

关于机械运动能否改变放射性同位素半衰期的讨论

何裕建^{①*}, 曾力希^①, 戚生初^②

① 中国科学院研究生院化学与化学工程学院, 北京 100049;

② 北京大学化学与分子工程学院, 北京 100871

* 联系人, E-mail: heyujian@gucas.ac.cn

收稿日期: 2008-10-07; 接受日期: 2008-10-29

国家自然科学基金(批准号: 20571085, 20877099)、中国科学院院长基金(编号: 0521021T04)、2005/2006 年度美国李氏基金会杰出成就奖基金、中国科学院研究生院科研启动基金(批准号: 065101HM03)和中国科学院高能物理研究所核分析重点实验室开放基金(编号: K129)资助项目

摘要 针对“机械运动能改变放射性同位素的半衰期吗?”一文(丁有钱等. 中国科学 B 辑: 化学, 2008, 38(11): 1035~1037)进行了定性和定量的分析与讨论. 本文作者认为其实验设计、数据的处理和结论等值得商榷, 而其数据重新处理后的新结果支持(不对称)机械运动能改变放射性同位素的半衰期.

关键词

圆周运动
放射性衰变
半衰期
不对称

放射性衰变过程是否受外在因素影响,很早就有人关注. 一般的物理或化学因素对衰变过程没有效应. 但在某些特殊条件下, 外在因素(如不同化合态、高压等)可改变某些放射性同位素衰变的半衰期达 1.5%^[1-3]. 我们通过实验发现放射性衰变能受(不对称)机械运动(力)的较大影响^[4].

很高兴和欢迎丁有钱等人^[5,6]对我们工作^[4]的兴趣和置疑^[5,6]. 通常, 要检验某一实验工作的对错, 应正确重复原文的具体实验方法再根据结果下结论. 通过比较容易发现, 丁文^[5,6]和文献^[4]在许多具体实验方法上明显不同. 我们也发现丁文^[5,6]的实验设计、数据的处理等方面有值得商榷的地方. 事实上, 重新处理文献^[5,6]的数据得到的新结果反而是支持文献^[4]的.

感谢《中国科学B辑: 化学》提供这次学术争鸣的机会, 下面以丁文^[5,6]和文献^[4]为基础进行相关

回应和具体讨论.

1 关于丁文^[5,6]的实验材料与方法

(1) 众所周知, 要得到正确的结论, 除了被研究的条件外, 实验样与对照样的实验条件和处理方法必须尽可能保持一致, 这是基本的实验常识. 丁文中用 8 个不同的实验 B 样品在不同时间点的计数来得到 B 样品的衰变曲线求取半衰期, 而对对照样 A 则由一个样品测定不同时间的计数得到衰变曲线. 这会引起实验样与对照样的不可比性. 这是文献^[5, 6]与文献^[4]最大的实验方法不同点之一.

另外, 丁文中的衰变曲线, 数据点仅有 8 个, 对于以统计性为主要特征的衰变过程来说, 这么少的点求取半衰期, 统计样本不够多, 其误差会较大.

(2) 文献^[4]中的方法是用固体源直接测定. 丁文中^[5,6]用的是液体样, 需加入闪烁液, 增加了实验过程和步骤, 也增加了产生误差的可能性. 液体样品存

在温度效应(如样品蒸发)、黏度效应、加入闪烁液的体积差、闪烁体热不稳定性等多种可能误差. 我们更注意到, 在文献[5]中, 对照样A是在第一时间加入闪烁液, 而实验样B是在转动作用后才加入闪烁液, 这也会引起实验样与对照样的不可比性.

(3) 在丁文中[5], “...离心机转子裸露于空气中, 以保证B组样品与A组样品温度、湿度一致”. 众所周知, 普通非冷冻控温离心机在运转几十分钟后即会发热, 更遑论 47 到 647 小时的持续运转了. A和B样品的温度和湿度不同, 对闪烁液的影响(如温度猝灭效应)会明显改变计数率, 引起实验结果的失真[7]. 这也会引起实验样与对照样的不可比性.

