

提 要

利用核-3 乳胶测量了热中子引起 U^{235} 及 Pu^{239} 裂变中子能谱。结果如下：(1) Pu^{239} 裂变中子能谱显著地较 U^{235} 裂变中子能谱为硬。其平均能量分别为： $\bar{E}_{Pu} = 1.989 \pm 0.024$ 兆电子伏， $\bar{E}_U = 1.867 \pm 0.015$ 兆电子伏。(2) 在 2—3 兆电子伏区域，发现有一个曲折，表明可能存在能谱上的某种“结构”现象。

变中子能谱不仅是研究原子核裂变机构的重要资料，而且是实际应用链式反应时数据之一。热中子引起 U^{233} 、 U^{235} 及 Pu^{239} 等裂变的中子能谱，有若干国家的作者测量^[1-8]，结果大体上是相互符合的。理论上则有 Watt, Feather 及 Terrell 等人讨论及解释^[9]。为了进一步测准谱形，并对 U^{235} 与 Pu^{239} 能谱进行比较，我们在重水上利用原子核乳胶法测量了热中子引起 U^{235} 及 Pu^{239} 裂变中子的能谱 (0.4—12 兆)。

一、实验方法

实验装置见图 1。由反应堆水平孔道引出的热中子束打击裂变靶，产生裂变中子。

用的是大小为 4×2.5 厘米² (U^{235} 含量 2%) 的金属铀片，和装在直径为 4 厘米铝 5.5 克二氧化钍。探测中子用国产核-3，厚度 200 微米，大小 5×4 厘米²，装在厚的锡盒内 (为了消除热中子引起核反的本底)，乳胶表面与裂变中子方向成约 15° 角 (这是为了减少中子通过乳胶层的衰变本底用的吸收体，是一个长 30 厘米的石

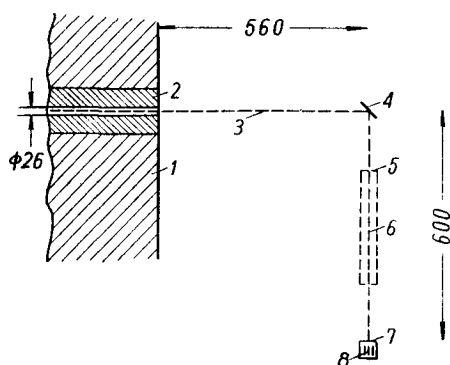


图 1 实验装置图

1——反应堆防护层； 2——镭铁准直器；
3——热中子束； 4——裂变靶； 5——测
本底用的吸收体； 6——裂变中子方向；
7——锡盒； 8——乳胶。图上尺寸单位
都是毫米。

胶在照射前保持干燥，照射时相对湿度小。乳胶片用温度显影法处理，并用浸泡甘法来减少显影前后厚度的改变 (即减小收缩)。在这样的条件下，经过校验，证明核-3 质子的射程与按 Ilford C-2 的能程关系^[10]

在 1% 误差范围内相符，所以我们就利用了文献 [10] 中的能程关系。

量时只选择落在与裂变中子入射方向成 15° 的角锥内的反冲质子径迹。对于每一

中子能譜,一共測量了 14000 条徑迹,其中在 1.5—4 兆电子伏区域进行过重数据都进行了归一化。Pu²³⁹ 裂变中子能譜,測量分为二段进行:第一次測量米的徑迹;第二次測量长度大于 40 微米的徑迹。一共得到 6000 条徑迹,二 $\frac{(E)}{\sqrt{E}} \sim E$ 曲綫的斜率一致而連接起来。

驗測出減去,高能区很小,低能区較大,但也不超过 2—3%。
 分別等于: 0.8 兆电子伏处为 12%; 1.5 兆电子伏处为 6.6%; 3 兆电子伏兆电子伏以上为 4.0%。能量的誤差来源是形成徑迹的游离涨落以及长度的誤差。
 差在 1 兆电子伏以上主要是統計誤差。系統誤差的来源包括:測量条件中誤差,(n,p) 散射截面的誤差,穿出几率校正的誤差,以及不同能量中子穿过乳致引起的誤差。最后数据上的誤差是将系統誤差与統計誤差平方相加而得。

