

1
Hydrogen

2
 Be^4 102

103
Lawrencium

元素手册

约翰·埃姆斯雷编

永舫译

人民教育出版社

0611-62
20031

阅览室

中国科学院图书馆(京)

元素手册

THE ELEMENTS

[英] 约翰·埃姆斯雷 编

李永舫 译 武永兴 校订



人民教育出版社

(京)新登字 113 号

图书在版编目 (CIP) 数据

元素手册/英国牛津大学出版社编; 李永舫译。—北京
人民教育出版社, 1996.10 重印

书名原文: The Elements

ISBN 7-107-11109-4

I. 元… II. ①英… ②李… III. 化学元素—手册 IV. O

611-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 21279 号

Oxford is a trade mark of Oxford University Press

Published in the United States

by Oxford University Press, New York

© John Emsley 1989

First published 1989

Reprinted (with corrections) 1989, 1990(twice)

本书已取得牛津出版社正式授权

版权所有, 侵权必究

元素手册

[英] 约翰·埃姆斯雷 编

李永舫 译 武永兴 校订

责任编辑 王存志

*

人民教育出版社出版发行

全国新华书店经销

人民教育出版社印刷厂印装

*

850×1168 1/16 印张 16 字数 300 000

1994 年 7 月第 1 版 1996 年 10 月第 2 次印刷

印数 1 601~5 000

ISBN 7-107-11109-4

G·3444 定价 20.80 元

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与印厂联系调换

译者序

元素是构成整个自然界的物质基础，元素的性质与我们每个人的工作和生活息息相关，无论是进行科学研究，还是关心饮食健康，了解有关元素的性质都是至关重要的。然而，有关元素性质的数据资料目前大多零散地分布在各种手册和文献中，查找起来很不方便。另外，有些手册中的数据陈旧，单位混乱，也需要更新和统一。因此，有必要把元素的性质汇集起来。

由 John Emsley 编写、牛津大学出版社 1991 年出版的英文书《The Elements》(第二版) 满足了这一需要。该书按元素英文名称的字母顺序编排，把每一种元素的性质汇总在对开的两页上，查阅非常方便。书中数据全部采用 SI 单位制。书的内容既包括普通读者关心的元素的一般性质，也包括科学工作者需要的化学、物理、原子核、电子壳层等性质，还提供了各元素的发现情况、它在生物体内的作用和含量、它在自然界的丰度以及地质资料等丰富的知识。书中后一部分给出了一些重要的元素(单质)性质表，其中一部分表按元素的顺序编排，这样便于查找某种特殊元素的性质；另一部分表按性质的数值大小顺序编排，这使得各元素之间该性质的比较一目了然。因此我非常高兴把它译成中文，奉献给广大国内读者。

目前已发现 109 种元素，原书给出了 1 到 105 号元素的性质，剩下几种元素可能是因得到的数量很少(有的仅得到几个原子)、寿命很短(半衰期最长的只有几十秒)而没有给出。为了使本书更完整，译者补充了 106、107、109 和 110 号元素的发现情况和同位素半衰期数据，列在书末的附录 2 中。另外还补充了 IUPAC 制定的原子序数大于 100 的元素命名法则(附录 1)，因为 103 号以后元素的命名和元素符号与这一法则密切相关。考虑到国内读者的需要，在附录 3 又补充了元素的中文、英文、拉丁文名称对照及其在书中的页码。

为了保持原书的完整性，采用原文照译，翻译本仍按元素英文名称的字母顺序编排，不熟悉英文的读者可以先从附录 3 查出有关元素的页码再进行查找。原书书末的性质索引是让参阅各种元素及有关性质表，因用处不大，翻译本中没有放入。对原书中的一些明显印刷错误尽可能地进行了订正，书后表 7 和表 8 的数据与前面不统一，为尊重原书，译者未予校正，请使用时注意。

本书翻译稿承蒙人民教育出版社武永兴教授和王存志主任认真审阅和校对，在此表示谢忱。

由于译者水平所限，译文的不当和错误在所难免，恳请广大读者批评指正。

李永舫

1993 年 4 月 于北京中关村

第二版前言

我在编写这本《元素手册》第一版时曾希望，如果本书获得成功，必须重印的话，我所需要做的将仅是改错和插入新的数据。很少想到会在两年内编写第二版。然而读者的反映和评论家的意见，使得这项工作成为必要。

在第一版中，我很自然地站在了化学家的立场上，并且根据原子及其组成来考虑每种元素的信息。我从原子核开始，然后向外扩展介绍性质。换句话说，我设置了原子核性质、电子壳层性质，以及元素原子的积聚态性质（宏观性质），这又按传统分为化学性质和物理性质。另外，我也对元素的名称、发现人、发现地点和时间作了简短的说明。

