

# 核与粒子

(上册)

E. 薛 格 雷 著



## 内 容 简 介

本书是著名物理学家,诺贝尔物理奖金获得者 E. 薛格雷著的关于核物理及粒子物理的入门教材,一直深受物理工作者的欢迎。中译本按 1977 年原书新版译出。在新版中补充了许多核物理及粒子物理发展的新内容。全书分为三部分,共二十章。第一、二部分扼要介绍核物理的理论、实验技术和实验方法;第三部分从实验角度介绍粒子物理学。本书内容丰富,叙述简明扼要。中译本分上、下册出版,前九章为上册,后十一章为下册。本书可供理论物理、核物理工作者和有关专业师生参考。

E. SEGRÈ  
NUCLEI AND PARTICLES  
W. A. Benjamin, Inc., 1977

## 核 与 粒 子

(下 册)

E. 薛格雷 著

徐四大 易余萍 张静懿 译  
刘歧元 曲长芝

陆祖荫 校

责任编辑 荣毓敏

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

\*

1985 年 4 月第 一 版 开本: 850×1168 1/32  
1985 年 4 月第一次印刷 印张: 16 3/8  
印数: 0001—3,400 字数: 433,000

统一书号: 13031·2870

本社书号: 3966·13—3

定 价: 4.60 元

## 内 容 简 介

本书是著名物理学家, 诺贝尔物理奖金获得者 E. 薛格雷著的关于核物理及粒子物理的入门教材, 一直深受物理工作者欢迎。中译本按 1977 年原书新版译出。在新版中补充了许多核物理及粒子物理发展的新内容。全书由三部分组成, 共二十章。中译本分上、下册出版。前九章为上册, 后十一章为下册。第一、二部分扼要介绍了核物理的理论、实验技术和实验方法。第三部分从实验角度介绍粒子物理学。本书内容丰富, 叙述简明扼要, 可供理论物理, 核物理工作者和有关专业的师生参考。

E. SEGRÈ  
NUCLEI AND PARTICLES  
W. A. Benjamin, Inc., 1977

## 核 与 粒 子

(上 册)

E. 薛格雷 著

沈子威 张日清 张静懿 译  
曲长芝 徐育敏

陆祖荫 校

责任编辑 荣毓敏

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1984 年 2 月第 一 版 开本: 850×1168 1/32

1984 年 2 月第一次印刷 印张: 14 1/8

印数: 0001—4,450 字数: 366,000

统一书号: 13031·2470

本社书号: 3396·13—3

定价: 2.60 元

## 译者前言

E. 薛格雷 (Segrè) 是著名的核物理学家。他是慢中子、元素镨、铈、钷以及反质子的发现者之一，而且由于参与发现反质子，曾与另一物理学家 O. 张伯伦 (Chamberlain) 共同获得 1959 年诺贝尔物理奖金。1964 年他出版的《核与粒子》一书，由于内容丰富，富有特色，曾受到各国核物理工作者的广泛注意。该书出版后十五年来，核物理已有了重大进展，而作为更深刻研究物质结构的粒子物理发展更快。为了适应这一新的形势，作者于 1977 年重新改写了本书的内容，作为第二版出版。由于核物理和粒子物理这两个学科内容极为丰富，要全面地加以叙述是不易的。本书在一些地方写得比较简略扼要，但作为一本入门书有它的许多特点，适合于我国核物理及高能物理工作者和有关专业的师生参考，也适合于有关的化学和工程技术人员参考，为此我们把它译成中文出版。由于译者水平有限，译文难免有不当之处，请读者指正。

## 第二版前言

本书第二版仍然保持了第一版的目的、水平和风格。近十年来,核物理和粒子物理的技术性愈来愈强,理论和实验也日益复杂,这是一种不可避免的趋势,它扩大了教科书与杂志中原始研究论文之间的距离,而后者常常只有很少数的初学者能够理解。然而,学生在参加工作之前应当了解一下专家们的工作概况,应当在研究树木之前先对森林有一个概念。本书的目的之一,就是对核物理及粒子物理提供一个概观。

