

# あもんノート

ユークリッド幾何学、ニュートン力学から、相対論、量子論、素粒子論、宇宙論、そして超ひも理論まで、理論物理学を簡潔にかつ幅広く網羅したノートです。TOP へは下の URL をクリックして行けます。専用の画像掲示板で、ご意見、ご質問等も受け付けております。

<http://amonphys.web.fc2.com/>

# 物理定数表

定数表です。SI (国際単位系) に加え、自然単位への換算も併記します。

## 接頭語

$10^1$	$10^2$	$10^3$	$10^6$	$10^9$	$10^{12}$	$10^{15}$	$10^{18}$
da	h	k	M	G	T	P	E
デカ	ヘクト	キロ	メガ	ギガ	テラ	ペタ	エクサ
$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-9}$	$10^{-12}$	$10^{-15}$	$10^{-18}$
d	c	m	$\mu$	n	p	f	a
デシ	センチ	ミリ	マイクロ	ナノ	ピコ	フェムト	アト

## 普遍定数 (CODATA 2017)

名称	記号	SI	自然単位
Cs 超微細遷移振動数	$\nu_{Cs}$	$9.19263177E9 \text{ s}^{-1}$ *	$6.0507001E-6 \text{ eV}$
真空の光速	$c$	$2.99792458E8 \text{ m s}^{-1}$ *	$1$ *
プランク定数	$h$	$6.62607015E-34 \text{ kg m}^2\text{s}^{-1}$ *	$2\pi$ *
素電荷 (電気素量)	$e$	$1.602176634E-19 \text{ C}$ *	$0.30282212$
ボルツマン定数	$k_B$	$1.380649E-23 \text{ kg m}^2\text{s}^{-2}\text{K}^{-1}$ *	$1$ *
アボガドロ定数	$N_A$	$6.02214076E23 \text{ mol}^{-1}$ *	$1$ *
クーロン定数	$k_0$	$8.98755179E9 \text{ kg m}^3\text{s}^{-2}\text{C}^{-2}$	$1/(4\pi)$ *
万有引力定数	$G$	$6.674E-11 \text{ kg}^{-1}\text{m}^3\text{s}^{-2}$	$6.709E-57 \text{ eV}^{-2}$
フェルミ結合定数	$G_F$		$1.16638E-23 \text{ eV}^{-2}$

名称	記号	定義	SI	自然単位
真空の誘電率	$\epsilon_0$	$1/(4\pi k_0)$	$8.8541878E-12 \text{ kg}^{-1}\text{m}^{-3}\text{s}^2\text{C}^2$	$1$
真空の透磁率	$\mu_0$	$4\pi k_0/c^2$	$1.2566371E-6 \text{ kg m C}^{-2}$	$1$
ディラック定数	$\hbar$	$h/(2\pi)$	$1.0545718E-34 \text{ kg m}^2\text{s}^{-1}$	$1$
気体定数	$R$	$k_B N_A$	$8.3144626 \text{ kg m}^2\text{s}^{-2}\text{K}^{-1}\text{mol}^{-1}$	$1$

\* は定義値 (SI については 2018 年に承認予定)。 $\text{eV} = e \text{ kg m}^2\text{s}^{-2}\text{C}^{-1}$  は電子ボルト。Cs 超微細遷移振動数はセシウム 133 原子の基底状態 2 つの超微細準位間の遷移に対応する放射の振動数。

## SI 基本単位

物理量	名称	記号	自然単位
時間	秒	s, sec	1.5192674E15 eV <sup>-1</sup>
長さ	メートル	m	5.0677307E6 eV <sup>-1</sup>
質量	キログラム	kg	5.6095886E35 eV
電荷	クーロン	C	1.8900670E18
温度	ケルビン	K	8.6173333E-5 eV
物質質量	モル	mol	6.0221408E23

