

СПРАВОЧНИК НУКЛИДОВ

核素

NUCLIDE GUIDE

数据手册

(俄) Т.В.格拉希维里 В.П.契切夫 О.О.帕塔尔肯
Н.Е.雅科列夫 В.М.库普里亚诺夫

(中) 赵志祥 黄小龙 葛智刚 周春梅

第 3 版

原子能出版社

俄罗斯原子能机构
俄罗斯原子能机构核武器研制与测试部
俄罗斯原子能机构科学技术局
俄罗斯原子能机构全俄实验物理研究所
俄罗斯原子能机构战略稳定研究院
俄罗斯原子能机构 ATOMINFORM 科学数据中心
圣彼得堡 Khlopin 镭学研究所放射性核素数据中心

CODATA 中国委员会
中国核工业集团公司
中国原子能科学研究院
中国核数据中心

核 素 数 据 手 册

(第三版)

(俄) T.B. 格拉希维里 B.П. 契切夫 O.O. 帕塔尔肯
H.E. 雅科列夫 B.M. 库普里亚诺夫
(中) 赵志祥 黄小龙 葛智刚 周春梅

原 子 能 出 版 社
北京 • 莫斯科 • 2004

图书在版编目 (CIP) 数据

核素数据手册 (第三版) / (俄罗斯) 格拉希维里, (中国) 赵志祥等编著.
—北京: 原子能出版社, 2004. 9

ISBN 7-5022-3305-9

I. 核... II. 格... III. 放射性同位素-数据-手册 IV. 0615-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 097134 号

核素数据手册

出版发行	原子能出版社 (北京市海淀区阜成路 43 号 100037)
责任编辑	徐向超
责任印制	丁怀兰 刘芳燕
印 刷	保定市印刷厂
开 本	880 mm×1230 mm 1/16
字 数	582 千字
印 张	22.75
版 次	2004 年 10 月第 1 版 2004 年 10 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 7-5022-3305-9/O·1
经 销	全国新华书店
印 数	1—1500
定 价	98.00 元

版权所有 侵权必究 <http://www.aep.com.cn>

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
УПРАВЛЕНИЕ РАЗРАБОТКИ И ИСПЫТАНИЯ ЯДЕРНЫХ БОЕПРИПАСОВ
УПРАВЛЕНИЕ ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ
(ВНИИЭФ)
ИНСТИТУТ СТРАТЕГИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ
ГОЛОВНОЙ ОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СТАНДАРТНЫХ СПРАВОЧНЫХ ДАННЫХ (ОСССД)
ЦЕНТРАЛЬНОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА
УПРАВЛЕНИЯ, ЭКОНОМИКИ И ИНФОРМАЦИИ (ЦНИИАТОМИНФОРМ)
ЦЕНТР РАДИОНУКЛИДНЫХ ДАННЫХ
РАДИЕВОГО ИНСТИТУТА ИМ. В.Г.ХЛОПИНА

КИТАЙСКИЙ ЦЕНТР ЯДЕРНЫХ ДАННЫХ
КИТАЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ КОМИТЕТ КОДАТА-ИКСУ
КИТАЙСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ ЯДЕРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
КИТАЙСКИЙ ИНСТИТУТ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

СПРАВОЧНИК НУКЛИДОВ-3

Третье издание, дополненное и переработанное

Т.В. ГОЛАШВИЛИ, В.П. ЧЕЧЕВ, О.О. ПАТАРАКИН,
Н.Е. ЯКОВЛЕВ, В.М. КУПРИЯНОВ
ЦАО ЖИХИАНГ, ХУАНГ СИАЛОНГ, ГИ ЖИГАНГ, ЦОУ ЧУНМЕЙ

ИЗДАТЕЛЬСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
ПЕКИН•МОСКВА•2004

**FEDERAL AGENCY FOR ATOMIC ENERGY
DEPARTMENT FOR DEVELOPMENT AND TESTING OF NUCLEAR WEAPONS
DEPARTMENT FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY
ALL-RUSSIAN RESEARCH INSTITUTE OF EXPERIMENTAL PHYSICS
INSTITUTE OF STRATEGIC STABILITY
HEAD SCIENTIFIC DATA CENTER OF STANDARD REFERENCE DATA, CENTRAL
RESEARCH INSTITUTE OF MANAGEMENT, ECONOMICS AND INFORMATION
(ATOMINFORM), FEDERAL AGENCY FOR ATOMIC ENERGY
RADIONUCLIDE DATA CENTER, KHLOPIN RADIUM INSTITUTE**