我很高兴地发现,同事们经常查阅本书第一版,以便了解远离他们专业领域的动向。同时我也发现,在一些物理图书馆里,本书由于经常使用,已经破旧不堪了。

我完全认识到,本书扼要叙述的许多重要概念,需要较深的理论知识才能了解。但是,我决定不提高本书的理论水平,因为这样做就会完全改变本书的特色。

我对全书进行了修订,引入了新数据,改进了推导和写作风格,增添或修改了许多插图,研究这些图对于好学的学生将是有益的。参考文献也作了更新,特别是增加了一些容易得到的评述文章,我认为它们的内容很好,而且表述得比较清楚。还增加和修改了一些习题。我力图不增加篇幅,因而省略了一些常识性的内容以及其他课程中经常讲授的内容。

我精简了一些章节,特别是第一部分(方法)。

在第二部分(核)中,第六章(核结构和核分类学基础知识)试图给出核模型的现代趋势,而不涉及技术细节。第九章( $\beta$ 衰变)和第十九章(再论弱相互作用)密切相关。第十一章(核反应)中重写了有关裂变和重离子反应部分。我完全改写了第三部分(粒子),以收入这方面的实质性进展,其中包括这个领域中最近发展的夸

克理论。

许多朋友和同事帮助我阐明了某些内容，审阅或改进了某些段落。我特别感谢 W. 钦诺斯基 (Chinowsky), E. 康明斯 (Commins), D. 杰克逊 (Jackson), D. 丘特 (Judd), L. 穆来特 (Moretto), D. 普罗斯比利 (Prosperi), A. 林弟 (Rindi), G. 夏皮罗 (Shapiro), H. 舒格脱 (Shugart), M. 铃木 (Suzuki) 和 G. 特默尔 (Temmer). CERN, LBL, SLAC, FNAL 和其他实验室友好地提供了很多图例。我特别感谢葛利·拉姆 (Gary Lum). 在他主动帮助我查找错误和检查各种证明时还提出了疑问、建议和评论。

E. 薛格雷

## 第一版前言

本书的读者对象是要求得到足够的核和亚核物理学知识,以便能在这个领域内工作的物理系学生、化学工作者和工程师。本书只是一本入门书,但涉及的范围相当广泛,在不影响对这个领域的专业了解的前提下,我采取了尽可能简单的处理方法。

我力图使读者对讲到的现象有一个直观的理解,但讨论核物理不可能不用到一些量子力学,为此我认为,希望了解核物理的读者也乐于了解这门课所必需的物理基础知识。照我看来,这本入门性的核物理学,对专攻理论物理学和实验物理学的学生都是适用的,对于其他专业的初学者也将是有用的。

本书力图与拉赛替(Rasetti)的《核物理基础》(Elements of Nuclear Physics)一书和奥里尔(Orear)、罗逊菲尔德(Rosenfeld)和施吕特(Schluter)整理的费密笔记同一水平。我充分地吸取了后者的特点,但在材料选择上,则是按照我个人的爱好。这可能使我偏重于某些我所熟悉的核物理部分,而牺牲了其他一些同样重要的材料。而且我自己的大部分工作是实验工作,这就必然影响我的观点。本书的篇幅和我自己的专业知识范围都是一些限制因素。但我在某些地方没有给出明确的结论,这将会给有兴趣钻研的学生提供思考材料,促使他们进一步去阅读。

附在每篇后面的参考文献,多数为评述文章和适合进一步研究的专著,也包括了少数原始文献。尽管删去了许多重要的和有启发性的文献,但选入的参考文献是对初学者最有用的,也为这方面的研究人员提供了一个基本的参考目录。

习题的难度变化比较大。有一些只是简单的数字应用题。

在大学讲授核物理课程中,我发现可以在两个学期内讲完本书的大部分内容。对于一个较短的教学计划,可将第一部分完全删

去(这部分包括的基础知识较少,主要是对专攻实验核物理学的学生有用),还可以大大删去其他章节的一些内容.总的说来,我已试图使各章内容相对独立,因此会有一些重复.有些在开头和结尾处加有大黑点的段落,第一次阅读时可以略掉它们,而阅读这些段落比阅读本书其他部分,要求学生有较深的量子力学知识.

