

新版物理定数表

一郎 熙夫 三

修和 寛正 編

田野 前谷 田共

飯大神熊沢



53.075
679.1

新版物理定数表

飯 田 修 一
大 野 和 郎
神 前 熙
熊 谷 寛 夫
沢 田 正 三
共 編

3k496/09



新版 物理定数表

1969年10月10日 初版第1刷
1978年8月1日 新版第1刷

編集者	飯田修一	大神野和郎	熊谷寛夫	沢田正三	朝倉鑛造
発行者	朝倉書店				
発行所	朝倉書店				
	東京都新宿区新小川町2-10				
	郵便番号 162				
	電話 03(260) 0141				
	振替口座 東京 6-8673 番				

<検印省略>

© 1978 <無断複写・転載を禁ず>
3042-130004-0032

中央印刷・渡辺製本

新版の編集に際して

物理定数表の初版が発行されてから、すでに10年近くが経過した。その間、本書が、国内、国外にもほとんど例を見ない異色の「物理定数表」として、物理学の研究者・教育者・学生ばかりでなく、物理実験や物理的測定を行なう他の科学技術諸分野の人々にも広く活用愛用されてきたことは、編集者の大いに喜びとするところである。

初版発行以来、物理学の各分野において著しい発展や変化が見られ、本書にあげられている数値や特性には改変を要するものが沢山できてきた。一方、本書の構成などについても、読者から使用経験に基づく有益な意見を数多くいただいた。そこで、この段階で本書の抜本的な改訂を行なうこととなり、われわれは、ここ数年にわたって慎重な討議を重ねて、この新版を編集した。新構想によってまとめられ、できるだけ新しい資料を採用した新版が、出版にも増して各分野で活用されることを期待する。

この新版の編集にあたっては、4.3半導体の電気的性質を玉川大学工学部宮沢久雄教授に御執筆いただいたのをはじめ、その他の各分野においても

阿部英太郎 (東京大学物性研究所)	海野和二郎 (東京大学理学部)
小川 岩雄 (立教大学理学部)	亀井 亨 (高エネルギー物理学研究所)
木村 嘉孝 (高エネルギー物理学研究所)	久米 潔 (東京都立大学理学部)
近 桂一郎 (早稲田大学理工学部)	城石 芳博 (日立製作所)
高重 正明 (東京大学物性研究所)	高柳 滋 (東京大学物性研究所)
塚越 幹郎 (理化学研究所)	辻 清雄 (東京大学物性研究所)
富来 哲彦 (松下技研側)	二宮 敏行 (東京大学理学部)
福田 敦夫 (東京工業大学工学部)	藤木 良規 (無機材質研究所)
松崎清一郎 (前住友ベークライト側)	水野 清 (東京都立大学理学部)
安岡 弘志 (東京大学物性研究所)	安河内 昂 (日本大学理工学部)
竜谷 光三 (機徳工業大学工学部)	

の諸氏に多大の御協力をいただいた。ここに記して厚く謝意を表する。

なお、この新版の編集および執筆の途次において、編集者の一人である熊谷寛夫（東京大学名誉教授）は1977年11月逝去した。ここに同教授の冥福を祈るものである。

1978年6月

編集者しるす

30108

初 版 の 序

近年の物理学の進歩はまことにめざましいものがある。この進歩の根本にあるものは、物理学的思考方法および実験ならびに測定の結果を尊重する実証的態度の二つであろう。このような物理学の進め方は、現在の物理学そのものの進歩をもたらしたばかりでなく、理学・工学・農学・薬学・医学などの他の科学技術諸分野にも適切にとり入れられてきた。最近では、物理的研究手段の活用なしでは、精度の高い測定、効率のよい生産、信頼できる製品管理などを行ないがなくなってきたといっても過言ではない。この動向が今後ますます助長されることは明らかである。