通常 SI では電流の単位である A を基本単位とみなしますが (MKSA 系)、ここではその代わりに C を基本単位とみなしています (MKSC 系)。自然単位系における値は、SI における数値部分を [ ] で表して、

$$s = \frac{2\pi[e]}{[h]} \text{eV}^{-1}, \quad m = \frac{2\pi[e]}{[c][h]} \text{eV}^{-1}, \quad \text{kg} = \frac{[c]^2}{[e]} \text{eV},$$

$$C = \sqrt{\frac{8\pi^2[k_0]}{[c][h]}}, \quad K = \frac{[k_B]}{[e]} \text{eV}, \quad \text{mol} = [N_A].$$

SI の古い定義に起因して  $[k_0] \sim [c]^2 \times 10^{-7}$  という近似式が少なくとも 8 桁の精度で成立します。

## SI 組立単位

物理量 (例)	名称	記号	定義	自然単位
周波数	ヘルツ	Hz	1/s	6.5821196E-16 eV
力	ニュートン	N	kg m/s <sup>2</sup>	1.2316181E12 eV <sup>2</sup>
エネルギー	ジュール	J	Nm	6.2415091E18 eV
仕事率	ワット	W	J/s	4.1082359E3 eV <sup>2</sup>
圧力	パスカル	Pa	N/m <sup>2</sup>	4.7956670E-2 eV <sup>4</sup>
電流	アンペア	A	C/s	1.2440647E3 eV
電圧	ボルト	V	J/C	3.3022687 eV
磁束密度	テスラ	T	kg/(Cs)	1.9535277E2 eV <sup>2</sup>
磁束	ウェーバ	Wb	Tm <sup>2</sup>	5.0170293E15
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	2.6544187E-3
電気容量	ファラッド	F	C/V	5.7235410E17 eV <sup>-1</sup>
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	4.0327720E12 eV <sup>-1</sup>

ウェーバ、テスラの定義は、Wb = Vs, T = Wb/m<sup>2</sup> と考えても同じです。

## 非 SI 単位

名称	記号	定義	換算
分	min, m	60 s	
時	hour, h	60 min	3600 s
日	day, d	24 hour	86400 s
(ユリウス)年	year, y	365.25 day	3.15576E7 s
(国際)海里	M, nm	1852 m	
アール	a	100 m <sup>2</sup>	
リットル	l, L	1E-3 m <sup>3</sup>	
立方センチメートル	cc	cm <sup>3</sup>	1E-6 m <sup>3</sup>
ノット	knot, kt, kn	海里/hour	0.51444444 m/s
(標準)重力加速度	$g_n, g, G$	9.80665 m/s <sup>2</sup>	
ガル	Gal	cm/s <sup>2</sup>	0.01 m/s <sup>2</sup>
トン	t	1000 kg	
カラット	ct	0.2 g	
重量キログラム	kgw	kg $g_n$	9.80665 N
ダイン	dyn	g cm/s <sup>2</sup>	1E-5 N
エルグ	erg	dyn cm	1E-7 J
カロリー	cal	4.184 J	
(仏)馬力	PS	735.5 W	
(英)馬力	HP	745.7 W	
標準気圧	atm	1013.25 hPa	
工学気圧	at	kgw/cm <sup>2</sup>	980.665 hPa
バール	bar	Mdyn/cm <sup>2</sup>	1000 hPa
バリ	Ba, b	dyn/cm <sup>2</sup>	0.1 Pa
水銀柱メートル	mHg	atm/0.76	1333.2237 hPa
トル	Torr	mmHg	1.3332237 hPa
ポアズ	P	Bas	0.1 Pa s
静電単位	esu	(dyn/ $k_0$ ) <sup>1/2</sup> cm	3.3356410E-10 C
フランクリン	Fr	"	"
スタットクーロン	statC	"	"
スタットボルト	statV	erg/esu	299.79246 V
ガウス	Gs, G	dyn/( $c$ esu)	1.0000000E-4 T
マクスウェル	Mx	Gs cm <sup>2</sup>	1.0000000E-8 Wb
エルステッド	Oe	Gs/ $\mu_0$	79.577472 A/m
ギルバート	Gb	Oe cm	0.79577472 A

