



课程



李 聰

中科院高能所

校园宇宙线观测联盟技术组





校园宇宙线观测暑期学校

感受国之重器，从宇宙线观测开始

7月23-24日 北京

主办单位

校园宇宙线观测联盟

支持单位



中国科学院高能物理研究所
Institute of High Energy Physics
Chinese Academy of Sciences

国科大关心下一代工作委员会



中国科学院大学教育基金会
University of Chinese Academy of Sciences Education Foundation



国家高能物理科学数据中心
National HEP Data Center



宇宙线是否带电

- 李骢，高卫
- 校园宇宙线课程



课程回顾

- I. 19世纪初物理学家们发现了空气电离现象，通过测量电离率与海拔的关系证明了这些辐射来自于外太空，从而有了“宇宙射线”的概念。
 - II. 同时也发现昼夜电离率没有明显差别，从而说明太阳至少不是唯一的宇宙线源。
- 随之提出了新的问题：这些射线的本质究竟是什么？



课程内容

- 历史故事介绍
- 纬度效应
- 宇宙线各向同性验证

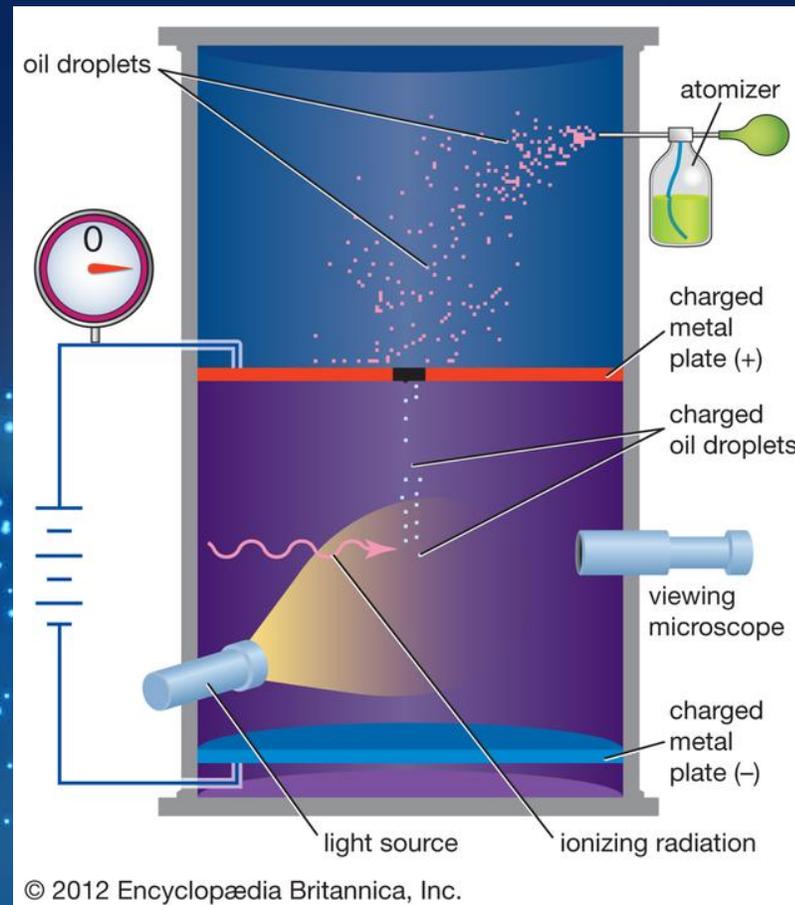


密立根与宇宙线



COCC2017

密立根油滴实验示意图



基本电荷和光电效应方面所做的工作-1923年获得诺贝尔物理学奖

湖泊实验



Muir lake ~1500m a.s.l

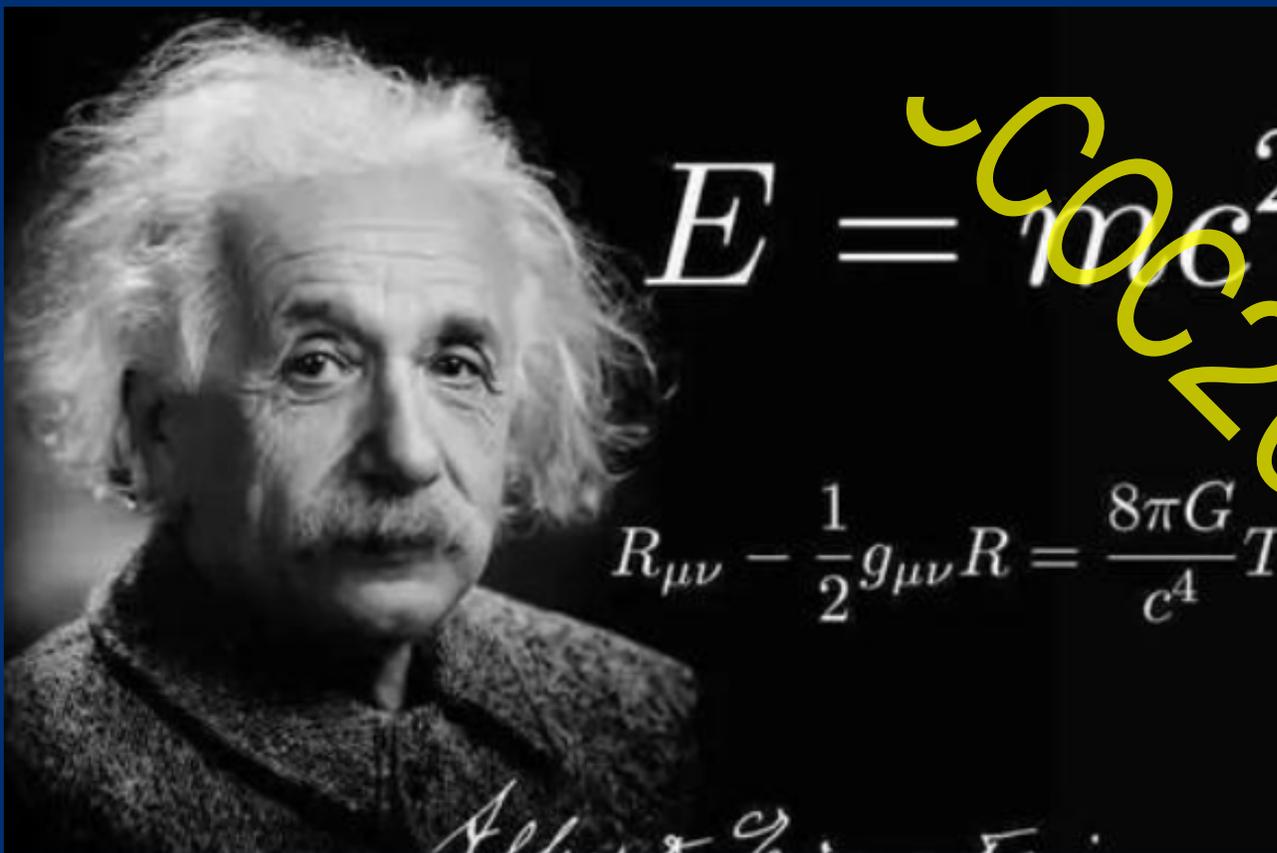


Arrowhead lake ~3600m a.s.l

密立根发现海拔1500米的电离率正好与海拔3600米处2米深湖水电离率相当，因此2米深水与2km空气吸收相当，从而证明宇宙线确实来自大气外。

