

每核子 14.6 和 60 GeV 能量下氧离子诱发核反应的带电粒子谱

M. I. Adamovich¹⁰, M. M. Aggarwal³, R. Arora³, Y. A. Alexandrov¹⁰, S. A. Azimov¹⁴, S. K. Badyal⁶, E. Basova¹³, K. B. Bhalla⁵, A. Bhasin⁶, V. S. Bahtia³, R. A. Bomdarenko¹³, T. H. Burnett¹², 蔡勛¹⁵, L. P. Chernova¹⁴, M. M. Chernyavski¹⁰, B. Dressel⁹, E. M. Friedlander², S. I. Gadzhieva¹⁴, E. R. Ganssaug⁹, S. Garpman⁷, S. G. Gerassimov¹⁰, A. Gill⁵, J. Grote¹², K. G. Gulamov¹⁴, V. G. Gulyamov¹³, V. K. Gupta⁶, S. Hackel⁹, H. H. Heckman², B. Jakobsson⁷, B. Judek¹¹, S. Katroo⁶, F. G. Kadyrov¹⁴, H. Kallies⁹, L. Karlsson⁷, G. L. Kaul⁶, M. Kaur³, S. P. Kharlamov¹⁰, J. Kohli⁶, V. Kumar⁵, P. Lal⁵, V. G. Larinova¹⁰, P. J. Lindstrom², 刘连寿¹⁵, S. Lokanathan⁵, J. Lord¹², N. S. Lukicheva¹⁴, L. K. Mangotra⁶, N. V. Maslennikova¹⁰, I. S. Mitta³, E. Monnard⁴, S. Mookerjee⁵, C. Mueller⁹, S. H. Nasyrov¹³, V. S. Nvtny¹⁴, G. I. Orlova¹⁰, I. Otterlund⁷, N. G. Peresadko¹⁰, S. Persson⁷, N. V. Petrov¹³, 钱琬燕¹⁵, R. Raniwala⁵, S. Raniwana⁵, N. K. Rao⁶, J. Y. Rhee⁹, N. Shaidkhanov¹³, N. G. Salmanova¹⁰, W. Schulz⁹, F. Schussler⁴, V. S. Shukla⁵, D. Skelding¹², K. Soderstrom⁷, E. Stanlund⁷, R. S. Storey¹¹, 孙君芬⁸, L. N. Svechnikova¹⁴, M. I. Tretyakova¹⁰, T. P. Trofimova¹³, 王海桥¹⁵, 翁智群⁸, R. J. Wilkes¹², 许国发¹, 张东海⁸, 郑蒲英¹, 周代翠¹⁵, 周景晨¹⁵

CERN/EMU-01 实验合作组

本文1989年1月3日收到。

1) 中国,北京,高能物理研究所. 2) 美国,伯克利,劳伦斯-伯克利实验室. 3) 印度,乾迪噶,旁加贝大学. 4) 法国,格勒诺布尔,原子能研究中心. 5) 印度,斋浦尔,拉加斯坦大学. 6) 印度,查谟,查谟大学. 7) 瑞典,隆德,隆德大学. 8) 中国,临汾,山西师范大学. 9) 联邦德国,马尔堡,菲利普斯大学. 10) 苏联,莫斯科,列比切夫研究所. 11) 加拿大,渥太华,国家研究委员会. 12) 美国,西雅图,华盛顿大学. 13) 苏联,塔斯干,核物理研究所. 14) 苏联,塔斯干,物理技术研究所. 15) 中国,武汉,华中师范大学

摘 要

本文给出了每核子 14.6 和 60 GeV 能量下氧离子诱发核反应的带电粒子多重数分布和簇快度分布。实验数据取自 EMU-01 乳胶叠, 并与 Lund Monte Carlo 模型 (FRITIOF) 作了比较。

本文报告的结果是每核子 14.6 和 60 GeV 能量下氧离子与乳胶核所诱发的相互作用的带电粒子谱。在本次实验中, 尺寸为 $10\text{cm} \times 10\text{cm} \times 0.06\text{cm}$ 的核乳胶叠分别在美国 Brookhaven 国家实验室 (BNL) 和西欧核子研究中心 (CERN) 用氧离子作水平照射。