(4) 丁等人的文稿中用的样品纯度没有指明和测定, 而文献[4]中的核纯度是 99.9%. 另外, 丁等人的文稿[5,6]中没有说明如何消除或减小测定计数时样品管的几何位置变化对计数的误差效应.

(5) 文献[4]认为, 圆周机械运动对半衰期的改变本质上可由不对称螺旋运动来解释. 当这个不对称力是天然地球轨道手性力时, 其周期性可能转移给衰变过程. 我们最近的工作已表明, Co-60 等的衰变过程有周期性现象[8-10]. 这不仅佐证了天然手性力的存在, 也反过来支持文献[4]. 地球的天然极化矢量在美国华盛顿(北纬~40°)比在中国北京(北纬~38°)大. 在相同的轴矢量时, 在中国北京的不对称效应会较小. 这是文献[5,6]与文献[4]不同的实验条件之一.

综上所述, 丁等人的实验材料与方法均与文献[4]有明显的不同, 更重要的是, 他们引入了较多的实验误差源, 尤其是实验样与对照样的实验方法和条件不同, 会引起实验数据的不可比性, 进而会影响结论的可靠性.

2 对丁文[5,6]数据的分析和讨论

我们注意到, 在 2007 年 8 月 19~25 日, 中国核学会核化学与放射化学分会在新疆乌鲁木齐召开了“第八届核化学与放射化学学术研讨会”, 在其论文摘要集第 36~37 页中[6], 发表了丁有钱等人与文献[5]相同的实验工作.

正常情况, 同一实验在不同场合公开应有相同的原始数据. 数据是科研论文的生命. 下面对文献[5]和[6]的数据进行分析和讨论.

(1) 在文献[5]中, 在材料与方法部分明确说到, BP211D 电子天平感量为 10^{-5} g (10^{-2} mg), 但在“2.1 ^{32}P 样品”部分表述 A_2 样品质量为 49.93 mg, 而在表 1 中却写成 49.90 mg, 这让读者很困惑.

(2) 我们还发现丁文[6]表 1 中第二次测量 A_3 的计数是 1120495/min(2007-5-24, 9:04), A_3 质量 100.27 mg, 其比活度(Bq/mg)应是 186.25 而不是 189.59. 因此, 在表 2 中, 在 47.18 小时 A_3 的 189.59 应改为 186.25. 这样, 文献[6]表 2 中, B1 样品在 47.18 小时圆周运动作用后, 其比活度 189.17 比对照样 A_1 和 A_3 的比活度 188.38 和 186.25 均大, 说明在逆时针离心运动场中 B 样品比 A 样品衰变得更慢. 经计算, B1 样品比 A_1 与 A_3 样品半衰期平均约慢 5%, 与文献[4]结果相近, 也即(手性)机械运动能影响放射性衰变过程.

然而, 在文献[5]中, 文献[6]中的 A_3 质量 100.27 mg 却变成了 98.50 mg. 也在文献[5]中, 在同一时间(2007-05-24 9:04), 表 2 中 A_3 的计数率是 1120495/min, 但在表 4 中却变成 1112399/min. 这使得文献[5]中 A_3 的质量和计数率均与文献[6]中的完全不同了, 这令人费解.

(3) 即便按文献[6]中的 A_3 质量取 98.50 mg, 根据文献[6]表 2 中 A_3 的比活度可以反推算得到在不同时间点的对应计数率. 我们发现这些值与文献[5]表 4 中 A_3 对应计数率不相同(见下表 1), 最大差达 0.95%. 这就已大于丁文[5]的不确定度 0.6%了. 因此, 丁文[5]在其摘要中的测量不确定度范围 0.6%是如何得

表 1 样品 A_3 计数率自洽性推算

实验 时间/h	文献[6]中的比 活度/Bq·mg ⁻¹	假若 $A_3=98.50$ mg 时的计数率/min	文献[5]中的 计数率/min	计数率 相差/%
47.18	189.59	1120477	1112399	0.73
143.32	155.59	919537	915395	0.45
244.45	126.47	747438	743803	0.49
311.03	110.69	654178	650460	0.57
407.85	90.87	537042	534818	0.42
479.03	78.55	464231	463673	0.12
575.15	64.55	381491	379401	0.55
647.10	55.90	330369	327270	0.95

来的, 让人不解. 而如果以 A_3 质量为 100.27 mg 进行计算, 计数率也不自洽(数据在此未显示).

