

宇宙线通量及其受地球磁场的影响

物理：从外层空间来到地球的原初宇宙线是各向同性的，而且多带正电。这些原初宇宙线的能量从低能到超高能都有，以低能的为多。由于受地球磁场的影响，在同一纬度，从西边入射的正粒子（由于截止刚度较小）比从东边入射的正粒子多。在地磁两极区，从低能到高能粒子均能沿磁力线进入地球，但在低纬地区，只有能量较高的粒子才能克服地磁场影响进入地球。这就造成了在地表宇宙线通量的东西和南北效应。

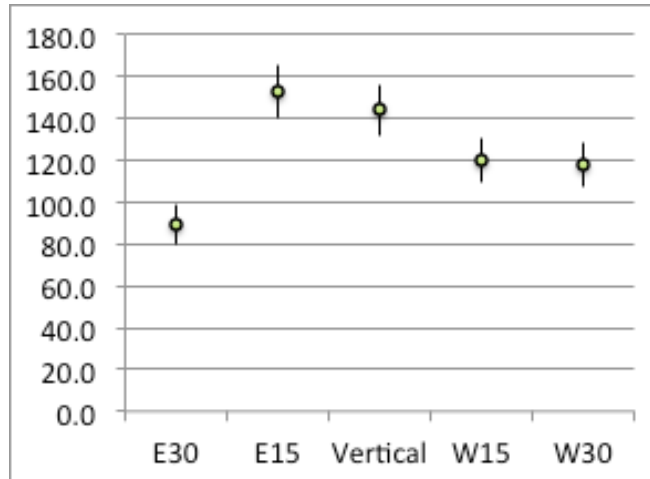
实验目的：定量地计算地表宇宙线通量随方向的变化从而和实验结果做精确的比较超出该实验的范围。在此我们仅对宇宙线通量随与垂直方向夹角的变化进行测量以定性地了解在地球表面宇宙线通量的东西和南北效应。感兴趣的同学可参考薛林的“带电粒子在地磁场中的运动”，《大学物理》，2006年8期和牛胜利等的“带电粒子在辐射带中的运动轨迹模拟”，《核技术》，2011年第5期。

实验设备：本实验使用“宇宙线实验物理设备”的上、下探测器作符合测量。将上探测器接入读出主机的“通道1”，下探测器接入“通道2”。选择开关置于“1 1”位置（请参照设备手册）。建议学生用一台数字示波器（模拟带宽至少100 MHz，最好300 — 500MHz，50欧姆输入阻抗）来观察PMT的输出信号随不同高压（HV）值的变化，然后根据甄别器前放大器的放大倍数（约-16倍）来确定甄别阈值的大小。如果没有数字示波器，也可以用旧式的荧光屏模拟示波器，需将亮度开大才能观察到只有几到十几赫兹频率的信号。可接受的高压范围是—800 V到—1200 V（参照设备手册确定“HV Monitor”的读数），甄别阈值的范围是150 mV到300 mV。

数据获取及分析：作为一个范例，我们选取探测器1和2的高压为—900 V，通道1和2的甄别阈值为240 mV，对探测器处于垂直位置和东西、南北30度及15度的方向进行测量。每次测量时间为20分钟。由于符合计数率在1 Hz以下，两个发光二极管虽是同时闪光，但凭眼睛几乎观察不到。测量数据和图示如下。在“measured”下是实际测量的计数。对该数值求平方根，就给出了该数值的标准差（Standard Deviation）。“sigma+”和“sigma—”分别为测量值对应的一个标准差的数值。对此不了解的同学请参考实验物理数据处理教科书中有关统计数学的部分。

