Кислород твердый (при $t = -200,3$ °С)	1,60	0,39
Бетон (при $t = 20$ °С)	0,88	0,21	Лед (в интервале температур от -40 до 0 °С)	2,10	0,50
Бумага (при $t = 20$ °С)	1,50	0,36	Нафталин (при $t = 20$ °С)	1,30	0,31
Воздух твердый (при $t = -193$ °С)	2,0	0,47	Парафин (при $t = 20$ °С)	2,89	0,69
Графит	0,75	0,18	Пробка	2,00	0,48
Дерево:			Стекло:		
дуб	2,40	0,57	обыкновенное	0,67	0,16
ель, сосна	2,70	0,65	зеркальное	0,79	0,19
Каменная соль	0,92	0,22	лабораторное	0,84	0,20
Камень	0,84	0,20	Фарфор	1,10	0,26
Кирпич (при $t = 0$ °С)	0,88	0,21	Шифер (при $t = 20$ °С)	0,75	0,18

135. Удельная теплоемкость газов и паров при нормальном атмосферном давлении

Газ или пар	Температура, °С	Удельная теплоемкость	
		кДж/(кг·К)	кал/(г·°С)
Азот	0–200	1,0	0,25
Водород	0–200	14,2	3,41
Водяной пар	100–500	2,0	0,48
Воздух	0–400	1,0	0,24
Гелий	0–600	5,2	1,24
Кислорода	20–440	0,92	0,22
Оксид углерода (II)	26–200	1,0	0,24
Оксид углерода (IV)	0–600	1,0	0,24
Пары спирта	40–100	1,2	0,29
Хлор	13–200	0,50	0,12

**136. Удельная теплоемкость жидкостей
при нормальном атмосферном давлении**

Жидкость	Температура, °С	Удельная теплоемкость	
		кДж/(кг·К)	ккал/(кг·°С)
Бензин (Б-70)	20	2,05	0,49
Вода	1–100	4,19	1,00
Глицерин	0–100	2,43	0,58
Керосин	0–100	2,09	0,50
Масло машинное	0–100	1,67	0,40
Масло подсолнечное	20	1,76	0,42
Мед	20	2,43	0,58
Молоко	20	3,94	0,94
Нефть	0–100	1,67–2,09	0,40–0,50
Ртуть	0–300	0,138	0,033
Спирт	20	2,47	0,59
Эфир	18	3,34	0,56

137. Соотношения между единицами удельной теплоемкости

Единицы удельной теплоемкости	Дж/(кг·К)	кДж/(кг·К)	ккал/(г·°С) или ккал/(кг·°С)
1 Дж/(кг·К)	1	0,001	$2,39 \cdot 10^{-4}$
1 кДж/(кг·К)	1000	1	0,239
1 кал/(г·°С) = = 1 ккал/(кг·°С)	$4,19 \cdot 10^3$	4,19	1
Примечание. 1 кал/(г·°С) = 1 ккал/(кг·°С) = 4186,8 Дж/(кг·К) = = 4,1868 кДж/(кг·К).			

**138. Температурный коэффициент линейного расширения
твердых веществ**

В таблице приведены средние значения температурного коэффициента линейного расширения α твердых веществ в интервале температур от 0 до 100 °С (если не указана иная температура).

Вещество	α , 10^{-6}°C^{-1}	Вещество	α , 10^{-6}°C^{-1}
Алмаз	1,2	Дуб (в интервале температур от 2 до 34 °С): вдоль волокон поперек волокон	4,9 54,4
Бетон (при $t = 20 \text{°C}$)	10–14		
Гранит (при $t = 20 \text{°C}$)	8		
Графит	7,9		

Вещество	$\alpha, 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	Вещество	$\alpha, 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Древесина (при $t = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$): вдоль волокон . . .	3,5–5,5	Сосна (в интервале температур от 2 до 34 $^\circ\text{C}$): вдоль волокон	5,4
Кварц плавленный (при $t = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$) .	0,4	Стекло лабораторное	3–9
Кирпич (при $t = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$)	3–9	Стекло оконное (в интервале температур от 20 до 200 $^\circ\text{C}$)	10
Лед (в интервале температур от -20 до 0 $^\circ\text{C}$)	51	Фарфор	2,5–4,0
Парафин (в интервале температур от 16 до 48 $^\circ\text{C}$)	70*	Шифер (при $t = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$)	10

Примечание. Температурные коэффициенты линейного расширения для пластмасс см. в табл. 157.

* Температурный коэффициент объемного расширения парафина.

Зависимость удлинения стержней (начальной длины 1 м) из различных материалов от температуры показана на рисунке 17.

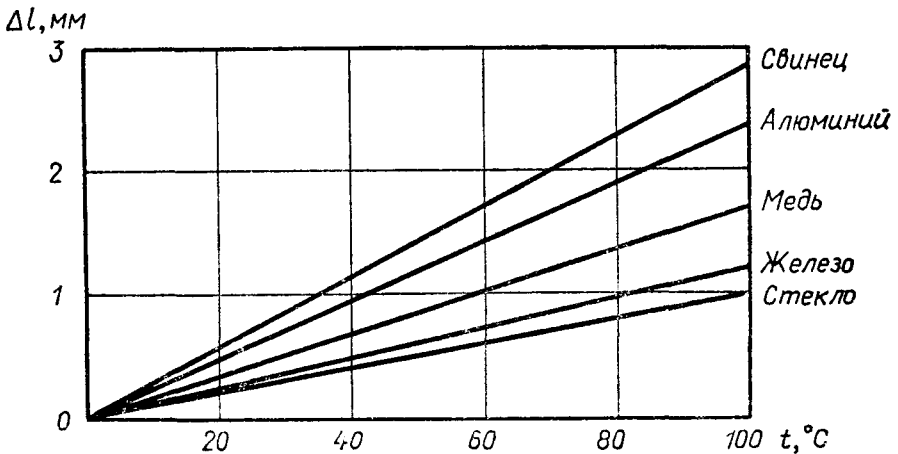


Рис. 17. Зависимость удлинения стержней длиной 1 м, изготовленных из различного материала, от температуры.

139. Температурный коэффициент линейного расширения металлов и сплавов

В таблице приведены средние значения температурного коэффициента линейного расширения α металлов и сплавов в интервале температур от 0 до 100 °С (если не указана иная температура).

Металл, сплав	α , $10^{-6}^{\circ}\text{C}^{-1}$	Металл, сплав	α , $10^{-6}^{\circ}\text{C}^{-1}$
Алюминий	2,4	Нихром (в интервале температур от 20 до 100 °С)	14
Бронза	13–21	Олово	26
Вольфрам (в интервале температур от 0 до 200 °С)	4,5	Платина	9,1
Дуралюмин (при $t = 20$ °С)	23	Платинит** (при $t = 20$ °С)	8–10
Золото	14	Платина-иридий*** (в интервале температур от 20 до 100 °С)	8,8
Железо	12	Свинец	29
Инвар*	1,5	Серебро	20
Иридий	6,5	Сталь углеродистая	10–17
Константан	12–15	Цинк	32
Латунь	17–19	Чугун (в интервале температур от 20 до 100 °С)	9–11
Манганин	18		
Медь	17		
Нейзильбер	18		
Никель	14		

* Этот сплав имеет весьма малый температурный коэффициент линейного расширения. Используется для изготовления деталей точных измерительных приборов.

** Проводниковый материал, температурный коэффициент линейного расширения которого такой же, как и у стекла; применяется при изготовлении электрических ламп.

*** Из этого сплава изготовлены прототипы килограмма и метра.

140. Температурный коэффициент объемного расширения жидкостей

В таблице приведены значения температурного коэффициента объемного расширения β некоторых жидкостей при температуре 20 °С (если не указана иная температура).

Жидкость	$\beta, 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	Жидкость	$\beta, 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Бензин	1240	Кислород (в интервале температур от -205 до -184 °C)	3850
Вода	200	Нефть	900
Вода (в интервале температур от 10 до 20 °C)	150	Раствор соли (6%)	300
Вода (в интервале температур от 20 до 40 °C)	302	Ртуть	181
Воздух жидкий (в интервале температур от -259 до -253 °C)	12 600	Серная кислота	570
Глицерин	505	Скипидар	940
Керосин	960	Спирт	1080
		Эфир	1600
		Хлор (в интервале температур от -101 до -34,1 °C)	1410

Примечание. Связь между температурными коэффициентами объемного (β) и линейного (α) расширений определяется следующим соотношением: $\beta = 3\alpha$.

141. Температура плавления $t_{пл}$ различных веществ при нормальном атмосферном давлении

Вещество	$t_{пл}, \text{ } ^\circ\text{C}$	Вещество	$t_{пл}, \text{ } ^\circ\text{C}$
Азот	-210,0	Молоко цельное	-0,6
Алмаз	>3500	Масло сливочное	28-33
Бензин	ниже -60	Нафталин	80,3
Вазелин	37-52	Нефть	-60
Вода	0,00	Парафин	38-56
Вода тяжелая	3,82	Соль поваренная	770
Водорода	-259,1	Скипидар	-10
Воздух	-213	Спирт	-114,2
Воск пчелиный	61-64	Стеарин	71,6
Глицерин	18	Фреон-12	-155
Иод	113,5	Хлор	-101,0
Керосин	ниже -50	Эфир	-116,0
Кислород	-218,4		

**142. Температура плавления $t_{пл}$ металлов и сплавов
при нормальном атмосферном давлении**

Металл или сплав	$t_{пл}$, °C	Металл или сплав	$t_{пл}$, °C
Алюминий	660,4	Магний	650
Вольфрам (наиболее тугоплавкий из металлов)	3420	Медь	1084,5
Германий	937	Натрий	97,8
Дуралюмин	≈ 650	Нейзильбер	≈ 1100
Железо	1539	Никель	1455
Золото	1064,4	Нихром	≈ 1400
Инвар	1425	Олово	231,9
Иридий	2447	Осмий	ок. 3030
Калий	63,6	Платина	1772
Карбиды		Ртуть	-38,9
гафния	3890	Свинец	327,4
ниобия	3760	Серебро	961,9
титана	3150	Сталь	1300–1500
циркония	3530	Фехраль	≈ 1460
Константан	≈ 1260	Цезий (наиболее легкоплавкий из металлов)	28,4
Кремний	1415	Цинк	419,5
Латунь	≈ 1000	Чугун	1100–1300
Легкоплавкий сплав*	60,5		

* Состав: 50% Bi, 25% Pb, 12,5% Sn, 12,5% Cd.

**143. Удельная теплота плавления металлов
при нормальном атмосферном давлении**

Металл	Удельная теплота плавления		Металл	Удельная теплота плавления	
	кДж/кг	кал/г		кДж/кг	кал/г
Алюминий	393	94	Платина	113	27
Вольфрам	184	44	Ртуть	12	2,8
Железо	270	64,5	Свинец	24,3	5,8
Золото	67	16	Серебро	87	21
Магний	370	89	Сталь	84	20
Медь	213	51	Тантал	174	41
Натрий	113	27	Цинк	112,2	26,8
Олово	59	14	Чугун	96-140	23-33

144. Удельная теплота плавления некоторых веществ при нормальном атмосферном давлении

Вещество	Удельная теплота плавления		Вещество	Удельная теплота плавления	
	кДж/кг	кал/г		кДж/кг	кал/г
Азот	25,7	6,2	Нафталин . .	151	36
Водорода	59	14	Парафин . . .	150	35
Воск	176	42	Спирт	105	25
Глицерин	199	47,5	Стеарин	201	48
Кислорода	13,8	3,3	Хлор	188	45
Лед	330	80	Эфир	113	27

145. Изменение объемов веществ при их плавлении*

В таблице указан объем жидкости $V_{ж}$, образующейся при плавлении твердых тел из различных веществ объемом 1000 см³.

Вещество	$V_{ж}$, см ³	Вещество	$V_{ж}$, см ³
Алюминий	1066	Ртуть	1036
Висмут	967	Свинец	1036
Золото	1052	Серебро	1050
Кремний	900	Сурьма	991
Лед	917	Цинк	1069
Олово	1026	Чугун серый	988–994

* Большинство веществ при переходе из твердого состояния в жидкое увеличивает свой объем. Исключение составляют лед, висмут и некоторые другие вещества.

146. Температура кипения $t_{кип}$ веществ при нормальном атмосферном давлении

Вещество	$t_{кип}$, °С	Вещество	$t_{кип}$, °С
Азот	-195,80	Вольфрам	ок. 5700
Алюминий	2467	Гелий	-268,92
Бензин автомобиль- ный	70–205	Глицерин	290
Вода	100,00	Графит	4200
Вода тяжелая	101,43	Железо	3200
Водный раствор соли (насыщен- ный)	108,8	Золото	2947
Водорода	-252,87	Калий	774
Воздух	≈-193	Керосин	150–300
		Кислород	-182,962
		Магний	1095
		Медь	2540

Вещество	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	Вещество	$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$
Молибден	4600	Сера	444,67
Натрий	882,9	Серебро	2170
Нафталин	217,9	Скипидар	161
Никель	2900	Спирт	78,3
Олово	2620	Тантал	ок. 5500
Осмий	ок. 5000	Уран	ок. 4200
Парафин	350–450	Хлор	-34,1
Платина	ок. 3900	Хлорид натрия	1467
Ртуть	356,66	Цинк	906
Свинец	1745	Эфир	34,6

147. Температура кипения $t_{\text{кип}}$ воды при различных давлениях (ниже нормального атмосферного)

Давление		$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	Давление		$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$
кПа	мм рт. ст.		кПа	мм рт. ст.	
0,6	4,6	0	70,1	526,0	90
1,2	9,2	10	84,5	634,0	95
2,3	17,5	20	90,7	680,0	96,9
4,2	31,8	30	93,3	700	97,7
7,4	55,3	40	94,7	710	98,1
12,3	92,5	50	96,0	720	98,5
31,1	233,7*	70	97,3	730	98,9
38,5	289,0**	75	98,7	740	99,3
53,7	403,0***	83	100,0	750	99,6
			101,325	760	100,0

* Такое примерно давление атмосферы на вершине самой высокой горы в мире — Эвереста (Гималаи, 8848 м).

** Такое примерно давление атмосферы на горной вершине пик Коммунизма (Памир) — высочайшей горной вершине СССР (7495 м).

*** Такое примерно давление атмосферы на вершине горы Кавбек (5043 м).

148. Температура кипения $t_{\text{кип}}$ воды при повышенных давлениях

Давление		$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$	Давление		$t_{\text{кип}}, ^\circ\text{C}$
МПа	ат		МПа	ат	
0,098	1,0	99	3,08	31,5	236
0,196	2,0	120	3,82	39,0	248
0,29	3,0	133	4,90	50,0	263
0,39	4,0	143	9,81	100,0	310
0,49	5,0	151	11,77	120,0	324
0,59	6,0	158	13,73	140,0	335
0,69	7,0	164	14,71	150,0	341
0,78	8,0	170	16,67	170,0	351
0,88	9,0	174	19,61	200,0	364
0,98	10,0	179	21,57	220,0	372
1,56	16,0	200	22,13	225,65	374,15
1,96	20,0	211			

149. Удельная теплота испарения (парообразования) r воды при различной температуре t и нормальном атмосферном давлении

$t, ^\circ\text{C}$	r		$t, ^\circ\text{C}$	r	
	кДж/кг	ккал/кг		кДж/кг	ккал/кг
0	2501	597	80	2308	551
5	2489	594	100	2256	539
10	2477	592	160	2083	497
15	2466	589	200	1941	464
18	2458	587	300	1404	335
20	2453	586	370	438	105
30	2430	580	374	115	27
50	2382	569	374,15*	0	0

Примечания. 1. Явление испарения воды по своим масштабам — одно из грандиознейших в природе. В среднем на земном шаре за год испаряется 577 000 км³ воды, из них с поверхности Мирового океана 505 000 км³, с поверхности рек, озер, водохранилищ и др. — 72 000 км³. Такой же объем воды — 577 000 км³ — образуется при конденсации водяных паров и выпадает за год в виде осадков на Землю.

2. Огромное количество воды испаряется растениями. Например, за вегетационный период (период развития растения, начиная от появления всходов и до созревания новых семян) 1 га пшеницы испаряет около 2000 м³, 1 га капусты — около 8000 м³ воды; одно растение кукурузы или подсолнечника испаряет до 100 л воды; 1 га взрослых лиственных деревьев за лето испаряет до 12 000–15 000 м³ воды.

* При температуре 374,15 °С и давлении 22,13 МПа (225,65 ат) вода находится в критическом состоянии (см. табл. 153). В этом состоянии жидкость и ее насыщенный пар обладают одинаковыми свойствами — разница между водой и ее насыщенным паром исчезает.

График зависимости удельной теплоты парообразования (испарения) r воды от температуры t показан на рисунке 18.

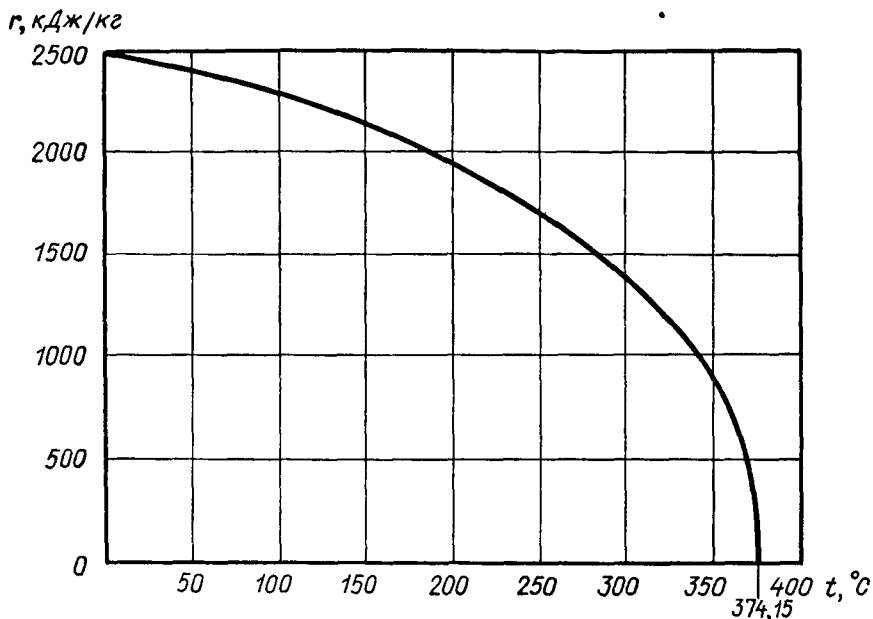


Рис. 18. Зависимость удельной теплоты парообразования воды от температуры.

150. Изменение объемов жидкостей при испарении и газов (паров) при конденсации

В таблице указан объем газа (пара) $V_{г}$, образующегося при испарении 1 л жидкости, взятой при температуре $t = 20^\circ\text{C}$ и нормальном атмосферном давлении, а также объем жидкости $V_{ж}$, образующейся при конденсации 1 м³ газа (пара).

Испаряющаяся жидкость	$V_{г}$, л	Конденсирующийся газ (пар)	$V_{ж}$, л
Азот	716	Азот	1,42
Вода (при $t = 100^\circ\text{C}$)	1780	Водяной пар . . .	0,737
Воздух	749	Воздух	1,38
Гелий	774	Гелий	1,31
Кислород	886	Кислород	1,15
Метан	656	Метан	1,55

**151. Удельная теплота парообразования жидкостей
и расплавленных металлов**
при температуре кипения и нормальном атмосферном давлении

Жидкость	Удельная теплота парообразования		Жидкость	Удельная теплота парообразования	
	кДж/кг	ккал/г или ккал/кг		кДж/кг	ккал/г или ккал/кг
Азот жидкий	201	48	Водород жидкий		
Алюминий . . .	9200	2200	Воздух	450	108
Бензин	230-310	55-75	Водород жидкий		
Висмут	840	200	Гелий жидкий	23	5,5
Вода (при $t = 0$ °С) . . .	2500	597	Железо	6300	1500
Вода (при $t = 20$ °С) . .	2450	586	Керосин	209-230	50-55
Вода (при $t = 100$ °С) . .	2260	539	Кислород жидкий	214	51
Вода (при $t = 370$ °С)*	440	105	Магний	5440	1300
Вода (при $t = 374,15$ °С)	0	0	Медь	4800	1290
			Олово	3010	720
			Ртуть	293	70
			Свинец	860	210
			Спирт этиловый	906	216
			Эфир этиловый	356	85

* При температуре 370 °С вода кипит при давлении 21,6 МПа (220 ат).

**152. Удельная теплота испарения (парообразования) r
некоторых твердых веществ**

Вещество	r		Вещество	r	
	кДж/кг	ккал/кг		кДж/кг	ккал/кг
Иод	226	54	Мышьяк . . .	427	102
Камфара . . .	387,2	92,5	Сухой лед . .	586	140
Лед	2834	677			

Примечание. Непосредственный переход вещества из твердого состояния в газообразное, минуя превращение в жидкое состояние, называется сублимацией.

153. Критические параметры некоторых веществ

Вещество	Критическая температура, °С	Критическая плотность, кг/м ³	Критическое давление	
			МПа	ат
Азот	-147,1	311	3,39	34,6
Аммиак	132,4	235	11,5	117
Ацетилен	35,7	231	6,24	63,7
Вода	374,2	307	22,13	225,65
Водород	-239,9	31,0	1,30	13,5
Воздух	-140,7	350	3,77	38,5
Гелий	-267,9	69,3	0,23	2,3
Кислород	-118,8	430	5,04	51,4
Нафталин	469	314	3,98	40,6
Оксид углерода (II)	-139	301	3,5	36
Оксид углерода (IV)	31,0	460	7,35	75,0
Спирт	243,5	276	6,38	65,2
Хлор	144,0	573	7,70	78,5
Эфир	193,8	260	3,60	37,0

154. Удельная теплота сгорания q некоторых пищевых продуктов

Продукт	q		Продукт	q	
	кДж/кг	ккал/кг		кДж/кг	ккал/кг
Батоны простые	10 470	2500	Мясо куриное	5380	1280
Виноград . . .	2400	700	Огурцы свежие	570	140
Говядина . . .	7520	1800	Окунь, щука	3520	840
Земляника садовая	1730	443	Сахар	17 150	4100
Картофель . . .	3770	900	Сметана . . .	14 800	3530
Кефир	2700	640	Смородина черная . . .	2470	590
Малина	1920	460	Хлеб пшеничный	8930	2130
Масло сливочное	32 700	7800	Хлеб ржаной	8620	2060
Молоко	2800	670	Яблоки	2010	480
Морковь	1720	400	Яйца	6900	1650
Мороженое сливочное	7500	1790			

**155. Удельная теплота сгорания q различных видов топлива
и некоторых веществ**

Топливо, вещество	q	
	МДж/кг	ккал/кг
Условное топливо	29,3	7000
<i>Твердое</i>		
Антрацит	26,8–31,4	6400–7500
Древесный уголь	31,5–34,4	7500–8200
Дрова (воздушно-сухие)	8,4–11	2000–2500
Каменный уголь	≈ 27	≈ 6500
Порох	3,8	900
Сланцы горючие	7,5–15,0	1800–3600
Твердые ракетные топлива	4,2–10,5	1000–2500
Торф	10,5–14,5	2500–3500
Тротил (взрывчатое вещество)	15	3600
Уголь		
канско-ачинский	15,5	3700
подмосковный	10,5	2500
челябинский	14,6	3500
экибастузский	16,1	3840
<i>Жидкое</i>		
Бензин	44–47	10 500–11 200
Дизельное автотракторное	42,7	10 200
Керосин	44–46	10 500–11 000
Нефть	43,5–46	10 400–11 000
Спирт	27,0	6450
Топливо для ЖРД (керосин + жидкий кислород)	9,2	2200
Топливо для реактивных двигателей самолетов (ТС-1)	42,9	10 250
<i>Газообразное</i>		
Ацетилен	48,1	11 500
Водород	120	28 600
Газ природный	41–49	9800–11 700
Метан	50,0	11 950
Оксид углерода (II)	10,1	2420

156. Расход энергии человеком при различной деятельности (ориентировочные значения)

Вид деятельности	Расход энергии в 1 ч на 1 кг массы человека	
	кДж	ккал
Подготовка уроков	5,4–6,7	1,3–1,6
Практические занятия (лабораторные работы)	6,0–6,7	1,4–1,6
Чтение про себя	5,4	1,3
Физическая зарядка	14,3–20,6	3,4–4,9
Плавание	30,0	7,1
Сон	3,8	0,9
Спокойное лежание	4,6	1,1
Стойка «Вольно»	7,1	1,7
Управление мотоциклом	8,8	2,1
Сгребание сена	22,7–24,6	5,4–5,7
Работа прицеппика на сельскохозяйственных машинах	11,3–17,2	2,7–4,1
Ходьба по ровной дороге (со скоростью 5 км/ч)	13,9–18,4	3,3–3,9

157. Теплофизические свойства пластмасс* (при $t = 20^\circ\text{C}$)

Пластмасса	Удельная теплоемкость		Температурный коэффициент линейного расширения, $10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$	Пределы рабочей температуры, $^\circ\text{C}$
	кДж/(кг · К)	кал/(г · $^\circ\text{C}$)		
Гетинакс	0,8–2,0	0,2–0,5	20	от –60 до 105
Капрон . . . . .	...	...	80–100	210–218**
Лавсан	1–2	0,3–0,5	53	...
Органическое стекло	2	0,5	80–100	90–140***
Полистирол	1	0,3	60–100	до 60
Полихлорвинил	0,8–2	0,2–0,5	60–250	...
Полиэтилен	2–3	0,5–0,7	220–550	105–125**
Стеклотекстолит	1	0,3	16	125–200
Текстолит	1–2	0,3–0,5	20–40	до 60

* Эти свойства во многом зависят от состава и способа получения пластмасс, и поэтому числовые данные являются ориентировочными.

** Температура плавления.

*** Температура размягчения.

158. Соотношения между единицами удельных теплот сгорания, паробразования и плавления

Единицы	Дж/кг	кДж/кг	кал/г или ккал/кг
1 Дж/кг	1	10^{-3}	$2,39 \cdot 10^{-4}$
1 кДж/кг	10^3	1	0,239
1 кал/г (1 ккал/кг)	$4,19 \cdot 10^3$	4,19	1

Примечание. 1 кал/г = 1 ккал/кг = 4186,8 Дж/кг = 4,1868 кДж/кг = $4,1868 \cdot 10^{-3}$ МДж/кг.

159. Поверхностное натяжение жидкостей*

В таблице приведены значения поверхностного натяжения σ некоторых жидкостей при температуре 20 °С (если не указана иная температура).

Вещество	σ , мН/м	Вещество	σ , мН/м
Алюминий расплавленный (при $t = 700$ °С, в) . . .	840	Кислород жидкий (при $t = -183$ °С, в)	13,1
Азот жидкий (при $t = -183$ °С, п)	6,2	Молоко (в)	46
Ацетон (п)	24	Нефть (в)	30
Вода (при $t = 0$ °С, в)	75,6	Раствор мыла (в)	40
Вода (при $t = 20$ °С, в)	72,8	Ртуть (п)	472
Вода (при $t = 100$ °С, в)	58,8	Свинец расплавленный (при $t = 350$ °С, п)	442
Вода (при $t = 374,15$ °С, в)	0	Серебро расплавленное (при $t = 970$ °С, в)	930
Золото расплавленное (при $t = 1130$ °С, в)	1102	Спирт (при $t = 0$ °С, в)	22
Глицерин (в)	63	Эфир (п)	17
Керосин (при $t = 0$ °С, в)	29		
Керосин (в)	24		

* Значения поверхностного натяжения для жидкостей указаны на границе жидкости с воздухом или на границе жидкости с парами этой же жидкости, что обозначается соответственно (в) или (п).

Зависимость поверхностного натяжения σ воды (на границе с воздухом) от температуры t (в пределах температур от 0 до 100 °С) графически показана на рисунке 19.

