

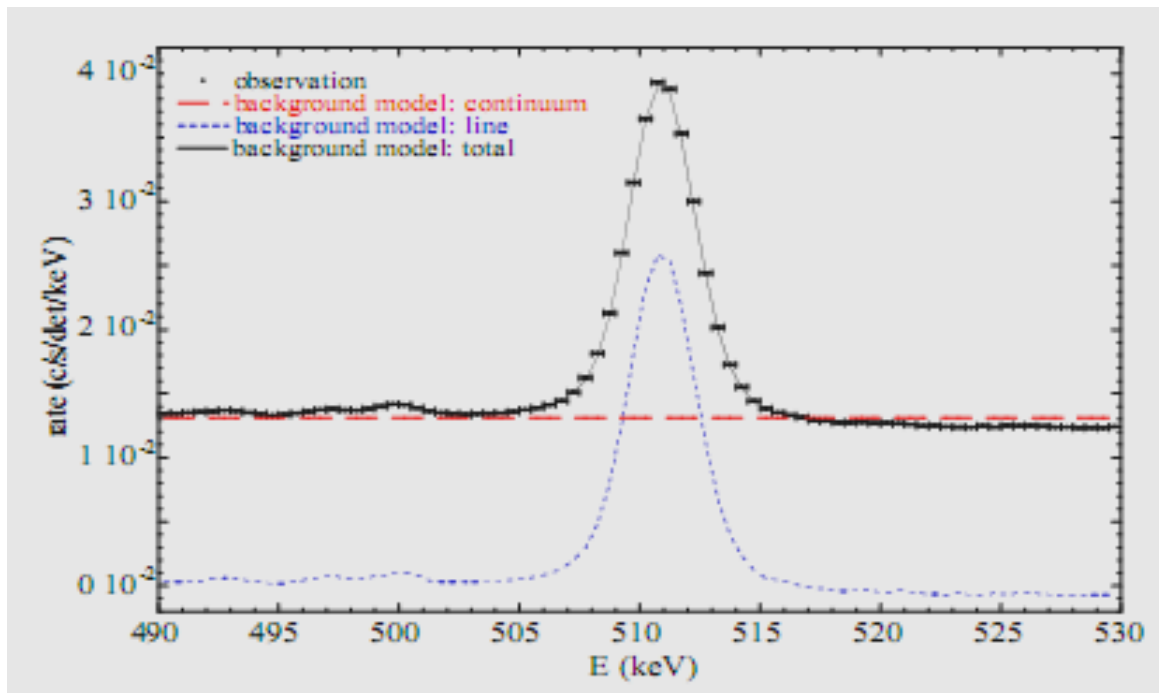
BEPCII-LINAC 固定靶上的暗规范波色子搜寻实验研究

----- Beijing - 固定靶实验

中科院高能所 李家才
(实验物理中心)

1, 前言

- 在爱恩斯坦引力框架内，存在暗物质，在近30年的理论和实验观察证明已是毋庸置疑了。引发实验物理的讨论是第一次报道了来自银河系中心511KeV谱线发射的观测结果：
A&A 407, L55-L58 (2003),



- 来自银河系中心的湮灭辐射，即511KeV 谱线发射，问题是这个凸涨的正电子源来自哪里？目前看来大量的数据分析和进一步宇宙线观测也不能解决**银河系正电子起源的疑惑**。Céline Boehm（勃姆，牛津大学天体物理系）在2004年的文章中认为511KeV谱线发射暗示了来自**银河系的轻暗物质粒子的湮灭产生正电子的可能**：C. Boehm, et al., PRL, Vol.92, No 10, 101301, (2004)
- 物理学家们需要直接的证据，尤其在近几年中人们热烈地讨论在**粒子物理实验中寻找这个隐藏的暗物质粒子**。

