

Välikoe 1, 25.2.2011

Piirrostehtävissä merkitse näkyviin mahdollisimman paljon tietoa, jolla ilmaiset ymmärtäneesi tarkasteltavan ilmiön.

1. a) ^{14}C -ajoitusmenetelmä perustuu ^{14}C ja ^{12}C isotooppien suhteellisten osuuksien muuttumiseen ajan kuluessa. Eräessä puunäytteessä on ^{14}C ja ^{12}C atomien lukumäärien suhde kymmenesosa tuoreesta puusta otetun näytteen vastaavasta suhteesta. Laske vanhan näytteen ikä. Isotoopin ^{14}C puoliintumisaika on 5700 vuotta ja ^{12}C on hiilen stabiili isotooppi.
b) Yksi gramma kobolttia on 10^{12} n/cm²s suuruudessa termisessä neutronivuossa 10 vuorokautta. Kuinka suuri on tuottonopeus ja mikä on ^{60}Co -aktiivisuus säteilytyksen päätyttyä, kun ^{60}Co isotoopin puoliintumisaika on 5,272 vuotta? Termisten neutronien sieppausvaikutusala ^{59}Co :lle on 3700 fm² ja ^{59}Co :n moolimassa 58.933198 g/mol. Avogadron luku $N_A = 6.022045 \cdot 10^{23}$ mol⁻¹.
2. (a) Määritä perustilan spin ja pariteetti I^π ytimille ^{102}Zr , ^{15}N , ^{57}Ni .
(b) Tarkastele ^{17}O ytimen alimpien tilojen $5/2^+$, $1/2^+$ ja $1/2^-$ mahdollista syntyperää kuorimallin avulla.
(c) Tarkastellaan ydintä $^{88}_{39}\text{Y}_{49}$.
(i) Määritä vuorovaikutuksettomien kuorimallin mahdollistamat perustilan spinin I ja pariteetin π arvot.
(ii) Määritellään pariton-parittomille ytimille suure $N \equiv j_p - \ell_p + j_n - \ell_n$, missä p viittaa protoniin ja n neutroniin. Nordheimin säännön mukaan perustilan spin on
$$I = |j_n - j_p|, \text{ kun } N = 0$$
$$I = j_n + j_p \text{ tai } |j_n - j_p|, \text{ kun } N = \pm 1.$$
Sovella tätä sääntöä ytimeen ^{88}Y . Onko tulos yhteensopiva (i)-kohdan kanssa?
3. (a) Tarkastellaan ytimen $^{64}\text{Cu}_{35}$ perustilan beetahajoamista, joka johtaa ytimen $^{64}\text{Zn}_{34}$ perus- ja viritystiloihin. Hajoamiseen liittyvä puoliintumisaika $T_{1/2}$ on 12.7 tuntia. Perustilalle johtavalle hajoamiselle $Q_\beta = 579$ keV ja haarauma $b_{g.s.} = 39\%$. Mikä ja miksi on ennusteesi ytimen ^{64}Cu perustilan spinille ja pariteetille?
(b) Oheinen kuva esittää ^{96}Sr -isotoopin β^- -hajoamista. Sen ja ^{96}Y -tytärytimen perustilan energiaero on 5.371 MeV. Tilojen viritysenenergiat on annettu keV-yksiköissä. Hahmottele ^{96}Sr :n β -spektri.
4. Kuvitteellinen ^{168}Os -isotooppi on rakenteeltaan ideaalinen roottori aina 8^+ tilaan asti. Kyseisen tilan energia on 1097 keV. Saman ytimen viritystiloina syötetään emoytimen alfahajoamisessa niin, että ensimmäiselle viritystilalle johtaa alfahajoaminen, jonka energiaksi on mittauksissa saatu 7043 keV.
(a) Mikä on ennusteesi alfahajoamisen tytärytimen alimman viritystilan spiniksi, pariteetiksi ja viritysenenergiaksi?
(b) Mikä on emoytimen ja kuinka suuri on emoytimen alfahajoamisen Q -arvo.