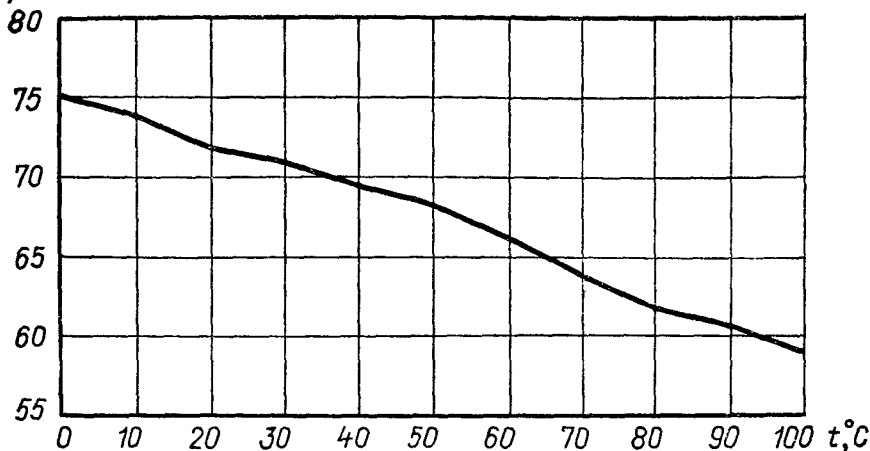
$\sigma, \text{MH/M}$ 

Рис. 19. Зависимость поверхностного натяжения воды от температуры.

160. Капиллярность

В таблице приведены некоторые данные, характеризующие явление капиллярности.

1. Высота подъема воды в зависимости от размеров частиц, образующих капилляры в почве:

Диаметр частиц, мм	Высота капиллярного подъема воды, см	Диаметр частиц, мм	Высота капиллярного подъема воды, см
3-4	3-4	0,2	45
0,5	24,4	0,06-0,08	91

Капиллярная вода с растворенными в ней солями является главным источником снабжения растений влагой. В зависимости от размеров частиц, образующих капилляры в почве, высота капиллярного подъема воды колеблется от нескольких сантиметров до нескольких метров. Глинистые и суглинистые почвы имеют более узкие капиллярные промежутки, песчаные и супесчаные — более широкие. Обычно капиллярный подъем воды в почве лежит в пределах 1-1,5 м; подъем прекращается, если частицы почвы крупнее 3-4 мм.

2. Высоту подъема (опускания) h жидкости в стеклянном капилляре можно определить по формуле

$$h = A/d,$$

где d — диаметр капилляра, мм, A — постоянная данной жидкости, мм². Числовые значения постоянной A для стеклянных капилляров приведены в таблице:

Жидкость	Вода	Спирт	Ртуть
A , мм ²	30	10	10

3. Скорость поднятия воды по капиллярам стебля банана, см/ч 100
 Скорость поднятия воды по капиллярам стебля подсолнечника, см/ч 70

161. Модуль упругости (модуль Юнга) E некоторых материалов

Материал	E		Материал	E	
	ГПа	кгс/мм ²		ГПа	кгс/мм ²
Алюминий	70	7000	Стали		
Бетон . .	3000		легиро-		
Древесина			ванные	210—220	21 000—22 000
(вдоль			Стали		
волокон)	10—12	1000—1200	углеро-		
Древесина			дистые	200—210	20 000—21 000
(поперек			Стекло	56	5600
волокон)	0,5—1,0	50—100	Стекло		
Железо . .	200	20 00	органи-		
Золото . .	79	7900	ческое	2,9	290
Магний . .	44	4400	Титан	112	11 200
Медь . . .	110	11 000	Хром . .	240—250	24 000—25 000
Свинец . .	17	1700	Цинк . .	80	8000
			Чугун		
			серый	115—150	11 500—15 000

Примечание. Значение модуля упругости зависит от структуры, химического состава и способа обработки материала. Поэтому значения E могут отличаться от средних значений, приведенных в таблице.

162. Предел прочности $\sigma_{пч}$ некоторых материалов (при растяжении)

Материал	$\sigma_{пч}$		Материал	$\sigma_{пч}$	
	ГПа	кгс/мм ²		ГПа	кгс/мм ²
Алюминий	0,05–0,11	5–11	Сталь (марки Ст. 3)	0,38–0,47	38–47
Бетон прочный . . .	0,048	4,8	Сталь легированная . . .	0,8–1,0	80–100
Железо . . .	0,17–0,21	17–21	Стекло . . .	0,06–0,12	6–12
Золото . . .	0,14	14	Стекло органическое . . .	0,08	8
Олово . . .	0,027	2,7	Цинк . . .	0,11	11
Свинец . . .	0,016	1,6	Чугун серый	0,25–0,55	25–55
Серебро . . .	0,14	14			

Примечание. В таблице приведены ориентировочные значения предела прочности некоторых материалов.

163. Допускаемое механическое напряжение $\sigma_{доп}$ в некоторых материалах (при растяжении)

Материал	$\sigma_{доп}$		Материал	$\sigma_{доп}$	
	ГПа	кгс/мм ²		ГПа	кгс/мм ²
Алюминий	0,03–0,08	3–8	Сталь (марки Ст. 3)	0,16	16
Бетон . . .	0,0003–0,0015	0,03–0,15	Сталь углеродистая . . .	0,06–0,25	6–25
Медь . . .	0,03–0,12	3–12	Чугун серый	0,028–0,080	2,8–8,0
Сталь легированная	0,1–0,4	10–40			

Примечание. В таблице приведены ориентировочные значения допускаемого напряжения для некоторых материалов.

164. Коэффициент запаса прочности

Сталь при переменной нагрузке	5–15
Сталь при постоянной длительной нагрузке	2,4–2,6
Сталь при ударной нагрузке	2,8–5,0
Чугун, бетон, древесина при постоянной длительной нагрузке	3–9

Примечание. При выборе коэффициента запаса прочности учитываются многие факторы: качество и степень однородности материала, долговечность и значимость сооружений и машин, условия их эксплуатации и др.

165. «Физика» человека (тепловые параметры)

Нормальная температура тела, °С	36,7
Температура отдельных участков тела, °С	
лба	33,4
ладони рук	32,8
подошвы ног	30,2
Температура замерзания (плавления) крови, °С	от -0,56 до -0,58
Удельная теплоемкость крови, кДж/(кг·К)	3,9
» » » кал/(г·°С)	0,93
Масса воды, испаряющаяся с поверхности кожи и легких в сутки, кг	0,8–2,0
Наиболее благоприятная для жизни человека относительная влажность, %	40–60
Поверхностное натяжение крови, мН/м	60

166. Характеристика рабочего процесса двигателей внутреннего сгорания

В таблице приведены значения давлений p и температур t газов внутри цилиндра четырехтактных двигателей внутреннего сгорания (дизельных и карбюраторных).

Показатели	p , МПа (ат)	t , °С
<i>Дизельный д. в. с.</i>		
Конец процесса впуска	0,08–0,09 (0,80–0,95)	30–50
Конец процесса сжатия	3,5–4,0 (35–40)	600–700
Конец процесса сгорания	6,0–9,0 (60–90)	2000–2200
Конец процесса расширения	0,4–0,5 (4–5)	700–900
<i>Карбюраторный д. в. с.</i>		
Конец процесса впуска	0,07–0,09 (0,7–0,9)	50–80
Конец процесса сжатия	0,5–0,9 (5–9)	250–300
Конец процесса сгорания	3,0–3,5 (30–35)	≈ 2500
Конец процесса расширения	0,5–0,6 (5–6)	900–1400

167. Коэффициенты полезного действия тепловых двигателей, %

Паровая машина стационарная	≈ 15
Турбореактивный двигатель	20–30
Газотурбинная установка (стационарная)	25–29
Двигатель карбюраторный	25–30
Дизель тракторный	28–32
Дизель стационарный	34–44

Паровая турбина большой мощности при начальных параметрах пара:

$p=3,5$ МПа (35 ат) и $t=435$ °С	25
$p=9$ МПа (90 ат) и $t=480$ °С	30
$p=17$ МПа (170 ат) и $t=550$ °С	36–37
$p=24$ МПа (240 ат) и $t=560$ °С	40
Паровая машина Уатта (1768 г.)	3–4
Первый дизель (1897 г.)	22

168. Современные паровые турбины большой мощности

Показатели	Мощность турбины, МВт			
	200	300	500	800
Давление свежего пара, МПа (ат)	12,7(130)	23,5(240)	23,5(240)	23,5(240)
Температура пара, °С	565	560	560	560
Расход пара в турбине, т/ч	570	853	1480	2410
Длина турбины, м	20,5	22,0	27,7	39,5
Масса турбины, т	560	625	905	1300
Частота вращения ротора, с ⁻¹ (об/с)	50	50	50	50
мин ⁻¹ (об/мин)	3000	3000	3000	3000
Давление пара в конденсаторе, кПа (ат)	3,5(0,035)	3,5(0,035)	3,5(0,035)	4,0(0,04)

Примечание. Данные о турбогенераторах, работающих с мощными паровыми турбинами, см. в табл. 212.

169. Паровая турбина рекордной мощности*

Мощность турбины, МВт	1200	Частота вращения ротора, с ⁻¹	50
Параметры пара, поступающего в турбину		Расход пара турбиной, т/ч	3660
температура, °С	540	Длина турбины, м	47,9
давление, МПа	23,5	Масса турбины, т	1900
ат	240		

* Турбина установлена на Костромской ГРЭС и работает с турбогенератором мощностью 1200 МВт (см. табл. 213).

Показатели	ЛуАЗ-969М	„Запорожец“, ЗАЗ-968М	„Москвич“, МЗМА		„Нива“, ВАЗ-2121
			-2141	-2140	
Максимальная скорость, км/ч . . .	85	118	155	142	132
Максимальная мощность двигателя, кВт (л. с.) . . .	29(40)	30(41)	56(76)	55(75)	59(80)
Частота вращения коленчатого вала при максимальной мощности, с ⁻¹ (об/с)	68,3–71,7	70,0–73,3	90	96,7	90,0
Диаметр цилиндра, мм	76	76	79	82	79
Ход поршня, мм	66	66	80	70	80
Рабочий объем цилиндров, л	1,20	1,20	1,57	1,48	1,57
Собственная масса*, кг	960	840	1070	1080	1150
Полная масса*, кг	1360	1160	1470	1480	1550
Число мест	4 + 100 кг	4	5	4–5	4–5
Габариты, м					
длина	3,4	3,8	4,3	4,2	3,7
высота	1,8	1,4	1,7	1,5	1,6
ширина	1,6	1,5	1,4	1,5	1,7
Давление воздуха в шинах, МПа (ат)					
передние колеса	0,17(1,7)	0,13(1,3)	0,17(1,7)	0,17(1,7)	0,18(1,8)
задние колеса	0,15(1,5)	0,17(1,7)	0,21(2,1)	0,17(1,7)	0,17(1,7)

* Собственная масса автомобиля – масса автомобиля в снаряженном состоянии. Она складывается из сухой массы автомобиля, массы топлива, охлаждающей жидкости, запасного колеса, инструмента, принадлежностей. Полную массу составляет собственная масса автомобиля вместе с массой шофера и пассажиров.

ВЫХ АВТОМОБИЛЯХ

„Жигули“, ВАЗ			„Волга“, ГАЗ-24	„Волга“, ГАЗ-3102	ЗИЛ-4104	УАЗ-469
-2108	-2106	-2107				
148	154	152	147	152	190	100
47(64)	59(80)	57(77)	70(95)	77(105)	232(315)	55(75)
93,3	86,7	93,3	75,0	79,2	70,0	66,7
76	79	76	92	92	108	92
71	80	80	92	92	105	92
1,29	1,57	1,45	2,44	2,45	7,68	2,44
900	1045	1030	1420	1470	3335	1650
1300	1445	1430	1820	1870	3800	2450
5	5	5	5	5	7	7 + 100 кг
4,0	4,2	4,1	4,7	4,9	6,3	4,0
1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	2,0
1,6	1,6	1,6	1,8	1,8	2,1	1,8
0,20(2,0)	0,16(1,6)	0,17(1,7)	0,17(1,7)	0,20(2,0)	0,21(2,1)	0,17(1,7)
0,19(1,9)	0,19(1,9)	0,20(2,0)	0,17(1,7)	0,20(2,0)	0,23(2,3)	0,19(1,9)

Примечание. Все указанные в таблице автомобили имеют четырехцилиндровые карбюраторные двигатели (у двигателя ЗИЛ—8 цилиндров).

Показатели	Колес			
	T-16M*	T-25A	MT3-80	T-150K
Мощность дизеля, кВт (л. с.)	14,7(20)	18,5(25)	59(80)	122(165)
Частота вращения ко- ленчатого вала при указанной мощности с ⁻¹ (об/с)	26,7	30,0	36,7	35,0
мин ⁻¹ (об/мин) . .	1600	1800	2200	2100
Число цилиндров дизеля	2	2	4	6
Диаметр цилиндра, мм	105	105	110	130
Ход поршня, мм . . .	120	120	125	115
Рабочий объем цилин- дров, л	2,1	2,1	4,7	9,1
Тяговое усилие на крюке на первой передаче, кН	6,0	7,2	14	35
Тяговое усилие на крюке на высшей передаче, кН	1,4	1,1	3	10,2
Скорость на первой пе- редаче, км/ч	4,9	6,4	2,5	8,5
Скорость на высшей пе- редаче, км/ч	20,6	21,9	33,4	30,1
Масса заправленного трактора, т	1,8	2,0	3,3	7,9
Ширина гусеницы, см	—	—	—	—
Давление на почву МПа	0,08—0,18	0,08—0,19	0,13—0,19	0,09—0,13
кгс/см ²	0,8—1,8	0,8—1,9	1,3—1,9	0,9—1,3
Длина трактора, м . .	3,7	3,2	3,8	5,8
Ширина, м	1,5	1,5	2,0	2,2

* Самоходное шасси.

о тракторах

ные		Гусеничные				
К-700А	К-701	Т-74	АТ-75М	АТ-175С	Т-4А	Т-150
158(215)	220(300)	55(75)	66(90)	122(165)	96(130)	110(150)
28,3	31,7	28,3	29,2	31,7	28,3	33,3
1700	1900	1700	1750	1900	1700	2000
8	12	4	4	6	6	6
130	130	120	130	130	130	130
140	140	140	140	115	140	115
14,8	22,3	6,3	7,4	9,1	11,1	9,1
60	65	33,5	35,4	...	50,0	42,5
12,7	13,7	8,8	13,8	...	25,5	17,8
2,6	2,9	4,5	5,3	} плавно от 0 до 21,7	3,5	7,6
30,2	33,7	11,2	11,2		9,5	15,9
12,0	13,4	5,7	6,6	7,8	8,4	7,2
—	—	39	42	39	42	39
0,11—0,17	0,11—0,17	0,044	0,047	0,055	0,040	0,046
1,1—1,7	1,1—1,7	0,44	0,47	0,55	0,40	0,46
7,4	7,4	4,2	4,6	5,3	4,5	4,7
2,9	2,9	1,8	1,7	1,9	1,9	1,9

172. Данные о грузовых автомобилях

Показатели	УАЗ-452А	ГАЗ-51А	ГАЗ-52-04	ГАЗ-53А	ЗИЛ-130	ЗИЛ-ММЗ-555 (самосвал)	КамАЗ-5320 (основная модель)
Максимальная скорость, км/ч	95	70	70	80	90	90	80
Максимальная мощность двигателя, кВт (л. с.)	53(72)	52(70)	55(75)	85(115)	110(150)	110(150)	154(210)
Частота вращения коленчатого вала при максимальной мощности, с ⁻¹ (об/с)	67	47	43,3	53	53	53	43,3
мин ⁻¹ (об/мин)	4000	2800	2600	3200	3200	3200	2600
Диаметр цилиндра, мм	92	82	82	92	100	100	120
Ход поршня, мм	92	110	110	80	95	95	120
Рабочий объем цилиндров, л	2,4	3,5	3,5	4,2	6,0	6,0	10,8
Собственная масса в снаряженном состоянии, т	1,7	2,5	2,5	3,2	4,3	4,6	7,1
Грузоподъемность, т	0,8	2,5	2,5	4,0	6,0	5,2	8,0
Габариты, м:							
длина	4,5	5,7	5,7	6,4	6,7	5,5	7,4
высота	2,0	2,1	2,2	2,2	2,4	2,4	2,6
ширина	2,0	2,3	2,2	2,4	2,5	2,4	2,5
Давление воздуха в шинах, МПа (ат):							
переднего колеса	0,20(2,0)	0,29(3,0)	0,29(3,0)	0,34(3,5)	0,44(4,5)	0,34(3,5)	0,72(7,3)
заднего колеса	0,26(2,7)	0,34(3,5)	0,34(3,5)	0,52(5,3)	0,59(6,0)	0,52(5,3)	0,44(4,5)

173. Крупнейшие автомобили страны

В таблице приведены данные о крупнейших в стране автомобилях-самосвалах, выпускаемых Белорусским автомобильным заводом (БелАЗ)

Показатели	БелАЗ-75191	БелАЗ-75211
Мощность дизельного двигателя, кВт (л. с.)	883(1200)	1691(2300)
Число цилиндров	8	12
Рабочий объем цилиндров, л	45,2	165,2
Масса в снаряженном состоянии, кг	85 000	158 000
Масса перевозимого груза, кг	110 000	180 000
Максимальная скорость, км/ч	50	50
Габариты, м		
длина	11,2	14,5
высота	5,1	6,2
ширина	6,1	7,8

174. Данные о некоторых колесных и гусеничных машинах Советской Армии

Показатели	Боевая машина пехоты (БМП)	Бронетранспортер (БТР-60П)	Гусеничные транспортеры		Тягач АТС-59	Танк Т-72
			ГТ-СМ	ГТ-Т		
Мощность двигателя, кВт (л. с.)	221(300)	2×66(2×90)	75(115)	147(200)	221(300)	570(780)
Наибольшая скорость, км/ч						
на суше	65	80	50	45	39	60
на воде	7	10	—	—	—	—
Масса, т	11	9,8	3,8	8,2	13	41
Давление на почву, кПа (кгс/см ²)	59(0,6)	94—212 (0,96—2,16)	17(0,17)	23,5 (0,24)	51(0,52)	...
Тип двигателя	дизельный	карбюраторный			дизельный	
Габариты, м						
длина	6,7	7,2	5,4	6,3	6,3	...
ширина	2,9	2,9	2,6	3,1	2,8	...
высота	1,9	2,1	1,7	2,2	2,5	...

175. Данные о зерноуборочных комбайнах

Показатели	„Нива“	„Колос“	„Сибиряк“	„Дон-1500“
Скорость движения, км/ч:				
рабочая	1,0–7,4	1,0–7,4	1,2–8,5	до 10
транспортная . . .	1,0–18,7	1,0–18,7	до 21,1	10–20
Мощность двигателя, кВт (л. с.)	73,6(100)	110,3(150)	73,6(100)	161,8(220)
Производительность, т/ч	7,2	8,5	7,6	10,0–11,0
Ширина захвата, м . .	3,2; 4,2; 5; 6; 7	4,1; 5; 6; 7	3,2; 4,1; 5; 6	5; 6; 7; 8,6
Вместимость бункера, м ³	3	3	2,3	6
Давление в шинах колес, МПа (ат):				
ведущих		0,23(2,3)		0,17(1,7)
управляемых . . .		0,22(2,2)		0,15(1,5)

176. Данные о тепловозах

Показатели	ТЭЗ	ТЭ10Л	ТЭП60
Мощность дизеля, кВт (л. с.) . .	1470(2000)	2200(3000)	2200(3000)
Мощность главного генератора, кВт	1350	2000	2000
Число электродвигателей, приводящих тепловоз в движение . . .	6	6	6
Мощность одного электродвигателя, кВт (л. с.)	206(280)	307(418)	310(422)
Тяга тепловоза, кН (кгс)	198(20200)	255(26000)	123(12500)
Скорость, соответствующая указанной тяге, км/ч	20	23	50
Максимальная скорость тепловоза, км/ч	100	100	160
Масса тепловоза, т	126	129	129
КПД тепловоза, %	27	29	27

177. Данные о мопедах, мотороллерах, мотоциклах

Показатели	Мопеды		Мотороллеры		Мотоциклы	
	„Рига-11“, ЗИФ-77	„Верховина-7“	„Вятка-3-электрон“	„Тулица“	ММВЗ-3.112	„Восход-3“
Масса (сухая), кг	44*	55	119	140	104,5	125
Максимальная скорость, км/ч	40	40	80	100	95	105
Максимальная мощность двигателя, кВт (л. с.)	0,9(1,2)	1,5(2,0)	5,7(7,5)	11(15)	8,8(12)	10,3(14)
Частота вращения коленчатого вала при максимальной мощности:						
с ⁻¹ (об/с)	75	83,3	95	88-93	105-115	92
мин ⁻¹ (об/мин)	4500	5000	5700	5300-5600	6300-6900	5500
Диаметр цилиндра, мм	38	38	57	62	52	62
Ход поршня, мм	40	44	58	66	58	58
Рабочий объем цилиндра, см ³	45	50	148	199	123	174
Давление воздуха в шинах, МПа (ат):						
переднее колесо	0,20(2,0)*	0,15(1,5)	0,10(1,0)	0,10(1,0)	0,16(1,6)	0,15(1,5)
заднее колесо	0,20(2,0)	0,15(1,5)	0,15(1,5)	0,15(1,5)	0,20(2,0)	0,20(2,0)

Примечания. 1. Все двигатели двухтактные, одноцилиндровые.

2. У всех названных в таблице машин путь торможения со скорости 30 км/ч (8,3 м/с) равен 7 м.

* Масса мопеда ЗИФ-77 — 35,2 кг; давление в шине его переднего колеса — 0,12 МПа (1,2 ат).

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

178. Диэлектрическая проницаемость веществ

В таблице приведены значения диэлектрической проницаемости ϵ для некоторых диэлектриков — газов (при 0 °С) и водяного пара (при 100 °С), жидкостей и твердых веществ (при 20 °С или при температуре, указанной в скобках). Значения диэлектрических проницаемостей веществ указаны при нормальном атмосферном давлении.

Вещество	ϵ	Вещество	ϵ
<i>Газы и водяной пар</i>		Глицерин	43
Азот	1,0058	Кислород жидкий (при $t = -192,4$ °С)	1,5
Водород	1,00026	Масло трансформаторное	2,2
Воздух	1,00057	Спирт	26
Вакуум	1,00000	Эфир	4,3
Водяной пар (при $t = 100$ °С)	1,006	<i>Твердые тела*</i>	
Гелий	1,00007	Алмаз	5,7
Кислород	1,00055	Бумага парафинированная	2,2
Углекислый газ	1,00099	Дерево сухое	2,2–3,7
<i>Жидкости</i>		Лед (при $t = -10$ °С)	70
Азот жидкий (при $t = -198,4$ °С)	1,4	Парафин	1,9–2,2
Бензин	1,9–2,0	Резина	3,0–6,0
Вода	81	Слюда	5,7–7,2
Водород жидкий (при $t = -252,9$ °С)	1,2	Стекло	6,0–10,0
Гелий жидкий (при $t = -269$ °С)	1,05	Титанат бария	1200
		Фарфор	4,4–6,8
		Янтарь	2,8

Примечание. Электрическая постоянная ϵ_0 (диэлектрическая проницаемость вакуума) равна: $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi c^2} \cdot 10^7$ Ф/м $\approx 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м (c — скорость света в вакууме).

* Значения диэлектрической проницаемости пластмасс см. в табл. 187.

179. Магнитная проницаемость пара- и диамагнетиков

В таблице приведены значения магнитной проницаемости μ для некоторых парамагнитных ($\mu > 1$) и диамагнитных ($\mu < 1$) веществ.

Парамагнетики	μ	Диамагнетики	μ
Алюминий . . .	1,000023	Висмут	0,999824
Воздух	1,00000038	Вода	0,999991
Вольфрам	1,000176	Водород	0,999999937
Кислород	1,0000019	Медь	0,999990
Кислород жидкий	1,003400	Стекло	0,999987

Примечание. Магнитная постоянная μ_0 (магнитная проницаемость вакуума) равна: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м $\approx 1,257 \cdot 10^{-6}$ Гн/м.

180. Магнитная проницаемость ферромагнетиков

В таблице приведены значения магнитной проницаемости μ для некоторых ферромагнетиков (веществ с $\mu \gg 1$).

Ферромагнетики	μ	Ферромагнетики	μ
Железо мягкое	8000	Пермаллой-68* . . .	250 000
Кобальт	175	Чугун	600–800
Никель	1100		

Примечание. Магнитная проницаемость для ферромагнетиков (железо, чугун, сталь, никель и др.) непостоянна. В таблице указаны максимальные значения μ .

* Пермаллой-68 – сплав из 68% никеля и 32% железа; этот сплав применяют для изготовления сердечников трансформаторов.

181. Температура Кюри некоторых веществ

Вещество	Температура Кюри, °С	Вещество	Температура Кюри, °С
Железо	770	Сульфид хрома . . .	30
Кобальт	1331	Гадолиний	20
Никель	358	Тербий	-50
Сплав никеля (70%) и меди (30%)	67	Диспрозий	-186

182. Удельное электрическое сопротивление ρ проводников
(при $t = 20^\circ\text{C}$)

Проводник	ρ , мкОм·м	Проводник	ρ , мкОм·м
Алюминий	0,028	Никель	0,073
Вольфрам	0,055	Олово	0,12
Графит	13	Платина	0,10
Дуралюмин	0,033	Ртуть	0,96
Железо	0,10	Свинец	0,21
Золото	0,024	Серебро	0,016
Латунь	0,07–0,08	Сталь	0,10–0,14
Магний	0,045	Цинк	0,061
Медь	0,017	Чугун	0,5–0,8

Примечание. Значения удельного электрического сопротивления для проводниковых материалов высокого сопротивления указаны в табл. 183.

183. Сплавы высокого сопротивления

Название сплава	Удельное электрическое сопротивление ρ , мкОм·м	Состав сплава, %			
		медь	никель	марганец	другие элементы
Константан	0,50	54	45	1	—
Копель	0,47	56,5	43	0,5	—
Манганин	0,43	> 85	2–4	12	—
Нейзильбер	0,3	65	15	—	20 Zn
Никелин	0,4	68,5	30	1,5	—
Нихром	1,1	—	> 60	< 4	30 < Cr
Фехраль	1,3	—	—	—	ост. Fe 12–15 Cr 3–4 Al 80 < Fe

184. Температурные коэффициенты α электрического сопротивления проводников

Проводник	$\alpha, 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	Проводник	$\alpha, 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Алюминий	4,2	Никель	6,5
Вольфрам	5	Нихром	0,1
Железо	6	Олово	4,4
Золото	4	Платина	3,9
Константан	0,05	Ртуть	1,0
Латунь	0,1–0,4	Свинец	3,7
Магний	3,9	Серебро	4,1
Манганин	0,01	Сталь	1–4
Медь	4,3	Фехраль	0,1
Нейзильбер	0,25	Цинк	4,2
Никелин	0,1	Чугун	1,0

Примечание. Значения температурного коэффициента сопротивления проводников указаны для интервала температур 0–100 °С.

185. Температуры перехода чистых металлов в сверхпроводящее состояние

Металл	Температура перехода		Металл	Температура перехода	
	°С	К		°С	К
Алюминий	–272,0	1,2	Свинец	–266,0	7,2
Ванадий	–267,9	5,3	Таллий	–269,8	3,4
Молибден	–272,3	0,9	Тантал	–268,7	4,5
Ниобий	–264,0	9,2	Уран	–272,4	0,8
Олово	–269,5	3,7	Цинк	–272,3	0,9

Примечания. 1. Сверхпроводимость обнаружена у более чем 25 металлических элементов и у большого числа сплавов и соединений.

2. Сверхпроводником с наиболее высокой температурой перехода в сверхпроводящее состояние – 23,2 К (–250,0 °С) – до недавнего времени являлся германид ниобия (Nb₃Ge). В конце 1986 г. был получен сверхпроводник с температурой перехода ≈ 30 К (≈ -243 °С)*. Сообщается о синтезе новых высокотемпературных сверхпроводников: керамика с температурой перехода ≈ 90 –120 К.

* Этот сверхпроводник – керамика; она изготавливается путем спекания оксидов бария, меди и лантана.