但为何要局限于那些呢？其实，元素在生物、人类健康、地质、甚至世界经济等方面都具有作用。考虑到这些方面，第二版增加了一段“环境性质”，它分为丰度、地质数据和生物作用几部分。“丰度”包括在太阳中、地壳中和海水中的含量；“地质数据”给出了主要的矿石资源，每种元素的年生产量和已探明储量；在“生物作用”的标题下，概括了该元素在生物体中的作用，在人类肌肉、骨骼和血液中的含量标准，以及中毒量、致死量等。

我还增加了两种新元素——104 号和 105 号元素，尽管有关这两种元素的知识非常匮乏。书末的性质表去掉一些，仅保留那些适合于教育或作为比较基础的完整的数据表。

值此编写第二版的时候，我愿对那些对本书第一版提出过批评、建议、提供过支持、帮助的人表示感谢，他们是：（按英文字母顺序）T. A. Bak；S. B. Baliga；R. E. Banks；M. Berry；V. Brautigam；P. G. Bruce；R. de Pasquale；J. Dillon；J. B. Farmer；F. Gallway；N. N. Greenwood；M. Griffin；E. Grimble；T. K. Halstead；W. F. Harrigan；D. A. Harris；A. F. Harrison；L. A. Hobbs；M. Kenward；J. King；A. Lekies；D. McCarrie；D. Margerison；R. Mason；P. G. Nelson；S. C. Nyburg；J. Thomas；D. R. Turner；J. Wachter；和 M. Whitfield。

我还要特别感谢牛津大学出版社的工作人员、Aldrich 化学公司的 Alfred 和 Isabel Bader，以及 Macfarland Smith 公司的 Marshall 和 Mary Smalley，如果没有他们的帮助，本书第一版不会如此成功。最后，还要感谢我女儿 Helen 的实际帮助，当然最重要的是要感谢我的妻子 Joan，感谢她对我的鼓励和大力支持。

J.埃姆斯雷

1990 年 9 月于伦敦

第一版前言

大多数人都知道，我们周围的一切是由数目有限的化学元素所组成。大多数科学家都会在某个时候需要查找个别元素的资料，并且使他们感到诧异的是，要找到这些资料往往不是一件容易的事情。甚至化学家在寻找某些数据时也会碰到困难。虽然化学家已经安排出版了几种优秀的数据集，但由于我们倾向于用分析化学家、有机化学家、无机化学家或者物理化学家的眼光看待我们的世界，因而也以相应的眼光编辑我们的数据。

编集一本有关元素本身的手册可以被看作是所有人的职责，但也都可以认为不是自己的事，这可能是此项工作被忽略了这么长时间的原因，你手上的这本书有希望填补这一空白。这本书不应该仅仅看作是一本化学书，而应该看作是适用于所有科学家的参考书。大家对化学元素的普遍兴趣，我在几年前才清楚地认识到，当时为纪念门捷列夫（他于 1869 年首次设计了元素周期表）诞生 150 周年，我为《新科学家》杂志编制了一个元素周期表。

许多年前我开始收集元素的数据，一开始我买了一个 100 多页的大笔记本，在每一页的顶部写上不同元素的名称。我收集的每种元素的数据资料一年一年地增长，直到最后我的笔记本被越来越多的夹页所撑破。该笔记本就是你手中这本书的蓝本。这本书并未包含每种元素的所有资料，那也是不可能的，因为我有意为每种元素的性质安排了双页的形式，尽管我试图在每一个框架内放入尽可能多的数据。

对于每一种元素，我把其性质按化学性质、物理性质、核性质和电子性质等标题分类列出，还给出了该元素的历史及其英文名称的由来，此外也包括了环境和生物具有重要性的某些性质。主表中的所有数据均采取 SI 单位制，手册使用指南中有从 SI 单位制转换成常用单位制的详尽资料。

本书的最后部分由一系列的性质表组成，每种性质列两个表，第一个表按元素的顺序编排，第二个表按该性质数值大小的顺序编排。这些性质表的选择部分出自本人的主观意见，但主要还是出自这样的需要，即希望所列每种性质都能包含尽可能多的元素，然而仅仅某些性质是为所有元素或者大多数元素所共有。

最后，我对于像以元素名称的英文字母顺序编排与元素符号的关系，以及以元素符号的英文字母顺序编排与其英文名称的关系（见封底背面）这样“显而易见”的数据表，并不认为多余，因为在我准备《新科学家》周期表版本时感到了这种需要。化学家以外的其他科学家的意见是：化学家们假定得太多。尽管化学家可以不假思索地知道 W 就是钨、Sn 就是锡，但许多其他科学家同事们在碰到它们时则需要查证这些符号所代表的化学元素名称。