二、結果与討論

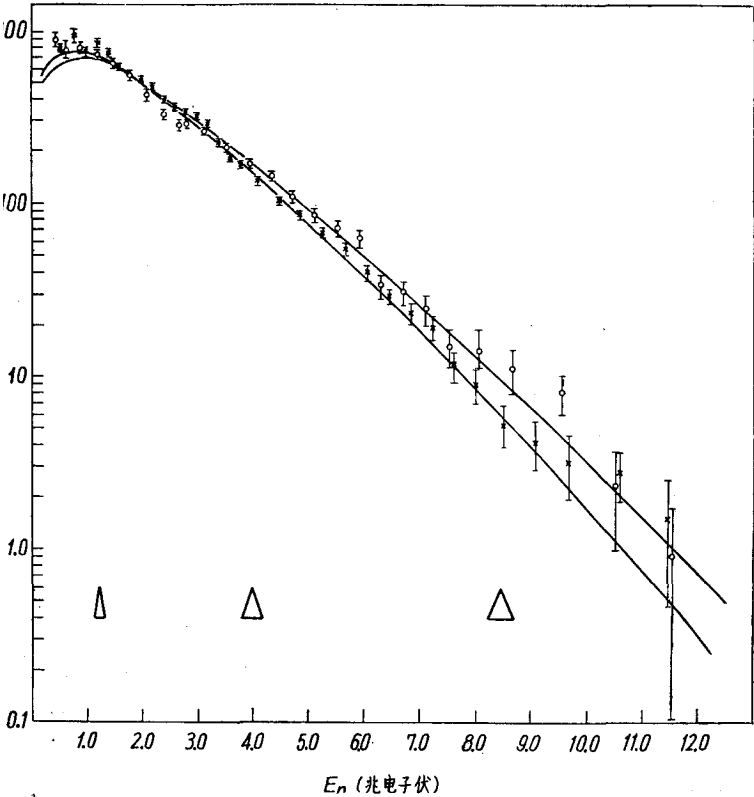


图 2 測量結果: U²³⁵ 及 Pu²³⁹ 裂变中子能譜的結果; $\bigcirc$ ——Pu²³⁹ 的結果。 $\triangle$ ——能量分辨率。实綫是与实验数据最佳符合的瓦特綫:
²³⁵: $N(E) = \text{Const} \cdot \text{sh} \sqrt{2.30E} e^{-\frac{E}{0.96}}$, Pu²³⁹: $N(E) = \text{Const} \cdot \text{sh} \sqrt{1.65E} e^{-\frac{E}{1.10}}$ 。

量。我們用最小二乘法分別求得： $E_{Pu}=1.989\pm0.024$ 兆电子伏， $E_U=1.867\pm0.015$ 兆电子伏(此处为統計誤差)。从我們的实验結果可以看出，热中子引起 Pu^{239} 裂变中子能谱地較 U^{235} 为硬。其平均能量之比为 $\bar{E}_{Pu}/\bar{E}_U=1.065\pm0.021$ 。

我們发现，实验結果大体上和通常用来解释裂变中子能谱的 Watt 或 Maxwell 曲线但在 2—3 兆电子伏区域有一个曲折，与理論的偏离已超过統計誤差范围。对于这象，我們进行了一些分析：将不同的径迹观测者所得的数据分別整理，发现与理論曲