186. Удельное электрическое сопротивление некоторых полупроводников и диэлектриков

Вещество	Температура, °С	Удельное сопротивление	
		Ом · м	Ом · мм ² /м
<i>Полупроводники</i>			
Антимонид индия (InSb)	17	$5,8 \cdot 10^{-5}$	58
Бор	27	$1,7 \cdot 10^4$	$1,7 \cdot 10^{10}$
Германий	27	0,47	$4,7 \cdot 10^5$
Кремний	27	$2,3 \cdot 10^3$	$2,3 \cdot 10^9$
Селенид свинца (II) (PbSe)	20	$9,1 \cdot 10^{-6}$	9,1
Сульфид свинца (II) (PbS)	20	$1,7 \cdot 10^{-5}$	0,17
<i>Диэлектрики</i>			
Вода дистиллированная	20	10^3-10^4	10^9-10^{10}
Воздух	0	$10^{15}-10^{18}$	$10^{21}-10^{24}$
Воск пчелиный	20	10^{13}	10^{19}
Древесина сухая	20	10^9-10^{10}	$10^{15}-10^{16}$
Кварц	230	10^9	10^{15}
Масло трансформаторное	20	$10^{10}-10^{13}$	$10^{16}-10^{19}$
Парафин	20	10^{14}	10^{20}
Резина	20	$10^{11}-10^{12}$	$10^{17}-10^{18}$
Слюда	20	$10^{11}-10^{15}$	$10^{17}-10^{21}$
Стекло	20	10^9-10^{13}	$10^{15}-10^{19}$
Примечание. Удельное сопротивление пластмасс см. в табл. 187.			

187. Электрические свойства пластмасс

Название пластмассы	Диэлектрическая проницаемость	Удельное электрическое сопротивление, Ом · м
Гетинакс	4,5-8,0	10^9-10^{12}
Капрон	3,6-5,0	$10^{10}-10^{11}$
Лавсан	3,0-3,5	$10^{14}-10^{16}$
Органическое стекло	3,5-3,9	$10^{11}-10^{13}$
Пенопласт	1,0-1,3	$\approx 10^{11}$
Полистирол	2,4-2,6	$10^{13}-10^{15}$
Полихлорвинил	3,2-4,0	$10^{10}-10^{12}$
Полиэтилен	2,2-2,4	$\approx 10^{15}$
Стеклотекстолит	4,0-5,5	$10^{11}-10^{12}$
Текстолит	6,0-8,0	10^7-10^{10}
Целлулоид	4,1	$\approx 10^9$
Эбонит	2,7-3,5	$10^{12}-10^{14}$

188. Удельное электрическое сопротивление ρ электролитов
(при $t = 18^\circ\text{C}$ и 10-процентной концентрации раствора)

Раствор	$10^{-3} \rho, \text{ Ом} \cdot \text{м}$	Раствор	$10^{-3} \rho, \text{ Ом} \cdot \text{м}$
Гидроксид натрия (NaOH)	32	Серная кислота (20-процентная концентрация)	15
Медный купорос ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	315	Соляная кислота (HCl)	16
Серная кислота (H_2SO_4)	25	Хлорид натрия (NaCl)	83

Примечание. Удельное сопротивление электролитов зависит от их температуры и концентрации, т. е. от отношения массы растворенной кислоты, щелочи или соли к массе растворившей воды. При указанной концентрации растворов увеличение температуры на 1°C уменьшает удельное сопротивление раствора, взятого при 18°C , на 0,012 для гидроксида натрия, на 0,022 — для медного купороса, на 0,021 — для хлорида натрия, на 0,013 — для серной кислоты и на 0,003 — для 100-процентной серной кислоты.

189. Удельное электрическое сопротивление ρ жидкостей

В таблице приведены ориентировочные значения удельных электрических сопротивлений некоторых жидкостей при температуре 20°C (если не указана иная температура).

Жидкость	$\rho, \text{ Ом} \cdot \text{м}$	Жидкость	$\rho, \text{ Ом} \cdot \text{м}$
Ацетон	$8,3 \cdot 10^4$	Расплавленные соли:	
Вода дистиллированная	$10^5 - 10^4$	гидроксид калия (KOH; при $t=450^\circ\text{C}$)	$3,6 \cdot 10^{-3}$
Вода морская	0,3	гидроксид натрия (NaOH; при $t = 320^\circ\text{C}$)	$4,8 \cdot 10^{-3}$
Вода речная	10–100	хлорид натрия (NaCl; при $t=900^\circ\text{C}$)	$2,6 \cdot 10^{-3}$
Воздух жидкий (при $t = -196^\circ\text{C}$)	10^{16}	сода ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \times 10\text{H}_2\text{O}$; при $t = 900^\circ\text{C}$)	$4,5 \cdot 10^{-3}$
Глицерин	$1,6 \cdot 10^5$	Спирт	$1,5 \cdot 10^5$
Керосин	10^{10}		
Нафталин расплавленный (при $t = 82^\circ\text{C}$)	$2,5 \cdot 10^7$		

190. Соотношения между единицами удельного электрического сопротивления

Единицы удельного сопротивления	Ом · м	Ом · см	Ом · мм ² /м	1 ед. удельного сопротивления СГС
1 Ом · м	1	100	10 ⁶	1,11 · 10 ⁻¹⁰
1 Ом · см	0,01	1	10 ⁴	1,11 · 10 ⁻¹²
1 Ом · мм ² /м	10 ⁻⁶	10 ⁻⁴	1	1,11 · 10 ⁻¹⁶
1 ед. удельного сопротивления СГС	9 · 10 ⁹	9 · 10 ¹¹	9 · 10 ¹⁵	1

Примечание. 1 ед. удельного электрического сопротивления СГС = 8,98755 · 10⁹ Ом · м = 8,98755 ГОм · м ≈ 9 ГОм · м.

191. Термоэлектродвижущие силы различных металлов и сплавов в паре с платиной

В таблице приведены термоэлектродвижущие силы металлов и сплавов, применяемых для изготовления термопар. Термо-ЭДС указаны для разности температур холодного и горячего спаев в 100 °С.

Металл или сплав	Термо-ЭДС, мВ	Металл или сплав	Термо-ЭДС, мВ
Висмут	-7,3	Нейзильбер	-1,0
Вольфрам	+0,79	Никель	-1,5
Железо	+1,9	Нихром	от +1,5
Константан	-3,5		до +2,5
Копель	-4,0	Платинородиевый	
Кремний	+4,5	сплав	+0,64
Медь	+0,75	Сурьма	+4,9

Примечание. Знак «плюс» или «минус» перед значением термоэлектродвижущей силы означает, что электрод, изготовленный из данного металла или сплава, в паре с платиновым электродом может быть положительным или отрицательным. Для определения термо-ЭДС термопары с электродами из двух каких-либо указанных в таблице материалов следует взять разность термо-ЭДС этих материалов. Например, медь-копелевая термопара при разности температур спаев в 100 °С имеет термо-ЭДС, равную 0,75 мВ - (-4 мВ) ≈ 4,8 мВ, железоконстантановая — около 5 мВ и т. д.

192. Электрохимические эквиваленты веществ

Анионы	Валентность	Электрохимический эквивалент, 10^{-6} кг/Кл	Катионы	Валентность	Электрохимический эквивалент, 10^{-6} кг/Кл
Cl ⁻	1	0,367	Ag ⁺	1	1,118
NO ₃ ⁻	1	0,643	Al ³⁺	3	0,0932
O ²⁻	2	0,0829	Au ³⁺	3	0,681
OH ⁻	1	0,177	Cu ²⁺	2	0,329
S ²⁻	2	0,167	Fe ³⁺	3	0,193
SO ₄ ²⁻	2	0,499	H ⁺	1	0,1045
CO ₃ ²⁻	2	0,311	Hg ⁺	1	2,079
			Na ⁺	1	0,238
			Zn ²⁺	2	0,339

193. Потенциалы ионизации

В таблице приведены значения потенциалов ионизации — наименьших напряжений электрического поля, необходимых для отрыва одного электрона от нейтрального атома, — для первых двадцати химических элементов таблицы Д. И. Менделеева.

Атомный номер элемента	Элемент	Потенциал ионизации, В	Атомный номер элемента	Элемент	Потенциал ионизации, В
1	Водород . .	13,6	11	Натрий . . .	5,1
2	Гелий	24,6	12	Магний . . .	7,6
3	Литий . . .	5,4	13	Алюминий .	6,0
4	Бериллий . .	9,3	14	Кремний . .	8,1
5	Бор	8,3	15	Фосфор . . .	10,5
6	Углерод . . .	11,3	16	Сера	10,4
7	Азот	14,5	17	Хлор	13,0
8	Кислород . .	13,6	18	Аргон	15,8
9	Фтор	17,4	19	Калий	4,3
10	Неон	21,6	20	Кальций . .	6,1

194. Сила тока и напряжение в различных технических устройствах

Устройство	Сила тока, А	Напряжение, В
Электронный микроскоп	$1 \cdot 10^{-5}$	130 000
Кинескоп телевизора	$1,2 \cdot 10^{-4}$	16 000
Рентгеновская промышленная установка . .	0,02	200 000
Электрическая бритва	0,08	220
Рентгеновская медицинская установка	0,1	70 000
Карманный радиоприемник	0,1	5
Электрический фонарик	0,3	4,5
Генератор велосипедный (при скорости 12 км/ч)	0,3	7,2
Электрическая лампочка	0,3–0,4	220
Электропылесос бытовой	1,9–2,4	220
Электроплитка	3–4	220
Электропылесос бытовой	3,3–4,2	127
Генератор автомобиля «Москвич-408»	17	12
Двигатель троллейбуса	160–220	550
Двигатель электровоза	350	1500
Аппарат для контактной сварки	10 000	0,1

195. Мощность различных электрических устройств

Устройство	Вт	Устройство	кВт
Слуховые очки	0,1	Ветроагрегат «Сокол»	15,2
Карманный радиоприемник	0,5–0,7	Двигатель трамвая	45–50
Электрический фонарик	≈ 1	Двигатель троллейбуса	80–100
Генератор велосипедный (при скорости 12 км/ч)	2,5	Двигатель электровоза ВЛ8	525
Вентилятор бытовой	10–65	Двигатель электровоза ВЛ10	650
Электростригальная машинка МС-200	100	Трамвай	100–180
Ветроагрегат ВЭ-2М	150	Электровоз ВЛ8	4200
Холодильник домашний	110–160	Электровоз ВЛ10	5200
Электроутюг	300–1000	Электродвигатель прокатного стана	6000–9000
Электропылесос бытовой	до 600		
Стиральная машина	350–600		
Автотрансформатор переходный для бытовых приборов	300; 500; 800; 1000;		
Электрическая плитка	600; 800; 1000; 1250		

196. Этапы развития электронно-вычислительных машин

	Годы появления	Элементная база ЭВМ	Быстродействие, операций/с
Создание первых ЭВМ	середина сороковых годов	электронные лампы	$\approx 10^3$
Первое поколение ЭВМ	конец сороковых, середина пятидесятих годов	электронные лампы	$(5-10) \cdot 10^3$
Второе поколение ЭВМ	середина пятидесятих, начало шестидесятих годов	полупроводниковые приборы	$\approx 2 \cdot 10^5$
Третье поколение ЭВМ	шестидесятые годы	интегральные микросхемы	$\approx 2 \cdot 10^6$
Четвертое поколение ЭВМ	начало семидесятых годов и по настоящее время	большие интегральные микросхемы, микропроцессоры	$\approx 10^8$
Пятое поколение ЭВМ	ожидается в начале следующего десятилетия		$> 10^{10}$

Примечание. Каждое новое поколение ЭВМ отличается от предыдущего не только большим быстродействием, но и более миниатюрной элементной базой, большим объемом памяти, более высокой надежностью. Так, например, отечественная ЭВМ первого поколения — БЭСМ-1 (1952 г.) — насчитывала более 7 тыс. электронных ламп, выполняла 2–3 тыс. операций в секунду, занимала площадь 150 м². А у ЭВМ четвертого поколения, основанных на применении больших интегральных схем, на одном полупроводниковом кристалле размером в несколько квадратных миллиметров размещается до 1000 схем, эквивалентных по своим возможностям обычным интегральным схемам. Налажено производство сверхбольших интегральных схем — в одной такой схеме размером, например, со спичечную головку размещаются сотни тысяч транзисторов.

197. Коэффициенты полезного действия различных электрических приборов, устройств, машин и сооружений, %

Электростригальная машинка МС-200	≈ 13
Тепловая электростанция (лучшая)	40
Электроплитка с открытым нагревательным элементом . . .	≈ 50
Аккумулятор щелочной	≈ 60
Электроплитка с закрытым нагревательным элементом . . .	≈ 65
Электрочайник с нагревательным элементом, расположенным под его дном	≈ 65
Электрический ветроагрегат ВЭ-2М	65
Аккумулятор кислотный	≈ 80
Электродвигатель	82—98
Электровоз постоянного тока	≈ 85
Электрочайник с трубчатым герметическим нагревательным элементом	≈ 86
Гидроэлектростанция большой мощности	≈ 89
Гидрогенератор мощностью 120 кВт	≈ 90
Линия электропередачи Волжская ГЭС им. В. И. Ленина—Москва	≈ 92,3
Трансформатор большой мощности	≈ 98
Гидрогенератор мощностью 500 МВт	98,2
Турбогенератор мощностью 800 МВт	98,8
Турбогенератор мощностью 1200 МВт	98,9

198. «Физика» человека (электрические параметры)

Удельное сопротивление тканей тела, Ом·м:

мышцы	1,5
кровь	1,8
верхний слой кожи (сухой)	$3,3 \cdot 10^5$
кость (без надкостницы)	$2 \cdot 10^6$
Диэлектрическая проницаемость	
кровь	85,5
кожа сухая	40—50
кость (без надкостницы)	6—10
Сопротивление тела человека от конца одной руки до конца другой (при сухой неповрежденной коже рук)*, кОм	≈ 15
Сила тока через тело человека, считающаяся безопасной, мА	до 1
Сила тока через тело человека, приводящая к серьезным поражениям организма, мА	≈ 100
Безопасное электрическое напряжение (сырое помещение), В	12
Безопасное электрическое напряжение (сухое помещение), В	36

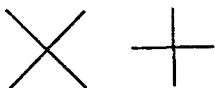
* Электрическое сопротивление человеческого тела определяется в основном сопротивлением поверхностного слоя кожи (эпидермиса).

199. Условные графические обозначения в электрорадиосхемах

Линия электрической связи (провод, кабель)



Графическое пересечение двух проводов, электрически несоединенных



Линия электрической связи с ответвлениями:

одним



двумя



Соединение с корпусом



Заземление



Антенна



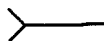
Контакт замыкающий, выключатель



Контакт разъёмного соединения (штырь)



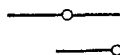
Контакт разъёмного соединения (гнездо)



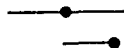
Соединение контактное разъёмное



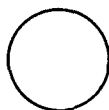
Контакт разборного соединения, зажим



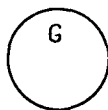
Контакт неразборного соединения



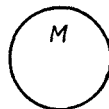
Машина электрическая:
Общее обозначение



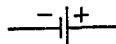
Генератор



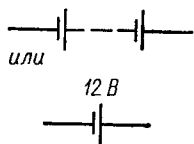
Двигатель



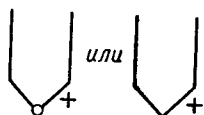
Гальванический элемент (знаки полярности допускается не указывать)



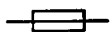
Батарея, состоящая из гальванических элементов (число должно указывать напряжение батареи)



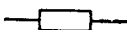
Термопара (термоэлемент)



Предохранитель плавкий



Резистор постоянный



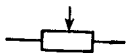
Резистор постоянный с отводом



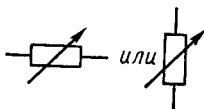
Регулирование (общее обозначение)



Резистор переменный



Резистор переменный (допускаемое изображение)



Конденсатор постоянной емкости



Конденсатор переменной емкости



Конденсатор электролитический:
полярный



неполярный



Электронагреватель сопротивления (электроплитка, утюг, рефлектор и др.)

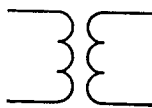


Обмотка трансформатора, дросселя

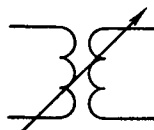


Трансформатор без магнитопровода:

с постоянной связью



с переменной связью



Магнитодиэлектрический магнито-
провод



Ферромагнитный магнитопровод



Трансформатор с ферромагнит-
ным магнитопроводом



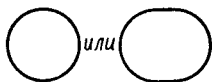
Катушка индуктивности, дроссель



Дроссель с ферромагнитным
магнитопроводом



Баллон электронного прибора



Анод электронной лампы



Анод рентгеновской трубки



Катод прямого накала



Катод косвенного накала с подо-
гревателем



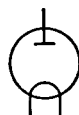
Сетка



Катод фотоэлектронный



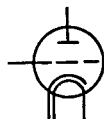
Диод прямого накала



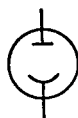
Диод косвенного накала



Триод с катодом косвенного
накала



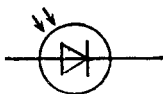
Фотоэлемент электронный



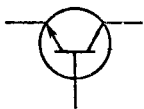
Диод полупроводниковый



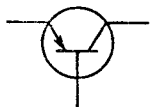
Фотодиод полупроводниковый



Транзистор типа $n - p - n$



Транзистор типа $p - n - p$



Электромагнитная система фокусировки электронно-лучевого прибора



Фокусирующий электрод (анод электронной пушки)



Управляющий электрод



Катушка электромагнитного отклонения электронно-лучевых приборов:

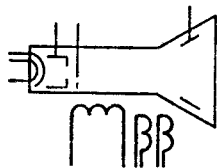
в одном направлении



в двух взаимно перпендикулярных направлениях



Трубка осциллографическая с электромагнитной фокусировкой и электромагнитным отклонением в двух взаимно перпендикулярных направлениях



Электрическая лампа накаливания



или



Звонок электрический



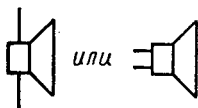
Лампа дуговая



или

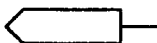


Громкоговоритель



или

Акустическая головка



Гальванометр



Амперметр



Миллиамперметр



Микроамперметр



Вольтметр



Милливольтметр



Омметр



Мегаомметр



Частотомер



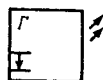
Счетчик ватт-часов



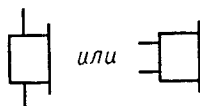
Осциллограф



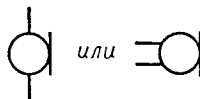
Лазер



Телефон



Микрофон



Постоянный ток



Переменный ток



Примечание. Отдельным составным частям (элементам) электрических цепей присвоены следующие буквенные обозначения: *R* – резисторы; *C* – конденсаторы; *L* – катушки индуктивности; *M* – двигатели; *T* – трансформаторы; *B* – преобразователи неэлектрических величин в электрические (термопары, фотоэлементы, громкоговорители, микрофоны, звукосниматели); *G* – источники питания (электрохимические, термоэлектрические); *GB* – батареи (аккумуляторные); *K* – реле; *P* – приборы и измерительные устройства; *PA* – амперметры; *PV* – вольтметры; *S* – выключатели, кнопки, переключатели; *W* – антенны; *V* – электровакуумные и полупроводниковые приборы; *F* – предохранители; *H* – лампы накаливания; *X* – разъемные соединения.

200. Рост мощности электростанций и производства электроэнергии в СССР

Диаграмма, характеризующая рост мощности электростанций и производства электроэнергии в стране, изображена на рисунке 20. Производство электроэнергии выражено в ТВт·ч (млрд. кВт·ч), а мощность электростанций — в ГВт (млн. кВт).

В 1987 г. выработка электроэнергии в СССР составила 1665 ТВт·ч, что в 3300 раз больше, чем в год рождения плана ГОЭЛРО (1920 г.), а в 1988 г. выработано 1705 ТВт·ч.

К началу 1986 г. в стране находилось в эксплуатации 84 электростанции с установленной мощностью 1 ГВт и выше, из них 36 имели мощность 2 ГВт и более, в том числе 22 тепловых, 7 атомных и 7 гидроэлектростанций.



Рис. 20. Рост мощности электростанций и производства электроэнергии по годам.

201. Производство электрической энергии в союзных республиках

Союзная республика	Производство электроэнергии, ТВт·ч (млрд. кВт·ч)					
	1913 г.	1940 г.	1950 г.	1970 г.	1980 г.	1987 г.
РСФСР	1,3	30,8	63,4	470	805	1047
Украинская ССР	0,5	12,4	14,6	138	236	282
Белорусская ССР	0,003	0,5	0,7	15,1	34,1	37,8
Узбекская ССР	0,0033	0,5	2,7	18,3	33,9	54,8
Казахская ССР	0,0013	0,6	2,6	34,7	61,5	88,5
Грузинская ССР	0,02	0,7	1,4	9,0	14,4	14,5
Азербайджанская ССР	0,11	1,8	2,9	12,0	15,0	22,9
Литовская ССР	0,0057	0,08	0,2	7,4	11,7	22,8
Молдавская ССР	0,0009	0,02	0,1	7,6	15,6	17,4
Латвийская ССР	0,015	0,25	0,5	2,7	4,7	5,9
Киргизская ССР	...	0,05	0,2	3,5	9,2	9,3
Таджикская ССР	...	0,06	0,2	3,2	13,6	15,9
Армянская ССР	0,005	0,4	0,9	6,1	13,5	15,2
Туркменская ССР	0,0025	0,08	0,2	1,8	6,7	13,3
Эстонская ССР	0,0055	0,2	0,4	11,6	18,9	17,9
Всего:	2	49	91	741	1294	1665

202. Сокращенные обозначения электростанций различного типа

ТЭС (тепловая электростанция) — электрическая станция, преобразующая химическую энергию топлива в электрическую энергию или в электрическую энергию и тепло.

ГРЭС (государственная районная электростанция) — тепловая электрическая станция, вырабатывающая только электрическую энергию. Сейчас под термином «ГРЭС» понимают конденсационную электрическую станцию (КЭС) большой мощности (более 1 ГВт, т. е. более 1 млн. кВт).

КЭС (конденсационная электростанция) — тепловая электрическая станция, оборудованная паровыми турбинами, работающими по конденсационному циклу.

ТЭЦ (теплоэлектроцентраль) — тепловая электрическая станция с комбинированным производством электрической энергии и тепла.

АЭС (атомная электростанция) — электрическая станция, преобразующая энергию деления ядер атомов в электрическую энергию или в электрическую энергию и тепло.

СЭС (солнечная электростанция) — электрическая станция, преобразующая энергию солнечного излучения в электрическую энергию.

ГЭС (гидроэлектрическая станция) — электрическая станция, преобразующая механическую энергию воды в электрическую энергию.

ГАЭС (гидроаккумулирующая электростанция) — гидроэлектростанция, преобразующая электрическую энергию, получаемую от других электростанций, в потенциальную энергию воды с последующим ее преобразованием в электрическую энергию.

ПЭС (приливная электростанция) — гидроэлектростанция, преобразующая энергию морских приливов в электрическую энергию.

АТЭЦ (атомная теплоэлектроцентраль) — атомная электрическая станция, снабжающая потребителей одновременно электрической энергией и теплом.

ВЭС (ветроэлектростанция) — ветроэлектрическая установка, преобразующая кинетическую энергию ветра в электрическую энергию.

203. Крупнейшие гидроэлектростанции СССР

Показатели	Волжская им. В. И. Ленина	Волжская им. XXII съезда КПСС	Нурекская	Усть-Илим- ская им. Ленинского комсомола	Братская им. 50-летия Великого Октября	Красноярская им. 50-летия СССР
Мощность станции, МВт . . .	2300	2540	3000	4320	4500	6000
Мощность одного гидрогенератора, МВт	115	115	330	240	250	500
Мощность одной турбины, МВт	118	118	335	245	255	508
Расход воды через турбину, м ³ /с	713	713	155	300	257	615
Число гидроагрегатов	20	22	9	18	18	12
Выработка электроэнергии в год, ТВт·ч (или млрд. кВт·ч)	11,0	11,1	11,2	21,9	22,6	20,4
Длина бетонной плотины, км	1,0	1,5	—	1,5	1,4	1,0
Высота плотины, м	40	44	315	105	125	124
Расчетный напор воды, м	20	22	233	86	96	93
Год пуска первого агрегата	1955	1958	1972	1974	1961	1967

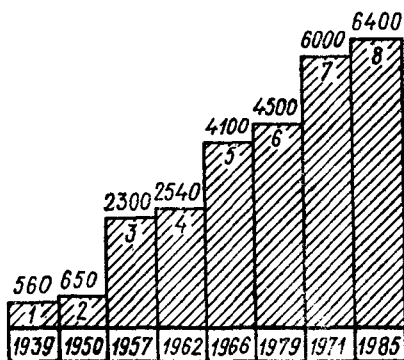
Примечание. См. также табл. 205.

204. Рост единичной мощности гидроэлектростанций

Диаграмма роста единичной мощности гидроэлектростанций страны приведена на рисунке 21. Верхние цифры показывают мощность электростанции в мегаваттах, нижние — год ввода электростанции на полную мощность.

Рис. 21. Рост единичной мощности ГЭС страны:

1 — Днепрогэс им. В. И. Ленина; 2 — Днепрогэс им. В. И. Ленина после восстановления; 3 — Волжская ГЭС им. В. И. Ленина; 4 — Волжская ГЭС им. XXII съезда КПСС; 5 — Братская ГЭС им. 50-летия Великого Октября; 6 — Братская ГЭС им. 50-летия Великого Октября после усовершенствования гидроагрегатов; 7 — Красноярская ГЭС им. 50-летия СССР; 8 — Саяно-Шушенская ГЭС им. В. И. Ленина.



205. Саяно-Шушенская ГЭС им. В. И. Ленина

Мощность ГЭС, ГВт (или млн. кВт)	6,4
Выработка электроэнергии в год, ТВт·ч (или млрд. кВт·ч)	23,5
Число гидроагрегатов	10
Мощность одного гидроагрегата, МВт	640
Расход воды через турбину, м ³ /с	358
Максимальный напор воды, м	222
Расчетный напор воды, м	194
Диаметр рабочего колеса турбины, м	6,5
КПД турбины, %	95,8
КПД гидрогенератора, %	98,3
Высота плотины, м	244
Длина плотины, м	1066
Вместимость водохранилища, млрд. м ³	31,3

Станция сооружена в верхнем течении р. Енисей, недалеко от села Шушенское, где с мая 1897 по январь 1900 г. находился в ссылке В. И. Ленин.

Первые гидроагрегаты на Саяно-Шушенской ГЭС были введены в действие в годы десятой пятилетки.

Саяно-Шушенская ГЭС является крупнейшей электростанцией СССР.

206. Гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС)

Строительство ГАЭС в европейской части СССР предусмотрено решениями XXVII съезда КПСС.

Принцип действия ГАЭС состоит в преобразовании электрической энергии, получаемой от других электростанций, в потенциальную энер-

гию воды с последующим преобразованием этой энергии вновь в электрическую, отдаваемую в энергосистему.

На гидроаккумулирующей электрической станции чаще всего устанавливаются так называемые обратимые машины — электрические и гидравлические. Обратимые электрические машины могут работать как обычные индукционные генераторы или как электрические двигатели («генераторы-двигатели»), а обратимые гидравлические машины — как турбины или как водяные насосы («турбины-насосы»). Ночью, а также в выходные дни расход электрической энергии намного снижается. На это время ГАЭС включается в работу в качестве обычной насосной станции, ее генераторы-двигатели, потребляя электроэнергию, даваемую другими электростанциями, приводят в движение турбины-насосы. Последние перекачивают воду из нижнего водохранилища (реки) в верхнее (аккумулирующее). Когда же потребление электроэнергии в энергосистеме резко возрастает (в часы «пиковых» нагрузок), ГАЭС начинает работать как обычная гидроэлектростанция и производимая на ней электрическая энергия направляется в энергосистему. Время, необходимое для пуска ГАЭС или смены режима ее работы, измеряется несколькими минутами.

В таблице приведены некоторые показатели действующей и сооружаемых гидроаккумулирующих электрических станций.