Laskuissa mahdollisesti tarvittavaa materiaalia:

$$B = a_v A - a_s A^{2/3} - a_c \frac{Z(Z-1)}{A^{1/3}} - a_{SYM} \frac{(A-2Z)^2}{A} + \delta$$

$$E_c = \frac{3}{5} \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{(Z \cdot e)^2}{R} \quad E(I) = \frac{\hbar^2}{2J} I(I+1)$$

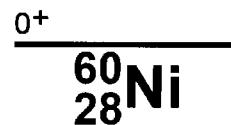
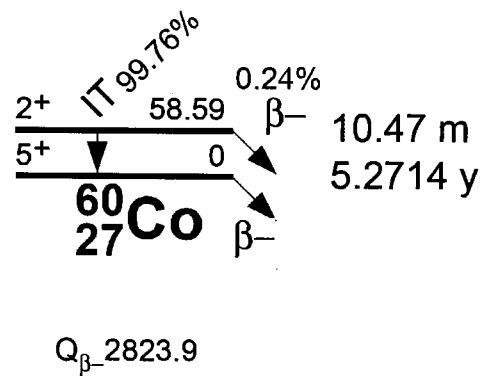
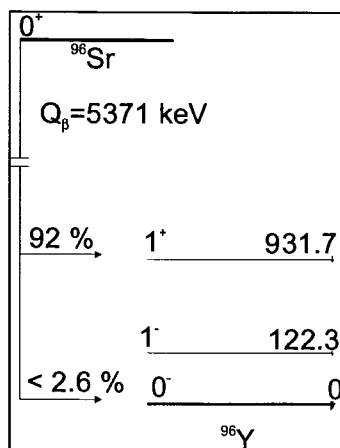
$$J \cong \frac{2}{5} MR_{keskim}^2 (1 + 0.31\beta)$$

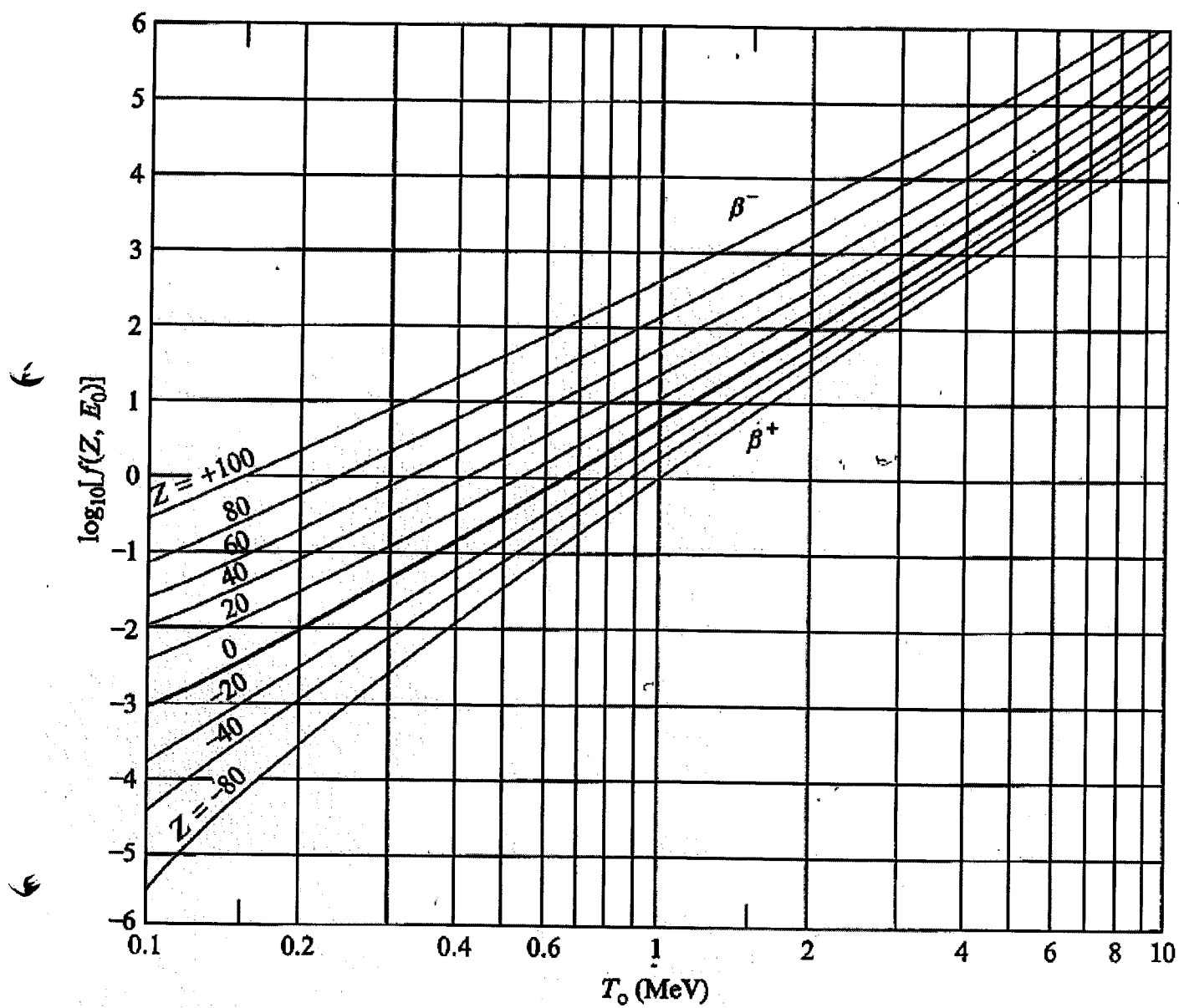
$$\log T_{1/2} = 1.61 (ZE_\lambda^{-1/2} - Z^{2/3}) - 28.9 \text{ MeV}$$

