

## Справочные данные

### Основные физические постоянные

Скорость света в вакууме	$c = 2.998 \cdot 10^{10}$ см/с
Гравитационная постоянная	$G = 6.67 \cdot 10^{-8}$ см <sup>3</sup> /г.с <sup>2</sup>
Постоянная Больцмана	$k = 1.381 \cdot 10^{-16}$ эрг/град
Заряд электрона	$e = 4.803 \cdot 10^{-10}$ абс. ед.
Масса электрона	$m = 0.911 \cdot 10^{-27}$ г
Энергия покоя электрона	$mc^2 = 0.511$ МэВ
Масса протона	$M = 1.673 \cdot 10^{-24}$ г
Энергия покоя протона	$Mc^2 = 938.28$ МэВ
Отношение масс протона и электрона	$M/m = 1836.15$
Постоянная Стефана-Больцмана	$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-5}$ эрг/(с.см <sup>2</sup> .град <sup>4</sup> )
Постоянная Планка	$\hbar = 1.0546 \cdot 10^{-27}$ эрг.с
Постоянная Ридберга	$R = 109737$ см <sup>-1</sup>
Ридберг	$Ry = me^4/2\hbar^2 = 13.606$ эВ
Боровский радиус	$a_0 = \hbar^2/me^2 = 0.529 \cdot 10^{-8}$ см
Классический радиус электрона	$r_e = e^2/mc^2 = 2.82 \cdot 10^{-13}$ см
Комптоновская длина волны электрона	$\lambda_e = 2\pi\hbar/mc = 2.426 \cdot 10^{-10}$ см
Постоянная тонкой структуры	$\alpha = e^2/\hbar c = 1/137.06$
Магнетон Бора	$\mu_B = e\hbar/2mc = 0.927 \cdot 10^{-20}$ эрг/Гс
Ядерный магнетон	$\mu_N = e\hbar/2Mc = 5.051 \cdot 10^{-24}$ эрг/Гс

### Некоторые интегралы

1. 
$$\int_0^{\infty} \frac{x^n dx}{e^x - 1} = \begin{cases} \pi^2/6, & n = 1, \\ 2.405, & n = 2, \\ \pi^4/15, & n = 3, \\ 24.9, & n = 4. \end{cases}$$
2. 
$$\int_0^{\infty} x^n \exp(-x) dx = n!, \quad n > 0 \text{ - целое.}$$
3. Интеграл Пуассона 
$$\int_{-\infty}^{\infty} \exp(-x^2) dx = \sqrt{\pi}.$$
4.  $\Gamma$ -функция Эйлера 
$$\Gamma(p) = \int_0^{\infty} x^{p-1} e^{-x} dx.$$
  

$$\Gamma(p+1) = p\Gamma(p), \quad \Gamma(2) = \Gamma(1) = 1, \quad \Gamma(1/2) = \sqrt{\pi}.$$