Название ГАЭС	Река	Мощность, МВт	Напор, м	Длина водовода, м	Нижнее водохранилище	Год пуска
Киевская . .	Днепр	225	65	270	Используется водохранилище Киевской ГЭС	1973
Загорская (Московская обл.) . . .	Кунья	1200	113	720	Специально сооружается на р. Кунья	В течение двенадцатой пятилетки
Кайшядорская (Литовская ССР) . . .	Неман	1600	115	840	Будет использовано водохранилище Каунасской ГЭС	» »

Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1986–1990 годы и на период до 2000 года предусматривается введение в эксплуатацию Загорской ГАЭС, развертывание строительства Ленинградской, Днестровской, Каневской гидроаккумулирующих электростанций, введение в действие Кайшядорской ГАЭС. Разработаны проекты других ГАЭС.

Схема устройства гидроаккумулирующей электростанции приведена на рисунке 22.

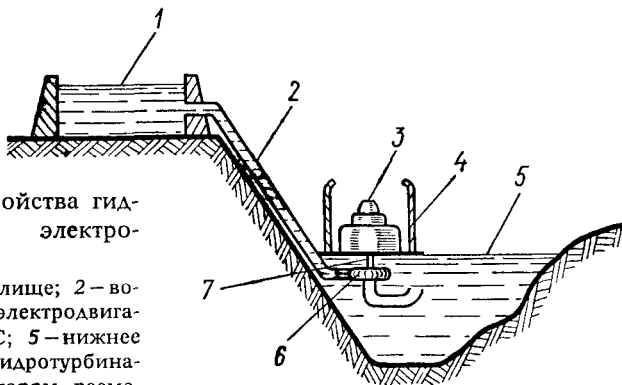


Рис. 22. Схема устройства гидроаккумулирующей электростанции:

1 - верхнее водохранилище; 2 - водовод; 3 - генератор-электродвигатель; 4 - здание ГАЭС; 5 - нижнее водохранилище; 6 - гидротурбина-насос; 7 - вал, на котором размещены гидротурбина-насос и генератор-электродвигатель.

207. Крупнейшие тепловые электростанции СССР (на 1.I.1988 г.)

Электростанция	Установленная мощность, МВт	Число установленных агрегатов	Единичная мощность агрегата, МВт	Топливо	Год ввода на полную мощность
Экибастузская ГРЭС-1 . . .	4000	8	500	Уголь	1984
Рефтинская ГРЭС	3800	6	300	Уголь	1980
Запорожская ГРЭС	3600	4	500	Уголь, мазут	1977
		4	300		
		3	800		
Углегорская ГРЭС	3600	4	300	Уголь, мазут	1977
Костромская ГРЭС	3600	3	800	Мазут	1980
		8	300		
		1	1200		

208. Тепловые электростанции и охрана природы

Электроэнергия в мире в настоящее время производится в основном на тепловых электростанциях (ТЭС) различных типов (примерно 80% всей вырабатываемой электроэнергии).

В результате сгорания органического топлива образуются газообразные и твердые продукты, которые, выходя с дымовыми газами, могут загрязнять атмосферу. В таблице приводятся примерные данные, характеризующие содержание твердых частиц в дымовых газах ТЭС мощностью 1 ГВт (1 млн. кВт).

Показатели	Топливо, используемое на ТЭС		
	уголь	мазут	природный газ
Масса топлива, сжигаемого в топках ТЭС в год	2,3 млн. т	1,6 млн. т	1,9 млрд. м ³
Масса твердых частиц (золы), образующихся при сгорании топлива, т/год	4500	730	460

Для очистки дымовых газов, выбрасываемых в атмосферу, от содержащихся в них твердых частиц на тепловых электростанциях используются специальные аппараты — золоуловители. В механических (инерционных) золоуловителях отделение золы происходит в результате изменения направления движения потока дымовых газов (при этом твердые частицы, сохраняя по инерции направление движения, сталкиваются со стенками аппарата и осаждаются на них). В электрических золоуловителях уносимые дымовыми газами твердые частицы проходят через электростатическое поле большой напряженности, создаваемое металлическими пластинами (электродами), несущими разноименные заряды (напряжение между пластинами примерно 30–50 кВ). В этом поле, двигаясь вместе с дымовыми газами, частицы электризуются (обычно отрицательно) и притягиваются положительно заряженными электродами.

Электрические золоуловители получили наибольшее распространение на крупных ТЭС. Они обеспечивают степень улавливания* золы до 99,5%. Степень улавливания механических (инерционных) золоуловителей — 82–96%.

Примечание. Для очистки дымовых газов от газообразных продуктов сгорания, загрязняющих воздушный бассейн (оксидов серы и др.), используются химические методы.

*Степень улавливания — отношение массы уловленной золы к поступившей.

209. Солнечная электростанция

В таблице приведены данные о первой солнечной электрической станции СССР.

Мощность, МВт	5
Высота башни, на которой установлен парогенератор (паровой котел), м	70
Число плоских зеркал, отражающих солнечное излучение на парогенератор	1600
Площадь поверхности одного зеркала, м ²	25
Площадь поверхности нагрева парогенератора, м ²	154
Общая площадь поверхности зеркал, м ²	40 000

Параметры пара:	
температура, °С	250
давление, МПа	4
Масса пара, даваемого парогенератором в час, т	28
Число часов (расчетное) работы станции в год	1920
Годовое производство (расчетное) вырабатываемой электроэнергии, млн. кВт·ч	5,8
Место постройки	пос. Щелкино Крымской обл.

Примечание. Зеркала оборудуются системой слежения за положением Солнца на небосводе.

210. МГД-генератор

В таблице приведены данные о сооружаемой на Рязанской ГРЭС мощной магнито-гидродинамической энергетической установке. Эта установка состоит из собственно МГД-генератора и из работающей вместе с ним обычной паротурбинной установки.

Топливо, подаваемое в камеру сгорания МГД-генератора	природный газ
Окислитель, подаваемый в ту же камеру сгорания	атмосферный воздух
Температура продуктов сгорания (низкотемпературной плазмы), поступающих из камеры сгорания в канал МГД-генератора, °С	2650
Общая длина канала МГД-генератора, м	30
в том числе длина рабочего участка канала	17,7
Скорость движения продуктов сгорания в канале МГД-генератора, м/с	1300
Масса продуктов сгорания, ежесекундно поступающих в канал МГД-генератора, кг	230
Температура продуктов сгорания, покидающих канал МГД-генератора, °С	≈2000
Мощность магнито-гидродинамического энергоблока, МВт	582
в том числе:	
мощность собственно МГД-генератора	270
мощность паровой турбины	312

Мощное магнитное поле в канале МГД-генератора будет создаваться сверхпроводящей магнитной системой, обмотка которой погружена в жидкий гелий. Продукты сгорания, покидающие канал МГД-генератора и имеющие температуру около 2000 °С, будут использоваться для получения водяного пара, приводящего в работу паровую турбину, соединенную с обычным турбогенератором, вырабатывающим электрическую энергию.

211. Современные гидрогенераторы большой мощности

Показатели	Где установлен гидрогенератор		
	Волжские ГЭС им. В. И. Ленина и им. XXII съезда КПСС	Братская ГЭС им. 50-летия Великого Октября	Красноярская ГЭС им. 50-летия СССР
Мощность генератора, МВт (или тыс. кВт)	115	250	500
Напряжение, В	13 800	15 750	15 750
Частота вращения ротора, с ⁻¹ (об/с)	1,1	2,1	1,6
мин ⁻¹ (об/мин)	68,2	125	93,8
Диаметр генератора, м	17,4	13,6	19,1
Коэффициент полезного действия генератора, %	97,3	98,2	98,25
Масса генератора, т	1650	1310	1650

Примечание. Данные о гидротурбинах, с которыми работают указанные в таблице генераторы, см. в табл. 92.

212. Современные турбогенераторы

Показатели	Турбогенераторы мощностью			
	200 МВт	300 МВт	500 МВт	800 МВт
Напряжение, кВ	15,75	20	20	24
Частота вращения ротора, с ⁻¹ (об/с)	50	50	50	50
мин ⁻¹ (об/мин)	3000	3000	3000	3000
КПД турбогенератора, %	98,7	98,7	98,6	98,8
Охлаждение	водородное	водородное	водородно-водяное	водородно-водяное
Масса турбогенератора, т	308	350	384	526
Коэффициент мощности (cos φ)	0,85	0,85	0,85	0,9
Длина турбогенератора с возбудителем, м	13,9	15,5	17,3	20,4

Примечание. Данные о паровых турбинах, вращающих роторы электрических турбогенераторов, см. в табл. 168.

213. Турбогенератор рекордной мощности

Мощность турбогенератора, МВт	1 200	Охлаждение	водородно-водяное
Напряжение, кВ	24	Длина турбогенератора, м	24,6
Частота вращения ротора, с ⁻¹	50	Масса ротора, т	104
КПД турбогенератора, %	98,9	Масса турбогенератора, т	610
Коэффициент мощности	0,9		

Примечание. Турбогенератор установлен на Костромской ГРЭС и работает с паровой турбиной мощностью 1200 МВт (см. табл. 169).

214. Потребление электрической энергии в народном хозяйстве СССР, ТВт·ч (млрд. кВт·ч)

Годы	Произведено электроэнергии	Потреблено электрической энергии				Потери в сетях	Экспорт
		промышленностью	сельским хозяйством	транспортом	другими отраслями		
1913	2,0	1,6	0,001	0,02	0,4	0,07	—
1928	5,0	3,4	0,035	0,3	0,9	0,4	—
1940	48,6	34,8	0,5	2,6	7,2	3,5	—
1945	43,3	31,0	0,4	1,8	6,5	3,6	—
1950	91,2	65,2	1,5	3,7	14,5	6,3	—
1960	292,3	207,5	10,0	17,6	39,4	17,8	0,03
1970	740,9	488,4	38,6	54,4	96,0	58,3	5,2
1980	1293,9	772,9	110,9	102,8	181,3	106,9	19,1
1987	1664,9	957,1	160,4	131,3	239,5	142,0	34,6

215. «Цена» сэкономленного киловатт-часа электроэнергии

1 кВт·ч электроэнергии расходуется в среднем на:

— производство 2,7 кг газетной или 1,5 кг писчей бумаги, или 13,3 кг оконного стекла, или 39 кг сахарного песка, или 2,8 кг плавленого сыра, или 1 м² хлопчатобумажной ткани;

— выпечку 36 кг хлеба;

— добычу 30 кг нефти или 15 кг железной руды, или 40 кг угля;

— выплавку 0,5 кг электростали;

— рафинировку 0,5 кг меди;

— получение при электролизе 0,2 кг алюминия;

— изготовление 2,5 пар резиновой обуви.

На изготовление одного велосипеда расходуется 25 кВт·ч электроэнергии, а на изготовление одного автомобиля — 1000–1500 кВт·ч.

Для выработки 1 кВт·ч электроэнергии на тепловых электростанциях сжигается примерно 600 г каменного угля или 300 г мазута.

216. Электрификация сельского хозяйства

Показатели	Годы					
	1950	1960	1970	1975	1980	1987
Всего потреблено электроэнергии в сельском хозяйстве, ТВт·ч (млрд. кВт·ч)	1,5	10,0	38,6	73,8	110,9	160,4
Число электродвигателей в колхозах и совхозах, тыс. шт.	105	774	4760	8837	12794	16 657
Мощность электродвигателей, ГВт (млн. кВт) . . . . .	...	4,4	25,1	46,2	68,1	90,4

Примечания. 1. В настоящее время почти все колхозы и совхозы, а также жилые дома сельских жителей электрифицированы.
2. В соответствии с Продовольственной программой СССР на период до 1990 года отпуск электроэнергии сельскому хозяйству в 1990 г. составит 210–235 ТВт·ч.

217. Современные электровозы

Показатели	Электровоз постоянного тока		Электровоз переменного тока	
	ВЛ8	ВЛ10	ВЛ60 ^К	ВЛ80 ^К
Напряжение контактной сети, кВ	3	3	25	25
Число тяговых электродвигателей электровоза	8	8	6	8
Мощность одного тягового электродвигателя, кВт	525	650	775	790
Тяга электровоза,				
кН	346	387	310	462
кгс	35 300	39 500	32 000	47 100
Скорость при указанной тяге, км/ч	43	47	52	52
Наибольшая скорость электровоза, км/ч	100	100	100	110

118. Рост протяженности электрифицированных железных дорог в СССР

Годы	Протяженность электрифицированных железнодорожных линий, тыс. км	Годы	Протяженность электрифицированных железнодорожных линий, тыс. км
1917	—	1940	1,9
1922	—	1945	2,0
1932	0,06	1980	43,7
1937	1,6	1987	51,7

Примечание. Первый в стране электрифицированный участок железной дороги протяженностью 20,5 км (Баку — Сураханы) был пущен в 1926 г.

Диаграмма роста протяженности электрифицированных железнодорожных линий (в тыс. км) приведена на рисунке 23.

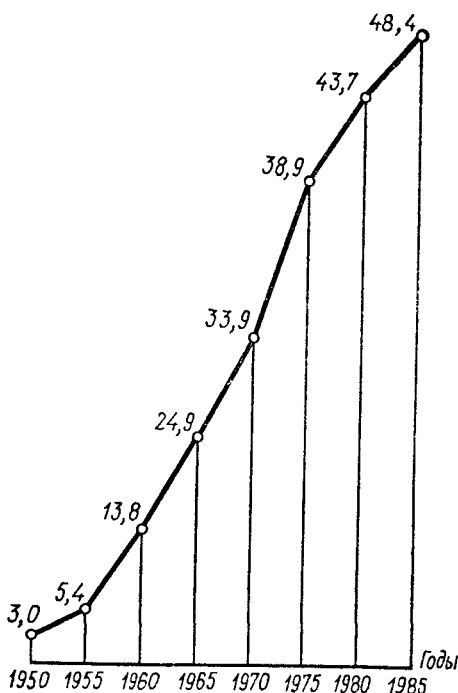


Рис. 23. Рост протяженности электрифицированных железнодорожных линий.

219. Высоковольтные линии электропередачи

В таблицах приведены данные о развитии линий электропередачи в СССР и различные показатели электропередачи сверхвысокого напряжения.

Годы	Протяженность (в тыс. км) электросетей напряжением					
	35 кВ	110 кВ	154 кВ	220 и 330 кВ	400 и 500 кВ	750 и 800 кВ
1940	8,0	10,6	0,5	1,1	—	—
1950	11,9	16,5	0,5	2,5	—	—
1960	36,7	64,6	2,0	16,7	4,4	—
1965	122,3	128,1	5,1	42,5	8,3	0,5
1970	175,7	185,8	5,8	64,4	13,2	0,6
1975	241,8	244,0	7,7	89,7	19,4	2,2
1980	303,7	309,1	9,7	117,1	25,5	3,4
1987	361,8	395,2	11,5	154,3	38,6	8,1

К началу 1988 г. суммарная протяженность всех линий электропередачи напряжением 35–800 кВ составила 969,5 тыс. км.

Некоторые показатели электропередачи Волжская ГЭС им. XXII съезда КПСС – Москва (I) и Волжская ГЭС им. В. И. Ленина – Москва (II)

Показатели	I	II
Напряжение линий, кВ	500	500
Протяженность, км	1050	900
Число цепей линии	2	2
Передаваемая мощность, МВт	до 1500	до 1800

Опытно-промышленная линия электропередачи Конаковская ГРЭС – Москва протяженностью 90 км (1-я очередь) имеет напряжение 750 кВ и мощность 1,2 МВт.

Электропередача постоянного тока Волжская ГЭС им. XXII съезда КПСС – Донбасс

Напряжение линии, кВ	800	Передаваемая мощность, МВт до	750
Протяженность, км	473	КПД линии, %	94

В 1987 г. установленная мощность электростанций Единой электроэнергетической системы СССР достигла 270 ГВт (270 млн. кВт).

220. Дальность передачи электроэнергии и мощность линии передачи в зависимости от напряжения линии

Напряжение, В	Мощность линии электропередачи, МВт	Дальность передачи электроэнергии, км
127	0,002—0,01	меньше 0,1
220	0,005—0,04	» 0,2
380	0,02—0,1	» 1
660	0,05—0,5	» 2
6 000	2—6	8—3
10 000	3—10	15—4
35 000	10—30	50—10
110 000	35—50	120—20
220 000	100—200	200—160
330 000	300—400	300—200
500 000	до 1000	1200—600
750 000	1800—2500	1500—800
1 150 000	4000—6000	2000

221. План ГОЭЛРО

План ГОЭЛРО был первым перспективным планом восстановления и развития народного хозяйства Советской республики на основе электрификации страны. В таблице приведены основные данные, характеризующие задачи электрификации страны по плану ГОЭЛРО.

Число районных электрических станций, намеченных планом к постройке	30
из них	
тепловых электростанций	20
гидроэлектростанций	10
Мощность электрических станций, которую намечалось ввести по плану, ГВт (или млн. кВт)	1,75
из нее	
на тепловых электростанциях	1,11
на гидроэлектростанциях	0,64
Годовое производство электроэнергии, которое намечалось достигнуть, ТВт·ч (или млрд. кВт·ч)	8,8
Год принятия плана ГОЭЛРО	1920
Уровень производства электроэнергии в стране в 1920 г., ТВт·ч	0,5
Мощность электростанций в 1921 г., ГВт	1,2
Уровень производства электроэнергии в 1931 г., ТВт·ч	10,7
Мощность электростанций в 1931 г., ГВт	4,0
Уровень производства электроэнергии в 1935 г., ТВт·ч	26,3
Мощность электростанций в 1935 г., ГВт	6,9
Число электростанций, построенных в стране к 1935 г.	40

План ГОЭЛРО, рассчитанный на 10–15 лет, т. е. до 1931–1935 гг., в основном был выполнен уже в 1931 г.

В 1935 г. СССР по производству электроэнергии догнал и перегнал многие европейские страны и занял третье место в мире.

222. Энергетическая программа СССР

Энергетическая программа, принятая в 1983 г., основывается на расчетах развития экономики страны до 2000 г. В ней содержатся научно обоснованные принципы, главные направления и перечень важнейших мероприятий по расширению энергетической базы и качественному совершенствованию топливно-энергетического комплекса страны.

Осуществление программы рассчитано на два этапа.

На первом этапе, который завершается на рубеже 80–90-х гг., основное внимание уделяется увеличению объема добычи газа, ускоренному развитию ядерной энергетики в европейской части страны. Это позволит существенно уменьшить расход мазута на электростанциях. Нефть будет экономиться и замещением ее природным газом за счет перевода моторного парка на дизельное топливо и газ, а также за счет электрификации железных дорог. К концу первого этапа предусмотрено в основном решить важнейшую задачу прекращения роста потребления нефти для топлива.

Будут созданы предпосылки для интенсивного наращивания добычи угля, подготовлены условия для широкого перевода экономики на энергосберегающий путь развития. Намечено демонтировать и модернизировать на электростанциях устаревшее и малоэффективное оборудование общей мощностью 55–60 млн. кВт. Предусмотрено создать материально-техническую базу для широкого использования нетрадиционных источников энергии – солнечной, геотермальной, ветровой, приливной, биомассы (отходов сельского хозяйства и др.); увеличить использование вторичных энергоресурсов; осуществлять строительство электропередач сверхвысокого напряжения.

На втором этапе, заканчивающемся на рубеже XX и XXI вв., добыча природного газа достигнет самого высокого уровня, определенного программой. Энергетические ресурсы будут расти главным образом за счет ядерной энергии, добычи угля открытым способом, вовлечения в электробаланс эффективных гидроэнергетических ресурсов. Широкое использование получают нетрадиционные энергоносители, интенсивное энергосбережение.

Намечено демонтировать и модернизировать на электростанциях устаревшее оборудование общей мощностью 70–80 млн. кВт, создать необходимый научно-технический потенциал для производства электрооборудования на основе эффекта сверхпроводимости.

На втором этапе будет завершено формирование Единой электроэнергетической системы страны.

223. Классификация радиоволн по диапазонам

В таблице приведено принятое в научно-технической литературе деление радиоволн на диапазоны и указаны области их применения.

Диапазон радиоволн		Длина волны, м	Частота, МГц	Область применения
Сверхдлинные (СВД)		10^5-10^4	$3 \cdot 10^{-3}-3 \cdot 10^{-2}$	Радиотелеграфная связь, передача метеосводок и сигналов точного времени, связь с подводными лодками.
Длинные (ДВ)		10^4-10^3	$3 \cdot 10^{-2}-3 \cdot 10^{-1}$	Радиовещание, радиотелефонная и радиотелеграфная связь, радионавигация.
Средние (СВ)		10^3-10^2	$3 \cdot 10^{-1}-3$	То же.
Короткие (КВ)		100-10	3-30	Радиовещание, радиотелеграфная и радиолокационная связь с кораблями-спутниками и др.
Ультракороткие	(УКВ) метровые	10-1	30-300	Радиовещание, телевидение, радиолокация, космическая радиосвязь, радиолокационная связь и др.
	дециметровые	1-0,1	$300-3 \cdot 10^3$	Телевидение, радиолокация, астронавигация и др.
	сантиметровые	0,1-0,01	$3 \cdot 10^3-3 \cdot 10^4$	Др.
	миллиметровые	0,01-0,001	$3 \cdot 10^4-3 \cdot 10^5$	Радиолокация и др.

Примечание. В настоящее время для передачи радиосигналов с помощью квантовых приборов используют электромагнитные колебания оптического диапазона.

224. Данные о радиолокаторах

В таблице приведены данные о некоторых радиолокационных станциях (РЛС), применяемых для определения расстояний до объектов и их координат.

Показатели	Судовые РЛС		Метеорологические РЛС	
	„Океан“	„Кивач“, „Миус“	МРЛ-6	„Гроза-154“ (самолетная)
Длина волны РЛС, см	3,2; 10	3,2	10	3,2
Мощность импульса РЛС, кВт	70	7	800	9
Длительность импульса, мкс	0,1; 0,5	0,1; 0,3	1; 2	3,5
Частота импульсов, с ⁻¹	2500; 840	3100; 2000	500; 250	400
Дальность обнаружения, км				
крупного судна . .	24	15	} до 300*	200 (а) }
небольшого судна .	11	...		350 (б) }
буя (высотой 3,2 м)	9	3		150 (в) }
Погрешность измерения расстояния до объекта, м	25	60	...	...
Диаметр экрана электронно-лучевой трубки РЛС, см	40	18	...	...
Частота вращения антенны РЛС, об/мин .	16-17	18	0-6	7-13***
Угол раствора луча РЛС в горизонтальной плоскости, °	0,7; 2,3	1-1,7	0,5-1,5	3

* Указана дальность обнаружения очагов гроз, ливней, града и др.

** Указаны дальности обнаружения (при высоте полета 7 км): зон грозовой облачности (а); особо крупных промышленных центров (б); горных массивов и отдельных вершин (в).

*** Антенна радиолокатора, установленная в носовой части самолета, совершает колебательные движения в горизонтальной плоскости, отклоняясь от среднего положения на угол $\pm 100^\circ$. Она совершает 7-13 колебаний в минуту.

225. Радиотелеграфная азбука

Бук- вы	Знаки	Бук- вы	Знаки	Бук- вы	Знаки	Бук- вы	Знаки
А	..	И	..	Р	... .	Ш	-----
Б	----	Й	..----	С	...	Щ	-----
В	---	К	---.	Т	—	Ъ	---.
Г	---.	Л	..---	У	..---	Ы	-----
Д	---.	М	---	Ф	...---	Э	...---
Е	.	Н	---	Х	....	Ю	...---
Ж	...---	О	-----	Ц	---.---	Я	...---
З	---..	П	..----	Ч	-----		

Цифры	Знаки	Различные знаки	Знаки
0	-----	. (точка)	.....
1	-----	, (запятая)	-----
2	-----	: (двоеточие)	-----
3	-----	; (точка с запятой)	-----
4	-----	? (знак вопроса)	-----
5	! (восклицательный знак)	-----
6	-----	— (тире)	-----
7	-----	/ (черта дроби)	-----
8	-----		
9	-----		

226. Данные о башне Общесоюзного телецентра им. 50-летия Октября (Останкинской телебашне)

Высота башни, м	540*
Диаметр (у основания), м	60
Диаметр (на высоте 63 м), м	18
Диаметр (на высоте 327–385 м), м	8
Амплитуда колебаний вершины башни (при обычной силе ветра), м	0,2–0,3
Период колебания вершины телебашни, с	12–13
Общая масса башни (вместе с фундаментом), кт	55
Толщина стенок железобетонной башни (у основания), м	0,5
Толщина стенок железобетонной башни (на высоте 385 м), м	0,3
Радиус уверенного приема телепрограмм от телецентра, км	120–130

* От уровня земли до высоты 385 м башня построена из железобетона, а остальная часть (антенна) — из стальных труб.

227. Развитие связи в СССР

	1940 г.	1950 г.	1960 г.	1970 г.	1980 г.	1987 г.
Число телевизионных станций, шт.	2	2	275	1233	3447	8050
в том числе программных	2	2	82	128	117	...
в том числе ретрансляционных . . .	—	—	193	1105	3330	...
Число установленных телевизоров, млн. шт. .	400 шт.	0,015	4,8	35	67	88
Число установленных радиоприемников, млн. шт. . . .	1,1	3,6	27,8	49	68	84
Произведено телевизоров, тыс. шт.	0,3	11,9	1726	6682	7528	9069
Произведено радиоприемников и радиол, млн. шт. . . .	0,18	1,07	4,16	7,81	8,48	8,14
Число телефонных аппаратов на общей телефонной сети, млн. шт. . . .	1,7	2,3	4,3	11,0	23,7	34,9
в том числе в сельской местности	0,2	0,2	0,5	1,5	3,7	> 5,3
Телефонизировано, %						
совхозов . . .	76,3	77,5	98,1	99,8	...	...
колхозов . . .	9,2	21,5	97,2	99,8	...	...

Примечания. 1. Число телефонных номеров в России в 1913 г. составляло 0,3 млн. шт.

2. В настоящее время почти все совхозы и колхозы имеют телефонную связь, а 95% населения страны имеют возможность смотреть телевизионные передачи.

228. Показатель преломления и некоторых веществ для длины волны 589 нм (желтая линия)

Вещество	<i>n</i>	Вещество	<i>n</i>
<i>Газы и водяной пар</i>		<i>Твердые тела</i>	
Азот	1,000298	Алмаз	2,42
Водород	1,000132	Железо*	1,63
Водяной пар	1,000255	Золото*	0,37
Воздух	1,000292	Каменная соль	1,54
Кислород	1,000271	Лед (в интервале температур от 0 до -4 °С)	1,31
<i>Жидкости</i>		Медь*	2,06
Ацетон	1,36	Натрий*	0,005
Бензин	1,38-1,41	Рубин	1,76
Вода	1,33	Сахар	1,56
Глицерин	1,47	Серебро*	0,18
Молоко	1,35-1,36	Стекло**	1,5-1,9
Спирт метиловый	1,33	Янтарь	1,55
Эфир	1,35		

Примечание. Значения показателей преломления для жидких и твердых тел указаны при температуре 20 °С, а для газов и водяного пара — при нормальных условиях ($t=0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $p=101\,325\text{ Па}$).

* Металлы для света непрозрачны. Однако тончайшие металлические пленки пропускают свет.

** Показатель преломления стекла зависит от его состава (сорта). При увеличении в стекле содержания свинца показатель преломления возрастает. Для большинства обычных сортов стекла показатель преломления несколько превышает 1,5.

229. Показатель преломления для световых волн различной длины

В таблице приведены значения показателей преломления воды и стекла в зависимости от длин волн видимого излучения.

Вещество	Показатель преломления при длинах волн			
	759,0 нм (красный цвет)	589,8 нм (желтый цвет)	486,0 нм (голубой цвет)	397, 0 нм (фиолетовый цвет)
Вода	1,329	1,333	1,337	1,344
Стекло (легкий крон)	1,510	1,515	1,521	1,531

230. Показатель преломления n воды при различной температуре t

$t, ^\circ\text{C}$	n	$t, ^\circ\text{C}$	n	$t, ^\circ\text{C}$	n
0	1,3339	40	1,3306	80	1,3229
10	1,3337	50	1,3289	90	1,3205
20	1,3330	60	1,3272	100	1,3178
30	1,3319	70	1,3251		

231. Предельные углы полного отражения

Алмаз	24°	Спирт	47°
Бензин	45°	Стекло различных	
Вода	49°	сортов	30–42°
Глицерин	43°	Эфир	47°

232. Зеркальное отражение света различными поверхностями*

Серебро	93	Сталь	57
Алюминий	89	Алмаз	17
Зеркало (отражающий		Стекло (показатель прелом-	
слой – пленка серебра) .	88	ления 1,7)	7
Ртуть	73	Стекло (показатель прелом-	
Зеркало (отражающий		ления 1,5)	4
слой – амальгама ртути)	71	Вода	2

* Числа показывают, какая часть света (в %) отражается различными полированными поверхностями при нормальном падении света.