J. 埃姆斯雷

1987 年 12 月于伦敦

《元素手册》使用指南

数据资料的一个奇特的事情是，它从这本书到那本书稍有变化，通常变化在 $\pm 2\%$ 左右，这种变化虽然不算大，但也使人烦恼。有几家学术组织，像国际纯粹和应用化学家联合会 (IUPAC) 和设在华盛顿的美国国家标准局 (NBS)，已经认识到需要对这些数据进行标准化。在这些学术组织设立专门委员会整理数据并决定最可靠数值的情况下，像我本人这样的作者的工作就变得很容易了。比如，元素的热力学数据表来源于一本 NBS 的书，标准还原电位则取自一本 IUPAC 的出版物。

对于某个性质，我不是引用各种不同的数值或者一个数值范围，而是相信在像《CRC 化学和物理手册》(参考 1) 以及《朗戈 (Lange) 化学手册》(参考 2) 那样的数据集中、那些大家公认的专家们所提供的可靠资料，尽管这些资料有时可能不是 SI 单位制。引用的其它具有广泛化学数据的资料汇编是参考 3-6。下面给出我这本书中资料的来源，解释所使用的 SI 单位制，以及把数据转换成通常使用的单位制的方法。

注：表中使用的 n.a. 表示该数据查不到。

元素的发现、名称、符号和相对原子量

IUPAC 是批准元素的名称和符号、认定它们的相对原子量的正式机构。铝和铯的美国名称 aluminum 和 cesium 与推荐的英文名很接近，它们的使用构不成问题，只是在按字母编排的元素顺序中处于稍微不同的位置。名称的改变报告在 IUPAC 的正式期刊《纯粹和应用化学》(*Pure and Applied Chemistry*) 上，本书中的相对原子量取自 *Pure and Applied Chemistry*, 1986, 58, 1677。

有关元素的发现和历史的最全面的书是 M.E.Weeks 和 H.M.Leicester 编写的《元素的发现》(*Discovery of the elements*, published by the *Journal of Chemical Education*, Easton, Penn, 1968)。参考 1 也给出了每种元素发现的概况，化学教育杂志 (*Journal of Chemical Education*) 的个别文章有时也给出个别元素的考证严谨的历史。

Ball 在《化学教育杂志》上 (D.W.Ball, *Journal of Chemical Education*, 1985, 62, 787)、Stark 和 Wallace 在《化学中的教育》上 (J.G.Stark and H.G. Wallace, *Education in Chemistry*, 1970, 152) 解释了元素名称的选择情况。

化学性质

描述

元素以及它们对空气、水、酸和碱的反应活性等的简单描述取自参考 7-9, C.A.Hampel 编写的《化学元素百科全书》(*Encyclopedia of the Chemical Elements*, Reinhold Book Corporation, New York, 1968) 给出了每种元素应用方面全面 (虽然有些过时) 的情

目 录

元素手册使用指南	(1)
元素 (按英文名称的字母顺序) 及其性质	
元素性质表 (按元素的原子序数顺序和按性质的数值大小顺序)	(212)
附录 1: 原子序数大于 100 的元素的命名法则	(235)
附录 2: 106、107、109 和 110 号元素的发现情况 及同位素半衰期	(236)
附录 3: 元素的中文、英文、拉丁文名称对照及其 在书中的页码	(237)
元素符号、英文名称和原子序数对照表 (按元素符号的英文字母顺序)	(239)

元素手册

THE ELEMENTS

化学性质

软的、在暗中发光的银白色金属, 跟水反应放出氢。

半径 / pm: Ac^{3+} 118; 原子 187.8

电负性: 1.1 (Pauling); 1.00 (Allred)

有效核电荷: 1.80 (Slater)

标准还原电位 E^0 / V

	III	0
酸性溶液	Ac^{3+} ————— -2.13 ————— Ac	
碱性溶液	$\text{Ac}(\text{OH})_3$ ————— -2.6 ————— Ac	

氧化态

$\text{Ac}^0(\text{d}^1 \text{ s}^2)$

$\text{Ac}^{\text{III}}([\text{Rn}])$ Ac_2O_3 , $\text{Ac}(\text{OH})_3$, 不溶
[AcH_2 和 AcH_3 大概是 Ac^{III} 的化合物]

物理性质

熔点 / K: 1320 ± 50

沸点 / K: 3470 ± 300

熔化热 / kJ mol^{-1} : 14.2

蒸发热 / kJ mol^{-1} : 293

热力学性质(298.15K, 0.1MPa)

状态	$\Delta H_f^0 / \text{kJ mol}^{-1}$	$\Delta G_f^0 / \text{kJ mol}^{-1}$	$S^0 / \text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$	$C_p / \text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$
固态	0	0	56.5	27.2
气态	406	366	188.1	20.84

密度 / kg m^{-3} : 10060[293 K]

热导率 / $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$: 12[300K]

电阻率 / Ωm : n.a.