许多同事读过本书的一些章节,并且提出了有价值的意见,在此我对他们的帮助表示感谢.我要特别感谢张伯伦(Chamberlain),法诺(Fano),弗劳恩菲尔脱(Frauenfelder),戈德伯格(Goldberger),丘特(Judd),拉斯马森(Rasmussen),罗逊菲尔德,谢弗(Shafer),斯坦纳(Steiner),特来奇(Telegdi),特里林(Trilling)和吴健雄等博士.本书中的任何错误,当然应该由我负责.我还要感谢P.布朗夫人耐心地打印手稿,以及我的妻子E.薛格雷汇编索引.

E. 薛格雷

1964年7月于加利福尼亚,伯克利

## 参考书目选编

下面选编的书目比各章末引用的参考文献内容更为广泛。这些书目采用作者的姓氏和出版年代表示。例如, (Ra56) 表示 Ramesey, N. F., Molecular Beams, Oxford University Press, New York, 1956.

### 入门书

- BM56** Bethe, H. A., and Philip Morrison, Elementary Nuclear Theory, 2nd ed., Wiley, New York, 1956.
- Co71** Cohen, B. L., Concepts of Nuclear Physics, McGraw-Hill, New York, 1971.
- E166** Elton, L. R. B., Introductory Nuclear Theory, Saunders, Philadelphia, 1966.
- Fe50** Fermi, Enrico, Nuclear Physics, University of Chicago Press, Chicago, 1950.
- Fr66** Frazer, W. R., Elementary Particles, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1966.
- FKMc4** Friedländer, G., J. W. Kennedy, and J. Miller, Nuclear and Radiochemistry, Wiley, New York, 1964.
- Le73** Leon, M., Particle Physics: An Introduction, Academic Press, New York, 1973.
- Meyerhof, W. E., Elements of Nuclear Physics, McGraw-Hill, New York, 1967.
- Pe72** Perkins, D., Introduction to High Energy Physics, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1972.

### 较高深教材

- BW52** Blatt, J. M., and V. F. Weisskopf, Theoretical Nuclear Physics, Wiley, New York, 1952.
- BM69** Bohr, A., and B. R. Mottelson, Nuclear Structure. Volumes I and II, Benjamin, New York, 1969—1975.
- De Benedetti, S., Nuclear Interactions, Wiley, New York, 1964.
- Feld, B. T., Models of Elementary Particles, Blaisdell Waltham, Mass., 1969.
- Gasirowicz, S., Elementary Particle Physics, Wiley, New York, 1966.

- Ka64** Källén, G., *Elementary Particle Physics*, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1964.  
Nishijima, K., *Fundamental Particles*, Benjamin, New York, 1965.
- O71** Omnès, R., *Introduction to Particle Physics*, Wiley-Interscience, New York, 1971.
- P62** Preston, M. A., *Physics of the Nucleus*, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1962.
- Se59** Segrè, Emilio (ed.), *Experimental Nuclear Physics*, Wiley, New York, 1953—1959.
- W71** Williams, W. S. C., *An Introduction to Elementary Particles*, 2nd ed., Academic Press, New York, 1971.

#### 重要专著

- AS60** Ajzenberg-Selove, Fay, *Nuclear Spectroscopy, Parts A and B*, Academic Press, New York, 1960.
- BH55** Bethe, H. A., and F. de Hoffmann, *Mesons and Fields*, Row, Peterson, Evanston, Ill., 1955.
- Com73** Commins, E. D., *Weak Interactions*, McGraw-Hill, New York, 1973.  
Dewitt, C., and M. Jacob (ed.), *High Energy Physics*, Gordon & Breach, New York, 1965.
- En62** Endt, P. M., and P. B. Smith (eds.), *Nuclear Reactions*, North-Holland, Amsterdam, 1962.
- Fe51** Fermi, Enrico, *Elementary Particles*, Yale University Press, New Haven, Conn., 1951.
- Fey61** Feynman, R., *The Theory of Fundamental Processes*, Benjamin, New York, 1961.
- GE52** Glasstone, Samuel, and M. C. Edlund, *The Elements of Nuclear Reactor Theory*, Van Nostrand, Princeton, N. J., 1952.
- GW64** Goldberger, M. L., and K. M. Watson, *Collision Theory*, Wiley, New York, 1964.
- H63** Hagedorn, R., *Relativistic Kinematics*, Benjamin, New York, 1963.  
Haissinsky, M., *Nuclear Chemistry and Its Applications*, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1964.
- Hev48** Hevesy, G., *Radioactive Indicators*, Wiley-Interscience, New York, 1948.
- Hu53** Hughes, D. J., *Pile Neutron Research*, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1953.
- Ko58** Kopfermann, Hans, *Nuclear Moments*, Academic Press, New York, 1958.

