

PFNS中期检查进展汇报

黄翰雄、阮锡超、任杰 2016年6月

内容概要

I. PFNS项目简介 II. 进展汇报 III. 后续的工作计划 IV. 总结



北京市275信箱46分箱 邮编102413 电话69357849 传嘉69357787

-、裂变瞬发中子谱(PFNS)项目简介

- 1. 背景介绍: WQ小型化设计需要、新一代反应堆设 计需要、理论研究方面的需求
- 立项依据:由于PFNS高能中子份额少,统计精度 差,现有实验数据和理论计算结果存在较大分歧; 而在低能区,由于低能中子的干扰,实验与理论 也存在较大分歧,需要更高精度的实验数据来检 验现有模型。
- 实验目标:利用CSNS-BNS中子注量率大的优势, 测量精确的PFNS数据,澄清现有数据的分岐、为 WQ设计、核工程设计及理论研究提供可靠的实验 数据,促进裂变物理的研究进展。





核数据重点实验室 难点 $n+^{238}$ U from ENDF/B-VII.0, E_{in}=14.8 MeV,by ENDVER 10^{1} 高能中子入射情况: 10^{0} 10^{-1} 10⁻² neutron emission spectra (b/MeV) 非裂变中子影响严 10⁻³ 重 10⁻⁴ 10⁻⁵ 10⁻⁶ 既能排除非裂变中 10⁻⁷ 子影响,又能提高 10⁻⁸ Total 10⁻⁹ 实验精度是最大的 (n,el) (n,n')c 10⁻¹⁰ (n,2n) 难点! (n,3n) 10⁻¹¹ (n.f) (n,n')dis 10⁻¹² 10 12 8 14 16 2 6 0 4 E_{out} (MeV)



北京市275信箱46分箱 邮编102413 电话69357849 传真69357787

4. 拟采用的实验方案



中子引起裂变核裂变时:

核数据重点实验室

碎片和瞬发中子同时发射 出来;

用裂变室标记裂变碎片及 裂变时间

出射的中子及能谱由中子 探测器阵列通过飞行时间 法探测(出射中子飞行距 离1米)

48个液体闪烁体(快中子)

16个6Li玻璃探测器(1 MeV以下中子)

北京市275信箱46分箱 邮编102413 电话69357849 传高69357787

拟采用的PPAC方案(其中一组裂变片结构图,总共10组)



核数据重点实验室 5.电子学与数据获取方案 64路PH, 64路PSD 高压 64路 中子探测器 . MPD-8 ADC 8×8路 (128路) (1-64) 64 计算机数据获取系统 逻辑扇入 64 TDC 16 (16路) 逻辑扇入 **1**0 1 多层裂变室 TDC 10路恒比定时 (10路) . 高压 10路快前放 1路 (1-20) ADC 10路主放

恒比定时

10

脉冲start信号

传察69357787 化尔巾(5)后相40万相 即细102413 电临03331043

(10路)

主要指标

- 液闪中子探测器的n/γ鉴别能力低于1 MeV, 对1-15 MeV中子的探测效率高于10%
- 中子探测器覆盖范围包括前角度和背角(液 闪探测器阵列覆盖4.8%的立体角),装置
 可以尝试测量PFNS出射中子的角度差异
- 多层裂变室可承载的样品量大于100 mg,系
 统时间分辨好于3 ns



二、进展汇报

(由于经费没有落实,主要做一些模拟计算及经费较少的测试工作)

1. 完成了²³⁸U靶的计数率估算:

入射中子能量	1001 台上券	相对误差	相对误差	入射中子能量	1001 台上粉	相对误差	相对误差 (1.5m)
(MeV)	1000总订数	(1m)	(1.5m)	(MeV)	1000总订数	(1m)	
1.25-1.5	327596.2464	5.15%	7.73%	5.6-6.0	105095.2405	9.10%	13.64%
1.5-2.0	510709.0352	4.13%	6.19%	6.1-6.5	76484.83419	10.66%	15.99%
2.1-2.5	408117.2131	4.62%	6.92%	6.6-7.0	70567.73927	11.10%	16.65%
2.6-3.0	269105.5928	5.68%	8.53%	7.1-7.5	69460.63022	11.19%	16.78%
3.1-3.5	218745.8424	6.30%	9.46%	7.6-8.0	43428.62995	14.15%	21.23%
3.6-4.0	208725.6371	6.45%	9.68%	8.1-8.5	62306.63682	11.81%	17.72%
4.1-4.5	129492.6391	8.19%	12.29%	8.6-9.0	39199.53681	14.89%	22.34%
4.6-5.0	152068.703	7.56%	11.34%	9.1-9.5	38118.41134	15.10%	22.66%
5.1-5.5	83904.86586	10.18%	15.27%	9.6-10.0	48598.03574	13.38%	20.06%
				北 古市275信箱46分	箱 邮编 102413	由迁69357849	街 商69357787