このために物理学者ばかりでなく、物理学を学習するもの、他の分野の人で物理実験や物理的測定を行なう人にとって物理実験、物理的測定を行なうに際して、原子・原子核定数、物性定数や測定用器材特性の表を座右に置くことはきわめて望ましいことである。原子・原子核定数や物性定数の表はいままでに国外、国内にいくつか存在するが、本書では、物理学の学習、物理実験、物理的測定を行なう学生、研究者、技術者に特に必要、有益な定数、図表などを重点的に取り上げ、かつ測定用器材特性表という他にはほとんど例を見ない章に多くの頁をさき、これと上記の定数表とが相伴って大きな効用をあげるよう、慎重な工夫を行なった。

さらに本書では、物理測定計算数表および図表の章を設け、ここには多くの独自の数表、図表をのせて、実験、測定の能率化を期した。もちろん、物理学定義値、物理学基本定数、物理学公式集、数学公式集、数表などをふくめ、特別の場合を除いては、数値資料としては本書だけでこと足りるように配慮した。

本書は国内、国外を問わず異色の「物理定数表」であると自負している。本書が研究者、技術者、教育者、学生の好伴侶となれば、編集者の喜びこれに過ぎるものはない。

本書は先年朝倉書店より刊行された物理測定技術全7巻と姉妹篇の関係であり、それから転載された表も多くふくまれている。物理測定技術全7巻における当該執筆者に深くお礼申し上げる。

また、本書の編集にあたっては

木村嘉孝（東 京 大 学） 久米 清（東京都立大学）

千葉雄彦（日 本 大 学） 八田一郎（東京工業大学）

弘津俊輔（東京工業大学） 松崎 啓（東 京 大 学）

水野 清（東京都立大学） 安河内昂（日 本 大 学）

柳 武敏（東京工業大学）

の9氏に多大な援助を得た。ここに明記して厚く謝意を表する次第である。

1969年9月

編集者しるす

目 次

1. 基 本 定 数

1.1 物理学基本定数表	2
1.2 物理学定義値	2
1.2.1 長さ, 質量, 時間の単位	2
1.2.2 電流の単位	2
1.2.3 電圧の単位	2
1.2.4 温度の単位	2
1.2.5 光度の単位	2
1.2.6 原子量およびモル	3
1.2.7 気 圧	3
1.2.8 熱の単位	3
1.2.9 重力の加速度	3

2 単 位 換 算

2.1 SI基本単位と固有の名称をもつSI組立単位	6
2.2 物理学の単位・記号にするIUPAPの推薦	6
2.3 電磁気単位換算表	8
2.4 時間の換算	10
2.5 長さの換算	10
2.5.1 ミル, インチ, フィート, ヤード, マイル, 寸, 尺, 間, 町, 里 → μm , mm, cm, m, km	10
2.5.2 mm, cm, m, km → ミル, インチ, フィート, ヤード, マイル, 寸, 尺, 間, 町, 里	10
2.6 速度の換算	10
2.7 面積の換算	11

2.8 容積の換算.....	11
2.9 角度の換算.....	11
2.10 質量の換算.....	11
2.11 力の換算.....	11
2.12 圧力の換算.....	12
2.12.1 Pa=N/m ² , Torr, μ Hg, mbar, 気圧, kg/cm ² 重, psi.....	12
2.12.2 psi $\rightarrow$ atm, kg/cm ²	12
2.12.3 mbar $\rightarrow$ Torr, atm.....	13
2.12.4 Torr $\rightarrow$ atm, dyn/cm ²	13
2.13 エネルギー換算.....	12
2.13.1 K, cm ⁻¹ , eV, Hz, G: gauss, J $\cdot$ mol ⁻¹ , kcal $\cdot$ mol ⁻¹ , erg.....	12
2.13.2 eV $\rightarrow$ K, cm ⁻¹ , cm.....	14
2.13.3 cm ⁻¹ $\rightarrow$ eV, K.....	15
2.13.4 $\lambda\rightarrow$ eV, cm ⁻¹	15
2.13.5 $\nu\rightarrow T$, eV.....	15
2.13.6 $\nu\rightarrow H$, cm.....	15
2.14 温度の換算.....	16
2.14.1 摂氏から華氏への換算.....	16
2.14.2 絶対温度から摂氏および絶対温度の逆数への換算.....	16
2.14.3 摂氏から絶対温度およびその逆数への換算.....	17