名称	記号	定義	換算
天文単位	AU, au	1.495978707E11 m	
光年	ly	$c$ year	9.4607305E15 m
パーセク	pc	AU/tan(1")	3.0856776E16 m
オングストローム	Å	1E-10 m	
フェルミ	fermi	1E-15 m	
バーン	barn, bn, b	1E-28 m <sup>2</sup>	
(統一)原子質量単位	u, amu	<sup>12</sup> C の質量/12	1.6605391E-27 kg
ダルトン	Da	"	"
電子ボルト	eV	eV	1.6021766E-19 J
インチ	inch, in	2.54 cm	
フィート	feet, ft	12 inch	30.48 cm
ヤード	yard, yd	3 feet	91.44 cm
マイル	mile, mi	1760 yard	1609.344 m
エーカー	acre, ac	4840 yard <sup>2</sup>	4046.8564 m <sup>2</sup>
ポンド	lb	453.59237 g	
オンス	oz	(1/16) lb	28.349523 g
(米国液量) ガロン		231 inch <sup>3</sup>	3.7854118 l
(米国石油) バレル		42 ガロン	158.98729 l
ポンド毎平方インチ	psi	lb $g_n$ /inch <sup>2</sup>	6894.7573 Pa
寸		(1/33) m	3.0303030 cm
尺		10 寸	30.303030 cm
間		6 尺	1.8181818 m
町		60 間	109.09091 m
里		36 町	3927.2727 m
坪		間 <sup>2</sup>	3.3057851 m <sup>2</sup>
合		(2401/13310) l	0.18039068 l
升		10 合	1.8039068 l
斗		10 升	18.039068 l
石		10 斗	180.39068 l
両		37.5 g	
貫		100 両	3.75 kg

1" (1 秒) は 1° の 3600 分の 1 の角度で、 $1'' = \pi/(180 \cdot 3600)$ . 原子質量単位 u は少なくとも 8 桁の精度において  $g/(N_A \text{mol})$  に等しく、自然単位系で  $u \sim 931.49410 \text{ MeV}$ .

## 素粒子の質量と寿命

名称	記号	質量 (kg)	質量 (MeV)	寿命 (sec)
電子	$e$	9.10938E-31	0.510999	$\infty$
陽子	$p$	1.67262E-27	938.272	$\infty$
中性子	$n$	1.67493E-27	939.565	9E2
$\mu$ 粒子	$\mu$	1.88353E-28	105.658	2.197E-6
荷電 $\pi$ 粒子	$\pi^+$	2.48808E-28	139.571	2.60E-8
中性 $\pi$ 粒子	$\pi^0$	2.40618E-28	134.977	9E-17

## 元素と原子量

原子番号	記号	元素名	原子量	原子番号	記号	元素名	原子量
1	H	水素	1.008	23	V	バナジウム	50.94
2*	He	ヘリウム	4.003	24	Cr	クロム	52.00
3	Li	リチウム	6.940	25	Mn	マンガン	54.94
4	Be	ベリリウム	9.012	26	Fe	鉄	55.85
5	B	ホウ素	10.81	27	Co	コバルト	58.93
6	C	炭素	12.01	28	Ni	ニッケル	58.69
7	N	窒素	14.01	29	Cu	銅	63.55
8	O	酸素	16.00	30	Zn	亜鉛	65.38
9	F	フッ素	19.00	31	Ga	ガリウム	69.72
10*	Ne	ネオン	20.18	32	Ge	ゲルマニウム	72.63
11	Na	ナトリウム	23.00	33	As	ヒ素	74.92
12	Mg	マグネシウム	24.31	34	Se	セレン	78.97
13	Al	アルミニウム	26.98	35	Br	臭素	79.90
14	Si	ケイ素	28.09	36*	Kr	クリプトン	83.80
15	P	リン	30.97	47	Ag	銀	107.9
16	S	硫黄	32.06	50	Sn	スズ	118.7
17	Cl	塩素	35.45	53	I	ヨウ素	126.9
18*	Ar	アルゴン	39.95	74	W	タングステン	183.8
19	K	カリウム	39.10	78	Pt	プラチナ	195.1
20	Ca	カルシウム	40.08	79	Au	金	197.0
21	Sc	スカンジウム	44.96	80	Hg	水銀	200.6
22	Ti	チタン	47.87	82	Pb	鉛	207.2