**CHINESE NATIONAL COMMITTEE FOR CODATA
CHINESE NATIONAL NUCLEAR CORPORATION
CHINA INSTITUTE OF ATOMIC ENERGY
CHINA NUCLEAR DATA CENTER**

NUCLIDE GUIDE-3

3rd edition, complemented and remade

T.V.Golashvili V.P.Chechev O.O.Patarakin N.E.Yakovlev V.M.Kupriyanov

ZHAO Zhixiang HUANG Xiaolong GE Zhigang ZHOU Chunmei

**ATOMIC ENERGY PRESS
BEIJING • MOSCOW • 2004**

内容简介

《核素数据手册》第三版是由 T. B. 格拉希维里、B. П. 契切夫、O. O. 帕塔尔肯、H. E. 雅科列夫、B. M. 库普里亚诺夫、赵志祥、黄小龙、葛智刚、周春梅在《核素数据手册》第二版(俄文版)的基础上补充修订而成的。

直接或间接参加这项工作的单位有：俄罗斯原子能机构、俄罗斯原子能机构核武器研制与测试部、俄罗斯原子能机构科学技术局、俄罗斯原子能机构全俄实验物理研究所、俄罗斯原子能机构战略稳定研究院、俄罗斯原子能机构 ATOMINFORM 科学数据中心、圣彼得堡 Khlopin 镭学研究所放射性核素数据中心和 CODATA 中国委员会、中国核工业集团公司、中国原子能科学研究院、中国核数据中心。

本书收录了截至 2004 年已知的所有稳定和放射性核素的基本核数据，包括了这些核素的最基本特性，这些核数据多数是最新推荐的评价数据，并且包括其不确定度。供核科学与工程应用、放射性同位素生产、核医学、地质勘探、环境保护和科学研究等科技工作者使用和参考，也可供科研机构和大专院校核物理与放射化学专业师生使用和参考。它面向各种层次的读者，如科技工作者、工程师、大学师生、中学生等，是一本最基本的核科学参考工具书。

T.B. Голашвили, В.П. Чечев, О.О. Патаракин, Н.Е. Яковлев, В.М. Куприянов, Цао Жихианг, Хуанг Сиалонг, Ги Жиганг, Цоу Чунмей. Справочник нуклидов-3. Третье издание, дополненное и переработанное.

В настоящем справочнике, подготовленном Головным научным отраслевым Центром ОСССД Федерального Агентства по атомной энергии, Центром радионуклидных данных Радиевого института им. В.Г. Хлопина и Китайским национальным комитетом КОДАТА-ИКСУ, Китайским центром ядерных данных Института атомной энергии Китая при Китайской государственной корпорации ядерной промышленности представлены основные характеристики известных к 2004 г. стабильных и радиоактивных нуклидов. Для многих характеристик приведены современные оцененные данные со средними квадратическими погрешностями (стандартными отклонениями). Рассчитан на широкий круг научных работников, конструкторов, аспирантов и студентов.

T.V.Golashvili, V.P.Chechev, O.O.Patarakin, N.E.Yakovlev, V.M.Kupriyanov, ZHAO Zhixiang, HUANG Xiaolong, GE Zhigang, ZHOU Chunmei, Nuclide Guide-3. 3rd edition, complemented and remade.

The present Nuclide Guide, prepared by the Head Scientific Data Center of Nuclear Industry Service for Standard Reference Data, Federal Agency for Atomic Energy (Moscow), Radionuclide Data Center (RDC) of V.G. Khlopin Radium Institute (Saint Petersburg), and Chinese National Committee for CODATA, China Nuclear Data Center, China Institute of Atomic Energy, China National Nuclear Corporation, includes the main characteristics of the stable and radioactive nuclides, known by 2004. Plurality of characteristics is presented with up-to-date evaluated data having mean-square uncertainties (standard deviations). The present Nuclide Guide is intended for use by the broad audience including designers, scientific researchers, post-graduate students and students.