5. 力学的性質

3.1 固体の力学的性質.....	20
3.1.1 固体の密度.....	20
3.1.2 固体の弾性率, 降伏応力, かたさ.....	23
3.1.2.1 種々の結晶の弾性率.....	24
3.1.2.2 種々の固体の等方弾性率.....	25
3.1.2.3 合金の弾性率, 降伏応力, かたさ.....	25
3.1.3 固体のクリープ速度.....	28
3.1.4 固体の摩擦係数.....	28

3.2 液体の力学的性質	29
3.2.1 液体の密度、圧縮率	29
3.2.1.1 液体の密度	29
3.2.1.2 液体の圧縮率	29
3.2.2 液体の表面張力	29
3.2.3 液体の粘性	30
3.3 気体の力学的性質	30
3.3.1 気体の密度、圧縮率	30
3.3.1.1 気体の密度	30
3.3.1.2 気体の圧縮率	30
3.3.2 気体の粘性	30
3.4 音波の速度と吸収	31
3.4.1 音波の速度	31
3.4.1.1 気体中の音速	31
3.4.1.2 液体中の音速	31
3.4.1.3 固体中の音速	31
3.4.2 金属、合金内の超音波の吸収	32

4. 電 気

4.1 いろいろな物質の電気伝導率の温度変化例	36
4.2 金属の電気的性質	36
4.2.1 金属の電気抵抗率	36
4.2.1.1 単体金属の常温における電気抵抗率	36
4.2.1.2 単体金属の常温における電気抵抗率の異方性の例	36
4.2.1.3 純粋金属の低温での電気抵抗率	36
4.2.1.4 金属、合金の電気抵抗率の温度変化の例	36
4.2.1.5 溶融状態の金属および半金属の電気抵抗率	36
4.2.1.6 融点をはさんでの金属および半金属の電気抵抗率の温度依存性	37
4.2.1.7 残留電気抵抗の例	37
4.2.2 超伝導体の臨界温度、臨界磁場	42

4.2.3	ホー ル 定 数	43
4.2.3.1	非強磁性金属のホール定数	43
4.2.3.2	強磁性金属のホール定数	43
4.2.4	仕事関数と接触電位差	44
4.2.5	熱 電 能	44
4.2.5.1	代表的な金属の絶対熱電能の温度依存性	44
4.2.5.2	金属の絶対熱電能	44
4.3	半導体の電気的性質	45
4.3.1	半導体のエネルギー・ギャップと格子散乱キャリア移動率	45
4.3.2	半導体伝導帯下縁の電子実効質量比	46
4.3.3	半導体の実効質量	46
4.3.3.1	立方晶系半導体の価電子帯実効質量係数	46
4.3.3.2	半導体価電子帯上縁の正孔実効質量比	47
4.3.4	半導体の deformation potential	47
4.3.5	主要な半導体のエネルギー帯構造図	48
4.4	絶縁物の電気的性質	53
4.4.1	絶縁物の電気抵抗率	53
4.4.1.1	体積抵抗率	53
4.4.1.2	表面抵抗率	53
4.4.2	誘 電 率	54
4.4.3	焦 電 率	58
4.4.4	強誘電体, 反強誘電体の諸特性	58
4.4.5	圧 電 率	62
4.4.6	電 わ い 定 数	64
4.4.7	摩 擦 帯 電 列	64
4.4.8	破 壊 電 圧	65
4.4.8.1	固体と液体	65
4.4.8.2	気 体	66
4.4.8.3	真空火花放電	66
4.5	電 気 技 術	67