- La66** Lamarsch, J. R., Introduction to Nuclear Reactor Theory, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1966.
- Livingston, M. S., and J. P. Blewett, Particle Accelerators, McGraw-Hill, New York, 1962.
- MJ55** Mayer, M. G., and J. H. D. Jensen, Elementary Theory of Nuclear Shell Structure, Wiley, New York, 1955.
- Persico, E., E. Ferrari, and S. E. Segre, Principles of Particle Accelerators, Benjamin, New York, 1968.
- Ra56** Ramsey, N. F., Molecular Beams, Oxford University Press, New York, 1956.
- Ro53** Rossi, Bruno, High Energy Particles, Prentice-Hall, New York, 1952.
- Sl65** Siegbahn, Kai, Beta- and Gamma-Ray Spectroscopy, North-Holland, Amsterdam, 2nd ed., 1965.
- Sm46** Smyth, H. D., Atomic Energy for Military Purposes, Princeton University Press, Princeton, N. J., 1946.
- WW58** Weinberg, A. M., and E. P. Wigner, The Physical Theory of Neutron Chain Reactors, University of Chicago Press, Chicago, 1958.
- W69** Wilkinson, D. H. (ed.), Isospin in Nuclear Physics, North-Holland, Amsterdam, 1969.
- WM66** Wu, C. S., and S. A. Moszkowski, Beta Decay, Wiley-Interscience, New York, 1966.

#### 图谱

- General Electric Co., Nuclear Chart, Schenectady, N. Y., 1972.
- GMLB54** W. Gentner, H. Maier-Leibnitz, and W. Bothe, An Atlas of Typical Expansion Chamber Photographs, Pergamon Press, London, 1954.
- LHP67** Lederer, C. M., J. M. Hollander, and I. Perlman, Table of Isotopes 6th ed., Wiley, New York, 1967.
- PFP59** Powell, C. F., P. H. Fowler, and D. H. Perkins, The Study of Elementary Particles by the Photographic Method, Pergamon Press, London, 1959.
- RW52** Rochester, G. D., and J. G. Wilson, Cloud Chamber Photographs of the Cosmic Radiation, Pergamon Press, London, 1952.
- RPP** Particle Data Group "Review of Particle Properties". Published annually in *Rev. Mod. Phys.* or *Phys. Letters*.

除了这些书籍之外, 在一些综述性书刊中, 例如

- Annual International Conference on High Energy Physics (*RoC*).
- Annual Reviews of Nuclear Science (*Ann. Rev. Nucl. Sci.*).

Progress in Elementary Particle and Cosmic Ray Physics (*Progr. Elem. Particle Cosmic Ray Phys.*).

Progress in Nuclear Physics (*Progr. Nucl. Phys.*).

Reviews of Modern Physics (*Rev. Mod. Phys.*).