前 言

《核素数据手册》第三版评价收录了截至 2004 年已知 118 种元素的所有核素的基本核数据, 涉及核素的最基本特性。供核科学与工程应用、放射性同位素生产、核医学、地质勘探、环境保护和科学研究等科技工作者使用和参考, 也可供有关科研机构和大专院校核物理与放射化学专业师生使用和参考。它面向各种层次的读者, 如科技工作者、工程师、大学师生、中学生等, 是一本最基本的核科学参考工具书。

与《核素图》^[1,2,4]不同的是, 在《核素数据手册》中, 覆盖了核素的一些最基本特性, 能系统提供稳定核素和放射性核素最常用的基础核数据。对每一个天然存在的稳定核素、放射性核素或同核异能素, 一般都给出了它的原子质量与原子序数、半衰期或天然丰度、衰变方式及其分支比、衰变 Q 值、辐射粒子的平均能量、主要 γ 射线的能量与发射几率, 稳定核素或长寿命放射性核素的热中子截面, 以及自旋宇称、核磁矩和电四极矩等数据^{*}。这些数据都是评价推荐数据, 并且给出了其不确定度。评价推荐数据主要来源于俄罗斯原子能机构 Atominform 科学数据中心、圣彼得堡 Khlopin 镭学研究所放射性核素数据中心(RDC)和中国原子能科学研究院中国核数据中心(CIAE/CNDC)共同评价推荐的核数据, 同时还参考了国际评价核结构数据库 ENSDF-2000^[5]、同位素第八版^[6]、同位素第七版^[7]等评价推荐数据。

与《核素数据手册》第二版^[13]不同的是, 《核素数据手册》第三版新增了电四极矩等数据, 排在第四列。

全书按原子序数 Z 、质量数 A 由小到大的次序排列。在第一列中, “m”表示同核异能素, 以区别于该核素的基态, 若某一核素除基态外有两个同核异能态, 则分别以 m1、m2 表示相应的同核异能素, 本书中同核异能素的半衰期大于 1 ms^①, 短于此寿命的同核异能素没有被收录, 对这些较短寿命的同核异能素, 可参考文献 [4~6]。在第二列中列出的是自旋与宇称。第三列列出的是原子质量(以 ^{12}C 的质量等于 12 为基准的原子质量单位), 其数据取自 G.Audi 1995 年的评价推荐数据^[10]。核磁矩和电四极矩等数据放在同一列中, 位于第四列, 其中电四极矩数据是本书新增加的内容。稳定核素的丰度或放射性核素的半衰期放在第五列, 丰度以百分数表示。第六列给出了放射性核素的衰变方式、分支比(以百分数表示)和衰变能(keV)^[4~6]。第七列给出的是伴随放射性核素衰变的主要辐射方式和每次衰变的平均辐射能量(keV)^[6]。最后一列给出的是主要 γ 射线的能量与发射几率、稳定核素或长寿命放射性核素的热中子截面^[12]。

推荐数据的不确定度放在其后面的圆括号内, 其不确定度数值参照圆括号前数值按照最后一位小数点对齐原则给出, 例如: 38.0 (23) 表示 38.0 ± 2.3 。

需要指出的是, 书中表格出现灰色底纹表示该核素是稳定核素。

1992 年以来, 中俄开始评价核数据的交流与合作, 联合进行了“核素图”、《核素数据手册》的核数据评价与推荐, 先后完成出版了壁挂式“核素图”、网络版“核素图”和俄文版《核素数据手册》(第一、二版)。这些工作先后得到了俄罗斯原子能部前部长 V.N. Mikhajlov 博士, 中国科学院前副院长、CODATA 中国委员会前主席胡启恒、中国核工业总公司总经理等领导的关心和支持。

^①1998 年在莫斯科出版的《国际核素图》^[11]涵盖了上述主要特性的评价数据, 2003 年出版了第二版《国际核素图》。

^②对大多数重要的同核异能素, 半衰期小于 1 ms 也被收录。

本书得到了国际 **CODATA** 委员会 *E. Djubua*, *J. Ramble* 和 *Akira Tsugita*, 中国 **CODATA** 中国委员会副主任阎保平、秘书长肖云和秘书处张辉等人的大力支持和关心。

俄罗斯原子能机构 Atominform 科学数据中心的 *A.A. Lbov*, *O.D. Obusheva*, *N.I. Lanskaya*, 圣彼得堡 Khlopin 镭学研究所放射性核素数据中心的 *L.M. Bak*, *E.G. Krylova*, *T.B. Posternak*, *E.S. Checheva* 部分参加了数据评价及审评, 俄罗斯原子能机构 Atominform 科学数据中心的 *A.P. Demidov*, *N.V. Zabara*, *L.L. Koroli*, *N.S. Mareeva*, *I.Yu. Solovjev* 参加了数据库制作及软件开发。