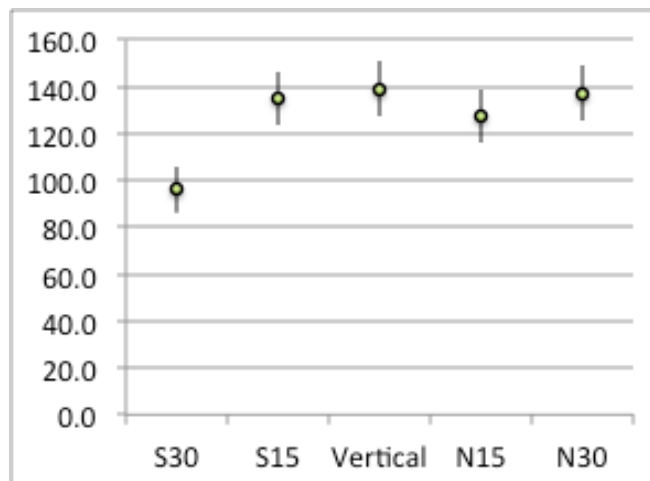
实验1，东西方向。

	sigma +	sigma -	measured
E30	98.4	79.6	89
E15	165.4	140.6	153
Vertical	156.0	132.0	144
W15	131.0	109.0	120
W30	128.9	107.1	118



实验2，南北方向：

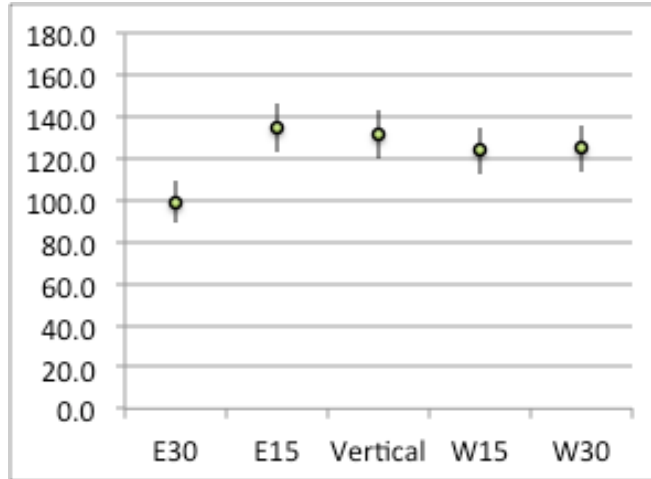
	sigma +	sigma -	measured
S30	105.8	86.2	96
S15	146.6	123.4	135
Vertical	150.8	127.2	139
N15	138.3	115.7	127
N30	148.7	125.3	137



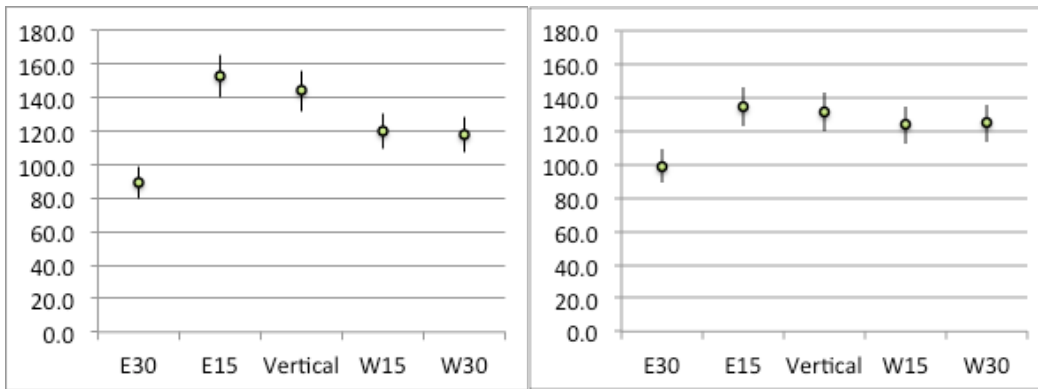
由此可以看出由东和由北（此测量在北纬22-23度完成）来的宇宙线通量较小。学生还可以测量更大角度的通量。

实验3，东西方向再测：

	sigma +	sigma -	measured
E30	108.9	89.1	99
E15	146.6	123.4	135
Vertical	143.5	120.5	132
W15	135.1	112.9	124
W30	136.2	113.8	125