质量磁化率 / $\text{kg}^{-1} \text{m}^3$: n.a.

摩尔体积 / cm^3 : 22.6

线性热膨胀系数 / K^{-1} : 14.9×10^{-6}

晶格结构(晶胞参数 / pm), 空间群

f.c.c. ($a = 531.1$), $\text{Fm}3\text{m}$

X 射线衍射: 质量吸收系数(μ / ρ) / $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$: CuK_α n.a., MoK_α n.a.

A.Debierne 1899 年在法国巴黎发现。
[希腊文 *aktinos*, 等于英文的 ray(射线)]

Actinium

核性质

- 热中子捕获横截面 / barns: 810(²²⁷Ac)
同位素数(包括核同质异能素): 26
同位素质量范围: 210→232

主要同位素

核素	原子量	自然丰度 %	半衰期 $T_{1/2}$	衰变模式和 能量(MeV)	核自旋 I	核磁矩 μ	用途
²²⁵ Ac	225.023205	0	10.0 天	α (5.935); γ	3/2 +		示踪
²²⁷ Ac	227.027750	痕量	21.77 年	β^- (0.0410)98.6%; α (5.043); 1.4%; γ	3/2 -	+1.1	NMR
²²⁸ Ac	228.031015	痕量	6.13 小时	β^- (2.142); γ	3+		

NMR

相对灵敏度(¹H = 1.00)

接受率(¹³C = 1.00)

旋磁比 / rad T⁻¹s⁻¹

四极矩 / m²

频率(¹H = 100MHz; 2.3488T) / MHz

²²⁷Ac

—

—

3.5×10^7

1.7×10^{-28}

13.1

电子壳层性质

基态电子构型: [Rn]6d¹7s²

光谱项符号: ²D_{3/2}

电子亲和能(M→M⁻) / kJ mol⁻¹: n.a.

原子光谱中的主线

电离能 / kJ mol⁻¹

波长 / nm	种类	1. M → M ⁺	499	6. M ⁵⁺ →M ⁶⁺	(7300)
		2. M ⁺ →M ²⁺	1170	7. M ⁶⁺ →M ⁷⁺	(9200)
386.312	II	3. M ²⁺ →M ³⁺	1900	8. M ⁷⁺ →M ⁸⁺	(10500)
408.844	II	4. M ³⁺ →M ⁴⁺	(4700)	9. M ⁸⁺ →M ⁹⁺	(11900)
416.840	II	5. M ⁴⁺ →M ⁵⁺	(6000)	10. M ⁹⁺ →M ¹⁰⁺	(15800)
438.641	II				
450.720	II				
591.085	II				

环境性质

生物作用

无; 从未碰到过, 但因放射性会有毒

丰度

太阳中(相对于 H = 1 × 10¹²): n.a.; 地壳中 / p.p.m.: 痕量; 海水中 / p.p.m.: 零

地质数据

主要来源: ²³⁵U 的衰变产物, 在铀矿中含 0.2 p.p.m.; 用中子轰击²²⁶Ra 获得若干毫克

Al 铝

原子序数: 13

相对原子量($^{12}\text{C} = 12.0000$): 26.98154

化学性质

硬而强的银白色金属, 由于氧化层保护而避免了跟空气和水的反应, 溶于热的浓盐酸和氢氧化钠溶液。作为金属和合金在飞机、建筑业、容器、铝箔等方面有许多用途。

半径 / pm: Al^{3+} 57; 共价 125; 原子 143.1; 范德华 205

电负性: 1.61 (Pauling); 1.47 (Allred); 3.23 eV (绝对)

有效核电荷: 3.50 (Slater); 4.07 (Clementi); 3.64 (Froese-Fischer)

标准还原电位 E^0 / V

	III	0
酸性溶液	Al^{3+} ————— -1.676 ————— Al	
	AlF_6^{3-} ————— -2.067 ————— Al	
碱性溶液	$\text{Al}(\text{OH})_3$ ————— -2.300 ————— Al	
	$\text{Al}(\text{OH})_4^-$ ————— -2.310 ————— Al	