本书编著者感谢 *V.N. Mihajlov* 博士对本书提供的意见和建议以及对出版工作的帮助, 还要感谢 *L.D. Ryabev*, *N.P. Voloshin*, *V.V. Drozdov*, *V.P. Varava*, *V.I. Rachkov*, *A.S. Aldoshin*, *A.N. Andrianov*, *Yu.G. Tkachuk*, *B.S. Mironov*, *M.V. Pozdeev*, *A.V. Tyurin*, *A.A. Rimski-Korsakov*, *V.V. Fedorov*, *K.V. Yezhov*, *Yu.V. Mamonov* 等对本书出版准备工作的支持和帮助

由于我们经验和水平有限, 错误和不妥之处在所难免, 欢迎批评指正。

编著者

ПРЕДИСЛОВИЕ

Вниманию читателей предлагается 3-е издание справочника (Справочник-3), содержащего краткую информацию о характеристиках всех известных к 2004 г. изотопов 118 химических элементов. Этот справочник является своеобразным «путеводителем» по нуклидам и предназначен для использования широким кругом специалистов различного уровня (проектировщиков, научных работников, инженеров, аспирантов, студентов), которые желают получить первичные оцененные (достоверные) (по состоянию на 2004 г.) сведения о стабильных и радиоактивных нуклидах.

В отличие от широко распространенных карт нуклидов [1,2,4], которые также дают краткую основную информацию о нуклидах, настоящий справочник содержит ОЦЕНЕННЫЕ значения ряда основных характеристик, таких как масса, природная распространенность, сечение активации тепловыми нейтронами для стабильных и природных долгоживущих нуклидов; масса, период полураспада, энергия распада для радиоактивных нуклидов^①. Значения этих величин снабжены средней квадратической погрешностью (стандартным отклонением). Они получены на основе информации, содержащейся в банке данных Головного научного отраслевого центра (ГОЦ) по стандартным и справочным данным, физическим константам и о свойствах веществ и материалов (ОСССД) ФГУП «ЦНИИАТОМИНФОРМ» (Москва), Центра радионуклидных данных (ЦРД) Радиевого института им. В.Г.Хлопина (Санкт-Петербург) и Китайского центра ядерных данных Института атомной энергии Китая. Этот банк включает оцененные данные, представленные в международном файле *ENSDF-2000* [5], *Таблице изотопов* [6] и *Таблице радиоактивных изотопов* [7], а также собственные оценки специалистов ЦРД.

По сравнению с вторым изданием [13] настоящее издание справочника дополнено для многих нуклидов значениями квадрупольных моментов основных состояний ядер (третья колонка). Соответственно несколько изменена структура первых трех колонок таблицы нуклидов. Кроме того, в четвертую колонку таблицы дополнительно введены рассчитанные авторами массы многих ядерных изомеров.

Таблица нуклидов в Справочнике-3, так же как в предыдущих изданиях, представлена в порядке возрастания атомного номера (заряда ядра) и массового числа (вторая колонка). Во третьей колонке даны спин и четность основного или изомерного (метастабильного) состояния ядра. В третьей колонке указаны значения магнитного и квадрупольного моментов, взятые из работ [8,9]. В тех случаях, когда известно, какое состояние ядра является основным, изомер обозначен во второй колонке латинской буквой *m*. Если нуклид имеет два изомерных состояния, они обозначаются символами m_1 , m_2 .

В Справочник-3 включены изомерные состояния с периодом полураспада более 1 миллисекунды^②. Сведения о более короткоживущих изомерах можно найти в [4~6].

Погрешности рекомендуемых значений указаны в круглых скобках числом единиц последнего значащего разряда величины: например, 38.0(23)

^① В 1998 г. в ЦНИИАИ опубликована Международная карта нуклидов, также содержащая оцененные значения указанных выше основных характеристик нуклидов^[11]. Второе издание Международной карты нуклидов было опубликовано в 2003 г. (Описание таблицы см. Приложение 1а).

^② В ряде важных случаев приводятся также изомеры с периодами полураспада менее 1 миллисекунды.

означает 38.0 ± 2.3 . При недостоверном знании характеристик их значения приведены в скобках. Информация, которая требует подтверждения, т.е. дополнительных исследований, снабжена в справочнике знаком вопроса (?).

В четвертой колонке приведена масса нуклида в атомных единицах массы в шкале ^{12}C . Оцененные значения масс нуклидов основаны на данных работы [10].

В пятой колонке для радиоактивных нуклидов приведено оцененное значение периода полураспада (с погрешностью). Для стабильных нуклидов в той же колонке указано вместо периода полураспада содержание нуклида (в процентах) в природной смеси изотопов данного химического элемента. Для природных долгоживущих радионуклидов в пятой колонке приведены обе величины – период полураспада и природная распространенность в смеси изотопов.