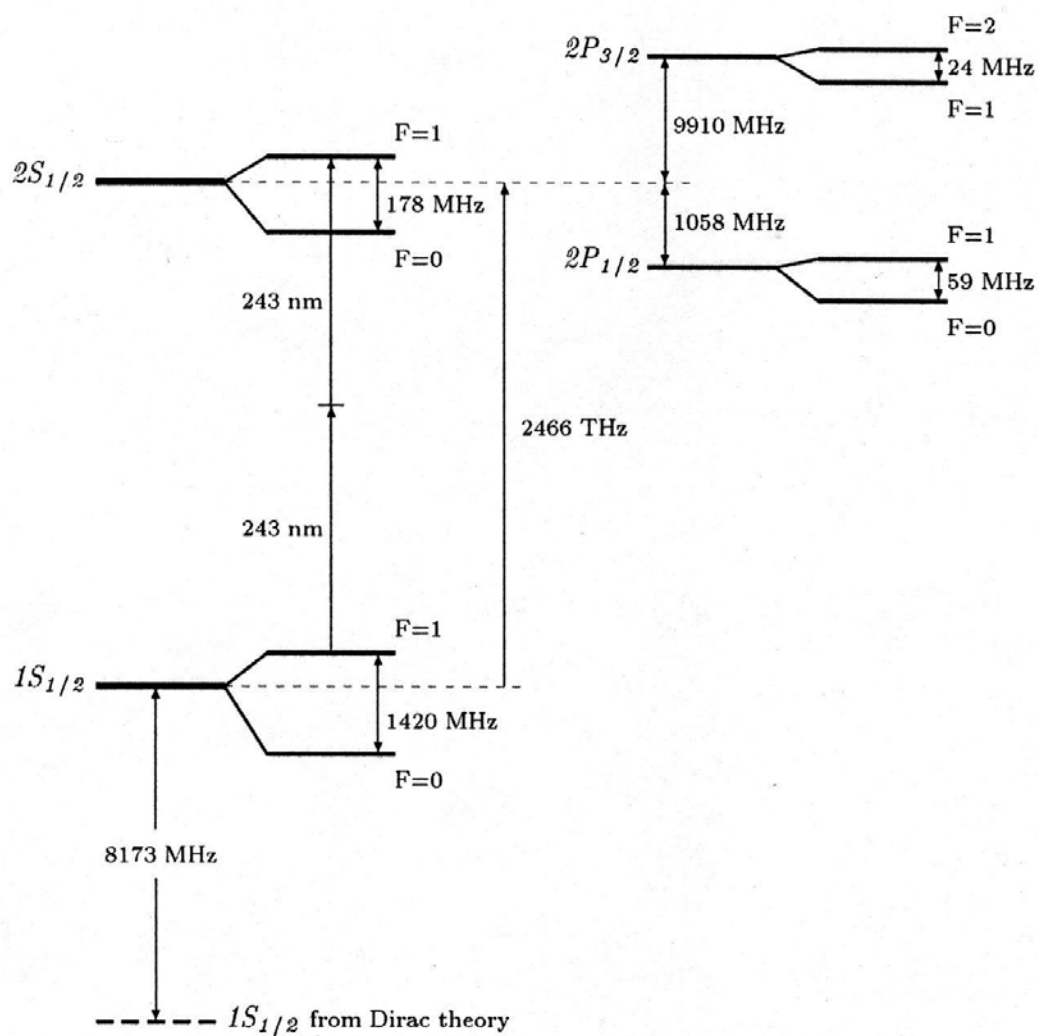
Радиальные волновые функции атома водорода.

$$\begin{aligned} R_{10}(\xi) &= 2 \exp(-\xi), \\ R_{20}(\xi) &= \frac{1}{\sqrt{2}} \left( 1 - \frac{1}{2} \xi \right) \exp(-\xi/2), \\ R_{21}(\xi) &= \frac{1}{2\sqrt{6}} \xi \exp(-\xi/2), \\ R_{30}(\xi) &= \frac{2}{3\sqrt{3}} \left( 1 - \frac{2}{3} \xi + \frac{2}{27} \xi^2 \right) \exp(-\xi/3), \\ R_{31}(\xi) &= \frac{8}{27\sqrt{6}} \xi \left( 1 - \frac{1}{6} \xi \right) \exp(-\xi/3), \\ R_{32}(\xi) &= \frac{4}{81\sqrt{30}} \xi^2 \exp(-\xi/3). \end{aligned}$$

Здесь  $\xi = Zr/a_0$ .

### Структура энергетического спектра атома водорода<sup>1</sup>.

На прилагаемом рисунке приведены экспериментальные данные по положению  $1s$ ,  $2s$  и  $2p$  уровней атома водорода с учетом их тонкого и сверхтонкого расщепления а также Лэмбовского сдвига.