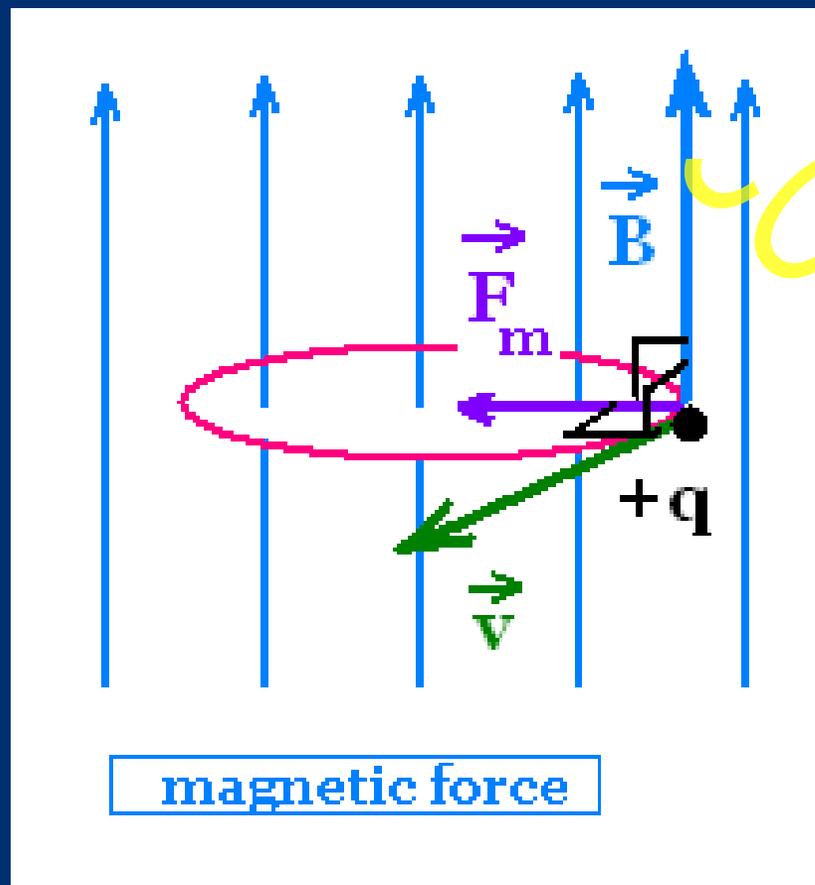
密立根假说

- 1898年 卢瑟福发现alpha射线和beta射线。
- 1905年爱因斯坦提出了狭义相对论，揭示了核子间相互作用可以释放巨大的能量，同时能发射高能光子。



如果宇宙射线是带电粒子，那么要保持这么低的电离率，则对应的能量必须非常高，这在当时是难以想象的，因此以密立根为代表的科学家认为宇宙线是来自外太空的高能伽玛射线！

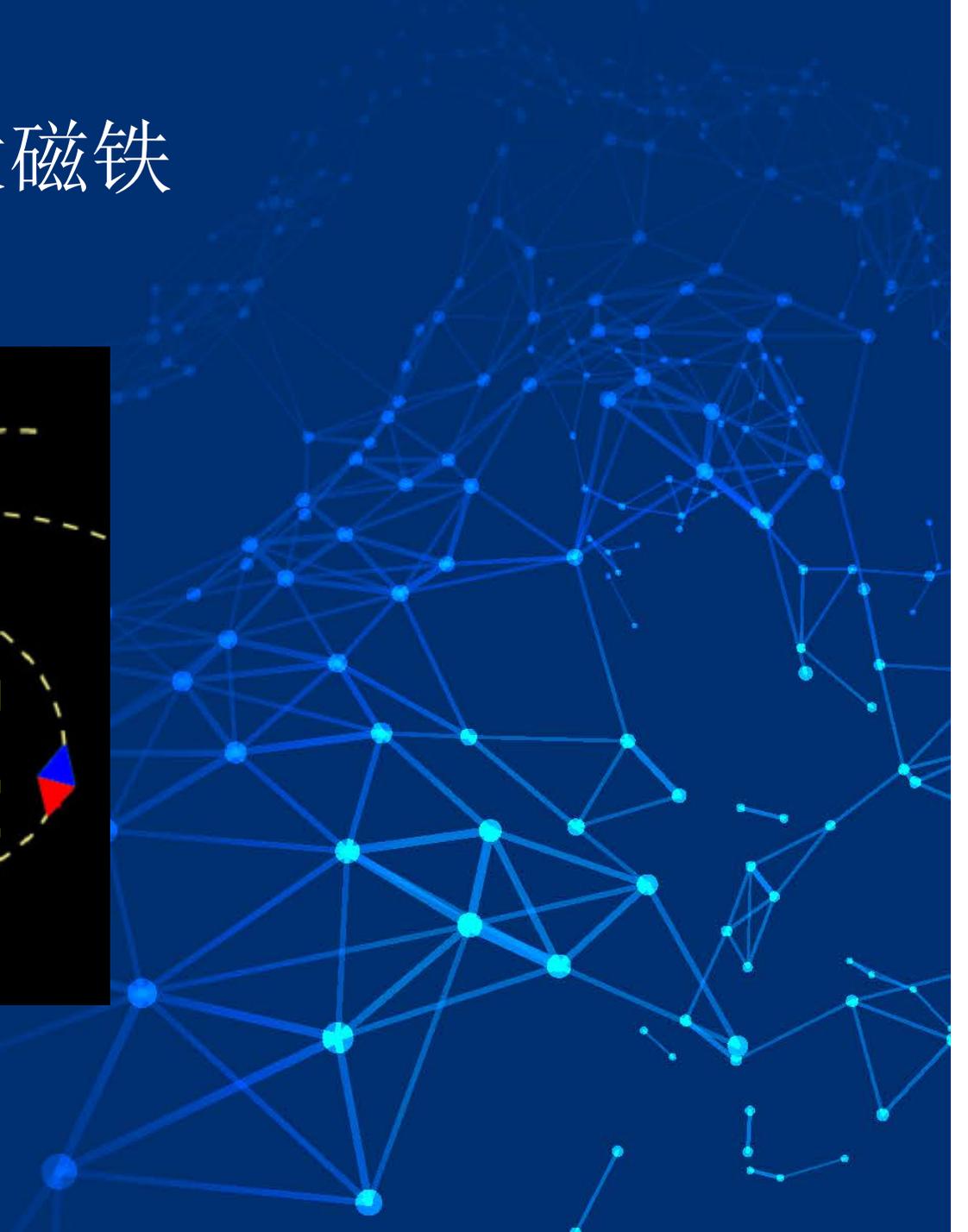
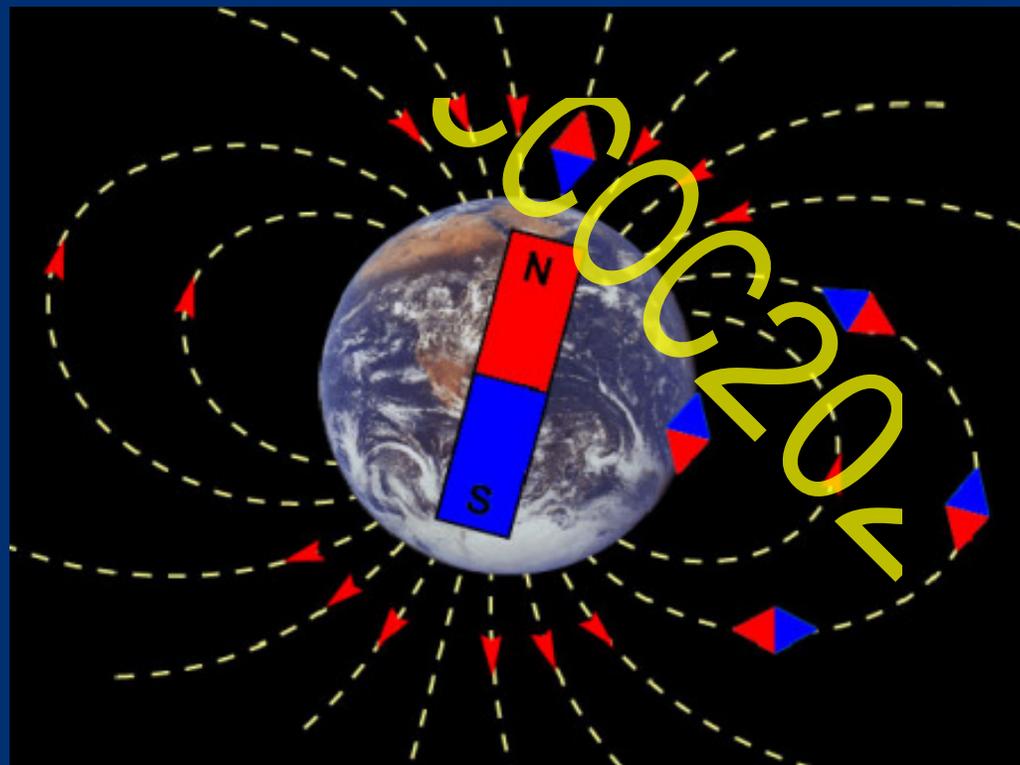
带电粒子在磁场中运动



$$q \times v \times B = m \times \frac{v^2}{R}$$

- q: 电荷;
- V: 速度;
- B: 磁场强度;
- R: 回旋半径;