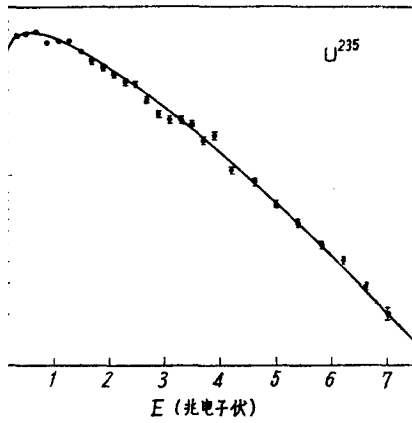


图3 热中子引起 U^{235} 裂变中子能谱，引自文献[1]。在3兆电子伏左右有一段偏离。

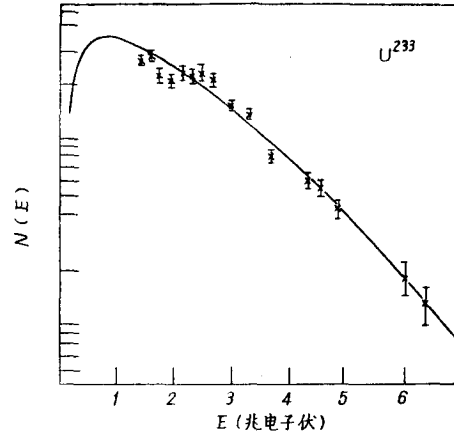


图4 热中子引起 U^{238} 裂变中子能谱，引自文献[6]。在2兆电子伏区域有一段偏离。

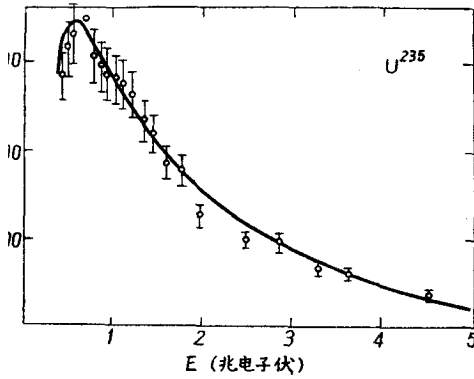


图5 14兆电子伏中子引起 U^{235} 裂变时与碎片成 90° 的中子能谱，引自文献[7]。在2—3兆电子伏区域有一段偏离。

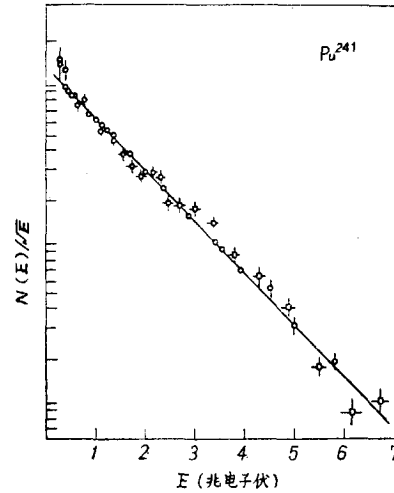


图6 热中子引起 Pu^{241} 裂变中子能谱，引自文献[8]。○——飞行时间法，□——乳胶法
直线是 Maxwell 线 $\frac{N(E)}{\sqrt{E}} = e^{-E/T}$ 。 $T = 2.002\pm0.051$ 兆电子伏。在2—3兆电子伏区域有一段偏离。

意到, 这种現象在其他作者的实验結果中也存在^[12, 13], 并且在文献[1]中, 此种“結構”的位置与我們的相符合(见图3至图6)。看来, 这种現象在不同¹, U^{235} , Pu^{239} , Pu^{241}), 不同的入射中子能量(热中子, 14兆电子伏快中子), 用(乳胶及飞行時間法)等各种情况下都存在¹。应该指出, 这一現象是不很显著与原来理論綫的偏离, 从我們的数据来看, 不超过10%。

現象可能的解释, 王德焄、叶宣化作了理論上的探討, 見另文^[14]。

感谢錢三强先生、何泽慧先生对本工作的指导和关怀; 孙盛芬、王秀云、武王乳胶測量中所付出的劳动。

参 考 文 献

- L., Frye, G., Nereson, N. and Rosen, L. *Phys. Rev.*, **103** (1956), 662.
ский, Б. Г. 裂变物理学, 原子能譯丛, **1** (1958), 66 頁。
В. П., Андреев, В. Н., Николаев, М. Н., Гусейнов, А. Г. *ЖЭТФ.*, **33** (1957), 1069;
34 (1958), 501.
B., Fields, P. R. and Roberts, J. H. *Phys. Rev.*, **108** (1957), 411.
E., Slätis H. and Thompson, S. G. *Arkiv Fysik*, **10** (1956), 357; *Phys. Rev.*, **100** (1955),
B., Fields, P. R., Sjöblom, R. K. and Roberts, J. H. *Phys. Rev.*, **114** (1959), 1351.
Ю. А., Замятнин, Ю. С., Сиротинин, Е. И., Фомушкин, Э. Ф. *Атомная Энергия*,
1960), 1.
B. *Phys. Rev.*, **123** (1961), 2140.
rell, *Phys. Rev.*, **113** (1959), 527.
M., Prowse, D. J. and Rotblat, J. *Nature*, **173** (1954), 1180; *Nature*, **167** (1951), 550.
Nucleonics, **11** (1953), 38.
reson, *Phys. Rev.*, **85** (1952), 600; *Phys. Rev.* **88** (1952), 823.
, Ю. С. 見裂变物理学, 原子能譯丛, **1** (1958), 69 頁。
“宣化, 見本期物理学报, 471 頁。

РЕНИЕ СПЕКТРОВ НЕЙТРОНОВ ДЕЛЕНИЯ U^{235} И Pu^{239}

Сяо Жэнь-си, И Чжун-юнь, Чжан Ин, Хуан Шэн-нянь

Резюме

цью фотопластинок типа Хэ-3 измерены спектры нейтронов делений
вызванных тепловыми нейтронами. Получено: (1) Спектр нейтронов
оказывается значительно более жесткий, чем спектр нейтронов U^{235} ,
энергии $\bar{E}_{Pu} = 1.989 \pm 0.024$ МэВ, $\bar{E}_U = 1.867 \pm 0.015$ МэВ. (2) В обла-
сти обнаружен изгиб, указывающий на возможность существования
структуры” спектра.

結果中飞行時間法的数据上沒有出現偏离, 可能有两个原因: (1) 能量分辨較差 (~ 0.5 兆电子伏); (2)
用的是 $\frac{N(E)_{241}}{N(E)_{235}}$, 然后再取已知的 $N(E)_{235}$ 譜算出 $N(E)_{241}$ 譜来, 而在計算时 $N(E)_{235}$ 用的是馬
所以如果 $N(E)_{235}$ 及 $N(E)_{241}$ 偏离位置相同时, 就不会出現了。