<sup>1</sup> По данным M.I.Eides, H.Grotch, V.A.Shelyuto // Physics Reports, V.342, P.63-261, (2001)

**Атомные массы, размеры, потенциалы ионизации, спектроскопические характеристики элементов периодической системы.**

Атом- ный номер	Элемент	Сим- вол	Атом- ная масса	Электрон- ная конфи- гурация	Осно- вной терм	Средний радиус, ед. $a_0$	Потенциалы ионизации, (эВ)	
							I	II
1	Водород	H	1.008	$1s$	$^2S$	1.5	13.599	-
2	Гелий	He	4.003	$1s^2$	$^1S$	0.927	24.588	54.418
3	Литий	Li	6.940	$2s$	$^2S$	3.874	5.392	75.641
4	Бериллий	Be	9.013	$2s^2$	$^1S$	2.649	9.323	18.211
5	Бор	B	10.81	$2p$	$^2P$	2.205	8.298	25.155
6	Углерод	C	12.011	$2p^2$	$^3P$	1.743	11.260	24.384
7	Азот	N	14.007	$2p^3$	$^4S$	1.447	14.534	29.602
8	Кислород	O	16.00	$2p^4$	$^3P$	1.239	13.618	35.118
9	Фтор	F	19.00	$2p^5$	$^2P$	1.085	17.423	34.971
10	Неон	Ne	20.179	$2p^6$	$^1S$	0.965	21.565	40.964
11	Натрий	Na	22.990	$3s$	$^2S$	4.209	5.139	47.287
12	Магний	Mg	24.305	$3s^2$	$^1S$	3.253	7.646	15.035
13	Алюминий	Al	26.98	$3p$	$^2P$	3.434	5.986	18.829
14	Кремний	Si	28.09	$3p^2$	$^3P$	2.788	8.152	16.346
15	Фосфор	P	30.974	$3p^3$	$^4S$	2.369	10.487	19.726
16	Сера	S	32.06	$3p^4$	$^3P$	2.069	10.360	23.338
17	Хлор	Cl	35.453	$3p^5$	$^2P$	1.842	12.968	23.814
18	Аргон	Ar	39.948	$3p^6$	$^1S$	1.663	15.760	27.630
19	Калий	K	39.10	$4s$	$^2S$	5.244	4.341	31.626
20	Кальций	Ca	40.08	$4s^2$	$^1S$	4.218	6.113	11.872
21	Скандий	Sc	44.96	$3d4s^2$	$^2D$	3.96	6.562	12.800
22	Титан	Ti	47.90	$3d^24s^2$	$^3F$	3.766	6.74	13.58
23	Ванадий	V	50.94	$3d^34s^2$	$^4F$	3.607	6.74	14.66
24	Хром	Cr	51.996	$3d^54s$	$^7S$	3.843	6.767	16.498
25	Марганец	Mn	54.94	$3d^54s^2$	$^6S$	3.349	7.434	15.640
26	Железо	Fe	55.85	$3d^64s^2$	$^5D$	3.242	7.870	16.188
27	Кобальт	Co	58.93	$3d^74s^2$	$^4F$	3.144	7.864	17.083