地球可以近似于一个大磁铁



纬度效应

如果宇宙线是带电粒子，则地球两极的流强会更高

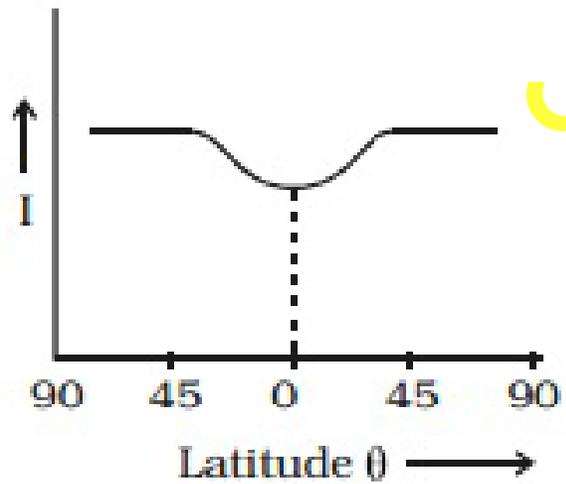
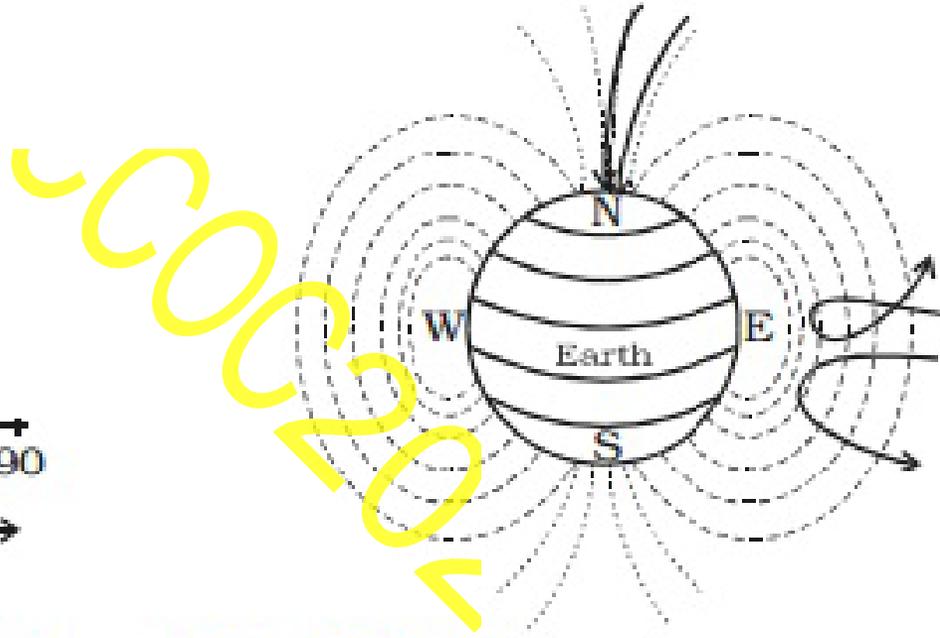
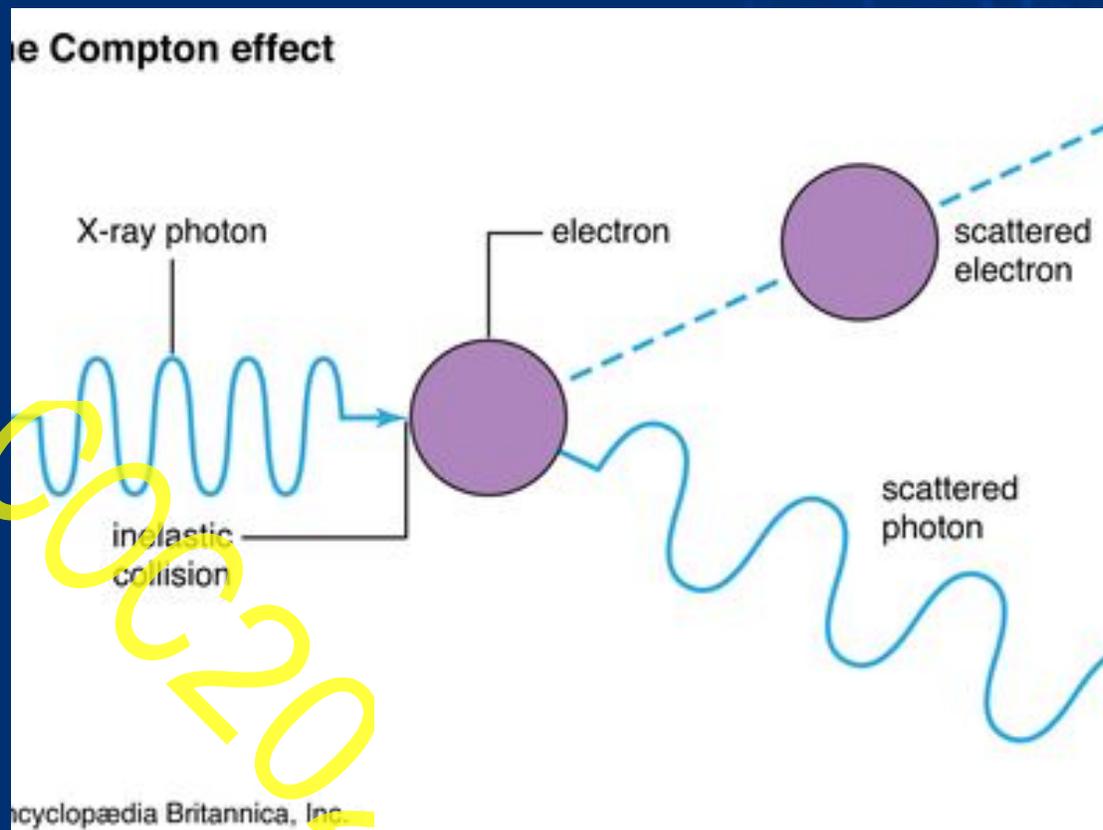
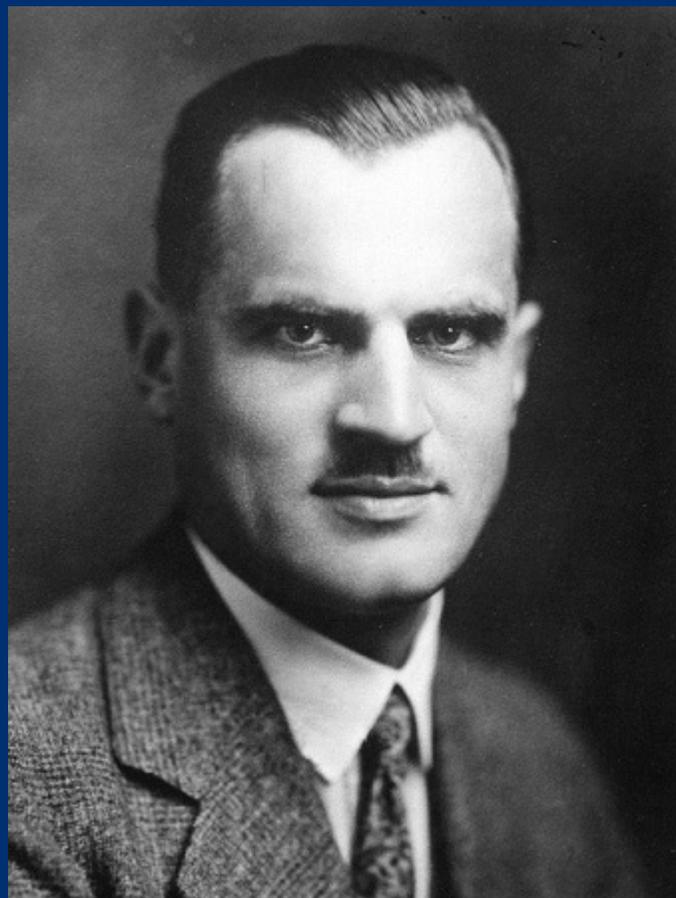