以及许多暑期讲习班讲义中(例如 Les Houches, 或 Varenna)也有不少优秀的评论文章。

上面列出的书目几乎都不是最新的,在参考它们时必须注意出版年代。上面列出的书目决不是完全的,但作为查阅更详细文献目录的一个指引,却是足够的。

可供参考的量子力学札记有

**F61** Fermi, Enrico, Notes on Quantum Mechanics, University of Chicago Press, Chicago, 1961.

标准的量子力学例如有

**Kae65** Kämpfer, F. A., Concepts in Quantum Mechanics, Academic Press, New York, 1965.

**Ma57** Mandl, F., Quantum Mechanics, 2nd ed., Butterworth, London, 1957.

**Me61** Messiah, Albert, Quantum Mechanics, 2 vols., Wiley, New York, 1961—1962.

**Sc68** Schiff, L. I., Quantum Mechanics, 3rd ed., McGraw-Hill, New York, 1968.

电磁学参考书

**Ja75** Jackson, J. D., Classical Electrodynamics, 2nd ed., Wiley, New York, 1975.

一般参考书

**C067** Condon, E. U., and H. Odishaw, Handbook of Physics, McGraw-Hill, New York, 1967.

**F1E** Fluegge, S., Encyclopedia of Physics, Springer, Berlin, 1955—.

收有粒子质量等的物理常数表,由于测量精度不断提高,必须不断修改。最新物理常数,见 *Rev. Mod. Phys.*, **41**, 477(1969)和 RPP.

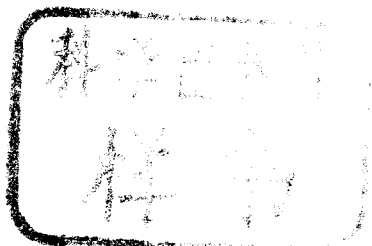
# 核 与 粒 子

(下册)

E. 薛格雷 著

徐四大 易余萍 张静懿 译  
刘歧元 曲长芝

陆祖荫 校



科 学 出 版 社

1985



B

182526

# 目 录

## 上 册

|                   |    |
|-------------------|----|
| 第一章 历史和导言 .....   | 1  |
| § 1-1 单位 .....    | 10 |
| § 1-2 名词和定义 ..... | 13 |
| 参考文献 .....        | 15 |
| 习题 .....          | 16 |

## 第一部分 方 法

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 第二章 辐射通过物质 .....            | 17 |
| § 2-1 引言 .....              | 17 |
| § 2-2 卢瑟福散射 .....           | 20 |
| § 2-3 电离引起的能量损失 .....       | 25 |
| § 2-4 电子的能量损失 .....         | 33 |
| § 2-5 极化效应——切伦科夫辐射 .....    | 38 |
| § 2-6 在气体和半导体中的电离 .....     | 39 |
| § 2-7 多次散射 .....            | 41 |
| § 2-8 歧离 .....              | 45 |
| § 2-9 $\gamma$ 射线通过物质 ..... | 50 |
| § 2-10 快电子的辐射损失 .....       | 61 |
| § 2-11 辐射长度: 簇射 .....       | 67 |
| § 2-12 正电子湮没 .....          | 72 |
| § 2-13 极化现象 .....           | 75 |
| 参考文献 .....                  | 79 |
| 习题 .....                    | 80 |
| 第三章 核辐射探测方法 .....           | 83 |
| § 3-1 分类 .....              | 83 |

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| § 3-2 电离室和固态探测器 .....      | 85         |
| § 3-3 正比计数管和盖革-弥勒计数管 ..... | 91         |
| § 3-4 闪烁计数器 .....          | 94         |
| § 3-5 切伦科夫计数器 .....        | 99         |
| § 3-6 核乳胶 .....            | 101        |
| § 3-7 固体中的核径迹 .....        | 104        |
| § 3-8 云室 .....             | 105        |
| § 3-9 气泡室 .....            | 109        |
| § 3-10 火花室和流光室 .....       | 111        |
| § 3-11 电子仪器 .....          | 114        |
| § 3-12 复杂的核子仪器 .....       | 117        |
| § 3-13 带电粒子能谱仪 .....       | 121        |
| § 3-14 $\gamma$ 射线谱仪 ..... | 124        |
| 参考文献 .....                 | 125        |
| 习题 .....                   | 126        |
| <b>第四章 粒子加速器 .....</b>     | <b>127</b> |
| § 4-1 引言和分类 .....          | 127        |
| § 4-2 静电型加速器 .....         | 130        |
| § 4-3 电子感应加速器 .....        | 133        |
| § 4-4 回旋加速器 .....          | 137        |
| § 4-5 相振荡和稳定性 .....        | 139        |
| § 4-6 同步加速器和质子同步加速器 .....  | 144        |
| § 4-7 强聚焦 .....            | 145        |
| § 4-8 直线加速器 .....          | 149        |
| § 4-9 对撞束 .....            | 152        |
| § 4-10 束流输运设施 .....        | 157        |
| 参考文献 .....                 | 162        |
| 习题 .....                   | 163        |
| <b>第五章 放射性衰变 .....</b>     | <b>165</b> |
| § 5-1 连续理论——单一物质的情况 .....  | 165        |
| § 5-2 连续理论——多种物质的情况 .....  | 167        |
| § 5-3 分支 .....             | 172        |
| § 5-4 放射性单位; 剂量学 .....     | 173        |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| § 5-5 放射性衰变的涨落——一般理论 ..... | 178 |
| § 5-6 放射性衰变的涨落——应用 .....   | 185 |
| § 5-7 最大似然方法 .....         | 189 |
| § 5-8 测量衰变常数的方法 .....      | 192 |
| § 5-9 地层年代和地质方面的应用 .....   | 196 |
| 参考文献 .....                 | 199 |
| 习题 .....                   | 200 |