28	Никель	Ni	58.70	$3d^8 4s^2$	$^3F$	3.055	7.637	18.169
29	Медь	Cu	63.55	$3d^{10} 4s$	$^2S$	3.331	7.726	20.292
30	Цинк	Zn	65.38	$3d^{10} 4s^2$	$^1S$	2.898	9.394	17.965
31	Галлий	Ga	69.72	$4s^2 4p$	$^2P$	3.424	5.999	20.515
32	Германий	Ge	72.59	$4s^2 4p^2$	$^3P$	2.904	7.899	15.934
33	Мышьяк	As	74.92	$4s^2 4p^3$	$^4S$	2.561	9.789	18.589
34	Селен	Se	78.96	$4s^2 4p^4$	$^3P$	2.309	9.752	21.16
35	Бром	Br	79.904	$4s^2 4p^5$	$^2P$	2.112	11.814	21.81
36	Криптон	Kr	83.80	$4s^2 4p^6$	$^1S$	1.952	14.000	24.359
37	Рубидий	Rb	85.47	$5s$	$^2S$	5.632	4.177	27.28
38	Стронций	Sr	87.62	$5s^2$	$^1S$	4.633	5.695	11.030
39	Иттрий	Y	88.91	$4d 5s^2$	$^2D$	4.300	6.217	12.24
40	Цирконий	Zr	91.22	$4d^2 5s^2$	$^3F$	4.078	6.634	13.13
41	Ниобий	Nb	92.91	$4d^4 5s$	$^6D$	4.207	6.759	14.32
42	Молибден	Mo	95.94	$4d^5 5s$	$^7S$	4.079	7.092	16.16
43	Технеций	Tc	[98]	$4d^5 5s^2$	$^6S$	3.650	7.28	15.26
44	Рутений	Ru	101.1	$4d^7 5s$	$^5F$	3.877	7.366	16.76
45	Родий	Ro	102.91	$4d^8 5s$	$^4F$	3.795	7.46	18.08
46	Палладий	Pd	106.4	$4d^{10}$	$^1S$	1.533	8.336	19.43
47	Серебро	Ag	107.88	$4d^{10} 5s$	$^2S$	3.656	7.576	21.484
48	Кадмий	Cd	112.41	$4d^{10} 5s^2$	$^1S$	3.237	8.994	16.908
49	Индий	In	114.82	$5s^2 5p$	$^2P$	3.778	5.786	18.870
50	Олово	Sn	118.69	$5s^2 5p^2$	$^3P$	3.286	7.344	14.632
51	Сурьма	Sb	121.75	$5s^2 5p^3$	$^4S$	2.952	8.608	16.53
52	Теллур	Te	127.60	$5s^2 5p^4$	$^3P$	2.701	9.010	18.6
53	Иод	I	126.90	$5s^2 5p^5$	$^2P$	2.502	10.451	19.131
54	Ксенон	Xe	131.30	$5s^2 5p^6$	$^1S$	2.338	12.130	21.21
55	Цезий	Cs	132.91	$6s$	$^2S$	6.30	3.894	25.08
56	Барий	Ba	137.33	$6s^2$	$^1S$	5.25	5.212	10.004
57	Лантан	La	138.91	$5d 6s^2$	$^2D$	4.93	5.577	11.06
58	Церий	Ce	140.12	$4f 5d 6s^2$	$^1G$	4.88	5.539	10.85
59	Празеодим	Pr	140.9	$4f^3 6s^2$	$^4I$	5.06	5.473	10.55