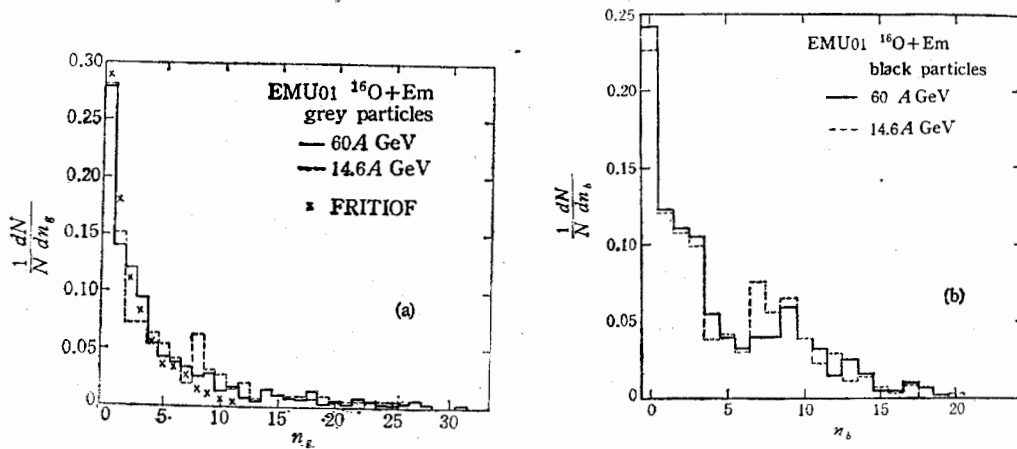


图 1a 每核子 14.6 和 60 GeV 能量下灰粒子的归一化多重数分布。× 表示 Lund Monte Carlo 模型 (FRITIOF) 的计算结果。

图 1b 每核子 14.6 和 60 GeV 能量下黑粒子的归一化多重数分布。

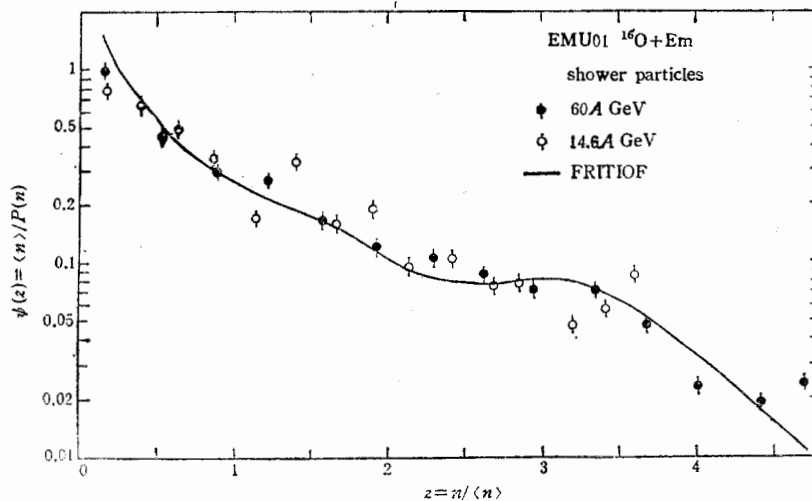


图 2 每核子 14.6 和 60 GeV 能量下簇射粒子的标度多重数分布。曲线为 Lund Monte Carlo 模型 (FRITIOF) 的计算结果。

在 BNL^[1], 利用串列式加速器 (Tandem Vande Graff) 和交变梯度同步加速器 (AGS) 相联结, 获得每核子 14.6GeV 的能量. 在 CERN^[2], 加速器系列包括一台新型电子回旋加速器共振源 (ECR), 一台特制高频四极预加速器 (RFQ), 它们和直线加速器 (Linac), 增强器 (PSB), 质子同步加速器 (PS) 以及超级质子同步加速器 (SPS) 联接, 获得每核子 60GeV 的能量. 乳胶经过处理后, 在光学显微镜下用“沿径迹扫描法”进行扫描. 在扫描过程中注意仅跟踪与乳胶叠中氧离子电离程度相应的那些原始径迹. 凡是有怀疑的径迹舍去不用. 在 100 倍用油的物镜下, 测量了能量为每核子 14.6GeV 的事例 417 个, 能量为每核子 60GeV 的事例 592 个. 对于每一个事例, 按以下方法将次级带电粒子分为簇射粒子, 重叉径迹以及向前径迹:

i) 簇射粒子(记为 N_c)是相对论性的单电荷粒子, 它们的颗粒密度 $g > 1.4g_0$, 相应于能量 70MeV 以上的 π 介子和能量 400MeV 以上的质子. g_0 是最小电离的颗粒密度.