共价键 键长 / pm 键能 / kJ mol^{-1} 氧化态

Al-H	约 170	285	Al^{I} 气相的 AlCl
Al-C	224	225	Al^{III} Al_2O_3 (两性); $\text{AlO}(\text{OH})$,
Al-O	162	585	$\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}(\text{aq})$,
Al-F	163	665	Al^{3+} 盐, AlH_3 , LiAlH_4 , AlF_3 ,
Al-Cl	206	498	Na_3AlF_6 , Al_2Cl_6
Al-Al	286	约 200	

物理性质

熔点 / K: 933.52

沸点 / K: 2740

熔化热 / kJ mol^{-1} : 10.67

蒸发热 / kJ mol^{-1} : 293.72

热力学性质(298.15K, 0.1MPa)

状态	$\Delta H_f^0 / \text{kJ mol}^{-1}$	$\Delta G_f^0 / \text{kJ mol}^{-1}$	$S^0 / \text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$	$C_p / \text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$
固态	0	0	28.33	24.35
气态	326.4	285.7	165.54	21.38

密度 / kg m^{-3} : 2698[293K]; 2390[液, 熔点] 热导率 / $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$: 237[300K]

电阻率 / Ωm : 2.6548×10^{-8} [293 K] 质量磁化率 / $\text{kg}^{-1} \text{m}^3$: $+7.7 \times 10^{-9}$ (固)

摩尔体积 / cm^3 : 10.00 线性热膨胀系数 / K^{-1} : 23.03×10^{-6}

晶格结构(晶胞参数 / pm), 空间群

f.c.c. ($a = 404.959$), Fm3m

X 射线衍射: 质量吸收系数(μ / ρ) / $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$: CuK_α 48.6, MoK_α 5.16

核性质

热中子捕获横截面 / barns: 0.233
同位素数(包括核同质异能素): 11
同位素质量范围: 22→31

主要同位素

核素	原子量	自然丰度 %	半衰期 $T_{1/2}$	衰变模式和 能量(MeV)	核自旋 I	核磁矩 μ	用途
^{26}Al	25.986892	0	7.4×10^5 年	$\beta^+(4.003)$ 82% EC, 18%; γ 5+			示踪
^{27}Al	26.981540	100	稳定		5/2 +	+3.6415	NMR
NMR					^{27}Al		
相对灵敏度($^1\text{H}=1.00$)					0.21		
接受率($^{13}\text{C}=1.00$)					1.17×10^3		
旋磁比 / $\text{rad T}^{-1}\text{s}^{-1}$					6.9704×10^7		
四极矩 / m^2					0.4193×10^{-28}		
频率($^1\text{H}=100\text{MHz}$; 2.3488T) / MHz					26.057		
参比: $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$							

电子壳层性质

基态电子构型: $[\text{Ne}]3s^23p^1$ 光谱项符号: $^2\text{P}_{1/2}$
电子亲和能($\text{M} \rightarrow \text{M}^-$) / kJ mol^{-1} : 44

原子光谱中的主线

波长 / nm	种类
308.215	I
309.271(AA)	I
309.281(AA)	I
394.401	I
396.152	I

电离能 / kJ mol^{-1}

1. $\text{M} \rightarrow \text{M}^+$	577.4	6. $\text{M}^{5+} \rightarrow \text{M}^{6+}$	18376
2. $\text{M}^+ \rightarrow \text{M}^{2+}$	1816.6'	7. $\text{M}^{6+} \rightarrow \text{M}^{7+}$	23293
3. $\text{M}^{2+} \rightarrow \text{M}^{3+}$	2744.6	8. $\text{M}^{7+} \rightarrow \text{M}^{8+}$	27457
4. $\text{M}^{3+} \rightarrow \text{M}^{4+}$	11575	9. $\text{M}^{8+} \rightarrow \text{M}^{9+}$	31857
5. $\text{M}^{4+} \rightarrow \text{M}^{5+}$	14839	10. $\text{M}^{9+} \rightarrow \text{M}^{10+}$	38459

环境性质

生物作用
无; 由每日食物摄取在体内积累(每天约 20mg); 与 Alzheimer 疾病(老年痴呆症)有牵连。
人体中的标准:
肌肉 / p.p.m.: 0.7-28; 骨骼 / p.p.m.: 4-27; 血液 / mg dm^{-3} : 0.39; 每日摄取量: 2.45mg; 中毒量: 5g; 致死量: n.a.; 一般人体(70 千克)中该元素的总质量: 61mg