4.5.1 半導体および真空管とその回路	67
4.5.1.1 半導体とその回路	67
4.5.1.2 デジタル集積回路	69
4.5.1.3 マイクロ波検出器	70
4.5.1.4 真空管の定数と増幅器の特性	72
4.5.1.5 マイクロ波発振用電子管	73
4.5.1.6 マイクロ波用半導体素子	73
4.5.1.7 定電圧放電管	74
4.5.2 高周波部品	75
4.5.2.1 高周波同軸ケーブルとコネクタの特性	75
4.5.2.2 導波管の寸法規格	76
4.5.2.3 導波管フランジの寸法規格	76
4.5.3 電源、配線	78
4.5.3.1 電源の特性	78
4.5.3.2 電池	79
4.5.3.3 カラーコード	80
4.5.3.4 種々の電線の許容電流	81
4.5.3.5 代表的な電圧波形のフーリエ展開	81
4.5.3.6 時定数、インピーダンスの表	82
4.5.3.7 電磁石および電源に関する資料	82
4.5.3.8 超伝導マグネットの例	82
4.5.4 その他	82
4.5.4.1 ストレインゲージのゲージ因子	82

5. 磁 気

5.1 静磁特性	84
5.1.1 各元素の帯磁率	84
5.1.2 反磁性帯磁率	84
5.1.2.1 イオン帯磁率	84
5.1.2.2 有機化合物の反磁性帯磁率	86

5.1.3	3d および 4f 遷移金属イオンの実効磁子数	86
5.1.4	強磁性体、フェリ磁性体の諸特性	88
5.1.5	代表的な寄生強磁性体結晶のネール温度 T_N	90
5.1.6	代表的な反強磁性体結晶のネール温度 T_N と θ	90
5.1.7	磁気異方性定数、異方性磁場、磁わい定数、および飽和磁化	91
5.1.8	磁性材料の特性	92
5.2	磁 場	93
5.2.1	^1H , ^3Li の核磁気共鳴周波数と磁場の関係	93
5.2.2	コイルの磁場式	93
5.2.2.1	円形電流のつくる磁場	93
5.2.2.2	円筒形ソレノイドのつくる磁場	94
5.2.2.3	トロイド状コイルのつくる磁場	95
5.2.2.4	直線電流のつくる磁場	95
5.2.3	反 磁 場 係 数	96
5.2.4	電磁石および電源に関する資料	96
5.2.5	超伝導マグネットの例	97
5.3	微細構造および超微細構造	98
5.3.1	微細構造および超微細構造	98
5.3.1.1	鉄族イオンの結晶場での性質とスピンハミルトニアン	98
5.3.1.2	希土類元素イオンのスピンハミルトニアン	100
5.3.1.3	化合物中の内部磁場	100
5.3.1.4	強磁性金属中での内部磁場	101
5.3.1.5	ナイトシフト	102
5.3.1.6	化学シフト	103
5.3.2	金属単体の核スピン-格子緩和と Korringa の関係	104
5.3.3	メスバウアー効果の観測された原子核の特性	104
5.4	磁性材料の表皮深度と比抵抗、透磁率、周波数の関係	105
5.5	地 磁 気 要 素	105

6. 熱 高 低 温

6.1 転移温度, 転移熱	108
6.2 蒸 気 圧	113
6.2.1 単 体	113
6.2.1.1 単体の蒸気圧	113
6.2.1.2 寒剤の蒸気圧と温度	114
6.2.2 化 合 物	114
6.3 水の沸騰点の圧力依存性	115
6.4 気 体 の 性 質	115
6.4.1 平均自由行程	115
6.4.2 イオンの移動率	115
6.4.3 壁に衝突する分子数	116
6.4.4 臨界温度, 臨界圧力および臨界密度	116
6.5 拡 散 率	117
6.5.1 気 体	117
6.5.2 固 体	117
6.6 凝集エネルギー	118
6.7 比熱とデバイ温度	118
6.7.1 定 圧 比 熱	118
6.7.2 定圧比熱と定積比熱の差	121
6.7.3 金属の電子比熱	121
6.7.4 デ バ イ 温 度	121
6.8 熱 伝 導 率	122
6.8.1 気 体	122
6.8.2 液 体	122
6.8.3 固 体	122
6.9 熱 膨 張 率	124
6.9.1 液 体	124
6.9.2 固 体	124