参考：

P. Jean, et al. 2004;

C. Boehm and Yago Ascasibar, PRD
70,115013 (2004)

C. Bouchiat, P. Fayet, PLB 608 (2005),

E. J. Chun and J.-C. Park, JCAP 02 (2009),
JHEP06 (2009) 003,

- 理论上认为存在一个新的轻暗规范玻色子 $U(1)_d$, 也称为U-玻色子 , 它与SM的关联是由 $U(1)_Y$ 参与的规范动力学混合产生的 , 电弱对称破缺以后 , $U(1)_d$ 与 S M 光子混合的 Lagrangian

$$L_{kin-mix} = -2\varepsilon F_d^{\mu\nu} F_{\mu\nu}$$

$$\varepsilon \sim 10^{-8} - 10^{-2}$$

U(1)规范玻色子 (有些文章表示为 A') 质量 : MeV-GeV

2, 粒子物理实验中寻找暗规范玻色子

波恩大学文章 (2006) :

Probing MeV Dark Matter at Low-Energy e^+e^- Colliders

2006年德国波恩大学Natalia等人在PRL 96,141802 (2006) 文章中提出在低能 e^+e^- 对撞机上寻找暗物质粒子的对湮灭的证据。他们认为这个暗物质是一个新的矢量玻色子 U , 它的质量低于几百MeV。这个过程

$$e^+e^- \rightarrow U\gamma, \quad U \rightarrow e^+e^- \text{ or 不可见粒子 } \nu\bar{\nu} \text{ or } X\bar{X}$$

B工厂或是 ϕ 工厂

Rouven Essig, et al., PRD 2009, 美国

Matthew Reece and Lian-Tao Wang, JHP07 2009; 美国

BESIII/BEPCII上的实验讨论

- Shou-hua Zhu, PRD 2007, 北大
- Peng-fei Tin, et al., PLB 2009, 北大
- Hai-Bo Li, Tao Luo, PLB 2010 高能所
- 主要过程

$$e^+e^- \rightarrow \gamma U, U \rightarrow l^+l^-$$

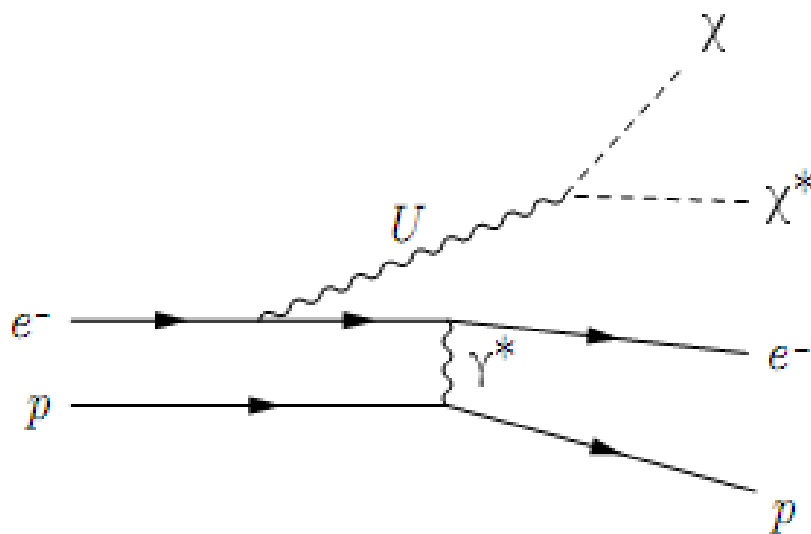
$$e^+e^- \rightarrow J/\psi \rightarrow e^+e^-U$$

$$\psi(2S) \rightarrow U\chi_{c1,2} \rightarrow e^+e^-\chi_{c1,2}.$$

固定靶实验(1)