Fig Latitude effect



以大自然会探测介质去研究宇宙

康普顿



电子散射实验示意图

1927年获得诺贝尔物理学奖

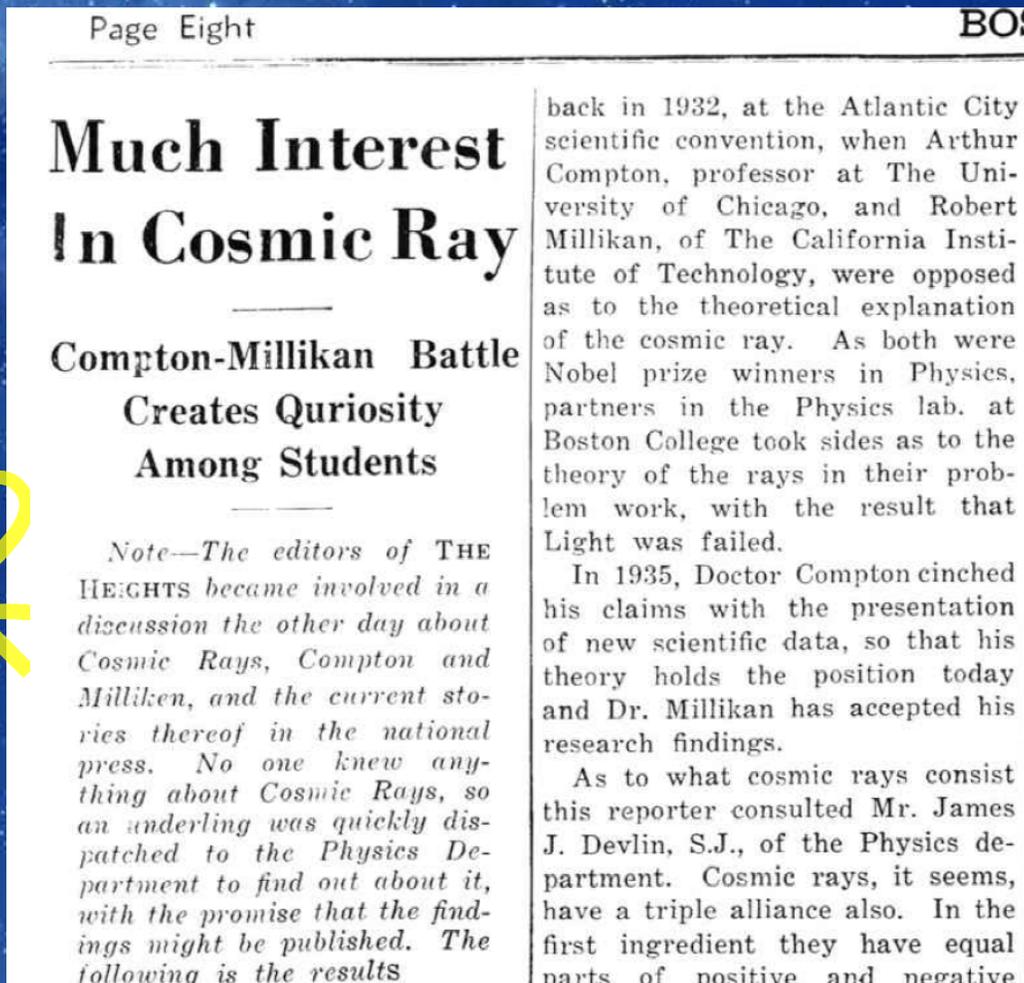
天才之间对决

大西洋城的论战（1932年12月新泽西）

宇宙线

光子？（密立根）

带电粒子？（康普顿）



科学假说最终需要通过实验来证明

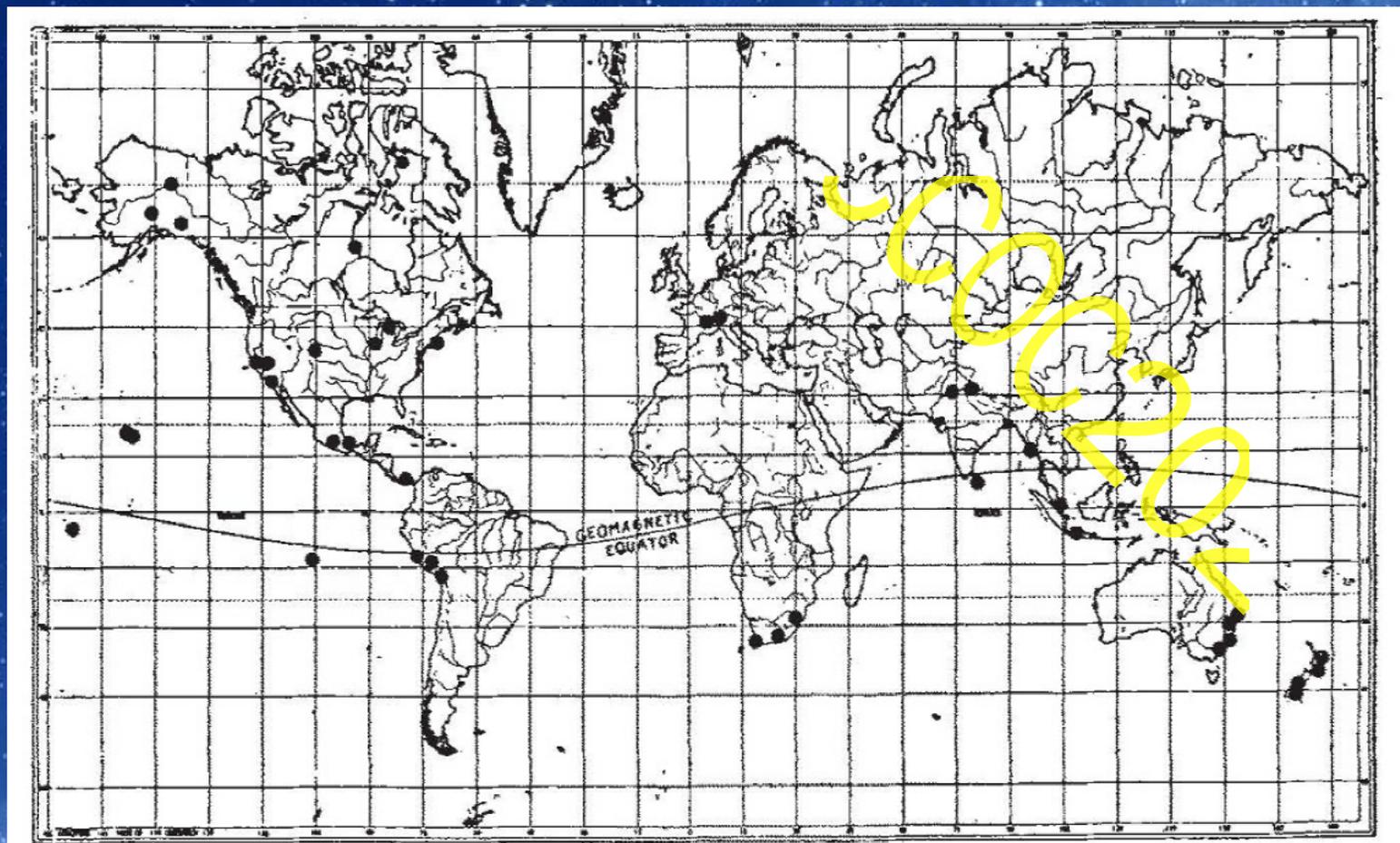


FIG. 1. Map showing major stations at which associated expeditions have made cosmic ray measurements during 1932.