(4) 丁等人在文献[5](3.3.2 部分)给出, A_3 和 A_1 两组标准对照样在时间 $T=0$ 时的比活度对数值 $\ln A_0$ 分别为 5.3396 和 6.0187. 进行对数换算, 也即 A_3 和 A_1 在时间原点的比活度分别为 208.429 和 411.044 Bq/mg. 这是由同一溶液 I 而来的两个标样, 在同一时间的比活度理应相同或相近, 但它们却相差高达 97.2%! 这说明什么呢?

(5) 丁文实验的目的本来就是检验 A 和 B 样品的实验半衰期是否有差别, 但在对 A 样品进行比活度归一化时, 却使用了文献半衰期(14.262 d). 无疑, 这将人为影响测得的半衰期的真实性. 事实上, 如使用真实测量时间对计数率的方法来校正, 会更客观和简便.

即使按文献[5]给出的 A_3 计数和方法对它们进行归一, 其数据也出现了某些可能的计算误差(见下表 2), 最高达 0.94%, 这也大于丁文认为的不确定度 0.6%. 根据下表 2, 实验 B 样品比对照 A_3 样品在对应的时间相比, 比活度前者普遍明显相对较高, 即 B 样品衰变得更慢, 这与文献 [5,6] 结论不同而与文献 [4] 相同, 即(手性)机械运动能影响放射性衰变过程!

核衰变是一个统计规律过程, 由更多点组成的衰变曲线得到的半衰期才更可信. 丁文中的衰变曲线

仅由 8 个计数点组成, 其中一个原始数据的小小变化或失误, 便可能会引起最终计算结果较大的变化甚至可能得到相反的结论. 因此, 每一个数据的准确和可靠至关重要.

综上所述, 丁文[5,6]某些原始数据及处理方式是值得商榷的.

3 对丁文数据的重新处理

考虑到丁有钱等人的文稿中是用 8 个不同的 B 样品在不同时间点的计数来得到运动场中的衰变曲线, 与对照样 A 的方法不同. 为了数据的可比性和准确性, 应用同一对照样和同一实验样随时间的计数变化来计算半衰期: 以起始点为准($T=0$), 对 8 个 B 样品分别计算半衰期, 得到不同时间长度下 8 个不同 B 样品的半衰期受转动的影响.

因丁文中[5] A_1 标样在转动时间原点(2007 年 5 月 22 日 9:50)的比活度(411.044 Bq/mg)明显不合理, 下面数据的重新处理使用 A_3 作标准样. 根据丁文[5], 溶液 I 比活度是 408.5 Bq/mg(2007 年 5 月 8 日 14:06), 其标准样 A_3 的半衰期 14.156 d (即衰变常数为 0.00204), 则在 2007 年 5 月 22 日 9:50 ($T=331.733$ h) 开始离心转动时, 样品的比活度为 $\ln B = \ln(408.5) - 0.00204 \times 331.733$, $B = 207.63$ Bq/mg. 即理论上, 8 个 B 样品在转动时间原点(2007 年 5 月 22 日

表 2 A_3 样品(98.50 mg)比活度(Bq/mg)归一化

B/Bq·mg ⁻¹	归一时刻	A_3 测量时刻	归一化时差/h	文献[5]中 A_3 计数率/min	文献[5]中 A_3 未归一化比活度	重新计算的 A_3 归一化后比活度	文献[5]中 A_3 归一化后比活度	两种归一化比活度相差/%
189.17	9:01 24/5/2007	9:04 24/5/2007	-0.050	1112399	188.22	188.24	189.61	0.72
155.57	9:09 28/5/2007	9:15 28/5/2007	-0.100	915395	154.89	154.92	155.62	0.45
126.41	14:17 1/6/2007	14:25 1/6/2007	-0.133	743803	125.85	125.89	126.51	0.49
110.53	8:52 4/6/2007	9:01 4/6/2007	-0.150	650460	110.06	110.09	110.73	0.57
90.59	9:41 8/6/2007	9:52 8/6/2007	-0.183	534818	90.49	90.53	90.90	0.41
78.22	8:52 11/6/2007	9:04 11/6/2007	-0.200	463673	78.46	78.49	78.58	0.12
64.59	8:59 15/6/2007	9:14 15/6/2007	-0.250	379401	64.20	64.23	64.58	0.54
55.57	8:56 18/6/2007	9:12 18/6/2007	-0.267	327270	55.38	55.41	55.93	0.94

