

一篇同步辐射应用

奠基性论文诞生的故事

1946年秋天，一个年轻的中国人来到英国曼彻斯特大学。他原来是考取英国文化协会的工程学科奖学金来留学的，但是到了曼彻斯特大学不久，他动了改行学物理的念头，于是到物理系找到布莱克特（Blackett）教授，询问是否可以接纳他做研究生。他的请求被接受了。

曼彻斯特大学物理系，卢瑟福曾经在这里发现了原子核，进行了改变化学元素的工作，把炼金术上千百年来的梦想通过人工核反应过程变成现实。在这里，盖革（Geiger）发明了以他名字命名的计数器，一种观察微观世界里发生的事件的仪器；玻耳构思了他划时代的原子理论，把量子的概念引到现代的物质结构理论中；而莫斯莱（Moselcy）则从实验上证明了玻耳的原子理论与上一个世纪最大的发现之一，门

捷列夫的元素周期表的内在关系。在1946年，曼彻斯特大学物理系主任是布莱克特教授，他是卢瑟福的学生，在宇宙线、原子核物理、岩石磁学、管理科学等许多领域中有重要的贡献，后来于1948年获得物理学诺贝尔奖金。

布莱克特请年青的中国人考虑的第一个问题，是宇宙线中的高能电子在地球磁场中运动，能否发生范围广阔的广延大气簇射现象。布莱克特为什么提出这个研究问题，这事情还得从第二次世界大战时期，1940年的一项研究工作的结果说起。

那一年，在《苏联科学院院报》上，刊登了苏联物理学家波墨朗楚克（Pomeranchuk）的一篇论高能电子在地球磁场中的韧致辐射的文章，它吸引了布莱克特的注意。本来，加速（或减速）的带电粒子会产生电磁辐射，是长久以来人们就知道的事实。例如，我们在收音机里收到的无线电波，就是电子在天线中振荡而产生的电磁波。波墨朗楚克的发现是，速度接近光速的电子在磁场的影响下作圆周运动时，迅速地损失能量，这能量以电磁辐射的形式释放出来。这篇文章，使布莱克特想到：从广袤的宇宙来的，速度接近光速的电子，在进入大气之先，就已经进入了地球的磁场里。在地球磁场的作用下，电子沿着一根弧线运动，由于具有向心加速度，它迅速损失能量，放出大量的光子。这些光子进入地球大气后，和大气的原子碰撞，转化为电子和正电子对，这些电子和正电子在行进中再和大气里的原子碰撞，产生出新的光子。这样，在到达地球表面

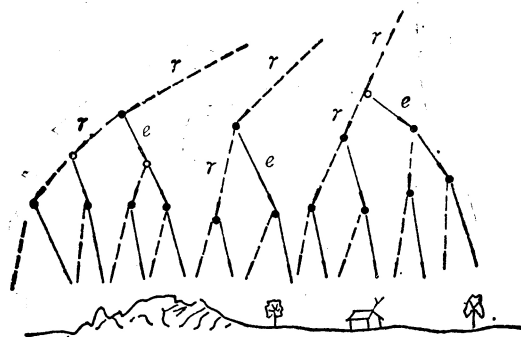


图 1

时,会在很大一片面积上探测到电子和光子(图 1),这就是所谓的广延大气簇射,由于产生这种广延簇射的过程在进入大气层以前就开始,所以簇射覆盖的面积特别大,这就是布莱克特请年青的中国人考虑的问题。

在两三个月内,年青的中国人很快地便解决了这个问题。他计算出相应于不同的电子能量进入地球磁场时放出的光子的能量分布和角分布,得到的结果和布莱克特原来的图象很不一样:虽然在地球磁场中运动的电子迅速地损失能量,放出大量的光子,但是这些光子基本上是沿着电子轨道的切线发射出来的,能量越高的电子越是如此。因此,在地球表面观察到光电簇射的地方,只有很有限的一个区域。

Dear Prof. Blackett:

Prof. Blackett has shown me today your note about the radiation loss of electron in a magnetic field. It is extremely interesting and just what we need. My calculations do not change appreciably in a magnetic field. I am sure of this. With best wishes, I am faithfully yours, *Tom Kiang*.