ii) 重叉径迹是靶核碎片, 又分为两类: 灰径迹和黑径迹(记为 $N_h = N_g + N_b$). 灰径迹的电离程度为 $1.4 < g/g_0 < 8$, 它们大多数为靶核内出来的反冲质子. 黑径迹是靶核内蒸发出的核碎片, 电离程度为 $g/g_0 > 8$.

iii) 向前粒子(记为 N_f)是射弹核碎片, 其发射角在每核子 14.6GeV 能量下为 $\theta < 14\text{mrad}$, 在每核子 60GeV 能量下为 $\theta < 3\text{mrad}$. 在射程 $L < 2\text{cm}$ 的范围内, 电离程度无显著变化. 按照它们的电荷 Z , 又分为几类: α 粒子 ($Z = 2, 1.4 < g/g_0 < 4$, 记为 N_α), $Z > 3$ 的为弱电离碎片(记为 N_i) 和中等电离碎片(记为 N_m).

表 1 每核子 14.6 和 60GeV 能量下, 簇射粒子, 灰粒子和黑粒子多重数分布的平均值 $\langle n \rangle$, 离差 D 和 $D/\langle n \rangle$

能 量 (A GeV)		粒 子 类 型		
		簇射粒子	灰 粒 子	黑 粒 子
14.6	$\langle n \rangle$	20.89 ± 1.02	4.52 ± 0.22	4.43 ± 0.22
	D	20.35 ± 1.47	5.54 ± 0.29	4.32 ± 0.31
	$D/\langle n \rangle$	0.97 ± 0.09	1.23 ± 0.06	0.98 ± 0.09
60	$\langle n \rangle$	37.77 ± 1.55	4.47 ± 0.18	4.32 ± 0.18
	D	39.60 ± 2.15	6.14 ± 0.23	4.49 ± 0.25
	$D/\langle n \rangle$	1.05 ± 0.06	1.37 ± 0.04	1.03 ± 0.07

表 1 列出的是在每个能量下簇射粒子, 灰粒子和黑粒子多重数分布的平均值 $\langle n \rangle$, 离差 $D = (\langle n^2 \rangle - \langle n \rangle^2)^{1/2}$ 和特征值 $D/\langle n \rangle$. 在图 1a 和 1b 中, 画出了每核子 14.6 和 60 GeV 两个能量下灰粒子和黑粒子的归一化多重数分布. 图 1a 中还给出了关于高能核-核碰撞的 Lund Monte Carlo 模型 (FRITIOF)^[3] 所计算的灰粒子多重数分布.

在目前的实验中, 靶核碎裂有可能仍是能量无关的. 利用变量 $Z = n/\langle n \rangle$ 给出簇射粒子的多重数分布, 图 2 中表明在目前的能量区域内有近似的标度无关性. 如图 2 所示, 实验数据与 FRITIOF^[3] 的几何吻合.

在射弹核的静止参考系中, 每核子 14.6 和 60GeV 的 $^{16}\text{O-Em}$ 相互作用产生的簇射粒子归一化分布画在图 3 上. 赝快度 $\eta = -\ln \tan \theta/2$. 在射弹碎裂区, 存在有明显的