60	Неодим	Nd	144.24	$4f^4 6s^2$	$^5I$	5.01	5.526	10.73
61	Прометий	Pm	[145]	$4f^5 6s^2$	$^6H$	4.96	5.582	10.9
62	Самарий	Sm	150.4	$4f^6 6s^2$	$^7F$	4.91	5.644	11.07
63	Европий	Eu	151.96	$4f^7 6s^2$	$^8S$	4.86	5.670	11.24
64	Гадолиний	Gd	157.25	$4f^7 5d 6s^2$	$^9D$	4.58	6.150	12.09
65	Тербий	Tb	158.93	$4f^9 6s^2$	$^6H$	4.77	5.864	11.52
66	Диспрозий	Dy	162.50	$4f^{10} 6s^2$	$^5I$	4.73	5.939	11.67
67	Гольмий	Ho	164.93	$4f^{11} 6s^2$	$^4I$	4.69	6.022	11.80
68	Эрбий	Er	167.26	$4f^{12} 6s^2$	$^3H$	4.65	6.108	11.93
69	Тулий	Tm	168.93	$4f^{13} 6s^2$	$^2F$	4.61	6.184	12.05
70	Иттербий	Yb	173.04	$4f^{14} 6s^2$	$^1S$	4.57	6.254	12.76
71	Лютеций	Lu	174.97	$4f^{14} 5d 6s^2$	$^2D$	4.27	5.426	12.97
72	Гафний	Hf	178.49	$5d^2 6s^2$	$^3F$	4.08	6.454	13.78
73	Тантал	Ta	180.95	$5d^3 6s^2$	$^4F$	3.94	7.89	14.47
74	Вольфрам	W	183.85	$5d^4 6s^2$	$^5D$	3.82	7.98	15.08
75	Рений	Re	186.21	$5d^5 6s^2$	$^6S$	3.72	7.88	15.73
76	Осмий	Os	190.2	$5d^6 6s^2$	$^5D$	3.62	8.73	16.34
77	Иридий	Ir	192.2	$5d^7 6s^2$	$^4F$	3.53	9.05	16.91
78	Платина	Pt	195.09	$5d^9 6s$	$^3D$	3.72	8.96	18.563
79	Золото	Au	196.97	$5d^{10} 6s$	$^2S$	3.70	9.226	20.56
80	Ртуть	Hg	200.59	$5d^{10} 6s^2$	$^1S$	3.33	10.438	18.756
81	Таллий	Tl	204.37	$6s^2 6p$	$^2P$	3.92	6.108	20.428
82	Свинец	Pb	207.21	$6s^2 6p^2$	$^3P$	3.42	7.417	15.032
83	Висмут	Bi	208.98	$6s^2 6p^3$	$^4S$	3.08	7.285	16.69
84	Полоний	Po	[209]	$6s^2 6p^4$	$^3P$	-	8.417	17.18
85	Астат	At	[210]	$6s^2 6p^5$	$^2P$	-	9.224	19.10
86	Радон	Rn	[222]	$6s^2 6p^6$	$^1S$	2.54	10.749	20.99
87	Франций	Fr	[223]	$7s$	$^2S$	-	4.073	20.02
88	Радий	Ra	226.03	$7s^2$	$^1S$	-	5.279	10.147
89	Актиний	Ac	227.03	$6d 7s^2$	$^2D$	-	5.17	11.04
90	Торий	Th	232.04	$6d^2 7s^2$	$^3F$	5.00	6.08	11.90
91	Протактиний	Pa	231.04	$5f^2 6d 7s^2$	$^4K$	5.35	5.89	11.46

92	Уран	U	238.03	$5f^3 6d 7s^2$	$^5L$	5.08	6.194	11.63
93	Нептуний	Np	237.05	$5f^4 6d 7s^2$	$^6L$	-	6.266	11.80
94	Плутоний	Pu	[244]	$5f^6 7s^2$	$^7F$	5.18	6.06	11.19
95	Амерций	Am	[243]	$5f^7 7s^2$	$^8S$		5.99	12.15
96	Кюрий	Cm	[245]	$5f^7 6d 7s^2$	$^9D$		6.02	12.36
97	Берклий	Bk	[247]	$5f^9 7s^2$	$^8H$		6.23	12.57
98	Калифорний	Cf	[249]	$5f^{10} 7s^2$	$^5I$		6.30	11.83
99	Эйнштейний	Es	[254]	$5f^{11} 7s^2$	$^4I$		6.42	11.98
100	Фермий	Fm	[253]	$5f^{12} 7s^2$	$^3H$		6.50	12.14
101	Менделевий	Md	[255]	$5f^{13} 7s^2$	$^2F$		6.58	12.29
102	Нобелий	No	[255]	$5f^{14} 7s^2$	$^1S$		6.65	12.45
103	Лоуренсий	Lr	[257]	$5f^{14} 6d 7s^2$	$^2D$		4.312	14.00
104	Резерфордий	Rf	[261]	$6d^2 7s^2$				
105	Дубний	Db	[262]	$6d^3 7s^2$				
106	Сиборгий	Sg	[263]	$6d^4 7s$				
107	Борий	Bh	[262]	$6d^5 7s$				
108	Хассий	Hs	[264]	$6d^6 7s$				
109	Мейтнерий	Mt	[266]	$6d^7 7s$				

Примечания.

