

三种新的丰中子同位数—— ^{53}K , ^{54}K 和 ^{53}Ca

M. Langevin等

摘要: 用高效率液体闪烁中子探测器测量了 $^{49-53}\text{K}$ 的 β 延发中子产额，鉴别出三种新的核素；确定了 $^{50-54}\text{K}$ 和 ^{53}Ca 的半衰期，测量了 $^{49-53}\text{K}$ 的延迟中子发射几率。

在线同位素分离器对碱金属元素有很高的分离产额，为钾和钙同位素（直到 ^{52}K 和 ^{52}Ca ）的研究提供了条件^[1]。由于在 ^{36}Na 的发现中被验证了的 β 延发中子探测效率的改进^[2]，这种研究可望拓展到很丰中子的K和Ca的同位素。

丰中子钾同位素是用西欧中心同步加速器的10GeV质子快引出束流（每隔2.1秒在2微秒中引出 3×10^{12} 个质子）轰击 30g/cm^2 的Ir（铱）靶引起的碎裂反应中产生的。和文献[3,4]所描述的那样，钾离子经过质量分离并通过屏蔽聚焦在 β 符合中子探测器上。中子探测器是一个井型 4π 立体角NE213液体闪烁体，该闪烁体与一块同样几何形状的薄塑料闪烁体相连。低的中子能量 $E_n = 150\text{keV}$ 使之能达到 0.3 ± 0.05 的很高的绝

对效率^[5]，在束流引出后的1到51毫秒间，在10小时内测出大约有一个 β 符合中子本底事件。

在收集钾同位素时，两个多路定标装置由ps脉冲触发，同时记录 β 事件（薄闪烁体）的时间分布和 β 符合中子事件的时间分布。半衰期可以从中子符合的多定标中推出。如果离子的收集是在离子束的静电斑点所产生的质子束脉冲之后的一个预定时间就停止了，那么，这种计算就简化了。

图1中给出了 ^{52}K 收集后的 β 符合中子计数的衰变。该同位素衰变后发生的中子事件所显示出的本底，大约是预期值的两倍，但是，由于统计较低，对长寿命（4.6秒）的 ^{53}Ca 后代，仅能给出一个 $P_n \leq 2\%$ 的上限，相反，图2中给出的 ^{53}K 收集后 β -符合中子计数的时间关系，很清楚地表现出一条两个组分的衰变曲线。为了较好地估计两个相应的半衰期，在增加收集时间来改进收集产额的同时，首先用较大的时间标度确定了 ^{53}Ca

29. F. Plasil et al., Phys. Rev. 142, 696 (1966).
30. J. Gosset, H. H. Gutbrod, W. G. Meyer, A. M. Poskanzer, A. Sandoval, R. Stock and G. D. Westfall, Phys. Rev. C16, 629(1977).
31. A. S. Goldhaber, Phys. Rev. C17, 2243 (1978).
32. C. K. Gelbke, Nucl. Phys. A400, 473 c(1983).
33. J. Fleckner, G. Saner, U. Mosel, Phys. Lett. 65B, 316(1976).
34. P. Grangé, Li Jun-Qing, H. A. Wei- denmüller, Phys. Rev. C27, 2063(1983).
35. K. A. Kramers, Physica VII, 4, 284 (1940).
36. S. Hassani and P. Grangé, Phys. Lett. 137B, 281(1984).
37. T. Ericson, Advances in Physics, 9, 425(1960).
38. H. A. Bethe, Phys. Rev. 50, 332(1936).
39. P. Bonche, S. Levit, D. Vautherin, Nucl. Phys. A(to appear).
40. P. Siemens and J. Kapusta, Phys. Rev. Lett. 43, 1486(1979).

(诸永泰译)