1932年3月18日，康普顿离开芝加哥，开始了他本人行程5万余英里，遍历五大洲，跨越赤道5次的远征。

康普顿非常自豪地将自己这次南到新西兰的杜恩廷、北到北极圈，上至6000多米的高山、下至海平面的远征测量，比作马可·波罗的东方旅行，他曾对俄克拉荷马(Oklahoma)大学的听众说：“正如马可·波罗打开新世界一样，现在科学也在打开新的世界。”

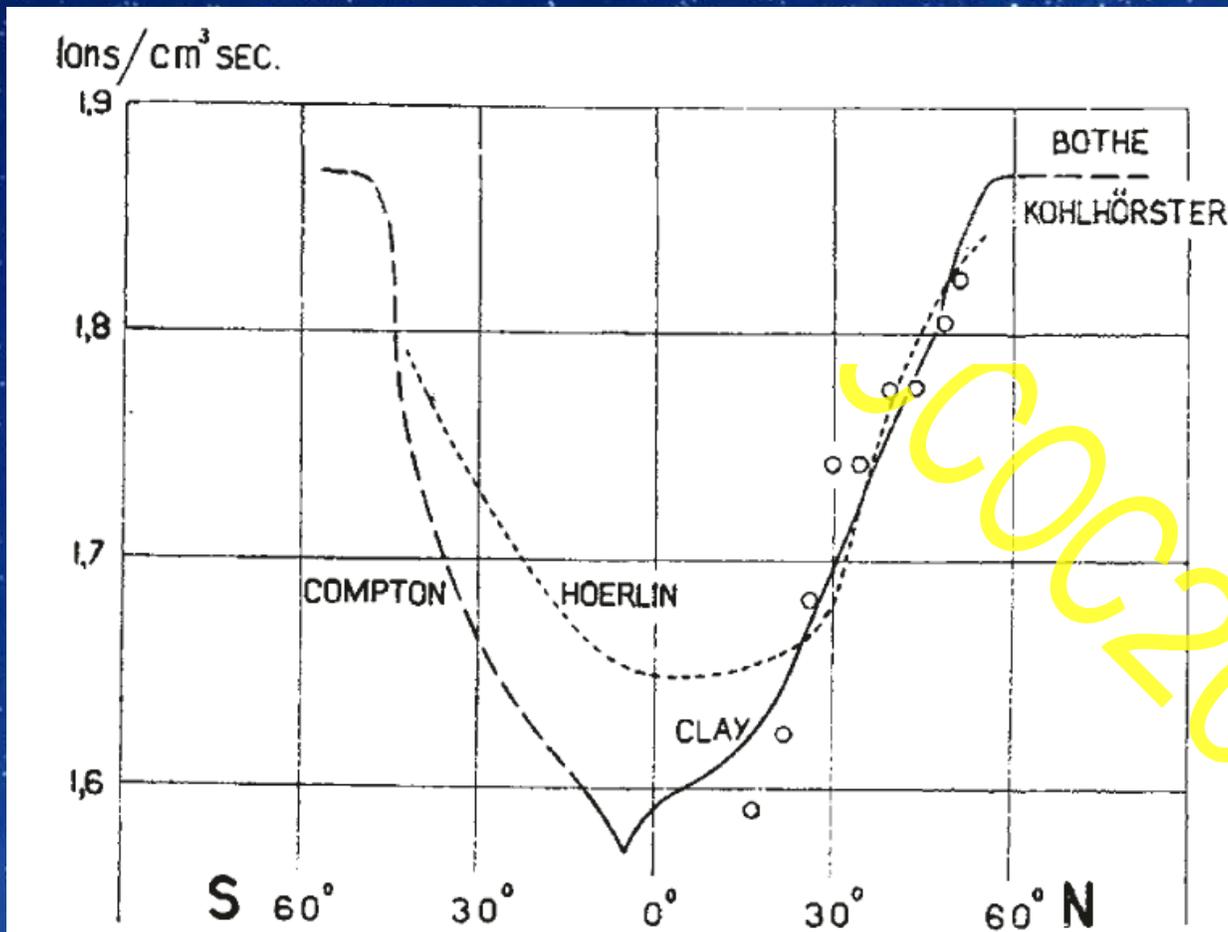


FIG. 1. Latitude effect of cosmic radiation. Circles indicate results of author. Vertical scale indicates number of pairs of ions in normal air.

