

加速器质谱 (AM S) 测定⁴¹Ca 的方法研究

董克君¹, 何明¹, 武绍勇¹, 岳东方^{1,2},
管永精^{1,3}, 郑元丰^{1,3}, 姜山¹

(1. 中国原子能科学研究院核物理研究所, 北京 102413;

2. 北京师范大学生命科学院, 北京 100088;

3. 广西大学物理系, 广西南宁 530004)

摘要: 简要介绍应用加速器质谱计 (AM S) 测量⁴¹Ca, 并与标准样品进行对照。⁴¹Ca 测量结果表明: ⁴¹Ca 的加速器质谱 (AM S) 测量方法是可行的和可靠的, 测量灵敏度已能够达到 10⁻¹⁴ 数量级。

关键词: 质谱学; ⁴¹Ca 测量; 加速器质谱计 (AM S); 生物医学; 示踪剂

中图分类号: O 657. 63; O 572. 21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-2997(2003)01-316-03

钙是人体含量最丰富的元素之一, 长期的医学实践证明, 钙在生命过程中有着举足轻重的作用。实验表明: 在用致癌物温石棉刺激细胞引起细胞恶性转化过程中, 胞浆内游离的 Ca²⁺ 浓度持续增加^[1,2]。但是, 为了查明 Ca²⁺ 增加在细胞转化过程中的作用, 需要直接准确地测定 Ca²⁺ 增加的来源——是细胞内、细胞外、还是二者同时存在, 这一点对于阐明致癌物诱发癌变的信号转导过程尤为重要。而⁴¹Ca 正是理想的生物医学示踪剂。基于此, 中国原子能科学研究院 AM S 小组与北京大学医学部公共卫生学院合作, 以⁴¹Ca 作为示踪剂, 以 AM S 方法为测量手段, 测定在致癌物作用下细胞增殖过程中胞浆内 Ca²⁺ 浓度增加的来源^[3], 从而可能为研究致癌物引发癌症的机理提供重要依据。此外, 在我国开展⁴¹Ca 的示踪研究具有极其广泛的前景, 在我国人体中存在普遍缺钙的情况下, 它不仅能为研究人体钙的补充和防止体内钙的流失提供依据, 更有助于了解因缺钙所致疾病的机理, 找到预防与治疗的途径。

1 ⁴¹Ca 样品的制备与保存

1.1 样品形式

因为钙的电子亲和势非常小 (大约为 0.043 eV), 本实验选用 CaH₂ 作为测量样品形式。

1.2 样品种类

本实验中⁴¹Ca 的样品分为标准样品和空白样品两种。

1.3 样品制备流程

CaH₂ 样品的制备主要包括以下三个步骤^[4]:

(1) 从 CaCO₃ 到 CaO: 使用 CaCO₃ 在 1 000 下分解, 生成 CaO 与 CO₂, 从而获得 CaO;

(2) 从 CaO 到 Ca: 将 CaO 粉末与过量的 Zr 粉在大约 1 500 °C、真空度好于 2.7 × 10⁻³ Pa 的环境下发生还原反应, 金属钙被还原出来而获得 Ca;

(3) 从金属钙 (Ca) 到 CaH₂: 用金属钙与 0.09 MPa 的 H₂ 在大约 500 °C 条件下与 H₂ 发生瞬间放热反应, 生成 CaH₂。

收稿日期: 2002-09-02

作者简介: 董克君 (1972~), 男 (汉族), 江苏仪征人, 粒子物理与原子物理专业

1.4 样品保存

因为 CaH_2 极易潮解, 实验中将把样品制好后, 密封在装有氩气的小玻璃瓶中。

2 ^{41}Ca 的 AMS 测量

2.1 测量原理

采用与标准样品对比的相对测量方法 AMS 测量 ^{41}Ca 。已知样品中稳定同位素的量, 通过测量 $\eta(^{41}\text{Ca}/^{40}\text{Ca})$ 就可以得到 ^{41}Ca 的含量。

2.2 AMS 测量设备

(1) 离子源 加速器

离子源采用 Hiconex 860 型 Cs 溅射源, 待测样品压入靶锥中心的小孔中, 一次只能装 1 个靶锥, Cs^+ 离子束打在靶锥中心的样品上产生负离子。加速器为 HI-13 型串列加速器, 在加速器的前半部分所加速的负离子经过端部的剥离器转换成多电荷态的正离子在加速器的后半部分继续加速^[5]。

(2) 高能分析与传输部分

加速后的正离子由双聚焦 90° 分析器选择所需的离子, 经过分析磁铁后的离子经开关磁铁进入 AMS 专用管道。

(3) 探测器

本实验中采用多阳极电离室^[6], 根据离子在不同射程时的能量损失及剩余能量的不同而实现同量异位素的鉴别。

2.3 ^{41}Ca 的 AMS 测量步骤

^{41}Ca 的 AMS 测量步骤包括: (1) 稳定束流传输; (2) ^{41}Ca 模拟传输; (3) ^{41}Ca 的探测; (4) ^{40}Ca 束流测量; (5) $\eta(^{41}\text{Ca}/^{40}\text{Ca})$ 的确定。

3 结果与讨论

图 1(a) 是在计数时间 4 000 s、传输效率 1%、AMS 法拉第筒束流 4.1 nA 的情况下, 测量一个标准样品时探测器的 E_1 与 E_2 能量信号合成的双维谱。由测量结果, 可以推算出样品中 ^{41}Ca 与 ^{40}Ca 的原子数之比为 10^{-12} 。从图 1(a) 中可以看出, ^{41}Ca 与 ^{41}K 被明显地区分开来, 而少量的干扰本底远离于 ^{41}Ca 所出现的区域。这也说明双维谱对于实验结果的分析是非常有利的。图 1(b) 是在计数时间 1 800 s, 其它外部条件与标准样品相同的条件下所获得的空白样品测量时 E_1 与 E_2 合成的双维谱。从图 1(b) 中可以看到,