- 1) В квадратных скобках указаны массовые числа наиболее устойчивых изотопов данного элемента.
- 2) Основные термы всех элементов заданы в приближении  $LS$  связи. Это приближение нарушается для тяжелых атомов, поэтому представленные данные для тяжелых атомов достаточно условны.
- 3) Под средним радиусом атома понимается среднее удаление валентного электрона от атомного ядра. Эта величина рассчитывалась по формуле

$$\langle r \rangle = \int_0^{\infty} r^3 |\psi|^2 dr ,$$

где одноэлектронная радиальная волновая функция была получена путем разложения в ряд по базису слэтеровских атомных орбиталей.

**Параметры некоторых двухатомных молекул.**

Молекула	Основной электронный терм	Потенциал ионизации, эВ	Равновесное межъядерное расстояние, А	Колебательный квант, эВ	Вращательная постоянная <sup>(*)</sup> , эВ	Энергия диссоциации, эВ
H <sub>2</sub> <sup>+</sup>	<sup>2</sup> Σ	29.9	1.06	0.285	3.70(-3)	2.649
H <sub>2</sub>	<sup>1</sup> Σ	15.426	0.741	0.545	7.55(-3)	4.48
N <sub>2</sub>	<sup>1</sup> Σ	15.580	1.098	0.293	2.48(-4)	9.76
O <sub>2</sub>	<sup>3</sup> Σ	12.077	1.207	0.196	1.79(-4)	5.12
F <sub>2</sub>	<sup>1</sup> Σ	15.686	1.417	0.141	1.10(-4)	1.38
Cl <sub>2</sub>	<sup>1</sup> Σ	11.48	1.988	0.069	2.08(-5)	2.50
Br <sub>2</sub>	<sup>1</sup> Σ	10.56	2.281	0.040	1.01(-5)	1.97
I <sub>2</sub>	<sup>1</sup> Σ	9.4	2.666	0.027	4.64(-6)	1.54
Li <sub>2</sub>	<sup>1</sup> Σ	5.15	2.67	0.044	8.35(-5)	1.03
HCl	<sup>1</sup> Σ	12.74	1.275	0.371	1.30(-3)	4.43
HBr	<sup>1</sup> Σ	11.62	1.414	0.329	1.04(-3)	3.75
HI	<sup>1</sup> Σ	10.38	1.609	0.287	7.98(-4)	3.06
LiH	<sup>1</sup> Σ	7.85	1.595	0.174	9.34(-4)	2.43
Na <sub>2</sub>	<sup>1</sup> Σ	4.90	3.077	0.020	1.92(-5)	0.75
NaCl	<sup>1</sup> Σ	8.92	2.361	0.045	2.71(-5)	4.3
CO	<sup>1</sup> Σ	14.014	1.128	0.269	2.40(-4)	11.09
NO	<sup>2</sup> Π	9.264	1.151	0.237	2.12(-4)	6.50
OH	<sup>2</sup> Π	13.18	0.971	0.464	2.34(-3)	4.40
CN	<sup>2</sup> Σ	14.20	1.172	0.257	2.36(-4)	7.75
CH	<sup>2</sup> Π	10.9	1.120	0.355	1.76(-3)	3.45

(\*) Число 7.55(-3) следует читать как  $7.55 \cdot 10^{-3}$ .