图 2

这个结果出于布莱克特意料之外。他建议将结果送给当时居英的一位印度著名物理学家巴巴(Bhabha)审阅。巴巴起先也怀疑这个结果,他在复信中指出,按照他的计算,能量越低的光子数目应当越多,这一点和通常场论中出现的红外问题是一致的。但是年青的中国人的结果正好相反:当光子能量趋于零时,光谱的强度也减少到零。他在回答巴巴教授的信中指出(图 2),在计算光子数时用到的一个积分,“由于被积函数在时间轴的上侧和下侧分布,其结果使得在谱分布的低频部分的富氏分量趋于零”。

接到这封信之后,巴巴同意这个年青的中国人的解释。研究结果撰写成一篇题为“论高速荷电粒子在磁场中放出的辐射”的论文,由布莱克特推荐,于 1947

年 3 月投稿,发表于英国皇家学会会刊上 (Proceedings of the Royal Society A192, 231 (1948))(图 3)。

231

Reprinted without change of pagination from the Proceedings of the Royal Society, A, volume 192, 1948.

On the radiation emitted by a fast charged particle in the magnetic field

By H. Y. TAU, University of Manchester

(Communicated by P. M. S. Blackett, F.R.S.—Received 24 March 1947)

Pomeranchuk has shown that electrons with energies $>10^{11}$ eV passing through the earth's magnetic field lose most of their energies. It is shown in this paper that the energy lost is transformed into some 600 photons of very high energy. These photons are distributed along a very narrow band of several decimetres or even only several centimetres length. The magnetic field of the earth can influence appreciably neither the energy spectrum nor the spread of extensive showers. Its main effect consists in shifting the shower maximum to a higher altitude. Something like the cascade process might be developed by a very fast electron before it reaches the top of the atmosphere.

INTRODUCTION

When a charged particle moves in a magnetic field, it is accelerated in a direction perpendicular to its direction of motion and loses energy by radiation. Pomeranchuk (1940) has shown that electrons of about 10^{11} eV or more will lose most of their

图 3

在 1947 年 4 月下旬,位于美国纽约州申纳塔底的奇异公司研究部的实验室中,波洛克博士的研究小组在调整他们的 70MeV 电子回旋加速器时听到时断时续的噼噼拍拍的声音。他们请一位技工用镜子看看水泥防护墙后的加速器出了什么事情。技工一看马上便叫停机,因为他从镜子里看到加速器发出弧光。这就是人类第一次在实验室里观测到同步辐射。

对这奇妙的弧光最初的观测表明,辐射确是在电子的轨道面中以偏离轨道面的一个小角度放出来的。它是极化的,极化向量就在电子的轨道平面上,而且当电子能量降低到 20MeV 以下时,弧光就消失了。这些性质,都可以在那位年青的中国人的文章里找到答案。

1948 年,美国的理论物理学家许温格研究了同步辐射的性质,写成一篇题为“论加速电子的经典辐射”的论文,发表在美国出版的《物理学评论》上 (Schwinger, 75, 1912(1949))。许温格得到的主要结果和年青的中国人所得到的是一致的。许温格的论文,后来被公认为研究同步辐射性质的一篇奠基性的文章,而由于间接援引的原故,年青的中国人发表的那篇论文被逐渐遗忘了。直到今年五月,在北京召开的同步辐射应用国际讨论会上,与会的外国代表才第一次注意到这段故事。在读了四十一年前撰写的这篇论文之后,负责组织这个讨论会的一位同步辐射应用的权威,美国斯坦福同步辐射实验室的温尼克教授走到这位中国人面前说:“能够认识您这样一位在同步辐射发展初期就进行了如此重要的工作的科学家,我感到荣幸。”

这位四十一年前年青的中国人的名字叫朱洪元,他现在是中科院物理学部委员和高能物理研究所的研究员。