越来越多的实验证明在赤道附近电离率要比两级电离率更低，这证明宇宙线中至少有一部分是带电粒子

- 原初宇宙射线是光子，带电粒子都是次级粒子？
- 宇宙射线中少部分是带电粒子？

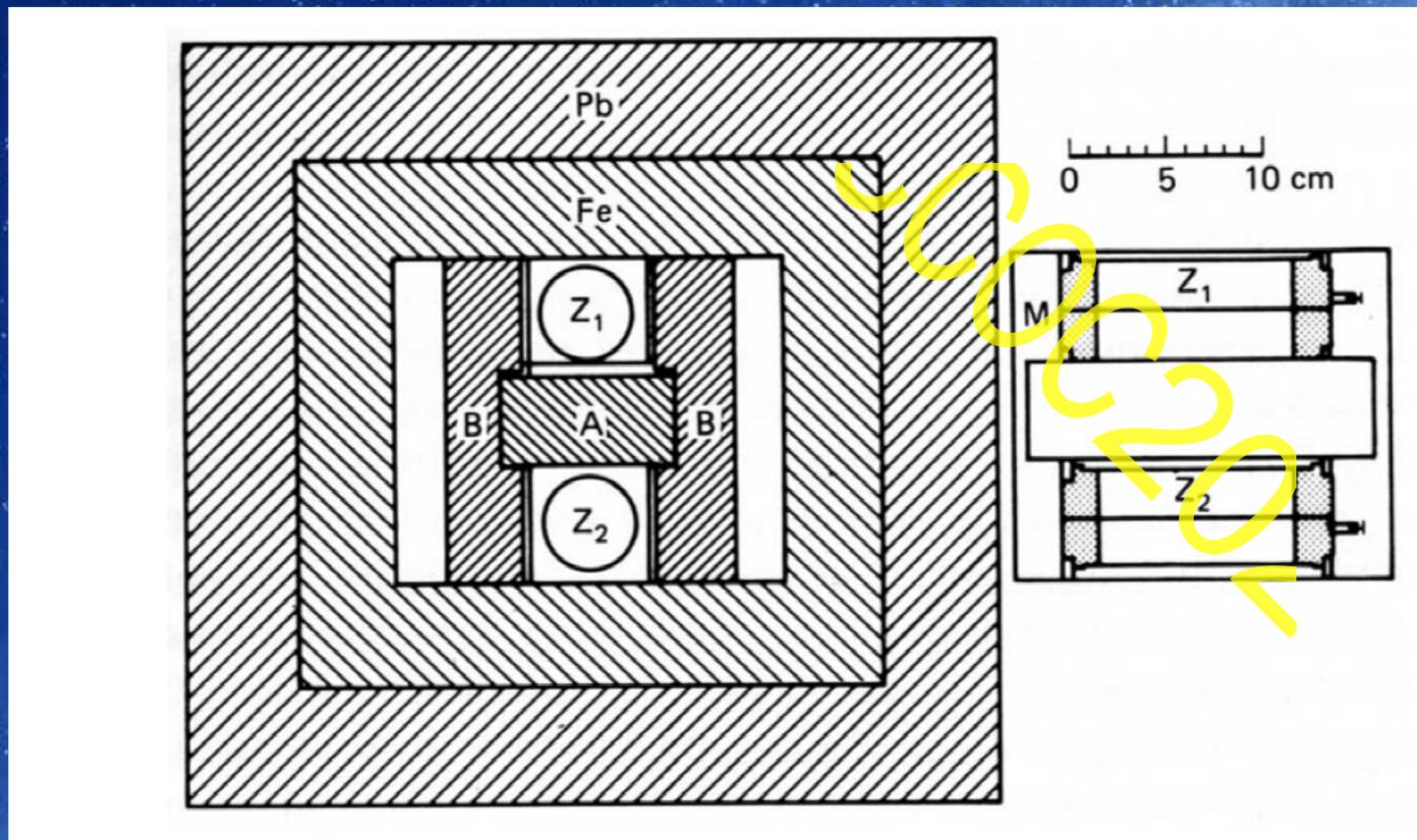
课外思考

- 20世纪初为什么大家如此执着的相信宇宙射线是中性粒子？
- 密立根如此伟大的物理学家，完全有能力通过实验发现纬度效应，为什么他会错过这个重大发现？

不迷信权威，不被知识所困。相信实验，相信科学！

其它证据

Bothe and Kolhörster experiments



如果宇宙线是高能伽玛，电离效应是由于伽玛通过康普顿效应产生的低能电子产生，那么4.1cm厚的金片会大大降低计数率

结果显示至少76%的粒子可以穿透金片！因此可能是高能带电粒子