**Длины волн и силы осцилляторов переходов некоторых атомных переходов.**

Атом	Переход	Длина волны, А	Сила осциллятора
H	$1s \rightarrow 2p$	1215.7	0.416
	$1s \rightarrow 3p$	10025.7	0.079
	$1s \rightarrow 4p$	972.5	0.029
	$2s \rightarrow 3p$	6562.7	0.435
	$2p \rightarrow 3s$	6562.9	0.0136
	$2p \rightarrow 3d$	6562.8	0.696
	$2s \rightarrow 4p$	4861.29	0.103
	$2p \rightarrow 4s$	4861.35	0.0030
	$2p \rightarrow 4d$	4861.33	0.122
He	$1s^2(^1S) \rightarrow 1s2p(^1P)$	584.3	0.276
	$1s^2(^1S) \rightarrow 1s3p(^1P)$	537.0	0.0734
	$1s^2(^1S) \rightarrow 1s4p(^1P)$	522.2	0.030
	$1s2s(^1S) \rightarrow 1s2p(^1P)$	20581.3	0.376
	$1s2s(^1S) \rightarrow 1s3p(^1P)$	5015.7	0.151
	$1s2s(^1S) \rightarrow 1s4p(^1P)$	3964.7	0.14
	$1s2s(^3S) \rightarrow 1s2p(^3P)$	10830	0.539
	$1s2s(^3S) \rightarrow 1s3p(^3P)$	3888.6	0.0645
	$1s2s(^3S) \rightarrow 1s4p(^3P)$	3187.7	0.023
Li	$2s_{1/2} \rightarrow 2p_{1/2}$	6707.91	0.251
	$2s_{1/2} \rightarrow 2p_{3/2}$	6707.76	0.502
	$2p_{1/2} \rightarrow 3s_{1/2}$	8126.23	0.115
	$2p_{3/2} \rightarrow 3s_{1/2}$	8126.45	0.115
Na	$3s_{1/2} \rightarrow 3p_{1/2}$	5895.9	0.324
	$3s_{1/2} \rightarrow 3p_{3/2}$	5889.9	0.648
	$3s_{1/2} \rightarrow 4p_{1/2}$	3303.9	0.051
	$3s_{1/2} \rightarrow 4p_{3/2}$	3302.9	0.102
	$3p_{1/2} \rightarrow 4s_{1/2}$	22084.0	0.167
	$3p_{3/2} \rightarrow 4s_{1/2}$	22057.0	0.335
K	$4s_{1/2} \rightarrow 4p_{1/2}$	7699.0	0.347
	$4s_{1/2} \rightarrow 4p_{3/2}$	7664.9	0.684
	$4p_{1/2} \rightarrow 5s_{1/2}$	12434.3	0.051
	$4p_{3/2} \rightarrow 5s_{1/2}$	12523.0	0.102

Rb	$5s_{1/2} \rightarrow 5p_{1/2}$	7947.6	0.363
	$5s_{1/2} \rightarrow 5p_{3/2}$	7800.23	0.726
	$5p_{1/2} \rightarrow 6s_{1/2}$	13237.3	0.187
	$5p_{3/2} \rightarrow 6s_{1/2}$	13667.0	0.364
Cs	$6s_{1/2} \rightarrow 6p_{1/2}$	8943.5	0.394
	$5s_{1/2} \rightarrow 6p_{3/2}$	8521.2	0.814
	$6p_{1/2} \rightarrow 7s_{1/2}$	4593.2	0.00284
	$6p_{1/2} \rightarrow 7p_{3/2}$	45554.4	0.0174
Be	$2s^2 \rightarrow 2s2p(^1P)$	2348.61	1.36
	$2s2p(^1P) \rightarrow 2s3s(^1S)$	8254.1	0.13
	$2s2p(^1P) \rightarrow 2s3d(^1D)$	4572.7	0.19
	$2s2p(^3P) \rightarrow 2s3s(^3S)$	3321.2	0.034
	$2s2p(^3P) \rightarrow 2s3d(^3D)$	2494.6	0.16
	$2s2p(^3P) \rightarrow 2p^2(^3P)$	2650.6	0.466
B	$2s^22p \rightarrow 2s^23s$	2497.4	0.11
	$2s^22p \rightarrow 2s^23d$	2089.3	0.24
	$2s^23s \rightarrow 2s^23p$	11661	1.07
	$2s^22p \rightarrow 2s2p^2(^2D)$	2089.3	0.24
	$2s^22p \rightarrow 2s2p^2(^2S)$	1573.5	0.16
Mg	$3s^2 \rightarrow 3s3p(^1P)$	2852	1.2
	$3s^2 \rightarrow 3s3p(^3P)$	4571.1	$2.6 \cdot 10^{-6}$
Al	$3s^23p(^2P_{1/2}) \rightarrow 3s^24s(^2S_{1/2})$	3944.0	0.15
	$3s^23p(^2P_{3/2}) \rightarrow 3s^24s(^2S_{1/2})$	3962.0	0.15
	$3s^23p(^2P_{3/2}) \rightarrow 3s^24d(^2D_{3/2,5/2})$	3092.0	0.23
	$3s^23p(^2P_{1/2}) \rightarrow 3s^24d(^2D_{3/2})$	3089.0	0.22