6.10 温度定点, 温度測定	127
6.10.1 国際実用温度目盛の定義定点と一次定点	127
6.10.2 二 次 定 点	127
6.10.3 IPTS-68 と IPTS-48 との差	128
6.10.4 熱電対の熱起電力-温度特性	128
6.10.5 JIS による規準熱電対の階級と使用限度	131
6.10.6 熱電対の温度-熱起電力特性	132
6.10.7 熱電対の熱起電力計算式係数	136
6.10.8 種々の熱電対の熱起電力-温度曲線	138
6.10.9 測温用抵抗体の電気抵抗	139
6.11 耐 熱 材 料	141
6.12 寒剤の蒸気圧と温度	149
6.13 塞剤となる気体の性質	151
6.14 低温材料の特性	151
6.15 ドライアイス寒剤と氷寒剤の例	153

7. 光 学

7.1 物質の光学的性質	156
7.1.1 非金属の光学定数	156
7.1.1.1 吸 収	156
7.1.1.2 屈 折	161
7.1.1.3 反 射	164
7.1.1.4 発 光	165
7.1.1.5 旋 光	167
7.1.1.6 電気および磁気光学定数	168
7.1.1.7 非線形光学定数	170
7.1.2 金属の光学定数	171
7.1.2.1 金属の屈折率, 消衰係数, 反射率	171
7.1.2.2 合金の反射率	172
7.1.2.3 金属の薄膜の反射率	172

7.2 レーザー単位	173
7.2.1 ラマンレーザーおよびラマン線	173
7.2.2 レーザー単位	178
7.2.3 レーザー波長一覧表	178
7.3 光学技術	181
7.3.1 光源のスペクトル強度	181
7.3.2 光学フィルター	186
7.3.3 偏光子	188
7.3.4 検出器	189
7.3.5 けい光、りん光スペクトル	193
7.3.6 光の透過率、吸光度換算表	194

8. 原子、分子、X線

8.1 元素と原子	196
8.1.1 周期表と原子量	196
8.1.2 原子の電子配置表	196
8.1.3 原子の波動関数	198
8.1.4 元素の電気的陰性度の図表	207
8.1.5 元素単体の密度、第一イオン化エネルギー、電子親和度、融点、沸点	208
8.1.6 元素単体の結晶構造、原子半径、イオン半径	210
8.1.7 原子、イオンの電子分極率	212
8.1.7.1 イオンの電子分極率	212
8.1.7.2 原子の電子分極率	212
8.2 原子のエネルギー単位	213
8.2.1 H^1 から Rn^{86} までの原子のエネルギー単位	213
8.2.2 He, C, O, Na の原子エネルギー単位	216
8.2.3 ランタナイド M^{3+} イオンのエネルギー単位	218
8.3 分子	219
8.3.1 双極子モーメント	219
8.3.2 原子間距離	220

8.3.3 簡単な分子の固有運動	221
8.4 X 線	224
8.4.1 元素の特性 X 線スペクトル	224
8.4.1.1 K 系 列	224
8.4.1.2 L 系 列	225
8.4.2 元素の X 線吸収端	226
8.4.3 元素の γ 線または X 線の吸収係数	228

9. 結 晶 構 造

9.1 結晶の対称性	232
9.1.1 結晶格子と結晶系	232
9.1.2 結晶の巨視的性質の対称性と結晶族	233
9.1.3 結晶空間群	238
9.2 固体の結晶学的性質	241
9.2.1 固体の結晶学的データ	241
9.2.2 主な結晶構造の模型	242
9.2.3 代表的な元素、化合物の結晶構造	243
9.3 結晶のへき開面およびすべり	244

10. 素粒子、原子核、放射線

10.1 素粒子、原子核、放射線の性質	246
10.1.1 素粒子の性質	246
10.1.2 安定核の性質	247
10.1.3 不安定核の性質	252
10.1.3.1 長寿命放射性同位元素	252
10.1.3.2 メスバウアー効果の観測された原子核の特性	253
10.1.4 放射線と物質との相互作用	254
10.1.4.1 陽子の各種物質中での飛程	254
10.1.4.2 放射線検出体中での放射線の飛程	254
10.1.4.3 放 射 長	255