表 3 B 样品半衰期重新处理

B 样品编号	转动时间/h	比活度/Bq·mg ⁻¹	衰变对数方程	$T_{1/2}/d$	与对照 A ₃ 的 14.156 d 半衰期相比差别/%
B ₀ (起始样)	0	207.63			
B ₁	47.18	189.17	$y = 207.629800\exp(-0.001974x)$	14.631	3.35
B ₂	143.32	155.57	$y = 207.629800\exp(-0.002014x)$	14.340	1.30
B ₃	244.45	126.41	$y = 207.629800\exp(-0.002030x)$	14.227	0.50
B ₄	311.03	110.53	$y = 207.629800\exp(-0.002027x)$	14.248	0.65
B ₅	407.85	90.59	$y = 207.629800\exp(-0.002034x)$	14.199	0.31
B ₆	479.03	78.22	$y = 207.629800\exp(-0.002038x)$	14.171	0.11
B ₇	575.15	64.59	$y = 207.629800\exp(-0.002030x)$	14.227	0.50
B ₈	647.10	55.57	$y = 207.629800\exp(-0.002037x)$	14.178	0.16
平均				14.278	0.86

9:50)的比活度都应是 207.63. 以此为准, 利用衰变方程单独计算每一个 B 样品被离心转动不同时间后的半衰期变化如表 3.

表 3 表明, 逆时针转动对 P-32 半衰期的影响是增加效应, 随离心时间增加, B 样品半衰期增加从 3.35%~0.11%不等, 平均 0.86%(大于丁文说的 0.6%测量不确定度). B₁ 样半衰期的增加达 3.35%, 这与文献 [4] 的逆时针(4000 r/min)效应(4.34%)接近.

我们也注意到, 在表 3 中, 圆周运动对 B 样品作用时间增加其影响反而呈线性下降趋势, 这强烈暗示实验中可能存在某些系统误差效应.

综上所述, 对丁文的数据进行重新处理, 其结果事实上不是反对而是支持文献 [4] 的.

4 关于 S Freed 等人的工作 [11,12]

最后, 谈谈丁文 [5] 前言中提到的 Rutherford 等人 [11] 和 Freed 等人 [12] 的工作. 这些工作与文献 [4] 共性的地方是, 均认为离心运动产生的离心力属引力范畴, 均对引力与衰变过程的弱力这两个基本物理力是否有关感兴趣; 而不同的是, 文献 [4] 思考的力是通过不对称机械运动产生手性螺旋离心力即不对称引力, 而文献 [11] 和 [12] 关注的只是圆周离心力即对称引力. 因此, 学术思想和出发点仍有很大的本质差别.

我们理解, Freed 等人 [12] 的结论说在他们的实验误差(0.1%)下, 圆周运动对放射性衰变没有效应. 但

请注意, 放射性衰变是一个遵守统计规律的过程. 在考虑到实验误差时别忘了另一个很重要的误差源, 即放射性计数测量不准确性的相对误差 $1/\sqrt{N}$ 律. Freed 论文表 1 中, 样品起始的最高计数为 1489/min, 最低仅为 60/min, 这两者的测量误差由 $1/\sqrt{N}$ 律分别得到 2.59% 和 12.9%; 离心后样品最终的最高计数为 224/min, 最低仅为 9/min, 这两者的测量误差分别为 6.68% 和 33.3%! 因为受射线计数方法的限制, 在 20 世纪早期的实验中计数较低, 测量误差较大是常见的. 但实验误差也应考虑到相对测量误差 $1/\sqrt{N}$, 不能只考虑仪器引起的误差.