233. Рассеянное отражение света различными поверхностями*

Поверхность, покрытая		Снег	85
оксидом магния (II) .	98	Стена белая оштукатурен-	
Бумага белая, мелован-		ная	70
ная	85	Кожа человека	35
Бумага белая, обычная	60–70	Обои серые	20
Бумага желтая, голубая	25	Сукно черное	2
Бумага черная	5	Бархат черный	0,5

* Числа показывают, какая часть белого света (в %) отражается различными поверхностями.

**234. Сила света некоторых источников
(средние значения)**

Источник света	Сила света, кд
Солнце	$3 \cdot 10^{27}$
Военный прожектор	$8 \cdot 10^3 - 1,2 \cdot 10^9^*$
Морской маяк	$10^5 - 10^7$
Осветительная бомба	$5 \cdot 10^5 - 10^6$
Электрическая дуга	$10^3 - 10^5$
Фара автомобиля «Волга»	
дальний свет	12 000
ближний свет	5000
Фара велосипеда	60
Лампа накаливания мощностью 60 Вт	51
Керосиновая лампа	1-10
Лампочка карманного фонаря	0,5-3,0
Свеча (стеариновая), пламя спички	0,5-2
Светлячок	0,01-0,001

* Прожектор силой света 1-2 млрд. кд создает ночью на расстоянии 5 км освещенность примерно 15-20 лк.

235. Сила света электрических ламп накаливания

Мощность лампы, Вт	15	25	40	60	100	150	300	500	1000
Сила света, кд	10	18	30	51	103	173	388	695	1530

236. Нормы освещенности в помещениях

В таблице приведены нормы освещенности, которых следует придерживаться при применении для освещения помещений электрических ламп накаливания.

	Норма освещенности, лк	Поверхность, к которой относится норма освещенности
Школьные классы, учебные кабинеты	150	На уровне 0,8 м от пола
Кабинеты черчения, рисования	200	То же
Читальные залы школьных библиотек	100	То же
Классные доски	150	Вертикальная плоскость

	Норма освещенности, лк	Поверхность, к которой относится норма освещенности
Живые уголки в школах	150	На уровне 0,8 м от пола
Пионерские комнаты	150	То же
Вестибюли и гардеробные в школах	50	На полу
Школьные мастерские по обработке дерева, кабинеты домоводства	150	На уровне 0,8 м от пола
Жилые комнаты в интернатах . .	50	То же

237. Примерные значения освещенности в различных случаях, лк

В помещении вблизи окна в яркий солнечный день	1000
В помещении вблизи окна в пасмурный день	100
На экране кинотеатра	50–100
В полночь ленинградской белой ночи	1
Ночью от полной Луны на Земле	0,25

238. Излучение Солнца

Мощность излучения Солнца, Вт	$3,86 \cdot 10^{26}$
Ежесекундное уменьшение массы Солнца вследствие излучения, кг	$4 \cdot 10^9$
Мощность излучения Солнца, падающего на Землю, Вт	$2,1 \cdot 10^{18}$
Солнечная постоянная*, Вт/м ² (кал/(см ² ·мин))	$\approx 1400 (\approx 2,0)$
Диапазоны длин волн солнечного излучения, пропускаемые на Землю атмосферой	от 290 нм до 24 мкм и от 8 мм до 20 м
Глубина проникновения красных лучей через кожные покровы и мышцы человека, см	5–6
Глубина проникновения ультрафиолетовых лучей через кожные покровы человека, мм	0,2–0,5

* Солнечной постоянной называют количество энергии Солнца, падающей в течение 1 с на площадку в 1 м², поставленную на границе атмосферы перпендикулярно к солнечным лучам.

239. Линии поглощения солнечного спектра

В таблице приведены длины волн некоторых интенсивных линий поглощения, лежащих в видимой (оптической) части спектра Солнца; указаны также области спектра, в которых наблюдаются эти линии, и химические элементы, которым они принадлежат. Линии поглощения в солнечном спектре впервые детально изучил, в частности, измерил длины волн, соответствующие этим линиям, и в 1817 г. описал немецкий ученый в области оптики Й. Фраунгофер, и по его имени они стали называться фраунгоферовыми. Наиболее интенсивные фраунгоферовы линии обозначаются буквами латинского алфавита (см. рис. 24). Всего в спектре Солнца — в его видимой и невидимой глазом человека частях — насчитывается более 20 тыс. линий поглощения.

Длина волны, нм	Обозначение	Область спектра	Химический элемент	Длина волны, нм	Обозначение	Область спектра	Химический элемент
759,4	A	Красная	Кислород	486,1	F	Зеленая	Водород
687,0	B	Красная	Кислород	430,79	* G	Синяя	Железо
656,3	C	Оранжевая	Водород	430,77		Синяя	Кальций
589,6	D ₁	Желтая	Натрий	396,8	H	Фиолетовая	Кальций
589,0	D ₂	Желтая	Натрий	393,4	K	Фиолетовая	Кальций
527,0	E	Зеленая	Железо	382,0	L	Фиолетовая	Железо

* Две близкие линии.

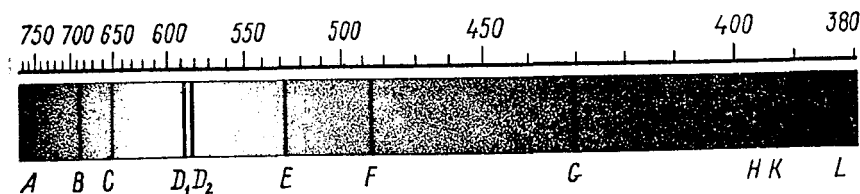


Рис. 24. Видимая часть солнечного спектра поглощения.

240. Интервалы длин волн и частот и соответствующие им цвета видимой части спектра*

Цвет спектра	Длина волны, нм	Частота, ТГц	Число волн, укладываемых на длине в 1 мм
Красный	760–620	395–483	1316–1610
Оранжевый	620–590	483–508	1610–1695
Желтый	590–560	508–536	1695–1786
Зеленый	560–500	536–600	1786–2000
Голубой	500–480	600–625	2000–2083
Синий	480–450	625–666	2083–2222
Фиолетовый	450–380	666–789	2222–2632

* Область видимой части спектра заключена в границах волн приблизительно от 760 до 380 нм. Границы цветов спектра также определяются лишь условно.

241. Шкала электромагнитных излучений*

Название диапазона волн	Примерный диапазон длин волн		Диапазон частот, Гц
	м	другие единицы длины	
Низкочастотные электрические колебания	$\infty-10^5$	$\infty-100$ км	$0-3 \cdot 10^3$
Радиоволны**	10^5-10^3	100 км – 1 мм	$3 \cdot 10^3-3 \cdot 10^{11}$
Инфракрасное излучение	$2 \cdot 10^{-3}-7,6 \cdot 10^{-7}$	2 мм–760 нм	$1,5 \cdot 10^{11}-4,0 \cdot 10^{14}$
Видимое излучение	$7,6 \cdot 10^{-7}-3,8 \cdot 10^{-7}$	760–380 нм	$4,0 \cdot 10^{14}-8,0 \cdot 10^{14}$
Ультрафиолетовое излучение	$3,8 \cdot 10^{-7}-3 \cdot 10^{-9}$	380–3 нм	$8,0 \cdot 10^{14}-10^{17}$
Рентгеновское излучение	$10^{-8}-10^{-12}$	10 нм – 1 пм	$3 \cdot 10^{16}-3 \cdot 10^{20}$
Гамма-излучение	10^{-11} и менее	10 пм и менее	$3 \cdot 10^{19}$ и выше

* Различные виды электромагнитного излучения отличаются лишь длиной волны (или, что то же самое, частотой). В зависимости от длины волны (частоты) меняются свойства волн, их действия, способы получения и названия отдельных участков.

** См. табл. 223.

Шкала электромагнитных излучений графически представлена на рисунке 25.

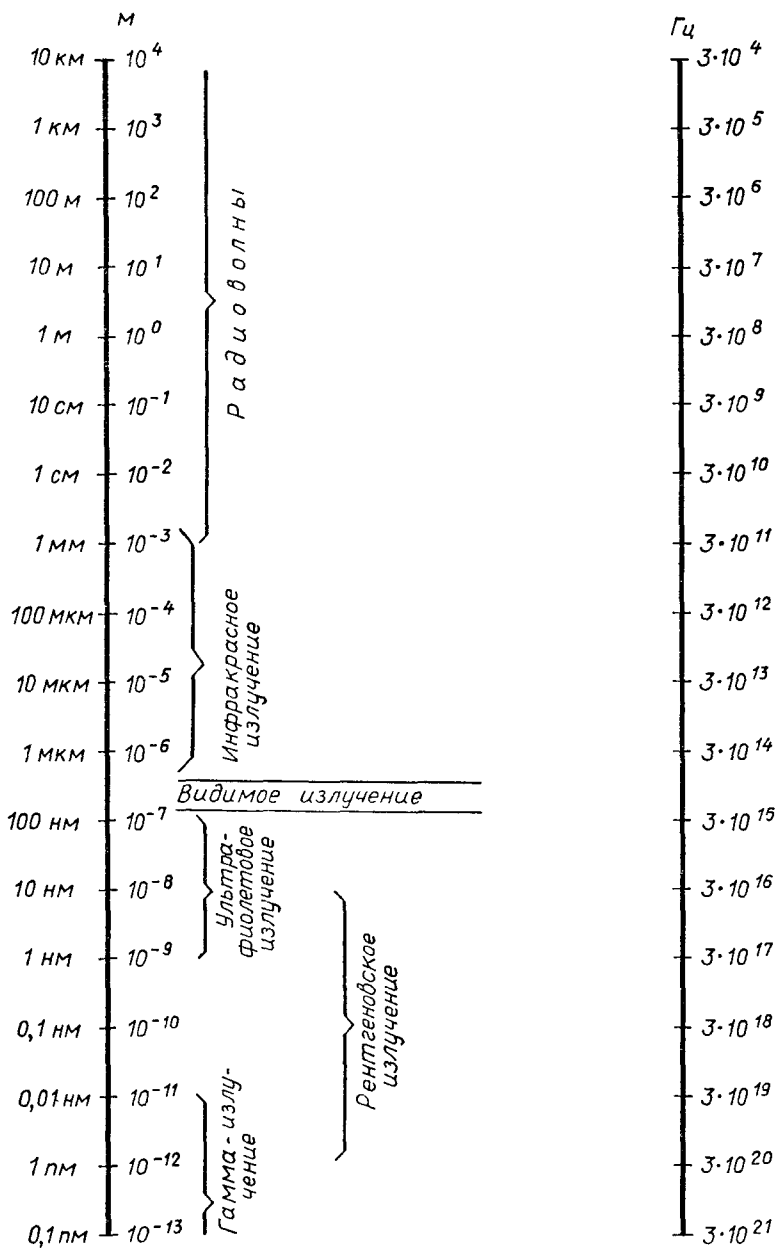


Рис. 25. Шкала электромагнитных излучений (на левой шкале указаны длины волн, на правой — соответствующие им частоты колебаний).

242. Дополнительные цвета спектра

Существуют цвета, которые при смешении дают в глазу ощущение белого цвета. Такие цвета получили название *дополнительных*. На рисунке 26 схематически показано несколько пар дополнительных цветов. Цифры указывают длины волн в нанометрах, а буквы — цвета: К — красный, О — оранжевый, Ж — желтый, Ф — фиолетовый, С — синий, Г — голубой, Г-З — голубовато-зеленый, Ж-З — желто-зеленый. Каждая пара дополнительных цветов соединена прямой.

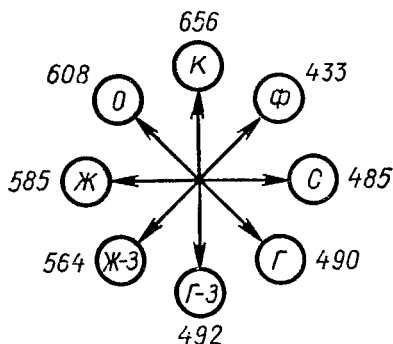


Рис. 26. Пары дополнительных цветов, дающих при смешении белый цвет.

243. Чувствительность глаза человека к белому свету

- Наименьшая световая энергия, которую способен воспринимать привыкший к темноте («адаптированный») глаз*, аДж . . . $\approx 10^{-17}$
- Наименьший световой поток**, падающий на площадь зрачка, воспринимаемый привыкшим к темноте глазом, аВт . . . ≈ 20
- Максимальный световой поток, падающий на площадь зрачка глаза, который может восприниматься глазом безболезненно, мкВт ≈ 20
- Наименьшая освещенность, воспринимаемая привыкшим к темноте глазом, лк 10^{-9}
- Наименьшая освещенность, при которой глаз, привыкший к темноте, отличает белую поверхность от черной, лк 10^{-6}
- Высота полета самолета, с которой летчик в ясную безлунную звездную ночь может видеть свет свечи, км 4–9

* Привыкший к темноте глаз — самый чувствительный в природе световой прибор, он способен воспринимать световую энергию (при длине волн 500 нм), равную энергии нескольких фотонов (от 2 до 8 по данным различных исследователей).

** Этот световой поток соответствует энергии нескольких десятков фотонов в 1 с.

244. Чувствительность глаза человека к световым волнам различной длины

В таблице приводится характеристика спектральной чувствительности глаза человека при дневном освещении. В графе «Чувствительность глаза» числа показывают, какую часть от наибольшей чувствительности (равной 1) составляет чувствительность глаза при данной длине волны. Наибольшую чувствительность глаз имеет к желто-зеленому цвету — к волнам длиной 555 нм (эта чувствительность условно и принята за 1).

Длина волны, нм	Чувствительность глаза	Длина волны, нм	Чувствительность глаза
400	0,0004	560	0,995
430	0,0116	590	0,757
460	0,060	620	0,381
490	0,208	650	0,107
520	0,710	680	0,017
550	0,995	710	0,0021
555	1,000	760	0,00006

На рисунке 27 приведена кривая, характеризующая чувствительность глаза к различным частям видимого спектра (она получена экспериментально).

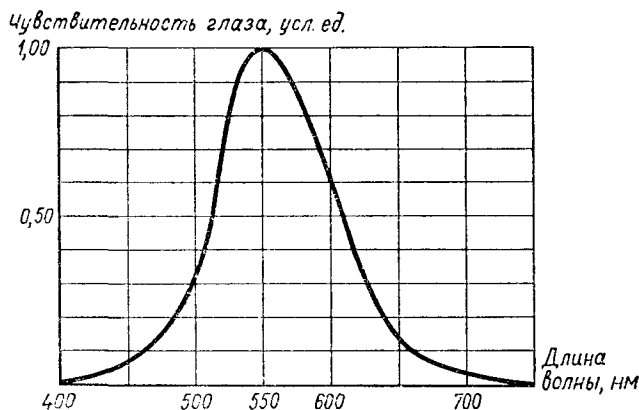


Рис. 27. Зависимость чувствительности глаза от длины световых волн.

Из рисунка видно, что чувствительность глаза резко снижается в сторону красной и фиолетовой частей спектра. Например, для волн длиной 400 и 760 нм она составляет соответственно всего лишь 0,0004 и 0,00006 части наибольшей чувствительности.

245. Определение скорости света

Скорость света определялась большое число раз различными методами, начиная с первой попытки, предпринятой Г. Галилеем в 1607 г. В таблице приведены сведения о некоторых измерениях скорости света и полученных результатах.

Год	Автор	Метод измерения	Полученное значение, км/с
1676	Ремер	Затмение спутника Юпитера	214 000
1726	Брадлей	Аберрация звезд	301 000
1849	Физо	Зубчатое колесо	315 000
1862	Фуко	Вращающееся зеркало	298 000
1872	Корню	Зубчатое колесо	298 500
1878	Майкельсон	Вращающееся зеркало	300 140
1880	Столетов	Электрический метод	298 000
1882	Майкельсон	Вращающееся зеркало	299 853
1926	Майкельсон	» »	299 796
1941	Бердж	Анализ итогов восьми измерений	299 776
1949	Фрум	Радиоинтерферометр	299 792,5
1952	Карташов	Интерферометр	299 788
1972	Ивенсон и др.	Лазер	299 792,456

Примечание. До 1958 г. значение скорости света в вакууме принималось равным 299 776 км/с. В 1958 г. для с было принято значение 299 792,5 км/с.

Анализ измерений скорости света, проведенных в 1972 и 1973 гг. с использованием лазеров, привел к значению, принятому в настоящее время: $c = 299\,792,458$ км/с. Это значение было рекомендовано Генеральной конференцией по мерам и весам в 1975 г.

246. Изменение массы тела при его движении

Масса тела m , движущегося со скоростью v , возрастает с увеличением скорости. Эта зависимость массы тела от скорости выражается формулой:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

где m_0 — масса тела в покое; c — скорость распространения света в вакууме.

График, выражающий зависимость массы тела от скорости его движения, показан на рисунке 28.

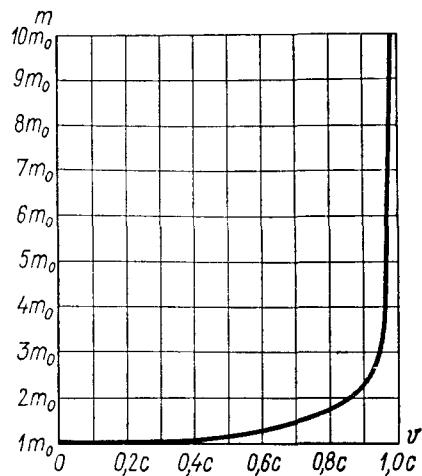


Рис. 28. Зависимость массы тела от скорости его движения.

В таблице при расчетах по указанной формуле значение скорости света c округлено и принято равным 300 000 км/с.

Скорость v движения тела	Масса m движущегося тела при указанной скорости
8,0 км/с (1-я космическая скорость) = 0,000027 с	$m = 1,000000000355 m_0$
11,2 км/с (2-я космическая скорость) = 0,000037 с	$m = 1,000000000697 m_0$
16,7 км/с (3-я космическая скорость) = 0,000056 с	$m = 1,000000001155 m_0$
30 км/с (скорость движения Земли вокруг Солнца) = 0,0001 с	$m = 1,000000005 m_0$
30 000 км/с = 0,1 с	$m = 1,005 m_0$
70 000 км/с (скорость электронов в телевизионной трубке) \approx 0,23 с	$m = 1,032 m_0$
150 000 км/с = 0,5 с	$m = 1,155 m_0$
270 000 км/с = 0,9 с	$m = 2,294 m_0$
297 000 км/с = 0,99 с	$m = 7,089 m_0$
299 700 км/с = 0,999 с	$m = 22,366 m_0$
299 999,7 км/с = 0,999999 с	$m = 706,667 m_0$
299 999,97 км/с = 0,9999999 с	$m = 2209,709 m_0$

247. Изменение длины тела при его движении

Длина тела l , движущегося со скоростью v , уменьшается с увеличением скорости. Эта зависимость продольных размеров тела от скорости выражается формулой:

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}},$$

где l_0 — длина тела в покое; c — скорость распространения света в вакууме.

В таблице при расчетах по указанной формуле значение скорости света c округлено и принято равным 300 000 км/с.

Скорость v движения тела	Длина l движущегося тела при указанной скорости
8,0 км/с (1-я космическая скорость) = 0,000027 c	$l = 0,999999999645 l_0$
11,2 км/с (2-я космическая скорость) = 0,000037 c	$l = 0,999999999303 l_0$
16,7 км/с (3-я космическая скорость) = 0,000056 c	$l = 0,99999999845 l_0$
30 км/с (скорость движения Земли вокруг Солнца) = 0,0001 c	$l = 0,99999995 l_0$
30 000 км/с = 0,1 c	$l = 0,995 l_0$
70 000 км/с (скорость электронов в телевизионной трубке) $\approx 0,23 c$	$l = 0,966 l_0$
150 000 км/с = 0,5 c	$l = 0,866 l_0$
270 000 км/с = 0,9 c	$l = 0,436 l_0$
297 000 км/с = 0,99 c	$l = 0,141 l_0$
299 700 км/с = 0,999 c	$l = 0,0447 l_0$
299 999,7 км/с = 0,999999 c	$l = 0,00142 l_0$
299 999,97 км/с = 0,9999999 c	$l = 0,00045 l_0$

График, выражающий зависимость длины тела от скорости его движения, показан на рисунке 29.

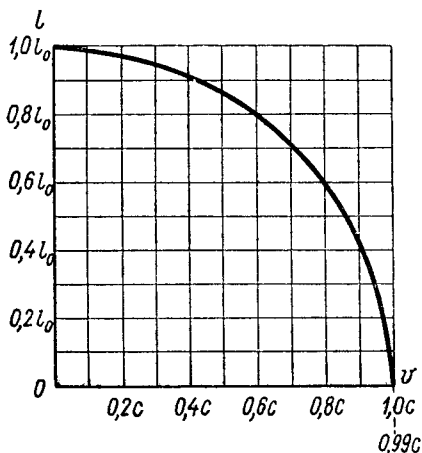


Рис. 29. Зависимость длины тела от скорости его движения.

248. Соотношения между единицами массы и энергии

Единицы	кг	г	эВ	МэВ	эрг	Дж	кВт·ч	а. е. м.
1 кг	1	10^3	$5,61 \cdot 10^{35}$	$5,61 \cdot 10^{29}$	$8,99 \cdot 10^{23}$	$8,99 \cdot 10^{16}$	$2,50 \cdot 10^{10}$	$6,02 \cdot 10^{26}$
1 г	10^{-3}	1	$5,61 \cdot 10^{32}$	$5,61 \cdot 10^{26}$	$8,99 \cdot 10^{20}$	$8,99 \cdot 10^{13}$	$2,50 \cdot 10^7$	$6,02 \cdot 10^{23}$
1 эВ	$1,78 \cdot 10^{-36}$	$1,78 \cdot 10^{-33}$	1	10^{-6}	$1,60 \cdot 10^{-12}$	$1,60 \cdot 10^{-19}$	$4,45 \cdot 10^{-26}$	$1,074 \cdot 10^{-9}$
1 МэВ	$1,78 \cdot 10^{-30}$	$1,78 \cdot 10^{-27}$	10^6	1	$1,60 \cdot 10^{-6}$	$1,60 \cdot 10^{-13}$	$4,45 \cdot 10^{-20}$	$1,074 \cdot 10^{-3}$
1 эрг	$1,11 \cdot 10^{-24}$	$1,11 \cdot 10^{-21}$	$6,24 \cdot 10^{11}$	$6,24 \cdot 10^5$	1	10^{-7}	$2,78 \cdot 10^{-14}$	$6,70 \cdot 10^2$
1 Дж	$1,11 \cdot 10^{-17}$	$1,11 \cdot 10^{-14}$	$6,24 \cdot 10^{18}$	$6,24 \cdot 10^{12}$	10^7	1	$2,78 \cdot 10^{-7}$	$6,70 \cdot 10^9$
1 кВт·ч	$4,00 \cdot 10^{-11}$	$4,00 \cdot 10^{-8}$	$2,25 \cdot 10^{25}$	$2,25 \cdot 10^{19}$	$3,60 \cdot 10^{13}$	$3,60 \cdot 10^6$	1	$2,41 \cdot 10^{16}$
1 а. е. м.	$1,66 \cdot 10^{-27}$	$1,66 \cdot 10^{-24}$	$9,31 \cdot 10^8$	$9,31 \cdot 10^2$	$1,49 \cdot 10^{-3}$	$1,49 \cdot 10^{-10}$	$4,14 \cdot 10^{-17}$	1

Примечание. Энергетический эквивалент атомной единицы массы (1 а. е. м. = $1,6605 \cdot 10^{-27}$ кг $\approx 1,66 \cdot 10^{-27}$ кг) равен $\approx 1,49 \cdot 10^{-10}$ Дж ≈ 149 пДж (931,48 МэВ).

Энергетический эквивалент массы электрона ($m_e = 9,109 \cdot 10^{-31}$ кг = $5,486 \cdot 10^{-4}$ а. е. м.) равен $8,16 \cdot 10^{-3}$ пДж = $0,511$ МэВ.

249. Крупнейший советский кольцевой ускоритель протонов (синхрофазотрон)

Энергия, до которой ускоряют протоны, ГэВ	76
Диаметр кольцевой вакуумной камеры, в которой ускоряется пучок протонов (камера располагается между полюсами электромагнита), м	472
Поперечное сечение кольцевой вакуумной камеры	11,5 × 19,5 см
Длина кольцевой вакуумной камеры, м	1483
Остаточное давление в вакуумной камере, Па (мм рт. ст.)	10 ⁻⁴ (10 ⁻⁶)
Энергия, сообщаемая протону в вакуумной кольцевой камере за его один оборот, кэВ	150
Число оборотов, которое совершает протон для при- обретения расчетной энергии — 76 ГэВ	≈ 400 000
Путь, который проходит протон в кольцевой вакуум- ной камере для приобретения расчетной энергии, млн. км	≈ 0,5
Продолжительность цикла ускорения протонов, с	2,6
Масса электромагнита ускорителя, т	20 000
Сила тока в обмотках электромагнита, А	10 000
Мощность, потребляемая ускорителем, кВт	100 000
Год ввода синхрофазотрона в эксплуатацию	1967
Место установки ускорителя	под г. Серпухо- вом Московской области

Примечания. 1. Наиболее мощный ускоритель протонов (на 1000 ГэВ) действует в США.

2. Сейчас в нашей стране ведется строительство уникального научного соору-жения текущего столетия — нового Серпуховского ускорителя. Этот ускоритель ста-нет крупнейшим в мире. Энергия, которую он будет сообщать протонам, окажется равной 3000 ГэВ. Длина кольцевой вакуумной камеры ускорителя составит 20,7 км. Электромагнит ускорителя будет иметь сверхпроводящую обмотку.

250. Крупнейший в мире зеркальный телескоп

Диаметр зеркала телескопа, м	6
Фокусное расстояние зеркала, м	24
Толщина зеркала, мм	650
Масса зеркала, т	42
Толщина алюминиевого слоя, нанесенного на отра- жающую поверхность зеркала, мкм	0,1
Температурный коэффициент линейного расшире- ния оптического стекла, из которого изготовлено зеркало, °С ⁻¹	0,000003
Время, в течение которого охлаждалась отлитая из стекла заготовка зеркала	2 года
Масса трубы телескопа, т	280
Масса телескопа, т	850

Высота телескопа, м	42
Год введения телескопа в эксплуатацию	1974
Место установки телескопа	Обсерватория АН СССР вблизи станции Зелен- чукской (Ставро- польский край)

Примечание. В СССР ведется проектирование оптического телескопа диаметром 25 м. Зеркало телескопа не будет сплошным — оно будет состоять из более чем 400 шестигранных элементов, по своей форме напоминающих пчелиные соты.