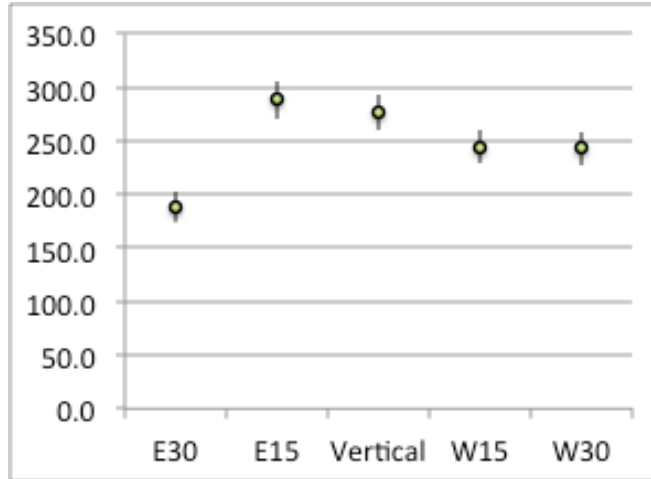


实验1和实验3在统计上有区别吗？让我们来看看：



可以看出，在每一个角度的两个测量值都在1sigma范围内交叠，因此它们在统计上是没有区别的。将实验1和3的数据加起来以提高统计性，减小测量误差，我们得到：

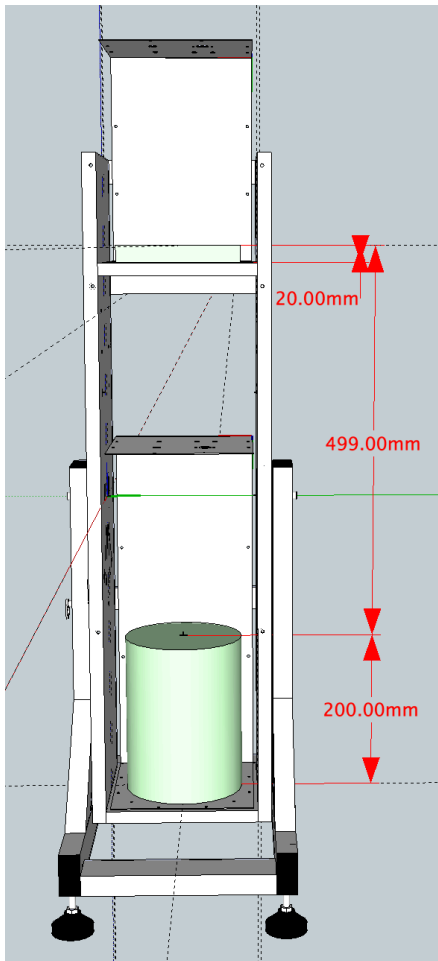
	sigma +	sigma -	combined
E30	201.7	174.3	188
E15	305.0	271.0	288
Vertical	292.6	259.4	276
W15	259.6	228.4	244
W30	258.6	227.4	243



请问不同实验组（不同的设备所获取）的数据可以这样加起来吗？

思考问题：

- 1，什么是截止刚度？
- 2，地表宇宙线通量的东西和南北效应是如何形成的？
- 3，如果要求将测量的统计误差减小到5%或1%，大约需要多长的测量时间？
- 4，左图为上下探测器中闪烁体的相对位置。上闪烁体是一边长为150 mm的正方形，厚20 mm。下闪烁体为圆柱形，直径150 mm，高200 mm。你能据此计算出此宇宙线望远镜的立体角吗？



来源于同一宇宙线广延大气簇射的粒子会在两个探测器中产生符合计数，形成该实验中方向测量的本底。你会如何测量此本底并将其扣出？

西南交通大学的窦勇2014年的硕士论文“宇宙线次级粒子流强的估算研究”是深入此实验的一篇很好的参考文献。阅读此论文，你能基于此实验设备提出新的实验吗？