丰度
太阳中(相对于 $\text{H}=1 \times 10^{12}$): 3.3×10^6 ; 地壳中 / p.p.m.: 82000
海水中 / p.p.m.:
大西洋表面 9.7×10^{-4} ; 大西洋深处 5.2×10^{-4} ; 太平洋表面 1.3×10^{-4} ; 太平洋深处 0.13×10^{-4} ; 驻留时间 / 年: 150; 分类: 浓缩; 氧化态: III

地质数据
主要矿石和来源: 铝土矿, 以勃姆石 $[\text{AlO}(\text{OH})]$ 和三水铝矿 $[\text{Al}(\text{OH})_3]$ 的形式存在。
世界年产量 / 吨: 15×10^6 ; 储量 / 吨: 6×10^9

Am 镅

原子序数: 95

相对原子量($^{12}\text{C} = 12.0000$): (243)

化学性质

放射性银白色金属, 自然界中不存在。受空气、蒸汽和酸作用, 但不跟碱反应。

半径 / pm: Am^{6+} 80; Am^{5+} 86; Am^{4+} 92; Am^{3+} 107; 原子 184

电负性: 1.3 (Pauling); n.a. (Allred)

有效核电荷: 4.65 (Slater)

标准还原电位 E^0 / V

	VI	V	IV	III	0
			1.72		
酸性溶液	AmO_2^{2+}	AmO_2^+	Am^{4+}	Am^{3+}	Am
	1.59	0.82	2.62	-2.07	
	1.20		-0.90		

碱性溶液 $\text{AmO}_2(\text{OH})_2 \xrightarrow{0.9} \text{AmO}_2(\text{OH}) \xrightarrow{0.7} \text{AmO}_2 \xrightarrow{0.22} \text{Am}(\text{OH})_3 \xrightarrow{-2.53} \text{Am}$

氧化态

$\text{Am}^{\text{II}}(\text{f}^7)$	AmO , AmCl_2 等
$\text{Am}^{\text{III}}(\text{f}^6)$	Am_2O_3 , AmF_3 , AmCl_3 等, $[\text{AmCl}_6]^{3-}$, $\text{Am}^{3+}(\text{aq})$
$\text{Am}^{\text{IV}}(\text{f}^5)$	AmO_2 , AmF_4
$\text{Am}^{\text{V}}(\text{f}^4)$	$\text{AmO}_2^+(\text{aq})$
$\text{Am}^{\text{VI}}(\text{f}^3)$	$\text{AmO}_2^{2+}(\text{aq})$

因受放射性衰变产物还原而不稳定

物理性质

熔点 / K: 1267

沸点 / K: 2880

熔化热 / kJ mol^{-1} : 14.4

蒸发热 / kJ mol^{-1} : 238.5

热力学性质(298.15K, 0.1MPa)

状态	$\Delta H_f^0 / \text{kJ mol}^{-1}$	$\Delta G_f^0 / \text{kJ mol}^{-1}$	$S^0 / \text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$	$C_p / \text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$
固态	0	0	n.a.	n.a.
气态	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

密度 / kg m^{-3} : 13670[293 K]

热导率 / $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$: 10(估计)[300K]

电阻率 / Ωm : 68×10^{-8} 质量磁化率 / $\text{kg}^{-1} \text{m}^3$: $+5 \times 10^{-8}$ (固)

摩尔体积 / cm^3 : 17.78 线性热膨胀系数 / K^{-1} : n.a.

晶格结构(晶胞参数 / pm), 空间群

α -Am h.c.p. ($a = 346.80$; $c = 1.124.0$), $\text{P6}_3 / \text{mmc}$

β -Am f.c.c. ($a = 489.4$), $\text{Fm}3\text{m}$

$T(\alpha \rightarrow \beta) = 1347 \text{ K}$

X 射线衍射: 质量吸收系数(μ / ρ) / $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$: n.a.

1944 年 G.T.Seaborg, R.A.James,
L.O.Morgan 和 A.Ghiorso
在美国芝加哥发现。
[按英文 *America*(美国)命名]

Americium

核性质

热中子捕获横截面 / barns: 74(²⁴³Am)
同位素数(包括核同质异能素): 14
同位素质量范围: 237→247

主要同位素

核素	原子量	自然丰度 %	半衰期 <i>T</i> _{1/2}	衰变模式和 能量(MeV)	核自旋 <i>I</i>	核磁矩 <i>μ</i>	用途
²⁴¹ Am	241.056823	0	432.2 年	α(5.637);γ	5/2 −	+1.61	示踪,医疗
²⁴³ Am	243.061375	0	7.37×10 ³ 年	α(5.439); γ	5/2 −	+1.61	NMR

NMR	²⁴³ Am
相对灵敏度(¹ H = 1.00)	—
接受率(¹³ C = 1.00)	—
旋磁比 / rad T ^{−1} s ^{−1}	1.54×10 ⁷
四极矩 / m ²	4.9×10 ^{−28}
频率(¹ H = 100MHz; 2.3488T) / MHz	5.76

电子壳层性质

基态电子构型: [Rn]5f⁷7s² 光谱项符号: ⁸S_{7/2}
电子亲和能(M→M[−]) / kJ mol^{−1}: n.a.