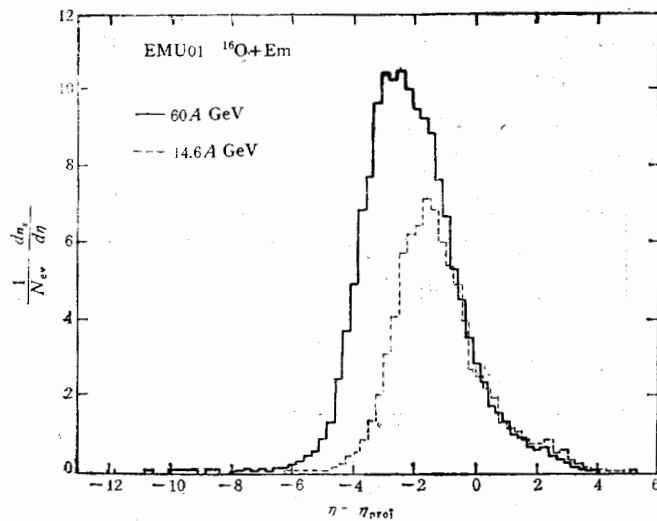


图 3 每核子 14.6 和 60 GeV 能量下簇射粒子的赝快度分布(在射弹核参照系中)。

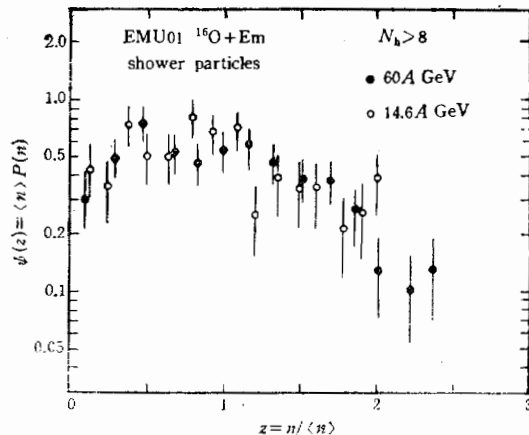


图 4 每核子 14.6 和 60 GeV 能量下簇射粒子的标度多重数分布,事例的挑选为 $N_b > 8$ 。

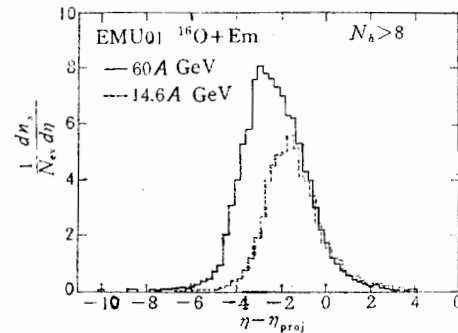


图 5 每核子 14.6 和 60 GeV 能量下簇射粒子的赝快度分布,事例的挑选为 $N_b > 8$, (在射弹核参照系中)。

标度无关性。在目前的能量下,高能重离子碰撞中也观察到极限碎裂的特点^[4]。

在 高能碰撞中,靶核被激发后破裂为碎片(N_b)。按照重叉径迹的数目,挑选 $N_b > 8$ 的事例,作为与 AgBr (核乳胶中的重元素)发生作用的事例。对于这类事例,每核子 14.6 和 60 GeV 的簇射粒子多重数分布见图 4,也看到了近似的标度无关性。

图 5 给出了在射弹核参照系中每核子能量 14.6 和 60 GeV 的簇射粒子赝快度分

布。在射弹碎裂区,曲线的形状与入射能量无关。

我们感谢 CERN 和 BNL 的技术人员,由于他们的努力使机器获得了最佳的运行。我们非常感谢 G. Vandehaeghe, H. Ratz, N. Nobble, P. Grafstrom, M. Reinharz, H. Sletten 和 J. wotschack 的最宝贵的帮助。我们感谢武汉实验组冯笙琴,胡宗荣,庞毅君,杨杰和祝蓉辉等在扫描和测量中所作的努力。本工作得到瑞典国家研究基金(NFR),瑞典乌普萨拉国际研究基金(ISU),联邦德国联邦科技部(FMRT),中国国家自然科学基金,中国国家教育委员会优秀年轻教师基金,美国能源部和美国国家科学基金会(NSF)的资助。

参 考 文 献

- [1] T. Ludlam, *Nucl. Phys.*, **A447** (1986), 347c.
 [2] M. A. Faessler, CERN-EP/86-102, 1986.
 [3] B. Andersson, *Nucl. Phys.*, **A447** (1986), 165c; B. Andersson et al., *Phys. Scripta* **34** (1986), 451; B. Nilsson-Almqvist and E. Stenlund, *Comput. Phys. Commun.* **43** (1987), 373.
 [4] J. Benecke, T. T. Chou, C. N. Yang and E. Yen, *Phys. Rev.*, **188** (1969), 2159.