$$\frac{d\lambda(p_e)}{dp_e} \propto N(p_e) \propto p_e^2 (E_0 - E_e)^2 F(Z, E_e)$$

$$\lambda = C |M_{if}|^2 f(Z, E_0)$$

Massoja: $m(n) = 1.008665 \text{ u}$
 $m(p) = 1.007277 \text{ u}$
 $m(d) = 2.013553 \text{ u}$
 $m(\alpha) = 4.001507 \text{ u}$





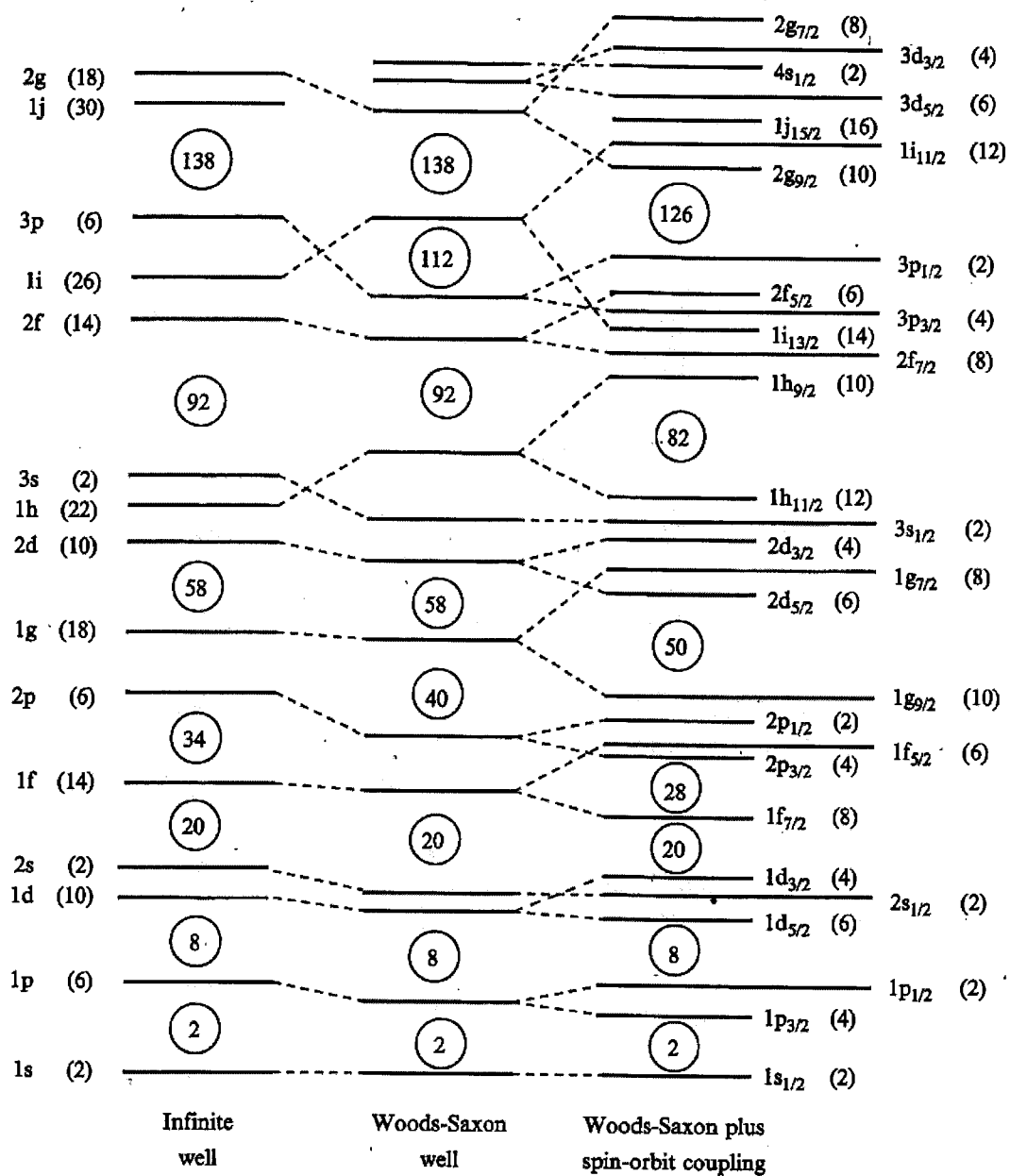


Table 2. Elemental Abundances

Z	El	Solar System (%)	Abundance in the Earth's Crust (mg/kg)	Abundance in the Earth's Sea (mg/L)	Z	El	Solar System (%)	Abundance in the Earth's Crust (mg/kg)	Abundance in the Earth's Sea (mg/L)
1	H	91.0 ²³	1400	1.08×10 ⁵	47	Ag	1.58×10 ⁻⁹ ⁵	0.075	4×10 ⁻⁵
2	He	8.9 ⁵	0.008	7×10 ⁻⁶	48	Cd	5.3×10 ⁻⁹ ³	0.15	1.1×10 ⁻⁴
3	Li	1.86×10 ⁻⁷ ¹⁷	20	0.18	49	In	6.0×10 ⁻¹⁰ ⁴	0.25	0.02
4	Be	2.38×10 ⁻⁹ ²³	2.8	5.6×10 ⁻⁶	50	Sn	1.25×10 ⁻⁸ ¹²	2.3	4×10 ⁻⁶
5	B	6.9×10 ⁻⁸ ⁷	10	4.44	51	Sb	1.01×10 ⁻⁹ ¹⁸	0.2	2.4×10 ⁻⁴
6	C	0.033	200	28	52	Te	1.57×10 ⁻⁸ ¹⁶	0.001	
7	N	0.0102	19	0.5	53	I	2.9×10 ⁻⁹ ⁶	0.45	0.06
8	O	0.078 ⁸	4.61×10 ⁵	8.57×10 ⁵	54	Xe	1.5×10 ⁻⁸ ³	3×10 ⁻⁵	5×10 ⁻⁵
9	F	2.7×10 ⁻⁶ ⁴	585	1.3	55	Cs	1.21×10 ⁻⁹ ⁷	3	3×10 ⁻⁴
10	Ne	0.0112 ¹⁶	0.005	1.2×10 ⁻⁴	56	Ba	1.46×10 ⁻⁸ ⁹	425	0.013