原子光谱中的主线		电离能 / kJmol ^{−1}
波长 / nm	种类	1. M →M ⁺ 578.2 2. M ⁺ →M ²⁺ 3. M ²⁺ →M ³⁺ 4. M ³⁺ →M ⁴⁺ 5. M ⁴⁺ →M ⁵⁺
283.226	II	
348.331	II	
351.013	I	
356.916	II	
367.312	I	
377.750	II	
392.625	II	
408.929	II	
428.926	I	
450.945	II	
457.559	II	
466.279	II	
605.464	I	

环境数据

生物作用	丰 度	地质数据
无; 从未碰到过, 但因放射性, 会有毒 人体中的含量: 零	太阳中(相对于 H = 1×10 ¹²): n.a.; 地壳中 / p.p.m.: 0; 海水中 / p.p.m.: 0	主要来源: 用中子轰击 ²³⁹ Pu 获得 ²⁴³ Am 数百克

Sb 锑

原子序数: 51
相对原子量($^{12}\text{C} = 12.0000$): 121.75

化学性质

准金属元素, 有多种同素异形体, 其中金属明亮、银白色、硬而脆。在干燥空气中稳定, 不跟稀酸和碱反应。用于提高其它金属的硬度, 也用于蓄电池中和轴承。

半径 / pm: Sb^{5+} 62; Sb^{3+} 89; 共价 141; 原子 182; 范德华 220; Sb^{2-} 245
电负性: 2.05 (Pauling); 1.82 (Allred); 4.85 eV (绝对)
有效核电荷: 6.30 (Slater); 9.99 (Clementi); 12.37 (Froese-Fischer)

标准还原电位 E^0 / V

	V	IV	III	0	-III				
酸性溶液	Sb_2O_5	$\xrightarrow{0.605}$	SbO^+	$\xrightarrow{0.204}$	Sb				
中性溶液	Sb_2O_5	$\xrightarrow{1.055}$	Sb_2O_4	$\xrightarrow{0.342}$	Sb_4O_6	$\xrightarrow{0.150}$	Sb	$\xrightarrow{-0.510}$	SbH_3
		$\xrightarrow{0.699}$							
碱性溶液	$\text{Sb}(\text{OH})_6^-$	$\xrightarrow{-0.465}$	$\text{Sb}(\text{OH})_4^-$	$\xrightarrow{-0.639}$	Sb	$\xrightarrow{-1.338}$			SbH_3

共价键	键长 / pm	键能 / kJ mol^{-1}	氧化态
Sb-H	170.7	257	$\text{Sb}^{-\text{III}}$ SbH_3
Sb-C	220	215	Sb^{III} $\text{Sb}_4\text{O}_6, \text{SbO}_3^{3-}(\text{aq}), \text{SbF}_3, \text{SbCl}_3$ 等
Sb-O	200	314	$[\text{SbF}_5]^{2-}, \text{Sb}_2\text{S}_3$
Sb-F	203	389	Sb^{V} $\text{Sb}_4\text{O}_{10}; [\text{Sb}(\text{OH})_6]^{-}(\text{aq}), \text{SbF}_5,$
Sb-Cl	233	313	$\text{SbCl}_5, [\text{SbCl}_6]^{-}, [\text{SbBr}_6]^{-}$
Sb-Sb	290	299	

物理性质

熔点 / K: 903.89 沸点 / K: 1908
熔化热 / kJ mol^{-1} : 20.9 蒸发热 / kJ mol^{-1} : 67.91

热力学性质(298.15K, 0.1MPa)

状态	$\Delta H_f^0 / \text{kJ mol}^{-1}$	$\Delta G_f^0 / \text{kJ mol}^{-1}$	$S^0 / \text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$	$C_p / \text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$
固态	0	0	45.69	25.23
气态	262.3	222.1	180.27	20.79

密度 / kg m^{-3} : 6691[293 K]; 6483[液, 熔点] 热导率 / $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$: 24.3[300K]
电阻率 / Ωm : 39.0×10^{-8} [273 K] 质量磁化率 / $\text{kg}^{-1} \text{m}^3$: -1.0×10^{-8} (固)
摩尔体积 / cm^3 : 18.20 线性热膨胀系数 / K^{-1} : 8.5×10^{-6}