符合实验鼻祖！

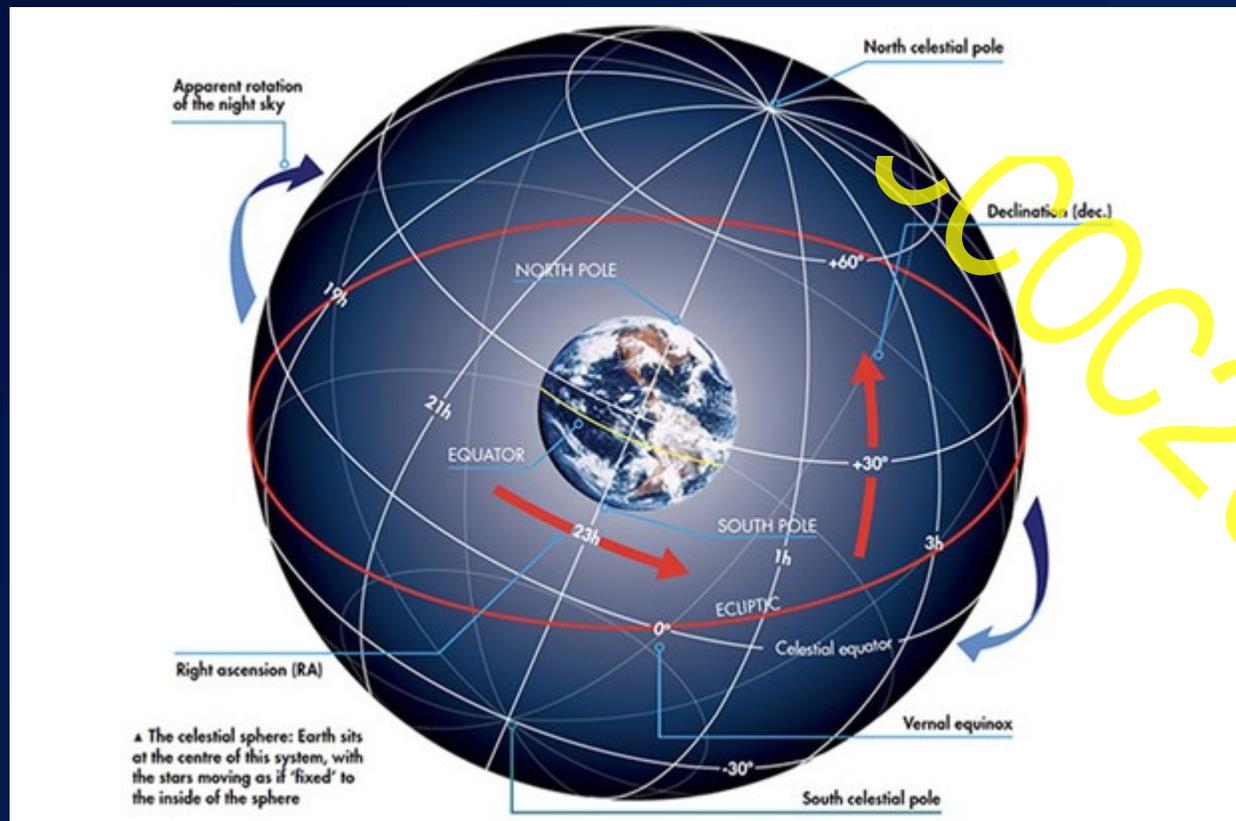
实验验证

ED: 电磁粒子计数器, 可以测量次级粒子密度

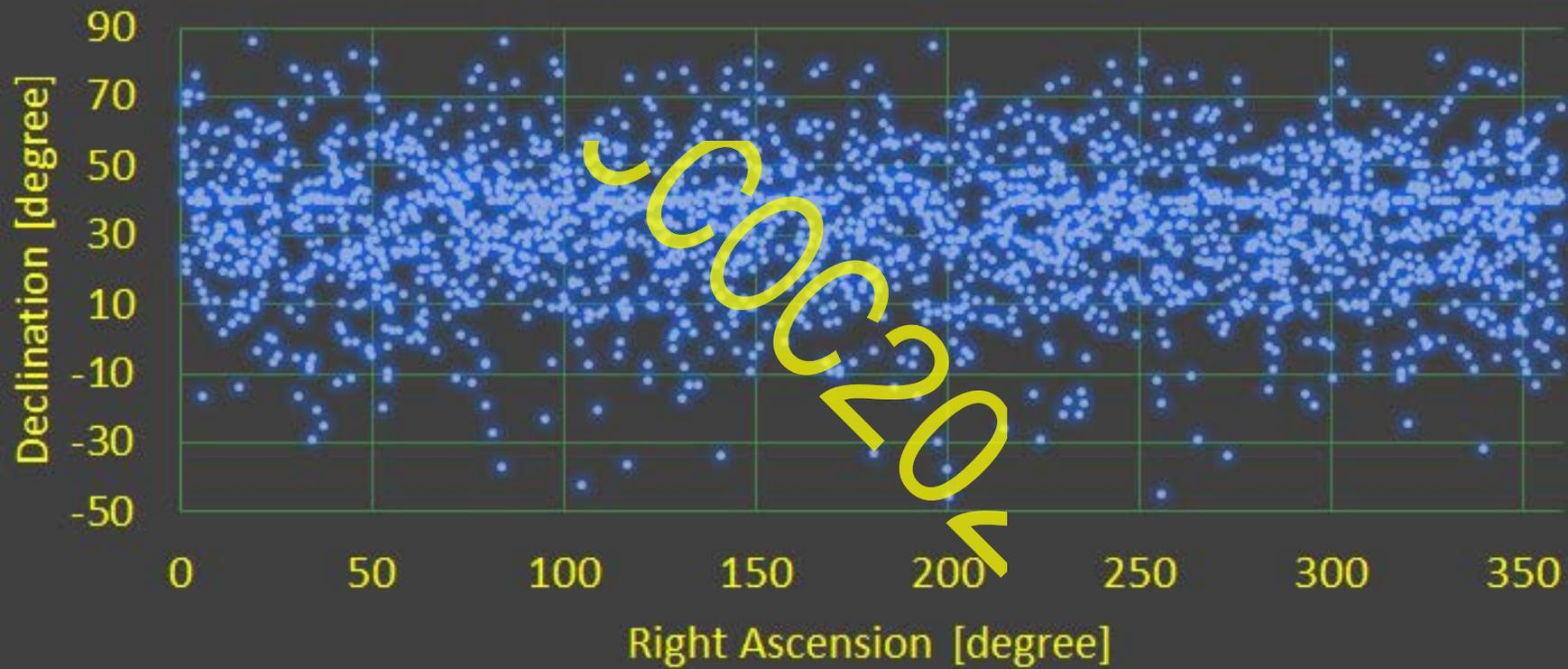
探测器单道计数率衡量次级粒子流量,
通过比较不同维度的探测器计数率来间接
测量维度效应?



宇宙射线方向分布——数据验证



Sky Map of Observed Cosmic Rays



课程小结

- 宇宙射线发现之后遇到了哪些问题？
- 怎样通过实验验证宇宙线是否带电？
- 怎样在校园宇宙线实验数据中寻找宇宙线带电间接证据？



地球极光



宇宙线成分介绍

宇宙射线中绝大多数 ($>99\%$) 是原子核