在 Freed 论文表 1 中, 比较不同同位素的文献半衰期和观察半衰期, 大多有百分之几的半衰期变化. 比如 Cl-38, 其半衰期文献值和实验值分别为 37.40 和 39.1 min, 相差 4.55%. 但在从 2.59%~33.3% 的测量误差内, 可下什么结论呢? 因此, Freed 等人的工作 [11,12] 并不意味着半衰期真的没有变化.

5 小结

鉴于上述分析和事实, 本文作者认为丁文 [5,6] 的实验设计、数据的处理和结论等方面均值得商榷. 事实上, 文献 [5,6] 的数据重新处理后的新结果与文献 [4] 的结论是一致的, 即(不对称)机械运动能改变放射性同位素的半衰期.

诚然, 即使文献 [5,6] 不成立, 也并不意味着文献

[4]就成立. 文献[4]认为放射性衰变能受手性机械运动(力)的影响, 作为一个新的观点, 的确需要通过严谨规范的科学方法进一步验证. 学术的发展需要正常的争鸣. 我们欢迎和期待丁有钱等人继续指教和验证.

关注不对称机械圆周运动产生的手性引力是否

影响核衰变过程, 其实质是想了解引力与弱力的关系这一重要基本科学问题^[11]. 因此, 对文献[4]的实验验证和深入研究之意义是毋庸置疑的, 我们期待有关专家学者的参与和支持.

行文至此也特别声明, 本文和相关文献中的观点仅代表作者意见, 文责自负, 与他人无关. 谢谢!

参考文献

- 1 Huh C. Dependence of the decay rate of ^7Be on chemical form. *Earth Planet Sci Lett*, 1999, 171: 325—328[DOI]
- 2 Liu L, Huh C. Effect of pressure on the decay rate of ^7Be . *Earth Planet Sci Lett*, 2000, 180: 163—167[DOI]
- 3 Norman E B, Rech G A, Browne E, Larimer R-M, Dragowsky M R, Chan Y D, Isaac M C P, McDonald R J, Smith A R. Influence of physical and chemical environments on the decay rates of ^7Be and ^{40}K . *Phys Lett B*, 2001, 519(1): 15—22[DOI]
- 4 何裕建, 戚菲, 戚生初. 机械运动诱导的 ^{111}In 和 ^{32}P 核衰变速率变化. *中国科学 B 辑: 化学*, 2007, 37(1): 1—5
- 5 丁有钱, 孙宏清, 杨志红, 梁小虎, 王孝荣, 张生栋, 崔安智. 机械运动能改变放射性同位素的半衰期吗? *中国科学 B 辑: 化学*, 2008, 38(11): 1035—1037
- 6 丁有钱, 孙宏清, 杨志红, 梁小虎, 王孝荣. 机械运动对 P-32 半衰期影响的实验检验. *中国核学会核化学与放射化学分会. 第八届核化学与放射化学学术研讨会论文摘要集. 2007 年 8 月 19-25 日 (新疆乌鲁木齐)*. 36—37
- 7 杨守礼, 江丕栋, 林汉, 主编. *液体闪烁测量技术的进展与应用*. 北京: 科学出版社, 1987. 139
- 8 He Y J, Qi F, Qi S C. The circadian rhythms in radioactive decay. *The 40th IUPAC Congress Abstracts*. Beijing. 2005. 212
- 9 曾力希, 戴志锋, 王健, 杨洁, 杨巨华, 王德民, 戚生初, 何裕建. ^{60}Co β 衰变过程 γ 能谱的周期性漂移现象. *中国化学会第七届全国无机化学学术会议论文集. 2007 年 7 月 18~22 日 (内蒙古呼和浩特)*. 868—872
- 10 戴志锋, 曾力希, 王健, 杨洁, 杨巨华, 戚生初, 王德民, 何裕建. ^{241}Am 的 α 衰变 γ 能谱漂移的周期性. *中国化学会第七届全国无机化学学术会议论文集. 2007 年 7 月 18~22 日 (内蒙古呼和浩特)*. 875—878
- 11 Rutherford E, Compton A h. Radio-activity and gravitation. *Nature*, 1919, 104: 412[DOI]
- 12 Freed S, Jaffey A, Schultz M. High centrifugal fields and radioactive decay. *Phys Rev*, 1943, 63: 12—17[DOI]