Сила осциллятора перехода  $i \rightarrow f$  ( $i, f$  - совокупности квантовых чисел начального и конечного состояний атома) определяется с помощью следующего выражения

$$F_{fi} = \frac{1}{g_i} \frac{2m\omega_{fi}}{3\hbar e^2} |d_{fi}|^2,$$

где  $\omega_{fi}$  - частота перехода,  $d_{fi}$  - матричный элемент дипольного момента атома,  $g_i = 2J_i + 1$  - кратность вырождения начального состояния ( $J$  - квантовое число полного механического момента атома). Вероятность перехода в единицу времени из состояния  $|i\rangle$  в состояние  $|f\rangle$  определяется выражением

$$w_{fi} = \frac{2e^2 \omega_{fi}^2}{mc^3} F_{fi}.$$

Время жизни относительно спонтанного перехода состояния  $|i\rangle$  определяется как

$$\tau_i = \left( \sum_f w_{fi} \right)^{-1},$$

где сумма берется по всем ниже лежащим состояниям.

### Метастабильные состояния атомов.

Атом	Состояние	Энергия возбуждения, эВ	Время жизни, с
Н	$2s$	10.20	0.142
He	$1s2s(^3S)$	19.82	$6 \cdot 10^5$
	$1s2s(^1S)$	20.61	0.038
N	$2p^3(^2D_{5/2})$	2.384	$6 \cdot 10^4$
	$2p^3(^2D_{3/2})$	2.385	$1.4 \cdot 10^5$
	$2p^3(^2P)$	3.58	13
O	$2p^4(^1D_2)$	1.97	110
	$2p^4(^1S)$	4.19	0.8

### Дополнительная литература.

1. Э.В. Шпольский Атомная физика, т.1,2. М.: Наука, (1974)
2. Л.Л.Гольдин, Г.И.Новикова Введение в квантовую физику, М.Наука, (1988)
3. Д.В. Сивухин Курс общей физики, т.5: Атомная и ядерная физика, М.: Физматлит МФТИ (2002)
4. А.Н.Матвеев Атомная физика, М.: Высшая школа, (1989)
5. В.П.Милантьев Атомная физика, М.: Изд-во Российского университета дружбы народов, (1999)
6. Э.Вихман Квантовая физика, М.: Наука, (1974)
7. Р.Фейнман, Р.Лейтон, М.Сэндс Фейнмановские лекции по физике, т.3, 8, 9, М.: Мир, (1965-1967)
8. М.Борн Атомная физика, М.: Мир, (1965)
9. С.А.Ахманов, С.Ю.Никитин Физическая оптика, М.: Изд-во МГУ, (1999)
10. А.А.Соколов, И.М.Тернов Квантовая механика и атомная физика, М.: Просвещение, (1970)
11. В.В.Балашов, В.К.Долинов, Курс квантовой механики, М.: Изд-во МГУ, (1982)
12. П.В.Елютин, В.Д.Кривченков Квантовая механика, М.: Наука, (1976)
13. Д.Бом Квантовая теория, М.: Наука, (1965)
14. Г.Бете Квантовая механика, М.: Мир, (1965)
15. З.Флюгге Задачи по квантовой механике, т.1,2, Изд-во Меркурий-Пресс, (2000)
16. Г.Бете, Э.Солпитер Квантовая механика атомов с одним и двумя электронами, М., (1960)
17. И.И.Собельман Введение в теорию атомных спектров, М.: Наука, (1977)
18. А.А.Радциг, Б.М.Смирнов Справочник по атомной и молекулярной физике, М.: Атомиздат, (1980)