251. «Физика» человека (оптические параметры)

Длительность сохранения глазом возникшего зрительного ощущения, с	0,14
Диаметр глазного яблока взрослого человека, мм	24—25
Расстояние между зрачками глаз («база глаз») у взрослого человека, мм	54—72
Толщина склеры, мм	0,4—1,0
Толщина сосудистой оболочки, мм	до 0,35
Толщина сетчатки, мм	0,1—0,4
Диаметр хрусталика, мм	8—10
Наибольшая толщина хрусталика, мм	3,7—4,0
Показатель преломления хрусталика	≈ 1,4
Фокусное расстояние хрусталика, мм	≈ 70
Оптическая сила хрусталика (у молодых людей), дптр	от ≈ 19 до ≈ 33
Показатель преломления водянистой и студенистой влаги	1,34
Давление прозрачной жидкости, заполняющей глаз (внутриглазное давление), кПа (мм рт. ст.)	≈ 104 (≈ 780)
Диаметр зрачка, мм	
при больших (дневных) освещенностях	2—3
при малых освещенностях (0,01 лк)	6—8
Размеры слепого пятна (форма овальная) мм	1,5 × 2,0
Число палочек в сетчатке глаза, млн.	≈ 130
Число колбочек в сетчатке глаза, млн.	≈ 7
Длина волны света, к которой глаз наиболее чувствителен, нм	555 (желто-зеленые лучи)
Оптическая сила всего глаза, дптр	≈ 60
Поле зрения неподвижного глаза, °	
по горизонтали	ок. 160
по вертикали	ок. 130
Минимальный размер изображения предмета на сетчатке, при котором две точки предмета воспринимаются раздельно, мм	0,002

252. Работа выхода электрона

Вещество	Работа выхода электрона		Вещество	Работа выхода электрона	
	10^{-19} Дж	эВ		10^{-19} Дж	эВ
Барий	3,8	2,4	Платина	8,5	5,3
Барий на вольфрамe	1,8	1,1	Рубидий	3,5	2,2
Вольфрам	7,2	4,5	Серебро	6,9	4,3
Германий	7,7	4,8	Торий	5,4	3,4
Золото	6,9	4,3	Торий на вольфрамe	4,2	2,6
Кальций	4,5	2,8	Цезий	2,9	1,8
Молибден	6,9	4,3	Цезий на вольфрамe	2,2	1,4
Никель	7,2	4,5	Цезий на платине	2,1	1,3
Оксид бария	1,6	1,0			
Оксид меди (I)	8,3	5,2			

253. Красная граница фотоэффекта, нм

Барий	484	Рубидий	573
Вольфрам	272	Серебро	260
Калий	550	Сурьма	310
Литий	500	Сурьмяно-цезиевый катод	670
Медь	270	Цезий	620
Ртуть	260	Цинк	290

254. Энергия кванта (фотона) видимого излучения различной частоты

Длина волны, нм	Частота, ТГц	Цвет лучей	Энергия одного кванта	
			10^{-18} Дж	эВ
760	395	Темно-красный	0,26	1,6
620	483	Красный	0,32	2,0
590	508	Оранжевый	0,34	2,1
560	536	Желтый	0,36	2,2
500	600	Зеленый	0,40	2,5
480	625	Голубой	0,41	2,6
450	666	Синий	0,44	2,7
380	789	Фиолетовый	0,52	3,3

Для сравнения. 1. Молекула воды, падая с высоты 135-метрового водопада, приобретает кинетическую энергию, равную 0,25 мэВ (0,00025 эВ). 2. Средняя кинетическая энергия молекулы газа при температуре 18°C равна 25 мэВ (0,025 эВ).

255. Энергии фотонов излучений, не видимых глазом

Показатели	Излучение		
	рентгеновское	ультрафиолетовое	инфракрасное
Диапазон длин волн, занимаемых излучением, нм	от 0,001 до 10	от 3 до 380	от 760 до $2 \cdot 10^6$
Значения энергий, которыми обладают фотоны в указанном диапазоне длин волн, Дж (эВ)	от $2 \cdot 10^{-13}$ ($1,25 \cdot 10^6$) до $2 \cdot 10^{-17}$ ($1,2 \cdot 10^2$)	от $6,6 \cdot 10^{-17}$ ($4,1 \cdot 10^2$) до $5,3 \cdot 10^{-19}$ (3,3)	от $2,6 \cdot 10^{-20}$ (1,6) до 10^{-22} ($6,0 \cdot 10^{-4}$)

256. Массы фотонов

Вид излучения	Частота, ТГц	Масса фотона	
		кг	в массах электрона
Граница инфракрасного и видимого излучения	400	$2,9 \cdot 10^{-36}$	$3,2 \cdot 10^{-6}$
Видимая часть спектра (лучи зеленого цвета)	600	$4,4 \cdot 10^{-36}$	$4,7 \cdot 10^{-6}$
Граница видимого и ультрафиолетового излучения	790	$5,6 \cdot 10^{-36}$	$6,3 \cdot 10^{-6}$
Ультрафиолетовое излучение	10^5	$7,3 \cdot 10^{-34}$	$8,0 \cdot 10^{-4}$
Рентгеновское излучение	$3 \cdot 10^6$	$2,2 \cdot 10^{-31}$	0,24
Гамма-излучение	$3 \cdot 10^8$	$2,2 \cdot 10^{-30}$	2,4

257. Импульсы фотонов

Вид излучения	Частота, ТГц	Импульс, кг · м/с
Граница инфракрасного и видимого излучения	400	$8,7 \cdot 10^{-28}$
Видимая часть спектра (лучи зеленого цвета)	600	$1,3 \cdot 10^{-27}$
Граница видимого и ультрафиолетового излучения	790	$1,7 \cdot 10^{-27}$
Ультрафиолетовое излучение	10^5	$2,2 \cdot 10^{-25}$
Рентгеновское излучение	$3 \cdot 10^6$	$6,6 \cdot 10^{-23}$
Гамма-излучение	$3 \cdot 10^8$	$6,6 \cdot 10^{-21}$

258. Данные о лазерах

В таблице приведены некоторые характеристики лазеров, работающих на твердотельных активных элементах.

Название установки	Назначение	Активный элемент	Параметры выходного излучения лазера			
			Длина волны, нм	Длительность импульса, мс	энергия импульса, Дж	частота импульсов, с ⁻¹
Квант-9М	Прошивка отверстий	Стекло	1060	0,75	8	2
Квант-12	Сварка изделий	Гранат	1060	4	5	20
ГОР-100М	Научные исследования	Рубин	694	1	100	0,05

259. Массы атомов некоторых химических элементов

Атом	Масса атома		Атом	Масса атома	
	10 ⁻²⁷ кг	а. е. м.*		10 ⁻²⁷ кг	а. е. м.
Азот	23,2	14,0067	Олово . .	197	118,69
Алюминий	44,8	26,9815	Платина .	324	195,09
Водород . .	1,67	1,0079	Ртуть . . .	333	200,59
Вольфрам .	305	183,85	Свинец . .	334	207,2
Гелий . . .	6,64	4,0026	Сера . . .	53,2	32,06
Железо . .	92,8	55,847	Серебро . .	179	107,868
Золото . .	327	196,9665	Углерод . .	19,9	12,011
Калий . . .	64,9	39,098	Уран . . .	395	238,029
Кальций . .	66,5	40,08	Фосфор . .	51,4	30,97376
Кислород .	26,6	15,9994	Хлор . . .	58,9	35,453
Медь . . .	105	63,546	Цинк . . .	109	65,38
Натрий . .	38,1	22,98977			

* Атомная единица массы (а. е. м.) является единицей атомных масс химических элементов. 1 а. е. м. равна $1/12$ массы изотопа углерода-12.

260. Размеры атомов

Линейные размеры атома*, см (нм) $\approx 10^{-8}$ ($\approx 0,1$)
 Радиус простейшего атома — водорода**, см (нм) . $5,3 \cdot 10^{-9}$ (0,053)

* Линейные размеры атома определяются линейными размерами его электронной оболочки.

** Радиус атома водорода равен радиусу траектории движения электрона в атоме, т. е. радиусу первой электронной орбиты в атоме водорода.

Радиус атома гелия, см (нм)	$1,05 \cdot 10^{-8}$ (0,105)
Радиус атома урана, см (нм)	$1,5 \cdot 10^{-8}$ (0,15)
Число атомов, которые можно «уложить» вплотную друг к другу на отрезке в 1 мм	$\approx 10\,000\,000$
Объем, занимаемый атомом, см ³	порядка 10^{-24}
Число атомов железа, содержащихся в булавочной головке	примерно 10^{19}
Линейные размеры ядра атома, см	порядка 10^{-13} – 10^{-12}
Отношение радиуса атома к радиусу ядра атома (в среднем)	$\approx 100\,000$
Радиус ядра гелия, см (фм)	$2 \cdot 10^{-13}$ – $3 \cdot 10^{-13}$ (2–3)
Радиус ядра урана, см (фм)	$8,5 \cdot 10^{-13}$ (8,5)
Объем ядра, см ³	10^{-39} – 10^{-36}
Число атомных ядер, которые можно «уложить» вплотную друг к другу на отрезке 1 мм	$\approx 1\,000\,000\,000\,000$
Расстояние между атомами в твердом теле, см (нм)	порядка 10^{-8} (0,1)

261. Естественная радиоактивность

В состав радиоактивного излучения входят α -лучи (поток альфа-частиц – атомных ядер гелия), β -лучи (поток электронов или позитронов) и γ -лучи (поток фотонов высокой частоты – порядка 10^8 ТГц).

	α -лучи	β -лучи	γ -лучи
Скорость частиц, вылетающих из ядер радиоактивных веществ, км/с	14 000–20 000	160 000*	300 000
Энергия частицы, МэВ	4–9	От сотых долей до 1–2	0,2–3
Масса одной вылетающей частицы, кг	$6,6 \cdot 10^{-27}$	$9 \cdot 10^{-31}$	$\approx 2,2 \cdot 10^{-30}$
Пробег (путь, пройденный частицей в веществе до остановки) в воздухе	3–9 см	До 40 м	До нескольких сот метров
в алюминии	До 0,06 мм	До 2 см	В свинце до 5 см
в биологической ткани	До 0,1 мм	До 6 см	Пронизывают тело человека

* Указана средняя скорость, так как β -излучение содержит потоки заряженных частиц со всевозможными скоростями – от скорости, близкой к нулю, до скорости, близкой к скорости света.

262. Изотопы водорода

Первый, наиболее легкий элемент периодической системы Менделеева — водород имеет три изотопа: два стабильных (протий и дейтерий) и один радиоактивный — тритий (период его полураспада 12,3 года).

Показатели	Название изотопа		
	протий* (легкий водород)	дейтерий** (тяжелый водород)	тритий*** (сверхтяжелый водород)
Название ядра атома водорода	протон	дейтрон	тритон
Число протонов в ядре	1	1	1
Число нейтронов в ядре	—	1	2
Число электронов в атоме	1	1	1
Массовое число изотопа	1	2	3
Встречающиеся обозначения изотопа	H; ${}^1\text{H}$; ${}_1^1\text{H}$; <i>p</i>	${}^2\text{H}$; ${}^2_1\text{H}$; D; ${}^2\text{D}$; ${}^2_1\text{D}$; <i>d</i>	${}^3\text{H}$; ${}^3_1\text{H}$; T; ${}^3\text{T}$; ${}^3_1\text{T}$; <i>t</i>
Природный изотопный состав водорода, %	99,985	≈ 0,0156	≈ 10 ⁻¹⁵ —10 ⁻¹⁶

Примечания. 1. В соединении с кислородом протий образует обычную воду (H₂O), дейтерий — тяжелую воду (D₂O), тритий — сверхтяжелую воду (T₂O).

2. Тяжелая вода содержится в природной воде в очень небольшом количестве (0,016%): на одну молекулу тяжелой воды приходится примерно 6800 молекул обычной воды. Сверхтяжелая вода в природе образуется в ничтожно малых количествах (например, в дождевой воде 1 атом трития приходится примерно на 10¹⁸ атомов протия). Во всей воде Земли содержится лишь 15–20 кг сверхтяжелой воды.

3. В промышленности тритий получают при облучении лития нейтронами.

* Протий от греч. protos — первый.

** Дейтерий от греч. deuterios — второй.

*** Тритий от греч. tritos — третий.

263. Физические свойства тяжелой воды

Плотность (при $t=20^\circ\text{C}$), кг/м ³	1105,3
Температура кипения (при нормальном давлении), °C	101,43
Температура плавления, °C	3,81
Удельная теплоемкость, кДж/(кг·°C)	4,23
Удельная теплота парообразования (при температуре кипения), кДж/кг	2280,1
Поверхностное натяжение (при $t=20^\circ\text{C}$), мН/м	72,6
Удельная теплота плавления, кДж/кг	316,5
Скорость звука (при $t=0^\circ\text{C}$), м/с	1302
Скорость звука (при $t=20^\circ\text{C}$), м/с	1384
Диэлектрическая проницаемость	79
Показатель преломления	1,328

Примечание. Тяжелая вода — изотопная разновидность воды — открыта в 1932 г. Содержится в природной воде и атмосферных осадках. Применяется в качестве замедлителя нейтронов в ядерных реакторах и при проведении научных исследований. По замедляющей способности тяжелая вода превосходит обычную воду в 170 раз, графит — в 70 и бериллий — в 75 раз.

Тяжелую воду получают чаще всего путем многократного электролиза обычной воды, при этом тяжелая вода, разлагаясь в 4—6 раз медленнее обычной воды, концентрируется в остатке электролита.

В физиологическом отношении тяжелая вода воздействует на живое вещество иначе, чем обычная. Например, рыбы, микробы, черви в такой воде существовать не могут; животные, если их поить только тяжелой водой, погибают от жажды; семена растений, если их поливать одной тяжелой водой, не прорастают и др.

264. Изотопный состав некоторых элементов

Атомный номер элемента	Обозначение элемента	Обозначение изотопа	Содержание изотопа в данном элементе, %	В состав изотопа входит		
				электронов	протонов	нейтронов
2	He	${}^3_2\text{He}$	0,0001	2	2	1
2	He	${}^4_2\text{He}$	99,9999	2	2	2
3	Li	${}^6_3\text{Li}$	7,52	3	3	3
3	Li	${}^7_3\text{Li}$	92,48	3	3	4
4	Be	${}^9_4\text{Be}$	100	4	4	5
5	B	${}^{10}_5\text{B}$	19,6	5	5	5
5	B	${}^{11}_5\text{B}$	80,4	5	5	6
6	C	${}^{12}_6\text{C}$	98,88	6	6	6
6	C	${}^{13}_6\text{C}$	1,12	6	6	7
7	N	${}^{14}_7\text{N}$	99,64	7	7	7
7	N	${}^{15}_7\text{N}$	0,36	7	7	8
8	O	${}^{16}_8\text{O}$	99,759	8	8	8
8	O	${}^{17}_8\text{O}$	0,037	8	8	9
8	O	${}^{18}_8\text{O}$	0,204	8	8	10
9	F	${}^{19}_9\text{F}$	100	9	9	10
....
92	U	${}^{234}_{92}\text{U}$	0,0056	92	92	142
92	U	${}^{235}_{92}\text{U}$	0,7205	92	92	143
92	U	${}^{238}_{92}\text{U}$	99,2739	92	92	146

265. Формы записи ядерных реакций

Полная запись	Сокращенная запись*	Примечание
${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$	${}^{14}_7\text{N}(\alpha, p) {}^{17}_8\text{O}$	Первая искусственно осуществленная человеком ядерная реакция (Э. Резерфорда, 1919 г.).
${}^{27}_{13}\text{Al} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{30}_{15}\text{P} + {}^1_0n$	${}^{27}_{13}\text{Al}(\alpha, n) {}^{30}_{15}\text{P}$	
${}^{10}_5\text{B} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{13}_7\text{N} + {}^1_0n$	${}^{10}_5\text{B}(\alpha, n) {}^{13}_7\text{N}$	
${}^{24}_{12}\text{Mg} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{27}_{14}\text{Si} + {}^1_0n$	${}^{24}_{12}\text{Mg}(\alpha, n) {}^{27}_{12}\text{Si}$	} Реакции, при которых впервые были получены радиоактивные изотопы (Ирен и Фредерик Жолио-Кюри, 1934 г.).
${}^7_3\text{Li} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^4_2\text{He}$	${}^7_3\text{Li}(p, 2\alpha) {}^4_2\text{He}$		Первая ядерная реакция с искусственно ускоренными протонами (Д. Кокрофт и Е. Уолтон, 1932 г.).
${}^6_3\text{Li} + {}^1_0n \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^3_1\text{H}$	${}^6_3\text{Li}(n, \alpha) {}^3_1\text{H}$	
${}^{27}_{13}\text{Al} + {}^1_0n \rightarrow {}^{27}_{12}\text{Mg} + {}^1_1\text{H}$	${}^{27}_{13}\text{Al}(n, p) {}^{27}_{12}\text{Mg}$	Реакция, при которой в 1937 г. впервые был получен неизвестный до этого элемент с порядковым номером 43 (он получил название «технеций»).
${}^{63}_{29}\text{Cu} + \gamma \rightarrow {}^{62}_{29}\text{Cu} + {}^1_0n$	${}^{63}_{29}\text{Cu}(\gamma, n) {}^{62}_{29}\text{Cu}$	
${}^{23}_{11}\text{Na} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{24}_{12}\text{Mg} + {}^1_0n$	${}^{23}_{11}\text{Na}(d, n) {}^{24}_{12}\text{Mg}$	
${}^{98}_{42}\text{Mo} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{99}_{43}\text{Tc} + {}^1_0n$	${}^{98}_{42}\text{Mo}(\alpha, n) {}^{99}_{43}\text{Tc}$	

* При сокращенной записи ядерной реакции сначала пишут символ, обозначающий исходное ядро элемента, в скобках — бомбардирующую частицу и частицу, вылетающую из ядра в результате реакции, а затем символ ядра, образующегося в итоге реакции. Обозначения частиц: *d* — дейтрон (изотоп водорода ${}^2_1\text{H}$), *p* — протон, *n* — нейтрон, *α* — альфа-частица, *γ* — фотон.

266. Радиоактивные изотопы

В настоящее время в различных областях науки, техники и производства применяется более ста различных радиоактивных изотопов. В таблице приведены данные о некоторых из них.

Химический элемент	Обозначение изотопа	Период полураспада	Область применения изотопа
Железо	$^{59}_{26}\text{Fe}$	45 сут	Исследование химических реакций в металлургическом производстве, исследование износа деталей, изучение обмена веществ в биологии и медицине.
Иод	$^{131}_{53}\text{I}$	8 сут	Обнаружение и лечение заболеваний щитовидной железы.
Кальций	$^{45}_{20}\text{Ca}$	165 сут	Исследование работы доменных печей.
Кобальт	$^{60}_{27}\text{Co}$	5,3 года	Лечение злокачественных опухолей; измерение толщины изделий, плотности растворов; изучение износа трущихся деталей и режущего инструмента; стерилизация пищи и др.
Натрий	$^{24}_{11}\text{Na}$	15,4 ч	Изучение явления диффузии, обмена веществ (в биологии и медицине) и др.
Сера	$^{35}_{16}\text{S}$	87,1 сут	Исследование износа деталей, хода химических реакций и др.
Таллий	$^{204}_{81}\text{Tl}$	3,6 года	Измерение и контроль толщины изделий.
Фосфор	$^{32}_{15}\text{P}$	14,3 сут	Изучение движения удобрений в почве, корневого питания растений; исследование обмена веществ, циркуляции крови; изучение хода химических реакций.
Цезий	$^{137}_{55}\text{Cs}$	29,7 года	Контроль за толщиной изделий, расходом жидкости; лечение опухолей, заболеваний кожи.

267. Получение радиоактивных изотопов

В таблице указываются способы получения искусственных радиоактивных изотопов, получивших широкое практическое применение (см. табл. 266).

Радиоактивный изотоп	Реакция получения изотопа*	Метод получения радиоактивного изотопа
$^{59}_{26}\text{Fe}$	$^{58}_{26}\text{Fe}(n, \gamma)^{59}_{26}\text{Fe}$	Облучение в реакторе мишеней из железа
$^{131}_{53}\text{I}$	$^{131}_{52}\text{Te} \rightarrow ^{131}_{53}\text{I} + {}^0_{-1}e$	Выделение изотопа из природных соединений теллура, облученного нейтронами
$^{45}_{20}\text{Ca}$	$^{44}_{20}\text{Ca}(n, \gamma)^{45}_{20}\text{Ca}$	Облучение в реакторе природных соединений кальция (CaO , CaCO_3)
$^{60}_{27}\text{Co}$	$^{59}_{27}\text{Co}(n, \gamma)^{60}_{27}\text{Co}$	Облучение в реакторе мишеней из кобальта
$^{24}_{11}\text{Na}$	$^{23}_{11}\text{Na}(n, \gamma)^{24}_{11}\text{Na}$	Облучение в реакторе мишеней из соединений натрия (NaCl или Na_2CO_3)
$^{35}_{16}\text{S}$	$^{35}_{17}\text{Cl}(n, p)^{35}_{16}\text{S}$	Облучение в реакторе мишеней из соединений хлора
$^{204}_{73}\text{Tl}$	$^{203}_{73}\text{Tl}(n, \gamma)^{204}_{73}\text{Tl}$	Облучение в реакторе мишеней из природного таллия
$^{32}_{15}\text{P}$	$^{31}_{15}\text{P}(n, \gamma)^{32}_{15}\text{P}$	Облучение в реакторе мишеней из соединений фосфора (P_2O_5)
$^{137}_{55}\text{Cs}$	—	Изотоп выделяют из смеси продуктов деления, содержащихся в отработавших тепловыделяющих элементах реактора

* См. табл. 265.

268. Период полураспада некоторых радиоактивных изотопов

Атомный номер химического элемента	Элемент	Обозначение изотопа	Период полураспада изотопа
1	Водород (тритий)	^3_1H	12,3 года
6	Углерод	$^{11}_6\text{C}$	20 мин
6	Углерод	$^{14}_6\text{C}$	5600 лет
15	Фосфор	$^{32}_{15}\text{P}$	14,3 сут
16	Сера	$^{35}_{16}\text{S}$	87 сут

Атомный номер химического элемента	Элемент	Обозначение изотопа	Период полураспада изотопа
19	Калий	$^{40}_{19}\text{K}$	$1,3 \cdot 10^9$ лет
19	Калий	$^{42}_{19}\text{K}$	12,5 ч
20	Кальций	$^{45}_{20}\text{Ca}$	165 сут
24	Хром	$^{51}_{24}\text{Cr}$	28 сут
26	Железо	$^{59}_{26}\text{Fe}$	45 сут
27	Кобальт	$^{60}_{27}\text{Co}$	5,3 года
38	Стронций	$^{89}_{38}\text{Sr}$	50,5 сут
47	Серебро	$^{110}_{47}\text{Ag}$	270 сут
53	Иод	$^{131}_{53}\text{I}$	8 сут
92	Уран	$^{234}_{92}\text{U}$	$1,6 \cdot 10^5$ лет
92	Уран	$^{235}_{92}\text{U}$	$7,1 \cdot 10^8$ лет
94	Плутоний	$^{239}_{94}\text{Pu}$	24,4 года

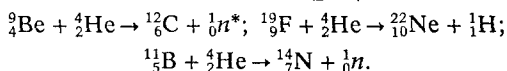
269. Энергия связи некоторых ядер

Химический элемент	Обозначение изотопа	Масса изотопа, а. е. м.	Энергия связи ядра	
			10^{-13} Дж	МэВ
Водород	^1_1H	1,007825	—	—
Водород	$^2_1\text{H}, \text{D}$	2,014102	3,5632	2,2241
Водород	$^3_1\text{H}, \text{T}$	3,016049	13,589	8,4820
Гелий	^3_2He	3,016022	12,375	7,7243
Гелий	^4_2He	4,002603	45,329	28,2937
Литий	^6_3Li	6,015125	51,246	31,9870
Литий	^7_3Li	7,016004	62,865	39,239
Бериллий	^9_4Be	9,012186	98,167	58,153
Бор	$^{10}_5\text{B}$	10,012939	103,73	64,744
Бор	$^{11}_5\text{B}$	11,009305	122,07	76,192
Углерод	$^{12}_6\text{C}$	12,000000	147,64	92,156
Углерод	$^{13}_6\text{C}$	13,003354	155,57	97,102
Азот	$^{14}_7\text{N}$	14,003074	167,66	104,653
Азот	$^{15}_7\text{N}$	15,000107	185,02	115,485
Кислород	$^{16}_8\text{O}$	15,994915	204,49	127,612
Кислород	$^{17}_8\text{O}$	16,999133	211,08	121,754
Кислород	$^{18}_8\text{O}$	17,999160	223,96	139,789

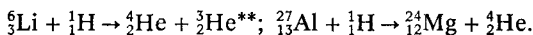
270. Примеры ядерных реакций

При ядерных реакциях осуществляется превращение атомных ядер вследствие их взаимодействия с элементарными частицами (или друг с другом). Обычно в ядерных реакциях участвуют 2 исходных ядра, и в результате образуется 2 новых ядра (возможно образование и большего числа ядер). В настоящее время известно примерно около тысячи различных ядерных реакций, приводящих к образованию новых ядер. Ниже приводятся некоторые из них.

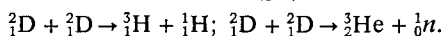
Реакции, вызываемые α -частицами (${}^4_2\text{He}$):



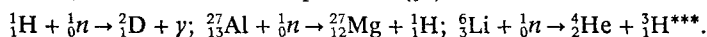
Реакции, вызываемые протонами (${}^1_1\text{H}$):



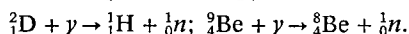
Реакции, вызываемые дейтонами (${}^2_1\text{D}$):



Реакции, вызываемые нейтронами (1_0n):

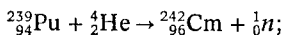


Реакции, вызываемые фотонами (γ):

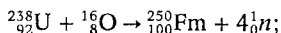


Реакции, при которых были искусственно получены химические элементы:

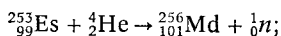
кюриум:



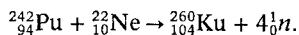
фермий:



менделевий:



курчатовий:



* Ядерная реакция, при которой впервые был выделен из ядра атома нейтрон.

** Ядерная реакция, при которой был открыт легкий изотоп гелия.

*** При такой реакции в реакторах из изотопа лития получают тритий.

271. Примеры термоядерных реакций

Термоядерные реакции — реакции слияния (синтеза) легких атомных ядер в более тяжелые — происходят при очень высоких температурах (порядка 10^7 К).

Реакция	Энергия, выделяемая при реакции, МэВ	Реакция	Энергия, выделяемая при реакции, МэВ
${}^1_1\text{H} + {}^2_1\text{D} \rightarrow {}^3_2\text{He}$	5,5	${}^2_1\text{D} + {}^3_2\text{He} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_1\text{H}$	18,3
${}^2_1\text{D} + {}^2_1\text{D} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$	3,3	${}^1_0\text{n} + {}^6_3\text{Li} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^3_1\text{T}$	4,8
${}^2_1\text{D} + {}^2_1\text{D} \rightarrow {}^3_1\text{T} + {}^1_1\text{H}$	4,0	${}^1_1\text{H} + {}^7_3\text{Li} \rightarrow 2{}^4_2\text{He}$	17,3
${}^2_1\text{D} + {}^3_1\text{T} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$	17,6	${}^2_1\text{D} + {}^6_3\text{Li} \rightarrow 2{}^4_2\text{He}$	22,4
${}^3_1\text{T} + {}^3_1\text{T} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2{}^1_0\text{n}$	11,3	${}^2_1\text{D} + {}^7_3\text{Li} \rightarrow 2{}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$	15,0

272. Поглощенная доза излучения и ее биологическое действие

В таблице приведены ориентировочные значения поглощенной дозы рентгеновского или гамма-излучения, которую получает организм человека в течение года от различных источников.

Источник излучения	Доза излучения, 10^{-6} Гр/год	Источник излучения	Доза излучения, 10^{-6} Гр/год
Естественный радиационный фон (создается природными источниками)	1000	Угольные электростанции	2
		Атомные электростанции	0,2
Медицинская диагностика	1500	Радиоактивные продукты ядерных взрывов	25
Строительные материалы (пребывание в помещениях)	1050	Остальные источники	≈ 2
Телевидение (4 ч в день)	10	Всего	≈ 3600

Примечание. По современным данным предельной годовой поглощенной дозой рентгеновского или гамма-излучения, не причиняющей заметного вреда человеческому организму, является доза в $5 \cdot 10^{-2}$ Гр.

Примеры. 1. При полете человека на самолете (длина маршрута 2 тыс. км) поглощенная доза излучения равна примерно $5 \cdot 10^{-6}$ Гр.

2. Поглощенная доза излучения у первого космонавта при его одновитковом полете вокруг Земли составила $2 \cdot 10^{-5}$ Гр. Для каждого члена международных экипажей, совершавших восьмисуточные космические полеты на станции «Салют-6», поглощенная доза излучения оказалась равной от $1,35 \cdot 10^{-3}$ до $2,7 \cdot 10^{-3}$ Гр. За время экспедиции корабля «Аполлон-11» к Луне (включая и выход космонавтов на поверхность Луны) поглощенная доза излучения для космонавтов оказалась равной $1,8 \cdot 10^{-3}$ Гр.