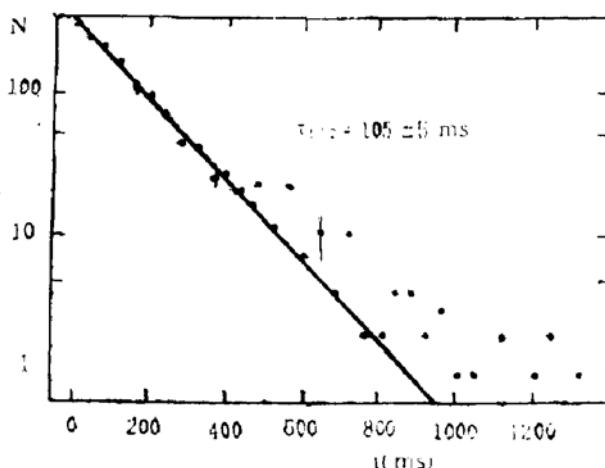


图1. ^{52}K 收集后的 β 延迟中子衰变

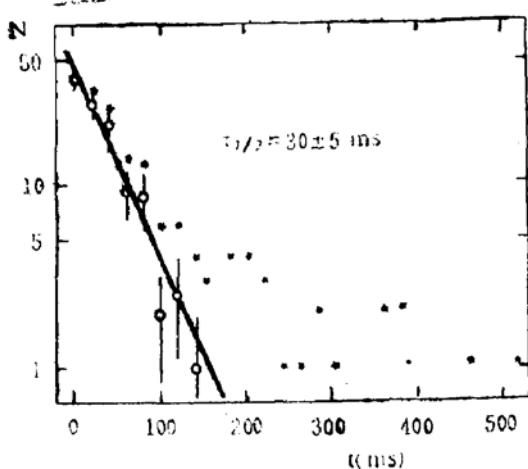


图2. ^{53}K 收集后的 β 延迟中子衰变
*——表示实验结果
0——表示扣除 ^{53}Ca 的贡献后得到的产额。

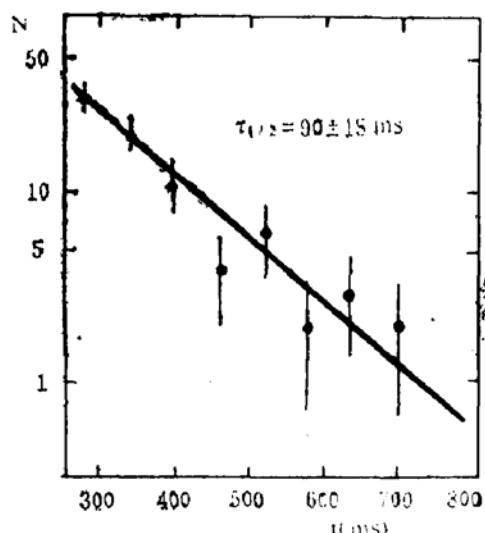


图3.长寿命 ^{53}Ca 组分的 β 延迟中子衰变
后代的衰变。然后，将得到的衰变曲线（图

3）用于在图2中观测到的 ^{53}K 快组分的更精确的确定。

在 ^{54}K 收集的10小时内的11个 β 符合中子事件（有 3×10^{16} 个质子打在靶上）表示在图4中。在这一段观察的时间间隔中，大约有一个本底事件。 ^{54}K 的半衰期是和 ^{35}N 一样^[2]用 χ^2 分析确定的。在 χ^2 分析中，图4的实验时间关系与离子源钾产物的时间关系和各种 $T_{1/2}$ 值的同位素衰变时间关系的褶积的结果作了比较。

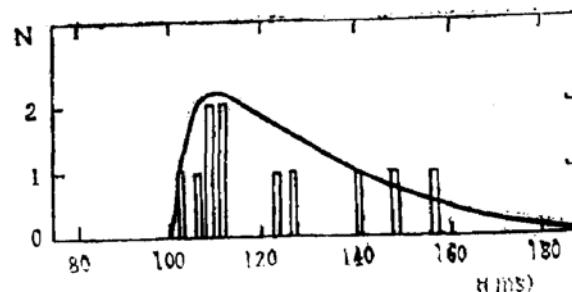


图4. ^{54}K 收集期间记录到的 β 延迟中子事件的时间分布。

曲线是从钾离子产生率和 ^{54}K ($T_{1/2} = 10\text{ms}$) 的放射性衰变的褶积所得到的（在同步脉冲以后100ms出现ps束）

我们实验的半衰期综合列在表1中。 $^{50,52}\text{K}$ 的半衰期与已知值^[1]是一致的，而且更为精确。三种新同位素的半衰期介于粗糙 β 理论的预言值^[6]和基于单粒子壳模型的计算值^[7]之间。