晶格结构(晶胞参数 / pm), 空间群

灰菱形($a = 430.84; c = 1124.7$), $R\bar{3}m$
(灰)立方($a = 298.6$), $\text{Pm}3m$
金属 h.c.p. ($a = 336.9, c = 533$), $\text{P6}_3 / \text{mmc}$

X 射线衍射: 质量吸收系数(μ / ρ) / $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$: CuK_α 270, MoK_α 33.1

可能古代炼金术士们已知道这种元素。
[希腊文 *anti+monos*, 是不孤单的意思。拉丁文为 *stibium*]

Antimony

核性质

热中子捕获横截面 / barns: 5.4
同位素数(包括核同质异能素): 40 同位素质量范围: 109→134

主要同位素

核素	原子量	自然丰度 %	半衰期 $T_{1/2}$	衰变模式和 能量(MeV)	核自旋 I	核磁矩 μ	用途
^{121}Sb	120.903821	57.3	稳定		5/2 +	+3.3592	NMR
^{122}Sb	121.905179	0	2.71 天	$\beta^-(1.982)$; β^+ ; EC; γ	2-	-1.90	示踪
^{123}Sb	122.904216	42.7	稳定		7/2 +	+2.5466	NMR
^{124}Sb	123.905038	0	60.4 天	$\beta^-(2.905)$; γ	3	± 1.3	示踪
^{125}Sb	124.905252	0	2.76 年	$\beta^-(0.767)$; γ	1/2 +	± 2.61	示踪
NMR				^{121}Sb		$[^{123}\text{Sb}]$	
相对灵敏度($^1\text{H}=1.00$)				0.16		4.57×10^{-2}	
接受率($^{13}\text{C}=1.00$)				520		111	
旋磁比 / $\text{rad T}^{-1}\text{s}^{-1}$				6.4016×10^7		3.4668×10^7	
四极矩 / m^2				-0.53×10^{-28}		-0.68×10^{-28}	
频率($^1\text{H}=100\text{MHz}$; 2.3488T) / MHz				23.930		12.959	
参比: $\text{Et}_4\text{N}^+\text{SbCl}_6^-$							

电子壳层性质

基态电子构型: $[\text{Kr}]4\text{d}^{10}5\text{s}^2\text{p}^3$ 光谱项符号: $^4\text{S}_{3/2}$
电子亲和能($\text{M} \rightarrow \text{M}^-$) / kJ mol^{-1} : 101

原子光谱中的主线		电离能 / kJ mol^{-1}			
波长 / nm	种类	1. $\text{M} \rightarrow \text{M}^+$	2. $\text{M}^+ \rightarrow \text{M}^{2+}$	3. $\text{M}^{2+} \rightarrow \text{M}^{3+}$	4. $\text{M}^{3+} \rightarrow \text{M}^{4+}$
206.833(AA)	I	833.7	1794	2443	4260
217.581	I				
231.147	I				
252.852	I				
259.805	I				
		5. $\text{M}^{4+} \rightarrow \text{M}^{5+}$	6. $\text{M}^{5+} \rightarrow \text{M}^{6+}$	7. $\text{M}^{6+} \rightarrow \text{M}^{7+}$	8. $\text{M}^{7+} \rightarrow \text{M}^{8+}$
		5400	10400	(12700)	(15200)
				9. $\text{M}^{8+} \rightarrow \text{M}^{9+}$	(17800)
				10. $\text{M}^{9+} \rightarrow \text{M}^{10+}$	(20400)

环境性质

生物作用	丰度	地质数据
无; 有毒; 有刺激作用	太阳中(相对于 $\text{H}=1 \times 10^{12}$): 10; 地壳中 / p.p.m.: 0.2	主要矿物和来源: 辉锑矿 $[\text{Sb}_2\text{S}_3]$, 锑硫镍矿 $[\text{NiSbS}]$
人体中的标准:	海水中 / p.p.m.: 约 0.3×10^{-3} , 驻留时间 / 年: 约 3.5×10^5 ; 分类: 积累; 氧化态: III	世界年产量 / 吨: 53000; 储量 / 吨: 2.5×10^6
肌肉 / p.p.m.: 0.042–0.191; 骨骼 / p.p.m.: 0.01–0.6; 血液 / mg dm^{-3} : 0.0033 每日摄取量: 0.002–1.3 mg; 中毒量: 100 mg; 致死量: n.a. 一般人体(70 千克)中该元素的总质量: n.a., 但低		