11	Na	0.000187 ¹³	2.36×10 ⁴	1.08×10 ⁴	57	La	1.45×10 ⁻⁹ ³	39	3.4×10 ⁻⁶
12	Mg	0.00350 ¹³	2.33×10 ⁴	1290	58	Ce	3.70×10 ⁻⁹ ⁶	66.5	1.2×10 ⁻⁶
13	Al	0.000277 ¹⁰	8.23×10 ⁴	0.002	59	Pr	5.44×10 ⁻¹⁰ ¹³	9.2	6.4×10 ⁻⁷
14	Si	0.00326 ¹⁴	2.82×10 ⁵	2.2	60	Nd	2.70×10 ⁻⁹ ⁴	41.5	2.8×10 ⁻⁶
15	P	3.4×10 ⁻⁵ ³	1050	0.06	61	Pm			
16	S	0.00168 ²²	350	905	62	Sm	8.42×10 ⁻¹⁰ ¹¹	7.05	4.5×10 ⁻⁷
17	Cl	1.7×10 ⁻⁵ ³	145	1.94×10 ⁴	63	Eu	3.17×10 ⁻¹⁰ ⁵	2.0	1.3×10 ⁻⁷
18	Ar	0.000329 ²⁰	3.5	0.45	64	Gd	1.076×10 ⁻⁹ ¹⁵	6.2	7×10 ⁻⁷
19	K	1.23×10 ⁻⁵ ⁹	2.09×10 ⁴	399	65	Tb	1.97×10 ⁻¹⁰ ⁴	1.2	1.4×10 ⁻⁷
20	Ca	0.000199 ¹⁴	4.15×10 ⁴	412	66	Dy	1.286×10 ⁻⁹ ¹⁸	5.2	9.1×10 ⁻⁷
21	Sc	1.12×10 ⁻⁷ ¹⁰	22	6×10 ⁻⁷	67	Ho	2.90×10 ⁻¹⁰ ⁷	1.3	2.2×10 ⁻⁷
22	Ti	7.8×10 ⁻⁶ ⁴	5650	0.001	68	Er	8.18×10 ⁻¹⁰ ¹¹	3.5	8.7×10 ⁻⁷
23	V	9.6×10 ⁻⁷ ⁵	120	0.0025	69	Tm	1.23×10 ⁻¹⁰ ³	0.52	1.7×10 ⁻⁷
24	Cr	4.4×10 ⁻⁵ ³	102	3×10 ⁻⁴	70	Yb	8.08×10 ⁻¹⁰ ¹³	3.2	8.2×10 ⁻⁷
25	Mn	3.1×10 ⁻⁵ ³	950	2×10 ⁻⁴	71	Lu	1.197×10 ⁻¹⁰ ¹⁶	0.8	1.5×10 ⁻⁷
26	Fe	0.00294 ⁸	5.63×10 ⁴	0.002	72	Hf	5.02×10 ⁻¹⁰ ¹⁰	3.0	7×10 ⁻⁶
27	Co	7.3×10 ⁻⁶ ⁵	25	2×10 ⁻⁵	73	Ta	6.75×10 ⁻¹¹ ¹²	2.0	2×10 ⁻⁶