对中子探测器绝对效率修正过的 β 延发中子计数与在相同时间间隔内测量到的 β 衰变数之比，给出了总的 β 延迟中子发射几率 P_n 的直接测定。表1中给出了这些实验值。 ^{51}K 的 β 延发中子能量^[1,8]不寻常地集中在液体闪烁体的最有效能量范围内^[6]，使得产生对 ^{51}K 延发中子的探测效率达 0.35 ± 0.04 。已知的 $^{49-51}\text{K}$ 的 P_n 值与现在的值符合的很好。 ^{52}K 和 ^{53}K 得到的新值接近于100%，和最近得到的 $^{33,34}\text{Na}$ 的结果类似^[6]。这应当表示一个相当高的 P_{2n} 产额（对比 ^{55}K 轻的钾同位素而言，预计 P_{3n} 是很低的）

图3所表示的 β 延迟中子发射说明， ^{52}Ca

表 1

K 和 Ca 的 半 衰 期

	NE213测量 (本工作) [ms]	γ 谱仪 (文献[1]) [ms]	计算值(ms)	Takahashi et al.[6]	Klapdor et al.[7]
^{50}K	472 \pm 4	470 \pm 20			
^{51}K	365 \pm 5	380 \pm 20			
^{52}K	105 \pm 5	110 \pm 30			
^{53}K	30 \pm 5		100	14	
^{53}Ca	90 \pm 15		400	25	
^{54}K	10 \pm 5		50	8.6	

表 2 重钾同位素的延迟中子发射几率
 P_n (%)

	NE213测量 (本工作)	Isolde测量 (文献[1])
^{49}K	90 \pm 14	86 \pm 9
^{50}K	28 \pm 4	29 \pm 3
^{51}K	68 \pm 10	47 \pm 5
^{52}K	107 \pm 20	
^{53}K	100 \pm 30	

子体也是一种 β 延迟中子发射体。如果忽略了 ^{53}K 的 P_{2n} 产额，我们得到 ^{53}Ca 的 P_n 值为(40 \pm 10) %。由于缺少 ^{53}K 的 P_{2n} 产额的知识，这个值应考虑做它的下限。

总之，在 ^{36}Na 发现以后，使用了新设计的 β 延发中子探测器，使我们有可能对丰中子K同位素开展研究工作。本工作给出了三种新的钾和钙同位素存在的证据，并且提供了半衰期和 P_n 值的新的知识。目前已知的钾同位素的 P_n 值不随 Q_β 值的质量数的增加而增加。 $^{49-53}\text{K}$ 的结果，已经分别与文献[6]和[9]中给出的粗糙 β 理论和微壳层模型的估计做了比较。这些单位的计算似乎低估了重的K同位素的 β 延发中子产额。然而，最近用拓广壳模型框架^[10,11]的计算，给出了与A = 49和A = 50的实验衰变纲图符合的很好的结果。按照这些计算，A = 49的 P_n 值比A = 50的 P_n 值高出许多的事实，可能与伽莫夫—泰勒 β 衰变所能达到的子核的能级位置和数目有关。对较重的钾同位素，需要在扩

展空间做另一套计算。

正象文献[12]中所介绍的钠同位素的研究一样，对最重的钾同位素的研究，补充 P_{1n} 和 P_{2n} 的确定将是很有意思的，可是，这就需要进一步提高在线同位素分离器产物的产额。

参考文献：

- [1] A. Huck, G. Klotz, A. Knipper, G. Marguier, C. Miché, G. Walter, A. Poves, H. L. Ravn and C. Richard-Serre, to be published.
- [2] M. Langevin et al. Phys. Lett. 125B (1983) 116.
- [3] M. De Saint-Simon et al. Nucl. Instrum. Methods 186 (1981) 87.
- [4] F. Touchard et al. Nucl. Instrum. Methods 186 (1981) 329.
- [5] M. Langevin et al. to be Published.
- [6] K. Takahashi, M. Yamada and T. kondoh, At. Data Nucl. Data Tables 12 (1973) 101.
- [7] H. V. Klapdor, J. Metzinger and T. oda, Karlsruher Nuklidkarte, 5th Ed. (1981); and to be Published.
- [8] A. Huck et al., to be Published.
- [9] Y. S. Lyutostansky, I. V. Panov and V. K. Sirokin, Yad. Fiz. 37 (1983) 274.
- [10] L. C. Carraz et al. Phys. Lett. 109B (1982) 419.
- [11] A. Dobado and A. Poves, Lecture Notes in Physics, vol. 168 (Springer, Berlin, 1983).
- [12] C. De'traz et al. Phys. Lett. 94B (1980) 307.
(李桂生译自 Physics Letters Vol. 130B N.5 27 Oct. 1983)