В шестой колонке для радиоактивных нуклидов указаны основные виды распада с долями ветвления в процентах и приведены оцененные значения (с погрешностями) соответствующих энергий распада Q в килоэлектронвольтах, полученные на основе данных [4–6].

В седьмой колонке указаны виды основных излучений (частиц и фотонов), сопровождающих распад радионуклида, и приведены средние энергии излучений на распад (кэВ/распад), взятые из [6] и в некоторых случаях полученные на основе оценок ЦРД. Средняя энергия излучения на распад $\langle R \rangle$ является количественной характеристикой, показывающей вклад данного вида излучения в полную энергию Q , выделяющуюся при распаде. Численно она равна сумме произведений $E_i I_i$, где E_i и I_i – энергия и интенсивность (в долях распадов) отдельных компонентов излучения (частиц или квантов). Таким образом, эта характеристика указывает также на степень интенсивности данного вида излучения, сведения о которой обычно не приводятся в упомянутых выше картах нуклидов.

В восьмой колонке для стабильных и природных долгоживущих нуклидов указано значение (с погрешностью) сечения радиационного захвата тепловых нейтронов (сечение активации) в миллибарнах, в основном, по данным работы [12]. Для радиоактивных нуклидов в той же колонке приведены энергии наиболее интенсивных гамма-квантов (в килоэлектронвольтах). Значком (*) отмечены гамма-кванты, наблюдающиеся в смеси данного радионуклида с короткоживущими продуктами его распада. Следует отметить, что для радионуклидов, испытывающих β^+ -распад, в источниках следует учитывать наличие аннигиляционного гамма-излучения с энергией 511 кэВ. Это излучение не указано в Справочнике-3, так как оно является вторичным процессом, связанным с аннигиляцией позитронов в веществе источника и окружающей среде и, следовательно, не относится непосредственно к распаду радионуклида.

Ограниченность объема Справочника-3 не позволяет привести другие важные характеристики радионуклидов, такие как, например, энергия испускаемых частиц или интенсивность отдельных компонентов излучений. Однако назначение Справочника-3 этого и не требует, так как при желании получить более детальную информацию о свойствах распада и излучений радиоактивных нуклидов читатель все равно будет вынужден обратиться к специализированным справочным изданиям или к оригинальным научным статьям. Цель авторов этого справочника – обеспечить пользователей надежной и компактно оформленной первичной информацией о всех

известных к настоящему времени нуклидах. Мы будем признательны тем читателям, которые укажут нам на возможные недостатки справочника или опечатки и тем самым позволят исправить их в последующих изданиях.

Следует отметить, что сотрудничество в области ядерно-физических констант и данных о свойствах веществ и материалов в различных направлениях науки, техники и технологии между российскими и китайскими учеными началось с 1992 года. В результате переписки бывшего министра по атомной энергии России В.Н. Михайлова с вице-президентом Академии наук Китая и президентом Китайского национального комитета КОДАТА-ИКСУ Хучихеном, которая пригласила руководителя научного центра данных Минатома России и научного руководителя проекта Международных нуклидных таблиц Т.В. Голашвили для посещения различных научно-исследовательских институтов Китая с целью выработки меморандума о сотрудничестве российских и китайских ученых в области ядерно-физических данных.

Большую роль в сотрудничестве российских и китайских ученых в области компиляции, систематизации, оценки и аттестации данных о физических константах и свойствах веществ и материалов в различных направлениях науки, техники и технологии сыграл Международный комитет КОДАТА-ИКСУ в лице президентов этой организации Э. Дюбуа, Дж. Рамбла и вице-президента Акира Цугита, а также представителей Китайского национального комитета КОДАТА-ИКСУ: бывшего президента этой организации Хучихен, вице-президента Ян Баопинга и генерального секретаря Хиао Юн, и Чжан Хуй стдела секретаря, а также представителя Национального комитета Китая Хю Чихонга. Следует также отметить положительный вклад в сотрудничестве секретаря китайского Национального комитета КОДАТА-ИКСУ Цанг Хю. Немаловажную роль в деле сотрудничества по ядерно-физическим данным сыграл Генеральный директор Института атомной энергии Китая Цао Жихианг.

В работе над Справочником-3, кроме авторов, принимали участие сотрудники ГНОЦ по стандартным и справочным данным, физическим константам и о свойствах веществ и материалов (ОСССД) ФГУП «ЦНИИАТОМИНФОРМ» (Москва) А.А. Лбов, О.Д. Обушева, Н.И. Ланская и сотрудники Центра радионуклидных данных Радиевого института им В.Г. Хлопина (Санкт-Петербург) Л.М. Бак, Т.Б. Постерняк, Е.С. Чечева. Программное обеспечение базы данных и компьютерная верстка выполнены сотрудниками центров А.П. Демидовым, Н.В. Забара, Л.Л. Короли и Н.С. Мареевой и ЦРД И.Ю. Соловьевым.