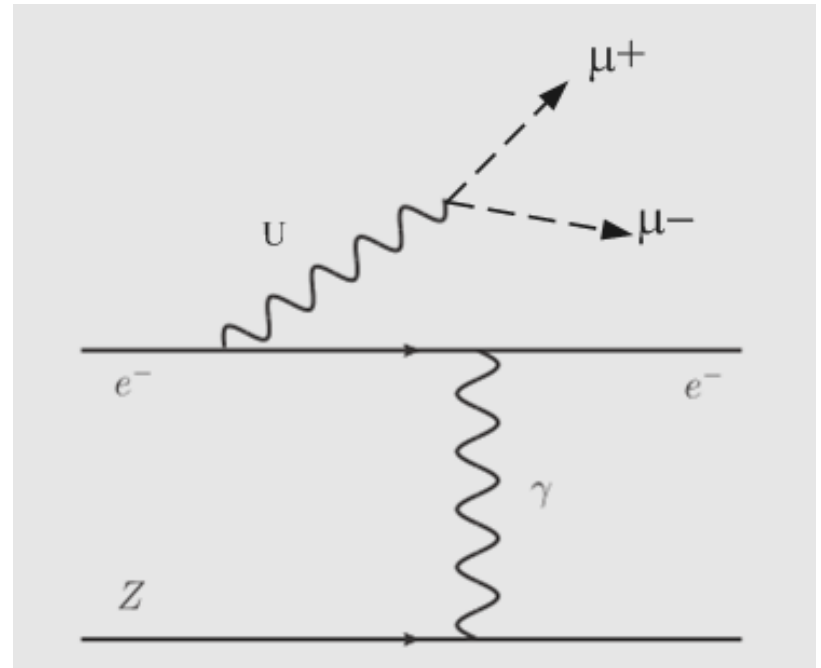
- 准弹性ep散射
(Sven Heinemeyer,
et al. NUHEP-
EX/07-01; Spain)
信号过程 :

$$e^- p \rightarrow e^- p U^{(*)} \rightarrow e^- p X X^*$$



固定靶-eN-Dump (2) :

- James D. Bjorken et al.
PRD(2009), SLAC, USA
- Matthew Reece and
Lian-Tao Wang,
Princeton, JHP07 2009
- Rouven Essig, et al.
SLAC –PUB-13882,
2010, SLAC, USA



Beijing-固定靶实验 (1)

- 我们在BEPC对撞区10号厅考虑这个固定靶实验，针对过程
 $e^-p \rightarrow e^-Up, \quad U \rightarrow \mu^+\mu^-$
- 电子与靶作用，其**瞬时亮度**： $\frac{d\mathcal{L}}{dt} = \dot{n}_e n_{X_0} X_0 N_A (Z/A)$,
- **电子直线加速器**50Hz，每脉冲 $10^{10}e$ ，所以电子注率= 5×10^{11} ；使用2个辐射长度的铁靶。我们得到瞬时亮度： 3.8×10^{36} ，这个亮度比目前BEPCII(3.3×10^{32})高 10^4 ；
- 其它实验室固定靶上的瞬时亮度比较
- **SLAC** Beam-dump Experiment: $3 \times 10^{10}e$ /pulse; $X_0=6$ (tungsten/rhenium); 120Hz. Instantaneous Luminosity= $10^{37}/\text{cm}\bullet\text{s}$; **JLab Hall A** (deeply virtual Compton scattering): Liquid D_2 target; The Luminosity $4 \times 10^{37} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ /nucleon luminosity. 国际上高能对撞机亮度 (除LHC: 10^{33-34}): 10^{30-31} ; 低能高亮度对撞机 10^{33-34}

结论：固定靶实验亮度比目前最高亮度对撞机高 10^{3-4} 量级

Beijing-固定靶实验 (2)

- 固定靶实验本底讨论
(对质子做点粒子近似)

$$\sigma_s^{ep} = \varepsilon^2 \sigma_0^{ep} \sim 1 pb = 10^{36} cm^{-2} s^{-1}, \text{ as } \varepsilon \sim 3 \times 10^{-3}, \sigma_0^{ep} = 10^{-30} cm^2$$