28	Ni	0.000161 ⁸	84	5.6×10 ⁻⁴	74	W	4.34×10 ⁻¹⁰ ²²	1.25	1×10 ⁻⁴
29	Cu	1.70×10 ⁻⁶ ¹⁹	60	2.5×10 ⁻⁴	75	Re	1.69×10 ⁻¹⁰ ¹⁶	7×10 ⁻⁴	4×10 ⁻⁶
30	Zn	4.11×10 ⁻⁶ ¹⁸	70	0.0049	76	Os	2.20×10 ⁻⁹ ¹⁴	0.0015	
31	Ga	1.23×10 ⁻⁷ ⁸	19	3×10 ⁻⁵	77	Ir	2.16×10 ⁻⁹ ¹³	0.001	
32	Ge	3.9×10 ⁻⁷ ⁴	1.5	5×10 ⁻⁵	78	Pt	4.4×10 ⁻⁹ ³	0.005	
33	As	2.1×10 ⁻⁸ ³	1.8	0.0037	79	Au	6.1×10 ⁻¹⁰ ⁹	0.004	4×10 ⁻⁶
34	Se	2.03×10 ⁻⁷ ¹³	0.05	2×10 ⁻⁴	80	Hg	1.11×10 ⁻⁹ ¹³	0.085	3×10 ⁻⁵
35	Br	3.8×10 ⁻⁸ ⁷	2.4	67.3	81	Tl	6.0×10 ⁻¹⁰ ⁶	0.85	1.9×10 ⁻⁵
36	Kr	1.5×10 ⁻⁷ ³	1×10 ⁻⁴	2.1×10 ⁻⁴	82	Pb	1.03×10 ⁻⁸ ⁸	14	3×10 ⁻⁵
37	Rb	2.31×10 ⁻⁸ ¹⁵	90	0.12	83	Bi	4.7×10 ⁻¹⁰ ⁴	0.0085	2×10 ⁻⁵
38	Sr	7.7×10 ⁻⁸ ⁶	370	7.9	84	Po		2×10 ⁻¹⁰	1.5×10 ⁻¹⁴
39	Y	1.51×10 ⁻⁸ ⁹	33	1.3×10 ⁻⁵	85	At			
40	Zr	3.72×10 ⁻⁸ ²⁴	165	3×10 ⁻⁵	86	Rn		4×10 ⁻¹³	6×10 ⁻¹⁶
41	Nb	2.28×10 ⁻⁹ ³	20	1×10 ⁻⁵	87	Fr			
42	Mo	8.3×10 ⁻⁹ ⁵	1.2	0.01	88	Ra		9×10 ⁻⁷	8.9×10 ⁻¹¹
43	Tc				89	Ac		5.5×10 ⁻¹⁰	
44	Ru	6.1×10 ⁻⁹ ³	0.001	7×10 ⁻⁷	90	Th	1.09×10 ⁻¹⁰ ⁶	9.6	1×10 ⁻⁶
45	Rh	1.12×10 ⁻⁹ ⁹	0.001		91	Pa		1.4×10 ⁻⁶	5×10 ⁻¹¹
46	Pd	4.5×10 ⁻⁹ ³	0.015		92	U	2.94×10 ⁻¹¹ ²⁵	2.7	0.0032

