

快报

热核破碎中的间歇行为*

刘洪民 萨本豪 郑玉明
陆中道 王仲奇 张孝泽

(中国原子能科学研究院, 北京 102413)

摘 要

本文用一种简单的蒙特卡罗模拟方法,甚至用简单配分方法,就能得到热核 Au* 破碎后得到的碎块电荷分布的阶乘矩与电荷小间隔间的级数律关系。它似乎表明此级数律并不唯一地是热核破碎中间歇行为的判据。

最近 Ploszajczak 和 Tucholski^[1,2] 发现,在 ~1GeV/A 的 Au 打乳胶反应^[3]中形成的热核 Au* 破碎后所得到的碎块电荷分布中,呈现着间歇行为 (intermittent behavior)。也就是说,如下定义的修正了的度规阶乘矩^[4]

$$\langle F_i \rangle = M^{i-1} \left\langle \frac{\sum_{m=1}^M n_m(n_m-1)\cdots(n_m-i+1)}{\langle N \rangle^i} \right\rangle / R_i, \quad (1)$$

$$R_i = M^{-1} \sum_{m=1}^M \left[\frac{1}{\delta z_m} \int_{\delta z_m} \rho(z) dz \right]^i / \left[(\Delta z)^{-1} \int_{\Delta z} \rho(z) dz \right]^i. \quad (2)$$

遵循级数律 (Power law)

$$\langle F_i \rangle \propto \left(\frac{\Delta z}{\delta z} \right)^i. \quad (3)$$

上述式子中 M 是热核的电荷 Δz ($\Delta z = 79$, 对于 Au) 按小间隔 δz 所能分得的数目; n_m 是每个事件中落入第 m 小间隔的碎块数; i 指秩数; 式中角括号表示对事件的平均; 而 $\langle N \rangle$ 是这些事件的平均碎块总数。 R_i 是考虑有限 δz (这儿最小 $\delta z = 1$) 效应的修正因子, 这是因为度规律 (式 (3)) 原则上只是在数学极限 $\delta z \rightarrow 0$ 下才成立^[5,6]。另外 $\rho(z) = N_{ev}^{-1} dN_f(z)/dz$ 是碎块平均电荷分布^[1,2], 这儿 N_{ev} 和 $N_f(z)$ 分别是事件总数和电荷为 z 的碎块的总数。

在文献 [1,2] 中还用链渗流模型, 就与 Au* 具有相近大小 (6^3) 的点阵并在相同限制条件下 (譬如对电荷大于和等于 Z_f 的碎块数目 N_f 加限制: $N_f \geq 2, Z_f \geq 3$) 作了计算。他们发现: 电荷分布实验数据中所呈现的上述间歇行为, 能被再现。他们由此作出结论: 热核破碎中的间歇行为是碎块电荷分布具有度规不变性的表现。并证明: 导致破碎的动力学过程的自相似和度规性。他们还断定: 用标准的统计模型^[7-9], 是很难得到这类间歇行为的。

本文 1991 年 5 月 17 日收到。

* 国家自然科学基金资助。

本文用蒙特卡罗方法,依照核素表并根据质量和电荷守恒律,模拟产生 Au 的各种破碎组态(以下称为简单的 MC 模拟)。在每次模拟中,中子、质子和其它荷电碎块数,分别