В таблице указаны ориентировочные значения поглощенной дозы излучения, разовое облучение которой человека может вызвать опасные последствия.

Доза излучения, Гр	Последствия облучения	Доза излучения, Гр	Последствия облучения
до 0,25	Каких-либо последствий в состоянии здоровья человека не обнаруживается	2,5–4	Лучевая болезнь средней тяжести Тяжелая форма лучевой болезни. Без лечения возможен смертельный исход (в 50% случаев)
0,5–1		4–6	
1–2,5	Незначительные обратимые процессы	6–10	Крайне тяжелая форма лучевой болезни

Примечание. Поглощенная доза излучения, приводящая в 50% случаев к гибели облученных организмов, равна (в грэях): для крупного рогатого скота – 1,5–2,7; для птиц – 6–14; грызунов – 8–15; насекомых – 580–2000; вирусов – 62–4600; бактерий – 17–3500.

273. Баланс энергии деления одного ядра урана-235

	10^{-12} Дж	МэВ
Кинетическая энергия «осколков» деления	27,1	169
Энергия радиоактивного излучения «осколков»	2,9	18
Кинетическая энергия нейтронов	0,8	5
Энергия, уносимая нейтрино	1,8	11
Суммарная энергия реакции деления	32,6	203

Примечание. Число делений в секунду ядер урана-235, эквивалентное мощности 1 кВт, равно $\approx 3 \cdot 10^{13}$.

274. Защитное действие от ионизирующих излучений некоторых материалов и сооружений

В таблицах указана ориентировочная толщина слоя некоторых материалов, ослабляющего ионизирующее излучение гамма-лучей и нейтронов в два раза, а также приведены ориентировочные данные о том, во сколько раз ослабляется ионизирующее излучение некоторыми постройками и сооружениями.

Материал (среда)	Толщина слоя, ослабляющего излучение наполовину, см	
	гамма-излучение	нейтронное излучение
Бетон	10	12
Вода	23	3
Грунт	14	12
Дерево	30	10
Свинец	2	9
Сталь (броня)	3	5

Постройка, сооружение	Во сколько раз ослабляется излучение
Специальные убежища	Практически полностью
Деревянный дом	4-10
Каменный дом	10-50
Погребы и подвалы деревянных домов	5-100
Землянки (перекрытие — слой земли толщиной 0,6-0,9 м)	200-300

275. Данные об атомных электрических станциях СССР

АЭС	Мощность реактора, МВт		Давление пара переа турбиной		Температура пара переа турбиной, °С	КПА реактора, %	Год пуска
	электрическая	тепловая	МПа	ат			
Белоярская им. И. В. Курчатова	100	286	8,8	90	500	35,0	1964
	200	530	8,8	90	500	37,8	1967
	600	1470	13,8	140	510	41,0	1980
Нововоронежская им. 50-летия СССР	210	760	2,8	29	...	27,6	1964
	365	1320	2,8	29	...	27,6	1969
	440	1375	4,3	44	255	32,0	1971
	440	1375	4,3	44	255	32,0	1972
	1000	3000	5,9	60	274	33,0	1980
Шевченковская**	350	1000	4,9	50	440	35,0	1973
Ленинградская им. В. И. Ленина	1000	3200	6,4	65	280	31,3	1973
	1000	3200	6,4	65	280	31,3	1975
	1000	3200	6,4	65	280	31,3	1979
	1000	3200	6,4	65	280	31,3	1981
Курская	1000	3200	6,4	65	280	31,3	1976
	1000	3200	6,4	65	280	31,3	1979
	1000	3200	6,4	65	280	31,3	1984
	1000	3200	6,4	65	280	31,3	1984
Чернобыльская им. В. И. Ленина	1000	3200	6,4	65	280	31,3	1977

второй блок	1000	3200	6,4	65	280	31,3	1979
третий блок	1000	3200	6,4	65	280	31,3	1981
Смоленская							
первый блок	1000	3200	6,4	65	280	31,3	1982
второй блок	1000	3200	6,4	65	280	31,3	1985
Калининская							
первый блок	1000	3000	5,9	60	274	33,0	1984
второй блок	1000	3000	5,9	60	274	33,0	1986
Игналинская							
первый блок	1500	4800	6,4	65	280	31,2	1983
второй блок	1500	4800	6,4	65	280	31,2	1987
Кольская							
первый блок	440	1375	4,3	44	255	32,0	1973
второй блок	440	1375	4,3	44	255	32,0	1975
третий блок	440	1375	4,3	44	255	32,0	1981
четвертый блок	440	1375	4,3	44	255	32,0	1984
Ровенская							
первый блок	440	1375	4,3	44	255	32,0	1980
второй блок	440	1375	4,3	44	255	32,0	1981
третий блок	1000	3000	5,9	60	274	33,0	1986
Южно-Украинская							
первый блок	1000	3000	5,9	60	274	33,0	1982
второй блок	1000	3000	5,9	60	274	33,0	1985
Запорожская							
первый блок	1000	3000	5,9	60	274	33,0	1984
второй блок	1000	3000	5,9	60	274	33,0	1985
третий блок	1000	3000	5,9	60	274	33,0	1986
четвертый блок	1000	3000	5,9	60	274	33,0	1987

* На третьем блоке установлен самый мощный в мире реактор на быстрых нейтронах БН-600 (см. табл. 280).

** На АЭС работает реактор на быстрых нейтронах БН-350 (см. табл. 280). Станция служит для выработки электроэнергии и опреснения морской воды.

АЭС	Мощность реактора, МВт		Давление пара перед турбиной		Температура пара перед турбиной, °С	КПА реактора, %	Год пуска
	электрическая	тепловая	МПа	ат			
Балаковская	первый блок	1000	3000	5,9	274	33,0	1985
	второй блок	1000	3000	5,9	274	33,0	1987
	третий блок	1000	3000	5,9	274	33,0	1988
Хмельницкая	первый блок	1000	3000	5,9	274	33,0	1987

276. Элементарные частицы

Название		Обозначение		Масса (в массах электрона)	Электрический заряд (в элементарных зарядах)*		Среднее время жизни, с
		частицы	анти-частицы		частицы	анти-частицы	
Фотон		γ	γ	0	0	0	Стабилен
Лептоны							
нейтрино электронное	антинейтрино электронное	ν_e	$\bar{\nu}_e$	0	0	0	Стабильны
нейтрино мюонное	антинейтрино мюонное	ν_μ	$\bar{\nu}_\mu$	0	0	0	Стабильны
нейтрино тау-лептонное	антинейтрино тау-лептонное	ν_τ	$\bar{\nu}_\tau$	0	0	0	Стабильны
электрон	позитрон	e^-	e^+	1	-1	+1	Стабильны

минус-мюон	плюс-мюон	μ^-	μ^+	207	-1	+1	$2,2 \cdot 10^{-6}$
тау-минус-лептон	тау-плюс-лептон	τ^-	τ^+	3492	-1	+1	$3,4 \cdot 10^{-15}$
Мезоны							
пи-нуль-мезон	—	π^0	π^0	264,1	0	0	$8,3 \cdot 10^{-17}$
пи-плюс-мезон	пи-минус-мезон	π^+	π^-	273,1	+1	-1	$2,6 \cdot 10^{-8}$
ка-плюс-мезон	ка-минус-мезон	K^+	K^-	956,4	+1	-1	$1,2 \cdot 10^{-8}$
ка-нуль-мезон	анти-ка-нуль-мезон	K^0	\bar{K}^0	974,1	0	0	$8,9 \cdot 10^{-11}$; $5,2 \cdot 10^{-8}$
эта-нуль-мезон	—	η^0	η^0	1074	0	0	$7 \cdot 10^{-19}$

Барионы

протон	антипротон	p	\bar{p}	1836,1	+1	-1	Стабильны
нейтрон	антинейтрон	n	\bar{n}	1838,6	0	0	$\approx 1000^{**}$
ламбда-нуль-гиперон	анти-ламбда-нуль-гиперон	Λ^0	$\bar{\Lambda}^0$	2183,1	0	0	$2,63 \cdot 10^{-10}$
сигма-плюс-гиперон	анти-сигма-плюс-гиперон	Σ^+	$\bar{\Sigma}^+$	2327,6	+1	-1	$8 \cdot 10^{-11}$
сигма-минус-гиперон	анти-сигма-минус-гиперон	Σ^-	$\bar{\Sigma}^-$	2543,1	-1	+1	$1,48 \cdot 10^{-10}$
сигма-нуль-гиперон	анти-сигма-нуль-гиперон	Σ^0	$\bar{\Sigma}^0$	2333,6	0	0	$5,8 \cdot 10^{-20}$
кси-нуль-гиперон	анти-кси-нуль-гиперон	Ξ^0	$\bar{\Xi}^0$	2572,8	0	0	$2,9 \cdot 10^{-10}$
кси-минус-гиперон	анти-кси-минус-гиперон	Ξ^-	$\bar{\Xi}^-$	2585,6	-1	+1	$1,64 \cdot 10^{-10}$
омега-минус-гиперон	анти-омега-минус-гиперон	Ω^-	$\bar{\Omega}^-$	3273	-1	+1	$8,2 \cdot 10^{-11}$

* Элементарный заряд $e \approx 1,6 \cdot 10^{-10}$ Кл = $4,8 \cdot 10^{10}$ э.д. заряда СГС.

** Время жизни указано для свободных нейтронов. Для нейтронов, входящих в стабильные ядра, время жизни равно бесконечности.

277. Критическая масса делящихся веществ

В таблице приведены значения критических масс для делящихся веществ (ядерного горючего); указывается также радиус тела сферической формы, изготовленного из данного делящегося вещества.

Делящееся вещество	Критическая масса, кг	Радиус сферы, см
Уран-233	16	6
Уран-235	48	8,5
Плутоний-239	17	6

278. Первая в мире атомная электростанция

Место расположения АЭС	СССР, г. Обнинск Калужской области
Дата пуска в эксплуатацию	июнь 1954 г.
Давление воды, циркулирующей в первом (замкнутом) контуре*, МПа (ат)	10 (100)
Температура воды, прошедшей реактор, °С	270
Давление пара во втором контуре, МПа (ат)	1,25 (12,5)
Температура пара во втором контуре, °С	260
Размеры стального цилиндрического корпуса реактора:	
наружный диаметр, м	3,0
высота, м	4,5
Защитные слои реактора	вода и бетон
Масса загружаемого ядерного горючего, кг	550
в том числе изотопа урана-235	27,5
КПД станции, %	≈ 17
Продолжительность работы реактора без пополнения ядерного горючего, годы	0,3

Примечание. Первая промышленная атомная электростанция в Англии была построена в 1956 г., в США — в 1957 г., во Франции — в 1958 г.

* АЭС имеет два контура. Первый (радиоактивный) контур проходит через реактор и парогенератор (теплообменник). В этом контуре непрерывно циркулирует вода. Проходя активную зону, она нагревается и в парогенераторе доводит воду второго (нерадиоактивного) контура до кипения. Образующийся пар поступает в турбину электростанции.

279. Атомные реакторы на тепловых нейтронах

Показатели	Обозначение реактора*			
	ВВЭР-440	ВВЭР-1000	РБМК-1000	РБМК-1500
Тепловая мощность реактора, МВт	1375	3000	3200	4800
Электрическая мощность реактора, МВт	440	1000	1000	1500
Теплоноситель	вода			
Замедлитель нейтронов	вода		графит	
Параметры пара перед турбиной:				
давление, МПа (ат)	4,3(44)	5,9(60)	6,4(65)	6,4(65)
температура, °С	255	274	280	280
Загрузка урана, т	42	66	192	189
КПД реактора, %	32,0	33,0	31,2	31,2
Высота стального корпуса реактора, м	11,8	10,8	—	—
Наружный диаметр корпуса, м	3,8	4,5	—	—
Размеры активной зоны реактора, м				
высота	2,5	3,5	7,0	7,0
диаметр	2,9	3,1	11,8	11,8

* Буквы ВВЭР и РБМК означают соответственно: водо-водяной энергетический реактор; реактор большой мощности канальный; цифры — электрическую мощность реактора в мегаваттах.

280. Атомные реакторы на быстрых нейтронах

Показатели	Обозначение реактора		
	БН-350	БН-600	БН-1600
Тепловая мощность реактора, МВт	1000*	1470	4000
Электрическая мощность, МВт	150	600	1600
Параметры пара на входе в турбину:			
давление, МПа (ат)	4,9(50)	13,7(140)	13,7(140)
температура, °С	440	510	490—510

* Реактор служит для производства электроэнергии и для получения 120 000 т дистиллированной воды в сутки.

Показатели	Обозначение реактора		
	БН-350	БН-600	БН-1600
Размеры активной зоны реактора, м:			
диаметр	1,1	2,0	3,0
высота	1,5	0,3	1,0
Теплоноситель		натрий	
КПД реактора, %	35	41	40
АЭС, где установлен реактор	Шевченковская	Белоярская*	проект

* Реактор БН-600, работающий на Белоярской АЭС, является самым мощным в мире реактором на быстрых нейтронах.

281. Атомные ледоколы

Показатели	«Ленин»	«Сибирь»	«Россия»
Число установленных реакторов	3	2	2
Тип ядерного реактора	ВОДО-ВОДЯНОЙ		
Расход урана-235 при работе ледокола на полную мощность, г/сут	ок. 200	...	...
Мощность главных двигателей (турбин), кВт (л. с.)	32 400(44 000)	55 100(75 000)	55 100(75 000)
Максимальная скорость (по чистой воде), км/ч	36,5	39,9	38,1
Длина ледокола, м	124	136	136
Наибольшая ширина, м	27,6	30	30
Осадка, м	10,5	11,0	11,0
Наибольшее водоизмещение, т	19 240	23 460	23 625
Год завершения постройки	1959	1977	1985

Примечания. 1. «Ленин» – первый в мире ледокол с атомной энергетической установкой.

2. В таблице приведены показатели атомной энергетической установки ледокола «Ленин» до ее модернизации.

3. Атомный ледокол «Арктика» имеет те же параметры, что и ледокол «Сибирь».

**Даты жизни крупных ученых, изобретателей,
деятели техники**

Авогадро Амедео, итальянский физик и химик	1776—1856
Александров Анатолий Петрович, советский физик	1903
Ампер Андре, французский физик и математик	1775—1836
Антонов Олег Константинович, советский авиаконструктор	1906—1984
Аристотель, древнегреческий философ и ученый	384—322 до н. э.
Аркадьев Владимир Константинович, советский физик	1884—1953
Архимед, древнегреческий математик и механик	ок. 287—212 до н. э.
Арцимович Лев Андреевич, советский физик	1909—1973
Бабакин Георгий Николаевич, советский конструктор космической техники	1914—1971
Балдин Александр Михайлович, советский физик	1926
Басов Николай Геннадиевич, советский физик	1922
Беккерель Антуан Анри, французский физик	1852—1908
Белл Александер, английский изобретатель	1847—1922
Бенардос Николай Николаевич, русский изобретатель	1842—1905
Бернулли Даниил, математик и механик	1700—1782
Био Жак, французский физик	1774—1862
Блэк Джозеф, шотландский химик и физик	1728—1799
Бойль Роберт, английский физик и химик	1627—1691
Больцман Людвиг, австрийский физик	1844—1906
Бор Нильс, датский физик	1885—1962
Бройль Луи де, французский физик	1892—1987
Броун Роберт, английский ботаник	1773—1858
Бунзен Роберт, немецкий химик	1811—1899
Вавилов Сергей Иванович, советский физик	1891—1951
Вебер Вильгельм, немецкий физик	1804—1891
Велихов Евгений Павлович, советский физик	1935
Вильсон Чарлз, английский физик	1869—1959
Вольта Алессандро, итальянский физик и физиолог	1745—1827
Вул Бенцион Моисеевич, советский физик	1903—1985
Гаккель Яков Модестович, советский конструктор	1874—1945
Галилей Галилео, итальянский физик, механик, астроном	1564—1642
Гальвани Луиджи, итальянский физиолог	1737—1798
Ган Отто, немецкий физик и радиохимик	1879—1968
Гейгер Ганс, немецкий физик	1882—1945
Гейзенберг Вернер, немецкий физик	1901—1976
Гей-Люссак Жозеф, французский физик и химик	1778—1850
Гелл-Ман Мюррей, американский физик	1929
Гельмгольц Герман, немецкий естествоиспытатель	1821—1894
Генри Джозеф, американский физик	1797—1878
Герике Отто, немецкий физик	1602—1686
Герц Генрих, немецкий физик	1857—1894

Герц Густав, немецкий физик	1887—1975
Глезер Дональд, американский физик	1926
Глушко Валентин Петрович, советский ученый и конструктор в области ракетостроения	1908—1989
Грамм Зеноб Теофидь, электротехник, родился в Бельгии, работал во Франции	1826—1901
Гримальди Франческо, итальянский физик и астроном	1618—1663
Грэй Луис Гарольд, английский ученый	1905—1965
Гук Роберт, английский физик	1635—1703
Гюйгенс Христиан, нидерландский механик, физик и математик	1629—1695
Дагер Луи, французский изобретатель	1787—1851
Даймлер Готлиб, немецкий изобретатель	1834—1900
Дальтон Джон, английский химик и физик	1766—1844
Даниэль Джон, английский ученый и изобретатель	1790—1845
Декарт Рене, французский философ, физик, математик и физиолог	1596—1650
Демокрит, древнегреческий философ	ок. 460—370 до н. э.
Депре Марсель, французский физик и электротехник	1843—1918
Де Форест Ли, американский радиоинженер	1873—1961
Джоуль Джеймс, английский физик	1818—1889
Дизель Рудольф, немецкий изобретатель	1858—1913
Дирак Поль, английский физик	1902—1984
Дьюар Джеймс, английский физик и химик	1842—1923
Евклид (см. Эвклид)	
Жолио-Кюри Ирен, французский физик	1897—1956
Жолио-Кюри Фредерик, французский физик	1900—1958
Жуковский Николай Егорович, русский ученый	1847—1921
Зеебек Томас, немецкий физик	1770—1831
Иваненко Дмитрий Дмитриевич, советский физик	1904
Ильюшин Сергей Владимирович, советский авиаконструктор	1894—1977
Иоффе Абрам Федорович, советский физик	1880—1960
Исаев Алексей Михайлович, советский конструктор в области ракетных двигателей	1908—1971
Кавендиш Генри, английский физик и химик	1731—1810
Камерлинг-Оннес Гейке, нидерландский физик	1853—1926
Капица Петр Леонидович, советский физик	1894—1984
Карно Сади, французский инженер	1796—1832
Келдыш Мстислав Всеволодович, советский механик и математик	1911—1978
Кельвин (см. Томсон Уильям)	
Кикоин Исаак Константинович, советский физик	1908—1984
Кирхгоф Густав, немецкий физик	1824—1887
Клапейрон Бенуа, французский физик	1799—1864
Комптон Артур Холли, американский физик	1892—1962
Королев Сергей Павлович, советский конструктор первых ракетно-космических систем	1907—1966

Кржижановский Глеб Максимилианович, советский ученый-энергетик	1872—1959
Кулон Шарль, французский физик	1736—1806
Курчатов Игорь Васильевич, советский физик	1903—1960
Кюри Пьер, французский физик и химик	1859—1906
Лаваль Карл, шведский изобретатель	1845—1913
Лавочкин Семен Алексеевич, советский авиаконструктор	1900—1960
Лагранж Жозеф, французский математик и механик	1736—1813
Ламберт Иоганн, немецкий физик	1728—1777
Лаплас Пьер, французский астроном, математик, физик	1749—1827
Лауэ Макс, немецкий физик	1879—1960
Лебедев Петр Николаевич, русский физик	1866—1912
Лекланше Георг, французский химик	1839—1882
Ленц Эмилий Христианович, русский физик	1804—1865
Леонтович Михаил Александрович, советский физик	1903—1981
Лодыгин Александр Николаевич, русский электротехник	1847—1923
Ломоносов Михаил Васильевич, русский ученый	1711—1765
Лоренц Хендрик, нидерландский физик	1853—1928
Лоуренс Эрнест, американский физик	1901—1958
Лошмидт Йозеф, австрийский физик	1821—1895
Люмьер Луи, французский изобретатель	1864—1948
Люмьер Огюст, французский изобретатель	1862—1954
Майкельсон Альберт, американский физик	1852—1931
Максвелл Джеймс, английский физик	1831—1879
Мандельштам Леонид Исаакович, советский физик	1879—1944
Мариотт Эдм, французский физик	1620—1684
Мейман Теодор, американский физик	1927
Маркони Гульельмо, итальянский радиотехник	1874—1937
Марчук Гурий Иванович, советский физик и математик	1925
Мейтнер Лизе, австрийский радиохимик и физик	1878—1968
Менделеев Дмитрий Иванович, русский ученый	1834—1907
Микоян Артем Иванович, советский авиаконструктор	1905—1970
Милликен Роберт, американский физик	1868—1953
Миль Михаил Леонтьевич, советский авиаконструктор	1909—1970
Михайлов Александр Александрович, советский астроном	1888—1983
Можайский Александр Федорович, русский изобретатель	1825—1890
Морзе Самюэл, американский изобретатель	1791—1872
Морли Эдуард, американский физик	1833—1923
Мысовский Лев Владимирович, советский физик	1888—1939
Ньепс Жозеф, французский изобретатель	1765—1833
Ньютон Исаак, английский физик, математик, астроном	1643—1727
Ом Георг, немецкий физик	1787—1854
Отто Николаус, немецкий изобретатель	1832—1891
Папалекси Николай Дмитриевич, советский физик	1880—1947
Паскаль Блез, французский математик и физик	1623—1662
Паули Вольфганг, швейцарский физик	1900—1958
Перрен Жан, французский физик	1870—1942
Петров Василий Владимирович, русский физик и электротехник	1761—1834

Пилюгин Николай Алексеевич, советский ученый в области автоматике и телемеханики	1908—1982
Планк Макс, немецкий физик	1858—1947
Ползунов Иван Иванович, русский теплотехник	1728—1766
Попов Александр Степанович, русский физик и электротехник	1859—1906
Прохоров Александр Михайлович, советский физик	1916
Райт Орвилл, американский авиаконструктор и летчик	1871—1948
Райт Уилбер, американский авиаконструктор и летчик	1867—1912
Резерфорд Эрнест, английский физик	1871—1937
Ремер Олаф, датский астроном	1644—1710
Рентген Вильгельм, немецкий физик	1845—1923
Рихман Георг Вильгельм, русский физик	1711—1753
Румфорда Бенджамин, английский физик	1753—1814
Савар Феликс, французский физик	1791—1841
Сагдеев Рюальд Зиннурович, советский физик	1932
Сахаров Андрей Дмитриевич, советский физик	1921
Семенов Николай Николаевич, советский физик и физико-химик	1896—1986
Склодовская-Кюри Мария, польский и французский физик и химик	1867—1934
Скобельцын Дмитрий Владимирович, советский физик	1892
Славянов Николай Гаврилович, русский электротехник	1839—1896
Снеллиус Виллеброд, нидерландский астроном и математик	1580—1626
Содди Фредерик, английский химик	1877—1956
Стефенсон Джордж, английский изобретатель	1781—1848
Столетов Александр Григорьевич, русский физик	1859—1896
Таунс Чарлз, американский физик	1915
Тесла Никола, югославский электротехник	1856—1943
Толмен Ричард, американский физик	1381—1948
Томсон Джозеф, английский физик	1856—1940
Томсон (Кельвин) Уильям, английский физик	1824—1907
Торричелли Эванджелиста, итальянский физик и математик	1608—1647
Туполев Андрей Николаевич, советский авиаконструктор	1888—1972
Уатт Джеймс, английский изобретатель	1736—1819
Усагин Иван Филиппович, русский изобретатель	1855—1919
Фабрикант Валентин Александрович, советский физик	1907
Фарадей Майкл, английский физик	1791—1867
Ферми Энрико, итальянский физик	1901—1954
Физо Ипполит, французский физик	1819—1896
Флеминг Джон, английский электротехник	1849—1945
Флеров Георгий Николаевич, советский физик	1913
Франк Джеймс, немецкий физик	1882—1964
Франк Илья Михайлович, советский физик	1908
Фраунгофер Йозеф, немецкий физик	1787—1826
Френе.ль Огюстен, французский физик	1788—1827
Френкель Яков Ильич, советский физик	1894—1952

Фриш Отто, английский физик	1904—1979
Фуко Леон, французский физик	1819—1868
Фултон Роберт, американский изобретатель	1765—1815
Цельсий Андерс, шведский физик и астроном	1701—1744
Цвейг Джорж, американский физик	1937
Циолковский Константин Эдуардович, советский ученый и изобретатель	1857—1935
Чедвик Джеймс, английский физик	1891—1974
Челомей Владимир Николаевич, советский ученый в области механики, конструктор космической техники	1914—1984
Черенков Павел Алексеевич, советский физик	1904
Шарль Жак, французский ученый	1746—1823
Шиллинг Павел Львович, русский электротехник	1786—1837
Штерн Отто, немецкий физик	1888—1969
Штрассман Фриц, немецкий физик	1902—1980
Эвклид, древнегреческий ученый	III в. до н. э.
Эдисон Томас, американский изобретатель	1847—1931
Эйлер Леонард, математик, физик и механик	1707—1783
Эйнштейн Альберт, физик, родился в Германии	1879—1955
Эрстед Ханс, датский физик	1777—1851
Юнг Томас, английский физик, врач, астроном	1773—1829
Яблочков Павел Николаевич, русский электротехник	1847—1894
Якоби Борис Семенович, русский физик и электротехник	1801—1874
Яковлев Александр Сергеевич, советский авиаконструктор	1906
Янгель Михаил Кузьмич, советский конструктор ракетно- космической техники	1911—1971

Некоторые знаменательные события в истории развития физики

Год		Ученый
V—IV вв. до н. э.	Выдвинута идея о зернистом строении вещества и об атоме как простейшей и неделимой частице	Демокрит
III в. до н. э.	Дана теория рычага, определено значение выталкивающей силы, введены понятия «центр тяжести» и «момент силы»	Архимед
ок. 1038	Установлена прямолинейность распространения света, сформулирован закон отражения света	Эвклид
1121—1122	Измерена плотность различных веществ	А. Бируни
	Описано явление капиллярности, найдена зависимость плотности воды от температуры, установлено, что скорость измеряется отношением пройденного пути ко времени, что архимедова сила действует и в воздухе	
XIV в. 1597	Введены понятия ускорения, угловой скорости, равноускоренного движения	Г. Галилей
	Изобретен термометр (термоскоп)	

1621	Экспериментально открыт закон преломления света	В. Снеллиус
1632	Впервые указано на существование явления инерции	Г. Галилей
1636	Описаны опыты по определению скорости звука в воздухе (получено значение 414 м/с)	М. Мерсенн
1638	Открыты законы свободного падения тел	Г. Галилей
1643	Открыто атмосферное давление	Э. Торричелли
1650	Изобретен воздушный насос	О. Герике
1653	Открыт основной закон гидростатики	Б. Паскаль
1657	Построены маятниковые часы	Х. Гюйгенс
1660	Открыт закон упругости для твердых тел	Р. Гук
1662	Открыт закон, согласно которому при постоянной температуре объем данной массы газа обратно пропорционален давлению (в 1675 г. этот закон независимо от Р. Бойля открыл Э. Мариотт)	Р. Бойль
1665	Опубликован трактат, в котором описано явление дифракции света	Ф. Гримальди
1666	Открыта дисперсия света	И. Ньютон
1672	Выдвинуто предположение о «телесности света» (корпускулярная гипотеза света)	И. Ньютон
1675	Открыты интерференционные полосы равной толщины	И. Ньютон
1676	Впервые определена скорость света	О. Ремер
1678	Обнаружено явление поляризации света Выдвинут общий принцип, описывающий поведение волн («принцип Гюйгенса»), изложена и применена к объяснению оптических явлений волновая теория света (опубликовано в 1690 г.)	Х. Гюйгенс
1687	Опубликован труд, в котором были сформулированы три закона динамики и закон всемирного тяготения	И. Ньютон
1738	Открыт основной закон гидродинамики	Д. Бернулли
1742	Предложена стоградусная шкала термометра	А. Цельсий
1744—1750	Впервые разграничены понятия молекулы и атома («корпускулы» и «элемента»), введены представления о молекулярном строении вещества, развита корпускулярная теория теплоты	М. В. Ломоносов
1746	Изобретен конденсатор («лейденская банка»)	П. Мушенбрук
1757	Введены понятия удельных теплот плавления и парообразования и впервые из-	