## 第二部分 核

### 第六章 核结构及核分类学基础知识 .....

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| § 6-1 电荷 .....            | 205 |
| § 6-2 质量 .....            | 205 |
| § 6-3 核半径 .....           | 213 |
| § 6-4 介原子及奇异原子 .....      | 222 |
| § 6-5 核统计学 .....          | 227 |
| § 6-6 费密气体模型 .....        | 231 |
| § 6-7 液滴模型 .....          | 234 |
| § 6-8 核的电矩 .....          | 243 |
| § 6-9 自旋和磁矩 I .....       | 248 |
| § 6-10 自旋和磁矩(测量) II ..... | 259 |
| § 6-11 核的极化 .....         | 265 |
| § 6-12 自旋、磁矩和四极矩的值 .....  | 267 |
| § 6-13 壳模型 .....          | 271 |
| § 6-14 成对相互作用 .....       | 280 |
| § 6-15 集体模型 .....         | 287 |
| § 6-16 转动能级 .....         | 294 |
| § 6-17 结束语 .....          | 304 |
| 参考文献 .....                | 307 |
| 习题 .....                  | 308 |

### 第七章 $\alpha$ 辐射 .....

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| § 7-1 引言; 势垒穿透 .....        | 314 |
| § 7-2 $\alpha$ 谱的精细结构 ..... | 322 |

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| § 7-3 $\alpha$ 衰变的分类学             | 325        |
| § 7-4 虚束缚                         | 328        |
| 参考文献                              | 333        |
| 习题                                | 334        |
| <b>第八章 <math>\gamma</math> 辐射</b> | <b>335</b> |
| § 8-1 引言                          | 335        |
| § 8-2 选择定则                        | 344        |
| § 8-3 跃迁几率                        | 348        |
| § 8-4 内转换                         | 354        |
| § 8-5 核的同质异能性                     | 362        |
| § 8-6 $\gamma$ 辐射中的角关联            | 366        |
| § 8-7 库仑激发                        | 367        |
| § 8-8 核的荧光                        | 369        |
| 参考文献                              | 378        |
| 习题                                | 379        |
| <b>第九章 <math>\beta</math> 衰变</b>  | <b>382</b> |
| § 9-1 引言                          | 382        |
| § 9-2 关于中微子的实验                    | 385        |
| § 9-3 $\beta$ 衰变动力学               | 393        |
| § 9-4 相互作用、宇称的分类                  | 394        |
| § 9-5 $\beta$ 衰变的费密理论             | 401        |
| § 9-6 矩阵元                         | 411        |
| § 9-7 有关弱相互作用进一步的实验               | 417        |
| § 9-8 $\beta$ 相互作用的理论             | 422        |
| § 9-9 一些矩阵元的定量研究                  | 427        |
| § 9-10 轻子守恒                       | 431        |
| § 9-11 普适费密相互作用                   | 433        |
| 参考文献                              | 435        |
| 习题                                | 436        |