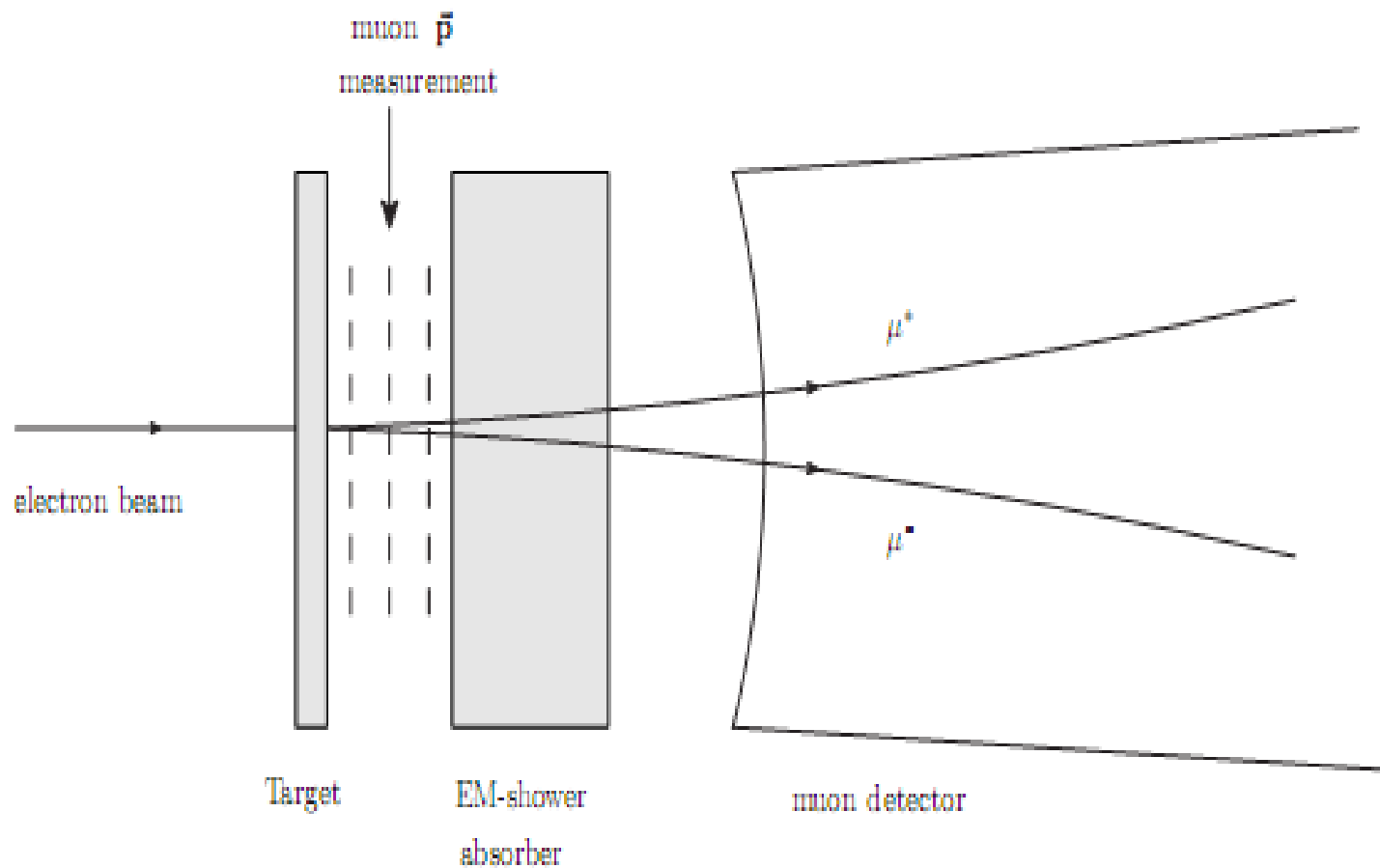
光子产生截面 $e^- p \rightarrow \gamma e^- p$.