Quantity	Symbol, equation	Value	Uncert. (ppm)
speed of light in vacuum ⁴	c	2.997 924 58×10 ¹⁰ cm s ⁻¹	0
Planck constant	h	6.626 075 5(40)×10 ⁻²⁷ erg s	0.60
Planck constant, reduced	$\hbar = h/2\pi$	1.054 572 66(63)×10 ⁻²⁷ erg s = 6.582 122 0(20)×10 ⁻²² MeV s	0.60
electron charge magnitude	e	4.803 206 8(15)×10 ⁻¹⁰ esu = 1.602 177 33(49)×10 ⁻¹⁹ coulomb	0.30
conversion constant	$\hbar c$	197.327 053(59) MeV fm	0.30
conversion constant	$(\hbar c)^2$	0.389 379 66(23) GeV ² mbarn	0.59
electron mass	m_e	0.510 999 06(15) MeV/c ² = 9.109 389 7(54)×10 ⁻²⁸ g	0.30, 0.59
proton mass	m_p	938.272 31(28) MeV/c ² = 1.672 623 1(10)×10 ⁻²⁴ g	0.30, 0.59
neutron mass	m_n	939.565 63(28) MeV/c ² = 1.674 928 6(10)×10 ⁻²⁴ g = 1.008 664 904(14) amu	0.30, 0.59
deuteron mass	m_d	1875.613 39(57) MeV/c ²	0.014
atomic mass unit (amu)	(mass C ¹² atom)/12 = (1 g)/N _A	931.494 32(28) MeV/c ² = 1.660 540 2(10)×10 ⁻²⁴ g	0.30, 0.59
electron charge to mass ratio	e/m _e	5.272 808 6(16)×10 ¹⁷ esu g ⁻¹ = 1.758 819 62(53)×10 ⁸ coulomb g ⁻¹	0.30
quantum of magnetic flux	h/e	4.135 669 2(12)×10 ⁻¹⁵ joule s coulomb ⁻¹	0.30
Josephson frequency-voltage ratio	2e/h	4.835 976 7(14)×10 ¹⁴ cycles s ⁻¹ V ⁻¹	0.30
Faraday constant	F	9.648 530 9(29)×10 ⁴ coulomb mol ⁻¹	0.30
fine-structure constant	$\alpha = e^2/\hbar c$	1/137.035 989 5(61)	0.045
classical electron radius	$r_e = e^2/m_e c^2$	2.817 940 92(38) fm	0.13
electron Compton wavelength	$\lambda_e = \hbar/m_e c = r_e \alpha^{-1}$	3.861 593 23(35)×10 ⁻¹¹ cm	0.089
proton Compton wavelength	$\lambda_p = \hbar/m_p c$	2.103 089 37(19)×10 ⁻¹⁴ cm	0.089
neutron Compton wavelength	$\lambda_n = \hbar/m_n c$	2.100 194 45(19)×10 ⁻¹⁴ cm	0.089
Bohr radius ($m_{\text{nucleus}} = \infty$)	$a_0 = \hbar^2/m_e e^2 = r_e \alpha^{-2}$	0.529 177 249(24)×10 ⁻⁸ cm	0.045
Rydberg energy	$hcR_\infty = m_e e^4/2\hbar^2 = m_e c^2 \alpha^2/2$	13.605 698 1(40) eV	0.30
Thomson cross section	$\sigma_T = 8\pi r_e^2/3$	0.665 246 16(18) barn	0.27
Bohr magneton	$\mu_B = e\hbar/2m_e c$	5.788 382 63(52)×10 ⁻¹⁵ MeV gauss ⁻¹	0.089
nuclear magneton	$\mu_N = e\hbar/2m_p c$	3.152 451 66(28)×10 ⁻¹⁸ MeV gauss ⁻¹	0.089
electron cyclotron frequency/field	$\omega_{\text{cycl}}^e/B = e/m_e c$	1.758 819 62(53)×10 ⁷ radian s ⁻¹ gauss ⁻¹	0.30
proton cyclotron frequency/field	$\omega_{\text{cycl}}^p/B = e/m_p c$	9.578 830 9(29)×10 ³ radian s ⁻¹ gauss ⁻¹	0.30
gravitational constant	G _N	6.672 59(85)×10 ⁻⁸ cm ³ g ⁻¹ s ⁻²	128
grav. acceleration, sea level, 45° lat.	g	980.665 cm s ⁻²	0
Fermi coupling constant	G _F /($\hbar c$) ³	1.166 39(2)×10 ⁻⁵ GeV ⁻²	20
Avogadro number	N _A	6.022 136 7(36)×10 ²³ mol ⁻¹	0.59
molar gas constant, ideal gas at STP	R	8.314 510(70)×10 ⁷ erg mol ⁻¹ K ⁻¹	8.4
Boltzmann constant	k	1.380 658(12)×10 ⁻¹⁶ erg K ⁻¹ = 8.617 385(73)×10 ⁻⁵ eV K ⁻¹	8.5
molar volume, ideal gas at STP	N _A k(273.15 K)/(atmosphere)	22 414.10(19) cm ³ mol ⁻¹	8.4
Stefan-Boltzmann constant	$\sigma = \pi^2 k^4/60\hbar^3 c^2$	5.670 51(19)×10 ⁻⁵ erg s ⁻¹ cm ⁻² K ⁻⁴	34
first radiation constant	2 $\pi\hbar c^2$	3.741 774 9(22)×10 ⁻⁵ erg cm ² s ⁻¹	0.60
second radiation constant	hc/k	1.438 769(12) cm K	8.4