CHARGED PARTICLE SPECTRA IN OXYGEN-INDUCED REACTIONS AT 14.6 AND 60 GeV/NUCLEON

M I ADAMOVICH¹⁰, M M AGGARWAL³, R ARORA³, Y A ALEXANDROV¹⁰, S A AZIMOV¹⁴, S K BADYAL⁶, E BASOVA¹³, K B BHALLA⁵, A BAHSEN⁶, V S BHATIA³, R A BONDARENKO¹³, T H BURNETT¹², X CAI¹⁵, L P CHERNOVA¹⁴, M M CHERNYAVSKI¹⁰, B DRESSEL⁹, E M FRIEDLANDER², S I GADZHIEVA¹⁴, E R GANSSAUGE⁹, S GARPMAN⁷, S G GERASSIMOV¹⁰, A GILL⁵, J GROTE¹², K G GULAMOV¹⁴, V G GULYAMOV¹³, V K GUPTA⁶, S HACKEL⁹, H H HECKMAN², B JAKOBSSON⁷, B JUDEK¹¹, S KATROO⁶, F G KADYROV¹⁴, H KALLIES⁹, L KARLSSON⁷, G L KAUL⁶, M KAUR³, S P KHARLAMOV¹⁰, J KOHLI⁶, V KUMAR⁵, P LAL⁵, V G LARIONOVA¹⁰, P J LINDSTROM², L S LIU¹⁵, S LOKANATHAN⁵, J LORD¹², N S LUKICHEVA¹⁴, L K MANGOTRA⁶, N V MASLENNIKOVA¹⁰, I S MITTA³, E MONNAND⁴, S MOOKERJEE⁵, C MUELLER⁹, S H NASYROV¹³, V S NVTNY¹⁴, G I ORLOVA¹⁰, I OTTERLUND⁷, N G PERESADKO¹⁰, S PERSSON⁷, N V PETROV¹³, W Y QIAN¹⁵, R RANIWALA⁵, S RANIWALA⁵, N K RAO⁶, J Y RHEE⁹, N SHAIDKHANOV¹³, N G SALMANOVA¹⁰, W SCHULZ⁹, F SCHUSSLER⁴, V S SHUKLA⁵, D SKELDING¹², K SÖDERSTRÖM⁷, E STANLUND⁷, R S STOREY¹¹, J F SUN⁸, L N SVECHNIKOVA¹⁴, M I TRETAKOVA¹⁰, T P TROFIMOVA¹³, H Q WANG¹⁵, Z Q WENG⁸, R J WILKES¹², G F XU¹, D H ZHANG, P Y ZHANG¹, D C ZHOU¹⁵ AND J C ZHOU¹⁵

(EMU01-collaboration)

ABSTRACT

Multiplicity distributions and pseudo-rapidity distributions of charged particles from oxygen-induced nuclear reactions at 14.6 and 60 GeV/nucleon are presented. The data were taken from the EMU-01 emulsion stacks and compared to simulations from the Lund Monte Carlo Model (FRITIOF).

1) Beijing, Academia Sinica, People's Republic of China. 2) Berkeley, Lawrence Berkeley Lab, USA. 3) Chandigarh, Panjab University, India. 4) Grenoble, C. E. N., France. 5) Jaipur, University of Rajasthan, India. 6) Jammu, University of Jammu, India. 7) Lund, University of Lund, Sweden. 8) Linfen, Shanxi Normal University, People's Republic of China. 9) Marburg, Phillips University, West Germany. 10) Moscow, Lebedev Institute, USSR. 11) Ottawa, NRC, Canada. 12) Seattle, Washington University, USA. 13) Tashkent, Institute of Nuclear Physics, USSR. 14) Tashkent, Physical-Technical Institute, USSR. 15) Wuhan, Hua-Zhong Normal University, People's Republic of China.