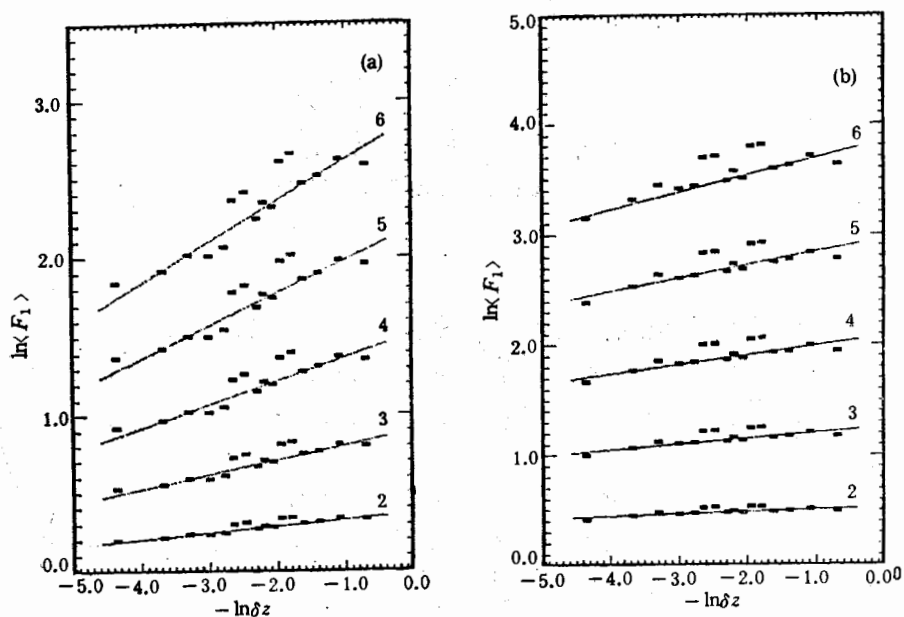


图1 $\ln\langle F_i \rangle$ 对 $-\ln\delta z$ 图,对事件选择的限制是:电荷 $z_i \geq 3$ 的碎块数 $N_i \geq 2$,图中实线是对计算点作线性拟合的结果:

(a): 简单 MC 模拟的结果

(b): Au + 乳胶反应中热核 Au* 破碎的结果

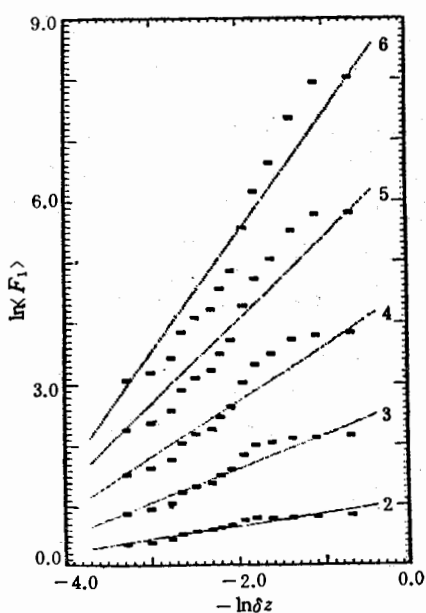


图2 同图1但是瓜分 $z = 79$ 客体的结果,总样品数为 3000

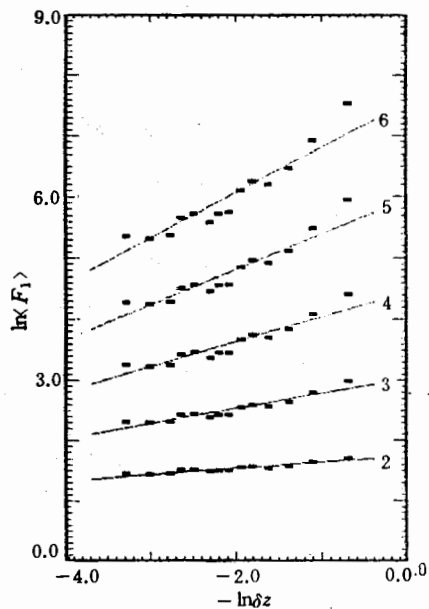


图3 同图1但是瓜分 $z = 40$ 客体的结果,全部配分样品数为 37338

在 1 和 $N_n^{\max} = 90$, $N_p^{\max} = 60$ 和 $N_c^{\max} = 14$ 间随机抽样。从得到的电荷分布中分析出的 $\ln\langle F_i \rangle$ 对 $-\ln\delta z$ 关系绘在图 1(a)。图 1(b) 是从相应实验电荷分布分析得的结果^[10](图中实线是对计算点作线性拟合得的结果, 各线上的数字指 i)。可见: 简单 MC 模拟能再现实验数据中所呈现的间歇图样。