本底是 $e^- p \rightarrow e^- \mu^+ \mu^- p$

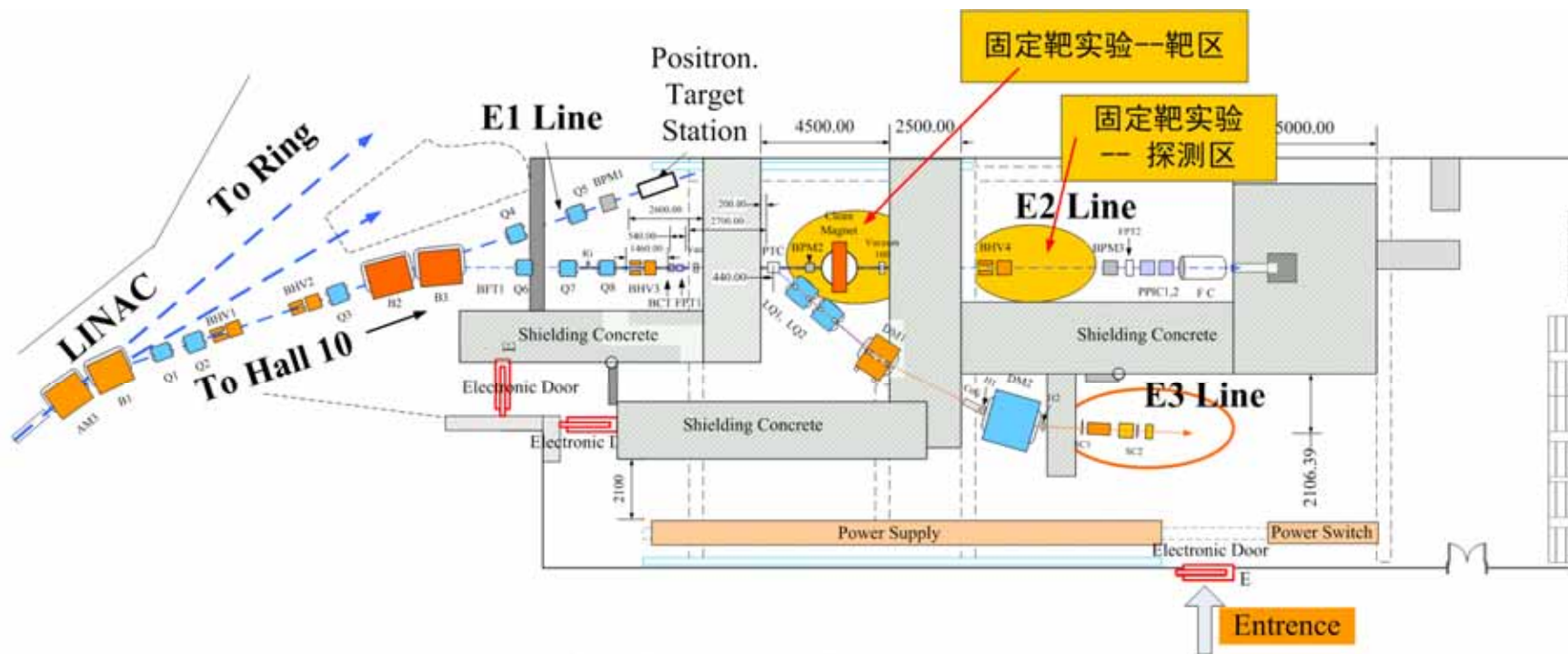
其产生率是：
$$\frac{\alpha}{\pi} \sigma_0^{ep} \times \frac{dL}{dt}$$

这个本底很大，造成信号退化。一些信号增强考虑：因为U-波色子是前向发射，前向径迹探测器的应用和顶点重建，尤其BEPCII直线加速器的GeV能量和皮秒脉冲束流（唯一），**时间，径迹，顶点重建**，为我们带来本底鉴别独特优势。

Beijing-固定靶实验 (3)



Beijing-固定靶实验 (4)



The Configuration of Beijing-TBF on Linac at Hall 10 of BEPCII Area

Beijing-固定靶实验 (5)

- 合作

lijc@ihep.ac.cn

谢谢！