Geant4 模拟的圆柱面探测单元几何

结论:偶然符合事例数约占裂变事例的1.3‰,基本可以忽略不计。



北京市275信箱46分箱 邮编102413 电话69357849 传真69357787

3. 完成了锂玻璃探测器的效率刻度(张奇伟等人)





北京市275信箱46分箱 邮编102413 电话69357849 传真69357787

4. 完成了液闪探测器支架设计(高能所)

北京市275信箱46分箱 邮编102413 电话69357849 传真69357787

核数据重点实验室



5. 完成了第一个PPAC的测试工作









北京市275信箱46分箱 邮编102413 电话69357849 传车69357787

液闪(LS)与PPAC的符合时间分辨: FWHM=3.5ns



PPAC的能量谱:用142B作为前放,没能将碎片和alpha信号区分开。由于真空泵性能下降 很厉害,不能做更细条件的摸索,等更换真空泵后再尝试测量。或者有其他什么建议?



LS-PPAC的符合时间分辨为3.5ns,对10MeV的裂变瞬发中子谱来说,其能量不确定度大于3MeV,不能达到PFNS实验的要求,还需要进一步改进。时间分辨的目标应该好于1ns,这样在10MeV附近,出射的瞬发裂变中子能量不确定度才能好于1MeV。

出射中子能量	TOF_1米	TOF_1.5米	出射中子能量	TOF_1米	TOF_1.5米
(MeV)	(ns)	(ns)	(MeV)	(ns)	(ns)
0.001	2286	3429	7	27	41
0.01	723	1084	8	26	39
0.1	229	343	9	24.3	36
1	72	109	10	23.0	35
2	51	77	11	22.0	33
3	42	63	12	21.1	32
4	36	54	13	20.6	30
5	32	49	14	19.5	29
6	30	44	15	18.9	28



北京市275信箱46分箱 邮编102413 电话69357849 传真69357787

三. 后续的工作计划

(改进PPAC的时间分辨和能量分辨)

1. 工作气体(异丁烷,目前纯度为99.9%)的纯度对实验结果影响很大,需要购置更高纯度(99.99%)的工作 气体。

- 2. 异丁烷属于有机气体,真空泵油会吸附异丁烷气体,导致真空泵性能下降,需要更换干泵。
- 3. 改进电子学或者PPAC的气压,找到合适的条件将碎 片和alpha粒子在能谱上区分开来。

4. PPAC的体积可以先增大,摸索到合适的条件再考虑 小型化的问题。



四. 总结

总体来说, PFNS的关键点和难点在快电离室。 PPAC原型已经作了初步测试,时间分辨和能量分辨 仍有待提高。

经费到位后,确保能得到有意义的物理结果。

计划表:

2016年底完成PPAC离线测试

2017年底完成PPAC改进工作,并在原子能院进行束测试工作



谢谢! 请指正和补充!



北京市275信箱46分箱 邮编102413 电话69357849 传自69357787

倍加器束流的时间结构

核数据重点实验室



MCNP拟合结果与测量结果的比较





北京市275信箱46分箱 邮编102413 电话69357849 传真69357787

核数据重点实验室



2. 中子诱发²³⁵U反应截面:

Incident neutron data / ENDF/B-VII.1 / U235 / /



源中子飞行时间(55米):

入射中子能量 (MeV)	TOF		入射中子能量 (MeV)	TOF	
0.5	5626	ns	10	1267	ns
0.8	4449	ns	11	1209	ns
1	3980	ns	12	1159	ns
2	2816	ns	13	1114	ns
3	2301	ns	14	1075	ns
4	1995	ns	15	1039	ns
5	1785	ns	16	1007	ns
6	1631	ns	17	977	ns
7	1511	ns	20	903	ns



北京市275信箱46分箱 邮编102413 电话69357849 传真69357787

出射中子飞行时间(飞行距离1米和1.5米的比较):

出射中子能量 (MeV)	TOF_1米 (ns)	TOF_1.5米 (ns)	出射中子能量 (MeV)	TOF_1米 (ns)	TOF_1.5米 (ns)
0.001	2286	3429	7	27	41
0.01	723	1084	8	26	39
0.1	229	343	9	24	36
1	72	109	10	23	35
2	51	77	11	22	33
3	42	63	12	21	32
4	36	54	13	20	30
5	32	49	14	20	29
6	30	44	15	19	28



北京市275信箱46分箱 邮编102413 电话69357849 传高69357787