进一步, 我们不用核素表而仅仅按电荷守恒把 $z = 79$ 客体瓜分 (partition) 为许多集团 (以后称为配分方法)。这儿荷电集团的数目在 1 和 79 间随机选取。总共事件为 3000 的 $\ln\langle F_i \rangle$ 对 $-\ln\delta z$ 的结果绘在图 2 中。令人惊奇的是: 呈现于实验数据的间歇图样再次被重现(虽然 $\ln\langle F_i \rangle$ 值进而斜率值间彼此尚有差别。)图 3 给的是将 $z = 40$ 客体瓜分成许多集团, 并考虑了所有可能的瓜分(总共 37338 个事件)的结果, 其中所呈现的式(3)所示的级数律行为比图 2 更近于图 1。这表明: 瓜分 $z = 79$ 客体为集团的情形, 只要增加抽样的事件总数, 其结果与实验的上述偏差, 有望获得改进。

即便说从简单 MC 模拟和配分方法所得到的碎块电荷分布, 真的具有度规不变性, 那么这儿似乎没有动力学过程及其自相似结构或者度规性质。上述模拟导致级数律的实质值得进一步研究。

除了自相似结构说法之外, 对间歇行为的由来尚有如下猜测: 热系统的二级相变会导致间歇行为^[11], 非热相变必伴随有间歇行为^[12]和隐相变必联系着间歇行为^[13]等等。显然, 无论是简单蒙特卡罗模拟或者是配分方法, 都不可能与上述任一说法相吻合。所以说, 式(3)的级数律似乎并不能作为热核破碎中有间歇行为的唯一判据, 热核破碎中间歇行为本身及其由来问题尚待进一步的研究。

参 考 文 献

- [1] M. Ploszajczak and A. Tucholski, *Phys. Rev. Lett.*, **65**(1990), 1539.
- [2] M. Ploszajczak and A. Tucholski, *Nucl. Phys.*, **A523**(1991), 651.
- [3] C. J. Waddington and P. S. Freier, *Phys. Rev.*, **C31**(1985), 888.
- [4] A. Bialas and B. Peschanski, *Nucl. Phys.*, **B273**(1986), 703.
- [5] By K. Fialkowski, B. Wosiek and J. Wosiek, *Acta Phys. Pol.*, **B20**(1989), 639.
- [6] A. Bialas and M. Gazdzicki, *Phys. Lett.*, **B252**(1990), 483.
- [7] J. Randrup and S. E. Koonin, *Nucl. Phys.*, **A356**(1981), 223;
S. E. Koonin and J. Randrup, *Nucl. Phys.*, **A474**(1987), 173.
- [8] Sa Ben-Hao and D. H. E. Gross, *Nucl. Phys.*, **A473**(1985), 643;
Zhang Xiao-Ze, D. H. E. Gross, Xu Shu-Yan and Zheng Yu-Ming, *Nucl. Phys.*, **A461**(1987), 668.
- [9] J. P. Bondorf, R. Donangelo, I. N. Mishustin, C. J. Pethick, H. Schulz and K. Sneppen, *Nucl. Phys.*, **A443**(1985), 321;
H. W. Barz, J. P. Bondorf, I. N. Mishustin and H. Schulz, *Nucl. Phys.*, **A448**(1986), 753.
- [10] Thanks go to C. Ngo for providing the experimental data of ref. [3] indirectly.
- [11] A. Bialas and R. C. Hwa, *Phys. Lett.*, **B253**(1991), 436.
- [12] R. Peschanski, *Nucl. Phys.*, **B327**(1989), 144.
- [13] Ph. Brax and R. Pechanski, *Nucl. Phys.*, **B353**(1991), 165.

Intermittent Behavior Shown in Disassembly of Hot Nuclei

LIU HONGMIN SA BENHAO ZHENG YUMING LU ZHONGDAO WANG ZHONGQI
ZHANG XIAOZE

(China Institute of Atomic Energy, Beijing 102413)

ABSTRACT

It is presented that by using a simple Monte Carlo simulation and even a partition method the intermittent behavior shown in the fragment charge distribution from the disassembly of Au* can be reproduced. That seems to indicate that the scaling law between factorial moment and resolution is not necessarily associated with intermittent behavior.