Авторы благодарят директора Института стратегической стабильности В.Н. Михайлова за критические замечания и содействие по выпуску данного справочника.

Авторы благодарят Л.Д. Рябева, Н.П. Волошина, В.В. Дроздова, В.П. Вараву, В.И. Рачкова, А.С. Алдошина, А.Н. Андрианова, Ю.Г. Ткачука, Б.С. Миронова, М.В. Поздеева, А.В. Тюрина, А.А. Римского-Корсакова, В.В. Федорова, К.В. Ежова, Ю.В. Мамонова за внимание к подготовке и выпуску Справочника нуклидов-3.

Авторы

PREFACE

The third edition of the Nuclide Guide containing a brief information on characteristics of all known by 2004 isotopes of 118 chemical elements is offered to attention of readers. This Nuclide Guide is a peculiar "guidebook" on nuclides and is intended for use by the broad audience of experts of various levels (designers, scientific researchers, engineers, post-graduate students, students), which would like to receive original evaluated (reliable) (as of 2004) data on stable and radioactive nuclides.

Unlike widespread charts of nuclides^[1,2,4] which also present the brief basic information on nuclides, the present Nuclide Guide contains the EVALUATED values of some basic characteristics, such as mass, abundance in nature, cross sections of thermal neutron induced activation for stable and natural long-lived nuclides; mass, half-life, decay energy for radioactive nuclides[≠]. Values of these quantities are supplied with root-mean-square errors (standard deviations). They have been obtained on the basis of the information from the databank of Head Scientific Data Center on standard and reference data, physical constants and properties of substances and materials (Atominform, Moscow) and Radionuclide Data Center (RDC) of V.G. Khlopin Radium Institute (Saint Petersburg), and China Nuclear Data Center (CNDC), China Institute of Atomic Energy (CIAE). The databank includes the evaluated data presented in international file *ENSDF-2000*^[5], the *Table of Isotopes*^[6] and the *Table of Radioactive Isotopes*^[7], as well as data, evaluated by RDC and CNDC experts.

In comparison with the second edition^[13] the present one has been complemented with quadrupole moments for the ground states of many nuclides (the forth column). Respectively the first three columns of the Nuclide Guide have been varied in structure. Besides, the forth column has been added with the masses of many isomers of nuclei calculated by the authors.

Similar to previous editions the atomic numbers (nuclei charges) and mass numbers (the first column) in the table of nuclides of the Nuclide Guide-3 are presented in increasing order. The spins and parity of the ground or isomeric (metastable) nuclide states are presented in the second column. The magnetic and quadrupole moments are presented in the forth column^[8, 9]. Latin letter "m" is used to identify the isomer when it is known, what state of a nucleus is ground. Symbols m_1 and m_2 are used if the nuclide has two isomeric states.

Isomeric states having more than 1 ms half-life[≠] are included in Nuclide Guide-3. Information about isomers having shorter half-lives can be found in refs.[4~6].

The uncertainties of recommended values are given in parentheses with the number of units of the last significant digit of the value: for instance, 38.0 (23) means 38.0 ± 2.3 . If the value is not known reliably it is enclosed in parentheses. The information to be validated, i.e. to be studied additionally, is provided with a question-mark (?).

The third column contains nuclide masses expressed in atomic mass units according to ^{12}C scale. The evaluated values of masses of nuclides are based on the data of reference^[10].

^[11] In 1998 the International Chart of Nuclides^[11] was published in Atominform, Moscow, that also contained the evaluated values for the main characteristics mentioned above (the second edition of the International Chart of Nuclides was issued in 2003)

^② In a number of important cases the isomers, having less than 1 millisecond half-life, are referred to also

Half-life evaluated values (with uncertainties) are presented in the fifth column for radioactive nuclides. Nuclide percentage in natural mixture of isotopes for a given chemical element is indicated in the same column for stable nuclides instead of half-life. Both values, i.e. half-life and abundance of isotopes in natural mixture, are presented in the fifth column for natural long-lived radionuclides.

Basic decay types with percentage of branching, and evaluated values (with uncertainties) of corresponding decay energies (Q-values, in keV) obtained on the basis of data^[4-6] are presented for radioactive nuclides in the sixth column.