	мерены их значения для ряда веществ (в 1760 г. введено также понятие «удельная теплоемкость»)	Д. Блэк
1760	Опубликован труд, в котором был сформулирован закон освещенности	И. Ламберт
1780	Начаты опыты, приведшие к открытию электрического тока — «животного электричества» (опыты описаны в 1791 г.)	Л. Гальвани
1781	Изучено явление трения и открыты его закономерности	Ш. Кулон
1785	Открыт основной закон электростатики	Ш. Кулон
1787	Открыт закон изменения давления данной массы газа с изменением температуры при постоянном объеме	Ж. Шарль
1798	Измерена сила притяжения двух тел, определено численное значение постоянной всемирного тяготения	Г. Кавендиш
1799	Создан первый источник электрического тока — гальванический элемент и батарея элементов («вольтов столб»)	А. Вольта
1800	Открыты инфракрасные лучи	В. Гершель
1801	Объяснено явление интерференции света и введен термин «интерференция»	Т. Юнг
	Открыты ультрафиолетовые лучи	И. Риттер
	Открыт закон, согласно которому давление смеси газов равно сумме парциальных давлений	Д. Дальтон
1802	Открыт закон изменения объема данной массы газа с изменением температуры при постоянном давлении	Г. Гей-Люссак
	Открыто явление электрической дуги	В. В. Петров
1807	Введена числовая характеристика упругости («модуль Юнга»)	Т. Юнг
1811	Открыт закон, согласно которому в равных объемах газов при одинаковых температурах и давлениях содержится одинаковое число молекул	А. Авогадро
1814	Открыты линии поглощения в солнечном спектре	Й. Фраунгофер
1818	Создана количественная теория дифракции света	О. Френель
1820	Открыто магнитное действие тока	Х. Эрстед
	Открыт закон взаимодействия электрических токов, создана первая теория магнетизма, основанная на гипотезе молекулярных токов	А. Ампер
1821	Открыто явление термоэлектричества	Т. Зеебек
	Доказана поперечность световых волн	О. Френель

1823	Осуществлено первое сжижение газа (получен жидкий хлор)	М. Фарадей
1824	Определено теоретически возможное максимальное значение КПД теплового двигателя	С. Карно
1827	Открыто беспорядочное движение взвешенных частиц («броуновское движение») Измерена скорость звука в воде	Р. Броун Ж. Штурм и Ж. Колладон
	Открыт основной закон электрической цепи	Г. Ом
1831	Открыт закон электромагнитной индукции	М. Фарадей
1832	Открыто явление самоиндукции	Д. Генри
1833	Сформулировано правило, определяющее направление индукционного тока	Э. Х. Ленц
1834	Выведено уравнение состояния идеального газа	Б. Клапейрон
1838	Изобретена гальванопластика	Б. С. Якоби
1841—1842	Открытие закона теплового действия тока	Д. Джоуль, Э. Х. Ленц
1842	Установлен колебательный характер разряда конденсатора	Д. Генри
1842—1847	Открытие закона сохранения и превращения энергии	Ю. Майер, Д. Джоуль, Г. Гельмгольц
1843	Открыт закон электролиза	М. Фарадей
1848	Введены понятия абсолютной температуры и абсолютной шкалы температур	У. Томсон
1853	Выведена формула для периода электрических колебаний («формула Томсона»)	У. Томсон
1859	Открыт спектральный анализ	Г. Кирхгоф, Р. Бунзен
	Изобретен свинцовый аккумулятор	Г. Планте
1860	Открыто существование критической температуры	Д. И. Менделеев
1860—1865	Создана теория электромагнитного поля	Д. Максвелл
1865	Высказана идея об электромагнитной природе света, постулировано существование электромагнитных волн	Д. Максвелл
1868	Разработан «сухой» гальванический элемент	Г. Лекланше
1869	Открыт периодический закон химических элементов	Д. И. Менделеев
1872	Выведено основное кинетическое уравнение газов	Л. Больцман

1873	Начато систематическое изучение магнитных свойств ферромагнетиков	А. Г. Столетов
1874	Обобщено уравнение Клапейрона и получено основное уравнение состояния идеального газа	Д. И. Менделеев
1883	Открыто явление термоэлектронной эмиссии	Т. Эдисон
1887	Создан вибратор для возбуждения электромагнитных колебаний Проведены опыты по обнаружению «эфирного ветра»	Г. Герц А. Майкельсон, Э. Морли
1888	Открыт закон фотоэффекта	А. Г. Столетов
1895	Открыты рентгеновские лучи	В. Рентген
1896	Открыта естественная радиоактивность	А. А. Беккерель
1897	Открыт электрон	Д. Томсон
1899	Экспериментально доказано существование светового давления и найдено его значение Доказано наличие альфа- и бета-лучей в излучении урана	П. Н. Лебедев Э. Резерфорда
1900	Выдвинута гипотеза об испускании атомами электромагнитной энергии отдельными порциями	М. Планк
1902–1903	Открыт закон радиоактивного распада	Ф. Содди, Э. Резерфорда
1903	Дана теория полета ракеты, обоснована возможность использования ракеты для межпланетных сообщений	К. Э. Циолковский
1904	Получена формула зависимости массы электрона от скорости его движения	Г. Лоренц
1905	Разработаны основы специальной теории относительности, выдвинута гипотеза о квантовом характере светового излучения, дано уравнение фотоэффекта, открыт закон взаимосвязи массы и энергии Дана формула подъемной силы крыла самолета	А. Эйнштейн Н. Е. Жуковский
1908	Создан прибор для регистрации заряженных частиц	Г. Гейгер, Э. Резерфорда
1911	Дано экспериментальное доказательство дискретности электрических зарядов (опыты с капельками масла)	Р. Милликен

Открыто существование атомного ядра;
создана планетарная модель атома
Открыто явление сверхпроводимости

Э. Резерфорда
Г. Камерлинг-
Оннес

- 1912 Разработан метод обнаружения дифракции рентгеновских лучей
Создан прибор для наблюдения следов отдельных движущихся заряженных микрочастиц
М. Лауэ
- 1913 Предложена квантовая теория атома
Экспериментально доказана дискретность уровней энергии атомов
Ч. Вильсон
Н. Бор
Д. Франк,
Г. Герц
- 1918 Проведены опыты (с пылинками цинка), подтвердившие дискретность электрического заряда
Экспериментально обнаружено явление инерции электронов в металлах
А. Ф. Иоффе
Р. Толмен,
Т. Стюарт
- 1919 Осуществлена первая искусственная ядерная реакция
Э. Резерфорда
- 1920 Впервые проведено непосредственное измерение скорости молекул
О. Штерн
- 1925 Разработан метод регистрации заряженных частиц с помощью толстослойных фотоэмульсий
Л. В. Мысовский
- 1926 Разработана кинетическая теория жидкостей
Я. И. Френкель
- 1930 Выдвинута гипотеза о существовании нейтрино
Теоретически предсказано существование позитрона (экспериментально обнаружен в 1932 г.)
В. Паули
- 1932 Открыт нейтрон
Предложена протонно-нейтронная гипотеза строения ядра
П. Дирак
Д. Чедвик
Д. Д. Иваненко,
В. Гейзенберг
- 1934 Открыто явление искусственной радиоактивности
Ф. и И. Жолио-Кюри
- 1938 Открыто явление деления ядер урана
О. Ган,
Ф. Штрассман
- 1939 Указана возможность использования явления вынужденного излучения для усиления электромагнитных волн
В. А. Фабрикант
- 1940 Открыто явление самопроизвольного деления тяжелых ядер
Г. Н. Флеров,
К. А. Петржак
- 1942 Осуществлена цепная ядерная реакция деления ядер урана в первом ядерном реакторе
Э. Ферми

1946	Осуществлена цепная ядерная реакция деления ядер урана в первом советском ядерном реакторе	И. В. Курчатов
1952	Изобретена пузырьковая камера	Д. Глезер
1954	Созданы квантовые генераторы на пучке молекул аммиака	Н. Г. Басов, А. М. Прохоров, Г. Таунс
1956	Экспериментально обнаружено антинейтрино	К. Коуэн и др.
1964	Выдвинута гипотеза кварков	М. Гелл-Ман и др.
1986	Открыто явление высокотемпературной сверхпроводимости	К. Мюллер, Г. Беднорц

Примечание. Некоторые знаменательные события в истории развития техники отражены на форзацах книги.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- | | |
|--|--|
| Абсолютный нуль температуры 30 | Атомные ледоколы 206 |
| Авогадро постоянная 30 | Атомные электростанции СССР 200–202 |
| Автомобили, основные данные 128, 129, 132, 133 | |
| Акр 29 | Бар (единица давления) 10, 21 |
| Алфавит греческий и латинский 5 | Барионы 205 |
| Альфа-частица 189 | Беккерель 13, 17 |
| Ампер (единица силы тока) 13, 14 | Бета-излучение 189 |
| Ангстрем 10, 19, 20, 26 | Больцмана постоянная 30 |
| Анионы 143 | |
| Античастицы 202, 203 | Ватт 10, 15 |
| «Аполлон» (космический корабль) 75 | Ватт-час 21 |
| Ар 10, 20 | Вебер 16 |
| Аршин 27 | Величины (обозначения) 6–9 |
| Астрономическая единица 18, 20, 27 | Венера (планета) 68 |
| Атмосфера техническая 10, 21 | Верста 27 |
| Атмосфера физическая (нормальная) 10, 21 | Вершок 27 |
| Атмосферное давление на различной высоте 58 | Вертолеты 89, 90 |
| Атом водорода 188 | Вода тяжелая 190, 191 |
| Атом, размеры 188, 189 | Водоизмещение некоторых судов 90, 206 |
| Атом, масса 188 | Вольт (единица электрического напряжения) 16 |
| Атомная единица массы 20, 183 | Высоковольтные линии передач 164 |
| Атомная электростанция первая 204 | Высота некоторых сооружений 32, 34 |

Газы жидкие, физические свойства 107, 117
Гамма-излучение 187, 189
Гаусс (единица магнитной индукции) 19, 24
Гектар 10, 20
Генри (единица индуктивности) 17
Герц (единица частоты) 10, 15
Гидрогенераторы 160
Гидротурбины 86
Гидроэлектростанции крупные 154
Гидроаккумулирующие электростанции 155, 156
Гипероны 203
Глаз, некоторые характеристики 179, 185
Год световой 11, 20, 21
ГОЭЛРО план 165
Гравитационная постоянная 30
Градус Цельсия 18
Грамм 10, 20
Грамм-сила 10, 19
Граница фотоэффекта 186
Грэй 13, 17

Давление атмосферы на различной высоте 58
Давление, значение в различных случаях 56–59
Давление критическое 119
Давление парциальное 103
Даты жизни ученых, изобретателей 207–211
Двигатели автомобильные 128, 129, 132, 133
Двигатели тепловые, коэффициент полезного действия 126, 127
Движение по окружности (линейная скорость) 47
Дейтерий 190
Дейтрон 190
Десятина 28
Джоуль (единица работы, энергии) 10, 11, 15
Диамантики 137
Диапазоны радиоволн 167
Дина 10, 19, 21
Диоптрия 13

Диэлектрическая проницаемость различных веществ 136
Длина звуковых волн в зависимости от частоты 94
Длина свободного пробега молекул 100
Длины волн видимой части спектра 176
Доза излучения 197
Дольные единицы десятичные 25
Дополнительные цвета 178
Дюйм 27

Единицы, изъятые из употребления 19
Единицы, обозначения 10–13
Единицы СИ, основные 13, 14
Единицы СИ, производные 15–17

Жидкие газы, физические свойства 51, 107, 117

Зависимость длины от скорости 181, 182
Зависимость массы от скорости 180, 181
Заряд электрона 30
Звук, интенсивность 95
Звук, скорость распространения 91–93
Земля, некоторые данные о ней 69
Золотник 28

Излучение Солнца 174
Изотопный состав элементов 191
Изотопы водорода 190
Изотопы радиоактивные 193
Изотопы радиоактивные, получение 194
Изотопы радиоактивные, применение 193
Икс-единица 10, 19, 20, 26
Импульсы фотонов 187
Интенсивность звука 95
Инфракрасное излучение 187
Ионизирующие излучения, защита от них 199

- Искусственные спутники Земли 69, 70
- Искусственный спутник Земли первый 69
- Кабельтов 20
- Калория 19, 22
- Капцела 13, 14
- Капиллярность 123
- Карат 10
- Катионы 143
- «Квант» (астрофизический модуль) 79
- Кванты, их энергия для различных излучений 186, 187
- Кельвин 13, 14
- Килограмм 10, 14
- Килограмм-сила 10, 19
- Килограмм-сила-метр 10, 19, 21
- Килокалория 19, 22
- Километр 10
- Комбайны зерноуборочные 134
- Компьютеры разных поколений 145
- Константы физические 30
- Космические корабли и полеты на них 80–84
- Космические скорости 38
- Космический корабль «Восток» 70, 71
- Космический корабль «Восход» 80
- Космический корабль «Союз ТМ», «Союз Т» 72, 73
- «Космос» (ИСЗ) 69, 70
- Коэффициент запаса прочности 125
- Коэффициенты линейного расширения, температурные 109–111
- Коэффициенты объемного расширения, температурные 111, 112
- Коэффициенты полезного действия простых механизмов 66
- Коэффициенты полезного действия тепловых двигателей 126, 127
- Коэффициенты полезного действия электрических машин и устройств 146
- Коэффициенты трения качения 66
- Коэффициенты трения скольжения 66
- Коэффициенты электрического сопротивления, температурные 139
- Красная граница фотоэффекта 186
- Кратные единицы десятичные 25
- Крейсерская скорость самолетов 87–89
- Критическая масса делящихся веществ 204
- Критические давление, температура и плотность 119
- Кулон 16
- Кюри температура 137
- Лазер 188
- Лептоны 202
- Линейные размеры некоторых тел 31–33
- Линии электропередачи 164
- Литр 10, 18, 20
- Локоть (мера длины) 28
- Лошадиная сила 10, 21
- Лошмидта постоянная (число) 30
- Луна, физические характеристики 69
- Люкс 13, 17
- Люмен 13, 17
- Магнитная постоянная 137
- Магнитная проницаемость веществ 137
- Максвелл (единица магнитного потока) 19, 24
- Марс (планета) 68
- Масса атома 34, 188
- » кванта света 187
- » молекулы 34
- » нейтрона 30
- » некоторых тел 34, 35
- » протона 30
- » электрона 30
- МГД-генератор 159
- Мегаватт 12
- Мегасекунда 37
- Мезоны 203
- Меркурий (планета) 68

- Метр 10, 14
 Механизация труда 65
 Микрометр 11, 26
 Микросекунда 37
 Миллибар 11
 Миллиметр 11
 Миллиметр водяного столба 11, 21
 » ртутного столба 11, 21
 Миля морская 11, 29
 » сухопутная 29
 Минута (единица времени) 11, 20
 «Мир» (космическая станция) 79
 Модуль Юнга 124
 Молекулы, масса 98
 Молекулы, размеры 97
 Молекулы, свободный пробег 100
 Молекулы, скорость движения 98, 99
 Молекулы, физические характеристики 97–101
 Моль (единица количества вещества) 13, 14
 Мотоциклы, мопеды 135
 Мощность двигателей (тепловых) 61, 62, 70, 87, 88, 127–135
 Мощность, соотношения между единицами 61
 Мощность электрических устройств 144
 Мощность электростанций СССР 152
 Нанометр 26
 Наносекунда 37
 Нейтрино 202
 Нейтрон 203
 Нептун (планета) 68
 Нормы освещенности помещений 173, 174
 Ньютон (единица силы) 11, 54
 Обозначения в электрорадиосхемах 147–151
 Обозначения физических величин 6–9
 Обозначения физических единиц 10–13
 Ом (единица сопротивления) 12, 16
 Орбитальная станция 78–79
 Освещенность в различных условиях 174
 Останкинская телебашня 169
 Отражение света зеркальное 172
 Отражение света рассеянное 172
 Охрана природы 157, 158
 Паровые турбины 127
 Парсек 20, 27
 Парциальное давление газов 103
 Паскаль (единица давления) 15
 Перевод лошадиных сил в киловатты 64
 Перевод мм рт. ст. в паскали 60
 Перегрузки 55, 56
 Период полураспада радиоактивных изотопов 194, 195
 Плавление (изменение объема при плавлении) 114
 Планеты, физические характеристики 68, 69
 Планка постоянная 30
 Пластмассы, плотность 52
 Пластмассы, теплофизические свойства 121
 Пластмассы, электрические свойства 140
 Плотность газов 49, 53
 » древесины 52
 » жидкостей 50, 51
 » критическая 119
 » металлов и сплавов 50
 » средняя (насыпная) 53
 » твердых веществ 51–53
 Плутон (планета) 68
 Поверхностное натяжение жидкостей 122
 Поглощенная доза излучения 197
 Показатель преломления 171, 172
 Показатель преломления для различных длин волн 171
 Полеты космических кораблей 80–84
 Полупроводники, некоторые данные 140
 Постоянная Авогадро 30
 » Больцмана 30

- Постоянная гравитационная 30
 » Ломоносова 30
 » магнитная 137
 » Планка 30
 » Фарадея 30
 » электрическая 136
 Потенциалы ионизации 143
 Потребление электрической энергии 161
 Предел прочности 125
 Предельный угол полного отражения 172
 «Прогресс» (грузовой космический корабль) 76
 Проницаемость
 диэлектрическая 136
 Против 190
 Протон 203
 «Протон» (ракета-носитель) 77
 Психрометрическая таблица 106
 Пуд 28
 Пядь 28

 Работа выхода электрона 186
 Радиан 13, 14
 Радиоактивность естественная 189
 Радиоактивные изотопы 193
 Радиоволны, классификация 167
 Радиолокаторы 168
 Радиотелеграфная азбука 169
 Развитие связи в СССР 170
 Ракета-носитель космического корабля «Восток» 70
 Ракета жидкостная первая советская 85
 Ракетная установка («Катюша») 86
 Ракеты-носители космических кораблей 70, 73, 79
 Реакторы атомные 205, 206
 Реакции термоядерные 197
 Реакции ядерные 196
 Рентгеновское излучение 187
 Русские старые единицы измерений 27, 28

 Сажень 27, 28
 Сажень косая 28
 «Салют» (космические станции) 75, 76

 Самолеты 87–89
 Сатурн (планета) 68
 Саяно-Шушенская ГЭС 155
 Сверхпроводящее состояние (температура перехода металлов в это состояние) 139
 Световой год 11, 20
 Секунда (единица времени) 11, 14
 Сжимаемость тел 102
 Сила, значения в различных случаях 54, 55
 Сила света некоторых источников 173
 Сила света электрических ламп 173
 Сила, соотношение между единицами 54
 Сила тока в различных устройствах 144
 Сила термоэлектродвижущая 142
 Сименс (единица электрической проводимости) 12, 16
 Синхрофазотрон 184
 Скорость автомобилей 37, 38, 129, 132, 133
 Скорость в военной технике 40, 41, 86, 133
 Скорость в живой природе 43
 » в технике 37–40, 128–135
 Скорость движения по орбите небесных тел 68
 Скорость звука в воздухе 30, 91
 Скорость звука в различных веществах 91–93
 Скорость космическая 38
 » крейсерская 87–89
 » максимальная транспортных машин 37, 38, 128, 132, 133, 135
 Скорость молекул 98, 99
 » мотоциклов 135
 » самолетов 87–89
 » света 30, 180
 » средняя 39
 » тепловозов 134
 » техническая поездов 39
 » тракторов 130, 131
 » угловая 48
 » участковая поездов 39
 » электровозов 162

- Солнце, физические характеристики 69, 174
- Солнечная постоянная 174
- » электростанция 158, 159
- Соотношения между единицами времени 37
- Соотношения между единицами длины 33
- Соотношения между единицами массы и энергии 185
- Соотношения между единицами мощности 61
- Соотношения между единицами работы и энергии 61
- Соотношения между единицами силы 54
- Соотношения между единицами скорости 43
- Сопротивление электрическое диэлектриков удельное 140
- Сопротивление электрическое металлов удельное 138
- «Союз» (космические корабли) 72, 73
- Спектр поглощения 175
- Сплавы высокого сопротивления 138
- Спортивные рекорды в беге и плавании 41, 42
- Спутник Земли искусственный первый 69
- стерадиан 13, 14
- Суда, некоторые данные 90, 206
- Сутки 20
- Телескоп крупнейший 184
- Температура кипения воды при различных давлениях 115, 116
- Температура кипения различных веществ 114—116
- Температура критическая 119
- Температура плавления 112, 113
- Температура некоторых тел и процессов 103
- Температура, распределение в атмосфере 104
- Температурный коэффициент электрического сопротивления 139
- Тепловозы 134
- Тепловые электростанции 157
- Тепловые электростанции и охрана природы 157, 158
- Теплоемкость газов и паров удельная 108
- Теплоемкость твердых и жидких веществ удельная 107—109, 121
- Теплопроводность относительная некоторых веществ 102
- Теплота испарения (парообразования) удельная 116, 118
- Теплота плавления удельная 113, 114
- Теплота сгорания пищи удельная 119
- Теплота сгорания топлива удельная 120
- Термоэлектродвижущая сила термопар 142
- Тесла (единица магнитной индукции) 13, 17
- Тонна длинная 29
- Тонна короткая 29
- Тонна 20
- Тонна-сила 19
- Тормозной путь автомобилей 46
- Тракторы, некоторые данные 130, 131
- Тритий 190
- Турбогенераторы мощные 160, 161
- Турбины паровые 127
- Тяга некоторых машин и двигателей 55, 70, 73, 75, 79, 85—87, 131, 134, 162
- Тяговые усилия тракторов 55, 130
- Угол полного отражения, предельный 172
- Удельная теплоемкость веществ 107—109
- Удельная теплоемкость металлов и сплавов 107
- Удельная теплота испарения (парообразования) 116, 118
- Удельная теплота плавления 113, 114
- Удельная теплота сгорания пищи 119

- Удельная теплота сгорания топлива 120
- Удельное электрическое сопротивление веществ 138, 140, 141
- Удельное электрическое сопротивление электролитов 141
- Удельное электрическое сопротивление жидкостей 141
- Узел морской 11, 29
- Ультразвук 95
- Ультрафиолетовое излучение 187
- Уран (планета) 68
- Ускорение свободного падения в глубине Земли 44
- Ускорение свободного падения в различных городах 45
- Ускорение свободного падения на небесных телах 45, 68, 69
- Ускорение свободного падения на различной высоте над Землей 45
- Ускорение свободного падения нормальное 30
- Ускорение центростремительное 48
- Ускорения, встречающиеся в жизни 44—46
- Ускоритель протонов 184
- Ученые (даты жизни) 207—211
- Фарад 13
- Фарадея постоянная (число) 30
- Ферми (единица длины) 26
- Физические константы (постоянные) 30
- Фотоны 186, 187
- Фотоэффект, красная граница 186
- Фраунгоферовы линии 175
- Фунт 28
- Фут 27, 29
- Цвета дополнительные 178
- Центнер 11, 19, 20
- Центростремительное ускорение 48
- Час 20
- Частота вращения некоторых тел 46, 47
- Частота колебаний крыльев насекомых 96
- Частотный диапазон голоса 96
- Число молекул в 1 см^3 101
- Число столкновений молекул 101
- Чувствительность глаза 178, 179
- Шкала электромагнитных излучений 177
- Экономия электроэнергии 161, 162
- Электрификация железных дорог 163
- Электрификация сельского хозяйства 162
- Электрическая постоянная 136
- Электрические станции СССР 154—159
- Электровозы, некоторые данные 162
- Электролиты, удельное сопротивление 141
- Электрон (заряд) 30
- Электрон (масса) 30
- Электрон-вольт 13, 21, 30
- Электрохимические эквиваленты веществ 143
- Электроэнергия, производство в СССР 152, 153
- Электроэнергия, потребление 161
- Элементарные частицы 202, 203
- Энергетическая программа СССР 166
- «Энергия» (ракета-носитель) 77
- Энергия, выделяемая при делении ядра урана 198
- Энергия квантов света 186, 187
- Энергия связи 195
- Энергия, соотношения между единицами 61
- Эрг 11, 13
- Эрстед (единица напряженности магнитного поля) 13, 19, 24
- Юпитер (планета) 68
- Ядерные реакции, запись 192
- Ядра атомные, размеры 189
- Ярд 29

СОДЕРЖАНИЕ

К читателю-школьнику	3
Физические величины и единицы их измерения	5
Таблицы физических величин	30
Механика	31
Тепловые явления, молекулярная физика	97
Электричество	136
Оптика	171
Квантовая физика	186
Даты жизни крупных ученых, изобретателей, деятелей техники	207
Некоторые знаменательные события в истории развития физики	211
Предметный указатель	217

Учебное издание

Енохович Анатолий Сергеевич

СПРАВОЧНИК ПО ФИЗИКЕ И ТЕХНИКЕ

Зав. редакцией В. А. Обменина

Редактор В. А. Обменина

Младший редактор О. В. Агапова

Художественный редактор Г. С. Студеникина

Художник Е. В. Шворин

Технические редакторы Н. В. Яшукова, Р. С. Невретдинова

Корректор Г. И. Мосякина

ИБ № 10578

Сдано в набор 02.07.87. Подписано к печати 14.03.89. А 03550. Формат 60 × 90^{1/16}. Бум. типограф. № 1. Гарнит. Лит. Печать высокая. Усл. печ. л. 14 + форз. 0,375. Усл. кр.-отт. 15,375. Уч.-изд. л. 14,25 + форз. 0,49. Тираж 638 000 экз. Заказ 602. Цена 65 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение» Государственного комитета РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 129846, Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Отпечатано с диапозитивов ордена Трудового Красного Знамени ПО «Детская книга» Государственного комитета РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 127018, Москва, Суцевский вал, 49 на Саратовском ордена Трудового Красного Знамени полиграфическом комбинате Государственного комитета РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 410004, Саратов, ул. Чернышевского, 59.

**Некоторые знаменательные события
в истории развития техники**

№ рисунка на форзаце	Какое событие отображает рисунок	Дата события	Ученый, изобретатель, конструктор, с именем которого связано событие
17	Постройка паровой турбины активного типа	1889 г.	К. Лаваль
18	Изобретение радио	1895 г.	А. С. Попов
19	Создание кинематографа	1895 г.	Братья Луи и Огюст Люмьер
20	Изобретение двигателя внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия (дизеля)	1897 г.	Р. Дизель
21	Постройка самолета, на котором был установлен двигатель внутреннего сгорания, и осуществление на нем первого успешного полета	1903 г.	Братья Уилбер и Орвилл Райт
22	Изобретение диода	1904 г.	Д. Флеминг
23	Изобретение триода	1906 г.	Л. де Форест
24	Постройка первого магистрального тепловоза	1924 г.	Я. М. Гаккель
25	Постройка первого циклотрона	1931 г.	Э. Лоуренс
26	Создание первого атомного реактора	1942 г.	Э. Ферми
27	Создание и ввод в эксплуатацию первой атомной электростанции	1954 г.	И. В. Курчатов
28	Создание первого реактивного пассажирского самолета (Ту-104)	1956 г.	А. Н. Туполев
29	Создание и запуск на орбиту первого ИСЗ	1957 г.	С. П. Королев, В. П. Глушко, М. В. Келдыш и др.
30	Создание первого атомного ледокола («Ленин»)	1959 г.	А. П. Александров и др.
31	Изобретение лазера	1960 г.	Т. Мейман
32	Создание космического корабля «Восток» и осуществление на нем первого полета человека в космос	1961 г.	С. П. Королев, В. П. Глушко, М. В. Келдыш и др.

Примечание. О некоторых знаменательных событиях в истории развития физики см. с. 211–217.