在 ^{41}Ca 的位置处仅有一个计数, 这说明本实验的测量灵敏度已经能够达到 10^{-14} g/g。

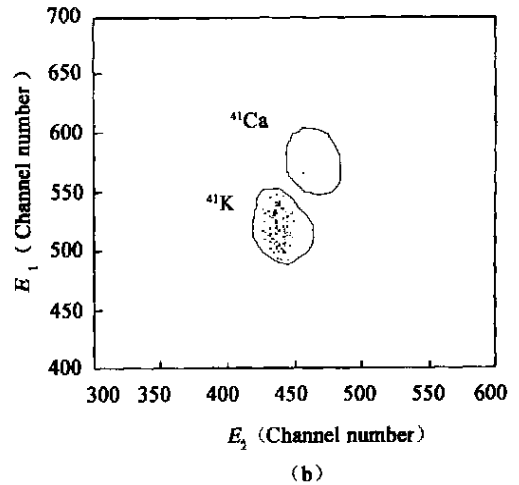
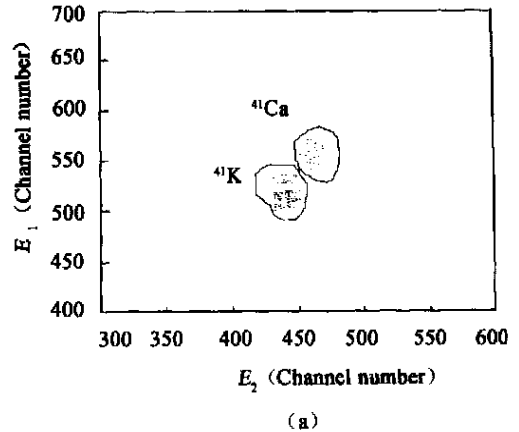


图 1 ^{41}Ca 、 ^{41}K 的 E_1 和 E_2 能量信号合成双维谱
a——计数时间 4 000 s; b——计数时间 1 800 s

Fig 1 Bi-dimensional spectra of ^{41}Ca and ^{41}K
a——counting time 4 000 s; b——counting time 1 800 s

参考文献

- [1] 吴卫东, 刘世杰, 尹宏, 等. 国产温石棉对肺泡巨噬细胞胞浆游离钙的影响[J]. 卫生毒理学杂志, 1994, 8: 153~155
- [2] Emore D, Bhattacharyya MH, Sacco-Gibson N. Calcium-41 as a Long-Term Biological Tracer for Bone Resorption [J]. Nucl Instr Meth, 1990, B52: 531~535
- [3] Jiang S, He M, Jiang SS, et al. Development of AMS Measurement and Applications at CIAE. Nucl Instr Meth, 2000, B172: 87~90
- [4] Fink D, Klein J, Middleton R, et al. ^{41}Ca : Past, Present and Future [J]. Nucl Instr Meth, 1990, B47: 79~96
- [5] 何明. 加速器质谱学中的入射离子 X 射线方法

及其应用[D] 北京: 中国原子能科学研究院,
2001.

别同量异位素的气体电离室[J] 原子能科学技术,
1991, 25(3): 40~ 44

[6] 姜 山, 蒋菘生, 王 洵, 等. 一台用于 AMS 的鉴

Study on the Measurement Method of ^{41}Ca by AMS

DONG Ke-jun¹, HEM ing¹, WU Shao-yong¹, YU E Dong-fang^{1,2},
GUAN Yong-jing^{1,3}, ZHENG Yuan-feng^{1,3}, JIANG Shan¹

(1. Department of Nuclear Physics, China Institute of Atomic
Energy, Beijing 102413, China;

2. Department of Biology, Beijing Normal University, Beijing 100088, China;

3. Department of Physics, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract ^{41}Ca is measured by accelerator mass spectrometer (AMS), and the result is compared with the standard sample. The result shows that the sensitivity of ^{41}Ca AMS measurement is 10^{-14} g/g and the basic measurement method is performable and reliable.

Key words mass spectrometry; measurement of ^{41}Ca ; accelerator mass spectrometer (AMS); biomedicine; tracer

专利简讯

活性物质的物种化同位素稀释质谱法及相关方法

【公开日】 2001. 04. 18 【公开号】 1292090 【主分类号】 G01N 33/20

【申请日】 1999. 01. 28 【申请号】 99803448. 7 【分类号】 G01N 33/20

【申请人】 霍利戈斯特杜肯大学 【地址】 美国宾夕法尼亚州

【发明人】 霍华德·M·金斯顿 【国际申请】 PCT. U S99/01784 1999. 1. 28

【摘要】 一种物种化同位素稀释质谱法(SDM S), 即使在物质分离前, 样品已经历物质转化, 或者存在退化或不完全分离, 该方法允许测定来自样品的一种或多种物质的浓度。掺入一种或两种以上预先确定的稳定同位素, 以把该稳定同位素转化为对应于样品中的要测量物质的物种化富集同位素。向含有待测量物质的样品中加入示踪物, 并使同位素示踪物质和待测量的物质均衡, 使物质与样品分离, 并测定待测量的每种物质的同位素比。随后对物质浓度进行数学卷积, 同时修正物质转化和/或不完全分离。该方法可用于确认其它方法, 可用于物种化标准参考物料的准备和分析。该方法可用于量化 Cr(III) 和 Cr(VI)。