Basic types of radiation (particles and photons) accompanying the radionuclide decay are pointed out in the seventh column, and mean values of radiation energy per decay (keV/decay) obtained on the basis of data^[6] and RDC evaluations are presented. Mean radiation energy per decay $\langle R \rangle$ is a quantitative parameter indicating the given radiation type contribution into the decay energy (Q) releasing in the decay. This is numerically equal to the sum of $E_i I_i$ products, where E_i and I_i are the energy and intensity (disintegration fractions) of individual radiation components (particles or photons). Thus, this parameter indicates also the intensity extent of the given radiation type, that is usually absent in the above nuclide charts.

Cross sections (in millibarns) for radiation thermal neutrons capture (activation cross section) are presented in the eighth column for the stable and natural long lived nuclides in accordance with reference^[12]. The energies of the most intensive gamma-rays (in keV) are presented for radioactive nuclides in the same column. Gamma-rays in mixture of the given radioactive nuclide with short-lived products of its decay are pointed by sign (*). It should be noted, that the 511 keV annihilation gamma-rays should be taken into account for beta-plus-decay radionuclides in sources. This radiation is not presented in the Nuclide Guide-3, since it is the secondary process related to positron annihilation in source substance and environment, and hence, it does not directly relate to the radionuclide decay.

Limited size of the Nuclide Guide does not allow us to present other important characteristics of radionuclides such as emitted particle energy or intensity of individual radiation components. However, the purpose of the Nuclide Guide-3 does not need this, since more detailed information on radioactive nuclide decay and radiation properties may be obtained by a reader in specialized handbooks or original scientific articles only. This Nuclide Guide aimed by the authors at providing users with reliable and small size primary information about all currently known nuclides. We will be grateful to the readers for the noticed possible disadvantages in the Nuclide Guide or misprints to correct those in further issues.

It is necessary to note, that cooperation in the field of nuclear physics constants and data on properties of substances and materials in various fields of science, technique and technology between the Russian and Chinese scientists has began since 1992 on the basis of correspondence between **V.N. Mikhajlov**, the former Minister of the Russian Federation for Atomic Energy, and **Hu Qiheng**, the former vice-president of the Chinese Academy of Sciences, and the former president of **Chinese National Committee for CODATA** who invited T.V. Golashvili, The Chief of the Head Scientific Data Center of the Ministry of the Russian Federation for Atomic Energy and the Scientific Head of International Nuclide Charts, has been invited in China for the purpose of visiting various scientific research institutes of China and developing the memorandum of cooperation between the Russian and Chinese scientists in the field of the nuclear physics data.

A major role in cooperation between the Russian and Chinese scientists in the

fields of compilation, systematization, evaluation and qualification of the data on physical constants and properties of substances and materials in various fields of science, technique and technology was played by the **International ICSU-CODATA Committee** in person of **E. Djubua**, **J. Ramble**, co-presidents of this organization, and **Akira Tsugita**, vice-president thereof, as well as such representatives of **Chinese National Committee for CODATA** as **Yan Baoping**, the vice-president, and **Xiao Yun**, the secretary general of this organization, It is necessary to note also the positive contribution of **Zhang Hui** of secretariat of **Chinese National CODATA Committee**, made to this cooperation.

A.A. Lbov, O.D. Obusheva, N.I. Lanskaya, the employees of the Head Scientific Data Center on standard and reference data, physical constants and properties of substances and materials (Atominform, Moscow), as well as L.M. Bak, E.G. Krylova, T.B. Posternak, E.S. Checheva, the employees of Radionuclide Data Center (RDC) of V.G. Khlopin Radium Institute (Saint Petersburg), took part in creation of the Nuclide Guide-3 apart from the authors. A.P. Demidov, N.V. Zabara, L.L. Koroli, N.S. Mareeva, I.Yu. Solovjev, the employees of the centers, took part in developing the data base software and computer makeup.

The authors thank V.N. Mihajlov, Director of Institute of Strategic Stability, for critical remarks and assistance in release of the Nuclide Guide.

The authors thank L.D. Ryabev, N.P. Voloshin, V.V. Drozdov, V.P. Varava, V.I. Rachkov, A.S. Aldoshin, A.N. Andrianov, Yu.G. Tkachuk, B.S. Mironov, M.V. Pozdeev, A.V. Tyurin, A.A. Rimski-Korsakov, V.V. Fedorov, K.V. Yezhov, Yu.V. Mamonov for attention in preparation and release of the Nuclide Guide-3.