原子番号は原子核内の陽子数、原子量は各同位体の天然存在比における原子の平均質量 / 原子質量単位。\* は希ガス。

## 金属元素の性質

元素名	質量密度 g/cm <sup>3</sup>	比熱 J/(K·mol)	抵抗率 nΩ·m	ヤング率 GPa	ポアソン比	融点 K
アルミニウム	2.70	24.20	28.2	70	0.35	933.5
鉄	7.87	25.10	96.1	211	0.29	1811
銅	8.94	24.44	16.8	120	0.34	1358
銀	10.49	25.35	15.9	83	0.37	1235
金	19.32	25.42	22.1	79	0.44	1337
鉛	11.34	26.65	208	16	0.44	600.6

常温における値。特に抵抗率は 20°C における値。

## 惑星の諸定数 (NASA J2000)

名称	質量 1E24 kg	赤道半径 km	軌道長半径 AU	離心率	公転周期 ユリウス年	自転周期 日
水星	0.3301	2440	0.3871	0.20563	0.2408	58.65
金星	4.868	6052	0.7233	0.00677	0.6152	-243.0
地球	5.972	6378	1.000	0.01671	1.000	0.9973
火星	0.6417	3396	1.524	0.09341	1.881	1.026
木星	1898	71492	5.203	0.04839	11.86	0.4135
土星	568.3	60268	9.537	0.05415	29.46	0.4440
天王星	86.81	25559	19.19	0.04717	84.01	-0.7183
海王星	102.4	24764	30.07	0.00859	164.8	0.6713

## 太陽の諸定数

質量 ~ 1.9891E30 kg, 半径 ~ 696000 km,

自転周期 (赤道) ~ 27.275 day, 光度 ~ 3.839E26 W, 表面温度 ~ 5772 K

## 月の諸定数

質量 ~ 7.3477E22 kg, 半径 ~ 1737 km, 軌道長半径 ~ 384400 km,

離心率 ~ 0.05488, 公転周期 ~ 27.322 day

## 電波と光の分類

名称	記号	波長 $\lambda$	周波数 $c/\lambda$	使用例
極超長波		100km 以上	3kHz 以下	
超長波	VLF	100km ~ 10km	3kHz ~ 30kHz	対潜水艦通信
長波	LF	10km ~ 1km	30kHz ~ 300kHz	電波時計
中波	MF	1km ~ 100m	300kHz ~ 3MHz	AM ラジオ
短波	HF	100m ~ 10m	3MHz ~ 30MHz	短波ラジオ
超短波	VHF	10m ~ 1m	30MHz ~ 300MHz	FM ラジオ
極超短波	UHF	1m ~ 10cm	300MHz ~ 3GHz	テレビ、携帯電話
センチ波	SHF	10cm ~ 1cm	3GHz ~ 30GHz	衛星放送、ETC
ミリ波	EHF	1cm ~ 1mm	30GHz ~ 300GHz	最新レーダー
サブミリ波		1mm ~ 0.1mm	300GHz ~ 3THz	

名称	波長 $\lambda$	エネルギー $hc/\lambda$
赤外線	1mm ~ 760nm	1.3 meV ~ 1.6 eV
可視光線	760nm ~ 380nm	1.6 eV ~ 3.3 eV
紫外線	380nm ~ 10nm	3.3 eV ~ 130 eV
X線	10nm ~ 1pm	130 eV ~ 1.3 MeV
$\gamma$ 線	10pm 以下	0.13 MeV 以上

## 摂氏温度と華氏温度

絶対温度と摂氏温度の換算は、

$$a^{\circ}\text{C} = (a + 273.15) \text{K}, \quad a \text{K} = (a - 273.15)^{\circ}\text{C}.$$

$a^{\circ}\text{C}$  は  $a$  と  $^{\circ}\text{C}$  の積とはみなせないので注意が必要。また、摂氏温度と華氏温度の換算は、

$$a^{\circ}\text{F} = \left(\frac{5}{9}(a - 32)\right)^{\circ}\text{C}, \quad a^{\circ}\text{C} = \left(\frac{9}{5}a + 32\right)^{\circ}\text{F}.$$