AUTHORS

名称与符号一览表
СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ
LIST OF SYMBOLS AND CODES

1 表中核素特性

**ХАРАКТЕРИСТИКИ НУКЛИДОВ В ТАБЛИЦЕ
NUCLIDE CHARACTERISTICS IN TABLE**

Z 原子序数(元素)

заряд ядра (элемент)
charge of nucleus (element)

A 质量数

массовое число
mass number

$J^{\pi}, \mu/Q$ 原子核基态或同核异能态之自旋、宇称、磁矩、电四极矩*

спин, четность и магнитный момент (в ядерных магнетонах)*
основного или изомерного состояния ядра
spin, parity and magnetic moment (in nuclear magnetons)*
of ground or isomeric state of nucleus

M 原子质量(以 ^{12}C 的质量等于 12 为基准的原子质量单位)*

масса нуклида в атомных единицах массы (шкала ^{12}C)*
nuclide mass in atomic mass units (^{12}C scale)*

$T_{1/2}$ 放射性核素之半衰期*

период полураспада радионуклида*
half-life of radionuclide*

Γ 稳定核素或天然长寿命放射性核素之丰度(以百分数表示)*

содержание стабильного или природного долгоживущего
нуклида в природной смеси изотопов (%)*
atom percent abundance of stable or natural long-lived nuclide(%)*

D%Q 衰变方式、分支比(以百分数表示)、衰变能(keV)*

виды, интенсивности (%) и энергии распада (кэВ)*
decay modes, intensities (%) and energies (keV)*

R<R> 伴随放射性核素衰变的主要辐射方式和每次衰变的平均辐射能量(keV)*

виды основных излучений, сопровождающих распад
радионуклида, и их средние энергии на распад (кэВ/распад)*

* Для этих характеристик число в круглых скобках дает погрешность в единицах последнего значащего разряда величины.

* For these characteristics the number in the parenthesis gives an uncertainty in units of the last significant digit of the value.

*圆括号内的不确定度数值参照圆括号前数值按照最后一位小数点对齐原则给出。

modes of main radiations accompanying decay of radionuclide and average energies per decay (keV/decay)*

E_γ 主要 γ 射线能量(keV)

энергия наиболее интенсивных гамма-квантов (кэВ)

energy of most intensive gamma-rays (keV)

P_γ γ 射线的绝对发射几率(母核 100 次衰变计, 以百分数表示)*

абсолютная вероятность эмиссии гамма-излучения (в % от числа распадов)*

absolute gamma-ray emission probability (in % decays)*

$\sigma_{n\gamma}$ 稳定核素或天然长寿命放射性核素之热中子俘获截面(单位: mb)*

сечение радиационного захвата тепловых нейтронов для

стабильных и природных долгоживущих нуклидов (миллибарн)*

cross section of the radiation thermal neutron capture for stable

and natural long-lived nuclides (millibarn)*.

2 半衰期单位

ЕДИНИЦЫ ПЕРИОДОВ ПОЛУРАСПАДА

HALF-LIFE UNITS

ms 毫秒

миллисекунда

millisecond

s 秒

секунда

second

m 分

минута

minute

h 小时

час

hour

d 天

сутки

day

a 年

год

year

$$E_n = 10^n$$

$$E-n = 10^{-n}$$

3 衰变模式

ВИДЫ РАСПАДА DECAY MODES

α α 衰变

альфа-распад
alpha-decay

β^- β 负衰变

бета-минус-распад
beta-minus-decay

$2\beta^-$ 双 β 负衰变

двойной бета-минус-распад
double beta-minus-decay

β^-n 伴随 β 负衰变的缓发中子衰变

бета-минус-запаздывающая нейтронная эмиссия
beta-minus-delayed neutron emission

β^-2n 伴随 β 负衰变的双缓发中子衰变

бета-минус-запаздывающая двухнейтронная эмиссия
beta-minus-delayed two neutron emission

β^-D 、 β^-T 、 $\beta^- \alpha$ 、 $\beta^-2\alpha$ 、 $\beta^-3\alpha$ 伴随 β 负衰变的缓发带电粒子衰变：氘，氚或 α 粒子

бета-минус-запаздывающая эмиссия с испусканием
заряженных частиц: дейтрона, тритона или альфа-частиц
beta-minus-delayed emission with emission of charged
particles: deuteron, triton, or alpha-particles

β^-F 伴随 β 负衰变的缓发裂变

бета-минус-запаздывающее деление
beta-minus-delayed fission

β^+ β 正衰变

бета-плюс-распад
beta-plus-decay

EC 轨道电子俘获

электронный захват
electron capture